

Primena i uticaj polimernih ambalažnih materijala na pakovanje mlečnih napitaka

Spasenija D. Milanović¹, Biljana J. Pejić², Vera L. Lazić¹, Bojan B. Konstantinović³, Milan N. Blagojević³

¹Tehnološki fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, Srbija

²Imlek AD, Padinska skela, Srbija

³Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, Srbija

Izvod

Mogućnosti primene kombuhe, nekonvencionalnog startera u tehnologiji fermentisanih mlečnih proizvoda su predmet savremenih naučnih istraživanja. Nutritivna vrednost i prisustvo biološki aktivnih komponenata, doprinose da novo razvijeni kombuha fermentisani mlečni napici po svojim karakteristikama odgovaraju funkcionalnoj hrani. Polimerni ambalažni materijali zbog dobrih fizičko–mehaničkih osobina i hemijske inertnosti pogodni su za primenu u pakovanju fermentisanih mlečnih proizvoda. Kombuha fermentisani mlečni napitak proizveden je iz mleka sa 0,9% mlečne masti uz dodatak 10% inokuluma kombuhe. Napitak je pakovan u odabrane polimerne ambalažne materijale: poliamid-polietilen i polipropilenske čaše zatvorene aluminijumskim poklopcima, u atmosferskim uslovima i skladišten na temperaturi 4 °C. Ispitane su fizičko–mehaničke, barijerne i strukturne osobine primenjenih materijala. Nakon proizvodnje, 10 i 15 dana skladištenja analiziran je sastav gasne smeše iznad upakovanog proizvoda, kao i kvalitet proizvoda. Nisu utvrđene značajne razlike u sadržaju ispitivanih komponenti u funkciji primenjenih ambalažnih materijala.

Ključne reči: materijali za pakovanje, polimeri, fermentisani mlečni napici, kombuha.

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

Kombuha je asocijacija nekoliko rodova kvasaca (*Torulopsis*, *Zygosaccharomyces*, *Saccharomyces*, *Schizosaccharomyces*, *Saccharomycodes* i *Brettanomyces*) i bakterija sirćetne kiseline *Gluconacetobacter xylinus*, *Acetobacter xylinoides*, *Bacterium gluconicum*, *Acetobacter aceti*, *Acetobacter pasteurianus*) [1–3]. Najnovija istraživanja mikrobiološkog sastava kombuhe ukazuju na značajno prisustvo bakterija mlečne kiseline iz rodova *Lactobacillus* i *Leuconostoc* [4].

Metaboličkom aktivnošću kombuhe na različitim supstratima [5,6] naročito crnom čaju zaslađenom saharozom dobija se blago gazirani, nakiseo napitak koji sadrži brojne nutritivno i farmakološki aktivne komponente: šećere (saharozu, glukozu, fruktozu), kiseline (glukonska, glukuronska, mlečna, vinska, čilibarna, jabučna, limunska, oksalna, malonska, sirćetna), vitamine (C, B₁, B₂, B₃, B₆, B₁₂), enzime (invertaza, amilaza, katalaza, citohrom-oksidaza), alkohole (etanol), jone esencijalnih elemenata (Cu²⁺, Fe²⁺, Mn²⁺, Ni²⁺, Zn²⁺). Osim nabrojanih, utvrđeno je i prisustvo 14 aminokiselina, biogenih amina, vitamina E, kofeina, antibiotski aktivnih materija, kao i drugih jedinjenja [7,8].

Primena novih nekonvencionalnih startera, kao što je kombuha, u tehnologiji fermentisanih mlečnih napitaka predstavlja veoma interesantnu oblast za istraživa-

NAUČNI RAD

UDK 621.798.1:678.5:637.146.3

Hem. Ind. 71 (1) 85–94 (2017)

doi: 10.2298/HEMIND140623067M

vanja sa tehnološkog i nutritivnog aspekta. U skladu sa ustanovljenom biološkom aktivnošću, proizvodi na bazi kombuhe mogu se svrstati u grupu novih fermentisanih mlečnih napitaka sa potencijalom za unapređenje humanog zdravlja [9,10].

Materijali za pakovanje i uslovi pakovanja su važni faktori koji utiču na kvalitet proizvoda tokom skladištenja u deklarisanom periodu. Korišćeni materijali koji su u direktnom kontaktu sa proizvodom moraju da odgovaraju propisanim zahtevima za zdravstveno bezbednu hranu, da njihove komponente ne migriraju u sadržaj ili migriraju u dozvoljenim granicama, i da ne stupaju u reakcije sa proizvodom [11]. Za pakovanje prehrambenih proizvoda danas su u primeni polimerni ambalažni materijali, a najčešće korišćeni materijali za proizvodnju ambalaže namenjene pakovanju mleka i mlečnih proizvoda su polietilen, polietilen-tereftalat, polipropilen, polivinil-hlorid i dr. [12]. Kvalitativne osobine materijala za pakovanje kao što su: ravnomernost debljine, zatezna jačina i izduženje pri kidanju su značajne za uspešno formiranje ambalaže tokom manipulacije i skladištenja. Barijerne osobine – propustljivost prema gasovima, vodenoj pari i svetlosti, imaju direktan uticaj na kvalitet proizvoda tokom skladištenja [13,14]. Izbor adekvatnog ambalažnog materijala za pakovanje fermentisanih mlečnih proizvoda zahteva poznavanje parametara kvaliteta ne samo proizvoda, već i ambalaže u koju se isti pakuje [15], uslova pakovanja, zatim sagledavanje pogodnosti, lakoće primene, kao i ekološkog statusa ambalažnog materijala [16,17].

Prepiska: B. Pejić, Imlek AD, Industrijsko naselje bb, Padinska skela, Srbija.

E-pošta: biljana_pejic@yahoo.com

Rad primljen: 23. jun, 2014

Rad prihvaćen: 11. septembar, 2014

Danas su u primeni različiti uslovi pakovanja: pakovanje u atmosferskim uslovima, vakuumu i aseptično pakovanje. Promene sastava gasne smeše (headspace) u ambalaži iznad proizvoda direktno zavise od propustljivosti ambalažnog materijala, hermetičnosti formirane ambalaže i biohemijskih promena u proizvodu tokom skladištenja [18].

Više autora je ispitivalo mogućnosti primene kombuhe u tehnologiji fermentisanih mlečnih proizvoda, kao i hemijske, fizičko-hemijske i senzorne karakteristike dobijenih fermentisanih napitaka, pri čemu je kombuha kultivisana na crnom, zelenom čaju i ekstraktu topinambura sa dodatkom saharoze kao izvorom ugljenika [19,20]. Dalja istraživanja rađena su u pravcu karakterizacije nastalih primarnih i sekundarnih produkata metabolizma kombuhe na laktozi, utvrđivanja teksturalnih, nutritivnih i funkcionalnih karakteristika ovako dobijenih mlečnih napitaka [21–23].

Cilj ovog rada je karakterizacija i ispitivanje mogućnosti primene odabranih ambalažnih materijala za pakovanje fermentisanog mlečnog napitka dobijenog primenom kombuhe. Izabran je optimalan odnos koncentracije inokuluma kombuhe kultivisane na zaslađenom crnom čaju i sadržaja mlečne masti u mleku za proizvodnju napitka. Fermentisani mlečni napitak je pakovan u dva ambalažna materijala: a) poliamid–polietilen – PA/PE kesice i b) polipropilen – PP čaše zatvorene aluminijumskom folijom (Al). Ispitana je promena sastava gasne smeše iznad proizvoda tokom 15 dana skladištenja. Uticaj ambalažnih materijala na biohemijske transformacije komponenata mleka pod dejstvom kombuhe i promene funkcionalnog fermentisanog mlečnog napitka analizirane su tokom skladištenja na temperaturi 4 °C.

EKSPERIMENTALNI DEO

Materijal

Za proizvodnju fermentisanih mlečnih napitaka na osnovu rezultata predhodnih istraživanja [20,24] korišćeno je pasterizovano (80 °C, 30 s), homogenizovano (150 bar) mleko sa 0,9% mlečne masti.

Inokulum kombuhe dobijen je kultivacijom kombuhe na crnom čaju (1,5 g/L) zaslađenom sa saharozom koncentracije 70 g/L. U čaj ohlađen na sobnu temperaturu dodato je 10 zapr.% inokuluma iz prethodne fermentacije. Inkubacija je vršena na temperaturi 29±1 °C, 7 dana. Za inokulaciju mleka korišćeno je 10 zapr.% ovako pripremljenog inokuluma, pH 3,1±0,5.

Za pakovanje fermentisanih mlečnih napitaka odabrani su:

1. ambalažni materijali: koekstrudirana poliamid/polietilen (PA30/PE70) folija 100 µm, od koje je u laboratorijskim uslovima formiranjem termovara proizvedena ambalaža dimenzija: 80 mm×150 mm;

2. ambalaža: polipropilenske (PP) čaše 0,18 L i aluminijumski (Al) poklopci, Ø 75,5mm.

Proizvodnja fermentisanih mlečnih napitaka

U 1000 mL pasterizovanog i homogenizovanog mleka sa 0,9% mlečne masti zagrejanog na 42 °C, dodato je 10 zapr.% inokuluma kombuhe uzetog nakon kultivacije. Fermentacija je trajala do postizanja pH 4,5 nakon čega su gelovi ohlađeni na temperaturu 8 °C i mešani električnom mešalicom. Proizvodi su skladišteni 15 dana na 4 °C.

Pakovanje napitka izvođeno je u atmosferskim uslovima (ATM). PA/PE kesice su zatvarane formiranjem termovara neposredno nakon uduvavanja gasne smeše na laboratorijskoj zatvaračici „Audion Elektro-Servotech“ sa tefloniziranim grejnim površinama. Pakovanje napitka u PP čaše izvođeno je zatvaranjem ambalažnih jedinica sa Al-poklopcima formiranjem termovara pri sledećim uslovima: 210–230 °C; 0,6 s; 3 bar.

Metodi

Analiza fizičko–hemijskog kvaliteta mleka korišćena je za proizvodnju fermentisanih mlečnih napitaka izvršena je primenom standardnih metoda analize [25]:

- Suva materija (SM) (IDF/ISO 21A:1982) [26];
- Mlečna mast (MM) po Gerberu (IDF 105:1985) [27];
- Ukupni proteini (UP) (IDF 20:1962) [28];
- Pepeo (Pe) metodom žarenja na temperaturi 550 °C (IDF 90:1979) [29];
- Laktoza korišćenjem enzimskog testa K-LACGAR 12/05, proizvođača Megazyme, Irska (Bergmeyer, 1988) [30];
- pH vrednost mleka i inokuluma kombuhe merena je korišćenjem laboratorijskog pH metra (Iskra, pH meter MA5724).

Fizičko–mehanička, strukturna i barijerna svojstva odabranih ambalažnih materijala ispitani su pre proizvodnje korišćenjem sledećih metoda:

- Površinska masa (SRPS G.S2.702) [31];
- Debljina sloja (SRPS G.S2.733) [32];
- Zatezna jačina i izduženje pri kidanju (SRPS G.S2.734) na uređaju Instron LTD 4301, Velika Britanija [33];
- Strukturne karakteristike infracrvenom spektrofotometrijom (FTIR, SRPS G.S.511-2011) na IR spektrofotometru Nicolet iS 10, proizvođača Thermo Scientific (Waltham, MA, USA) na dodatku za atenuaciju totalne refleksije (ATR) [34];
- Propustljivost gasova, CO₂, O₂ i N₂: LYSSY metod, na osnovu DIN 53 380, na uređaju Lyssy GPM-200 sa gasnim hromatografom GASUKURO Kogyo GC-320 i HP 3396 integritatorom [35].

Hemijski i fizičko–hemijski kvalitet proizvedenih fermentisanih mlečnih napitaka ispitivan je posle proiz-

vodnje i nakon 10 i 15 dana skladištenja, korišćenjem sledećih metoda:

- Suva materija (SM) (IDF/ISO 21A:1982) [26];
- Mlečna mast (MM) po Gerberu (IDF 105:1985) [27];
- Ukupni proteini (UP) (IDF 20:1962) [28];
- Pepeo (Pe) (IDF 90:1979) [29];
- Laktoza i D-galaktoza korišćenjem enzimskog testa K-LACGAR 12/05, proizvođača Megazyme, Irska (Bergmeyer, 1988) [30];
 - L-mlečna kiselina korišćenjem enzimskog testa K-DLATE 11/05; proizvođača Megazyme, Irska (Bergmeyer, 1988) [30];
 - Sirćetna kiselina korišćenjem enzimskog testa K-acetat 11/05; proizvođača Megazyme, Irska (Bergmeyer, 1988) [30];
 - Etanol korišćenjem enzimskog testa K-etoh 03/06; proizvođača Megazyme, Irska (Bergmeyer, 1988) [30];
 - Vitamini – sadržaj vitamina B₁ i B₂ analiziran je primenom reverzno-fazne tečne hromatografije uz fluorescentni detektor-metod HCTM-01, HCTM-02, HCTM-03. HPLC sistem je sledećih karakteristika: pumpa: Waters M600, izokratsko eluiranje; injektor: Rheodyne 7125, petlja 20 μ L; analitička kolona: RADIAL-PAK™ cartridge 5NVC 184; detektor: RF-535 Shimadzu, Fluorescence HPLC monitor; akvizicija/obrada podataka: Shimadzu C-R4A, CROMATOPAC; špric filter: hidrofilični špric filter, koji nije sterilan sa veličinom pora od 0,45 μ m. Uslovi merenja su: mobilna faza (300 mL CH₃OH + 770 mL 5 mM CH₃COONH₄); protok: 1,0 mL/min; temperatura kolone: \approx 20 °C; E_{ex} = 370 nm, E_{em} = 430 nm za vitamin B₁, za vitamin B₂ E_{ex} = 450nm, E_{em} = 530.

• pH vrednost fermentisanih mlečnih napitaka merena je korišćenjem laboratorijskog pH metra (pH meter MA5724, ISKRA, Kranj, Slovenija);

• Energetska vrednost (EV) fermentisanih mlečnih napitaka u 100 g proizvoda izračunata je na sledeći način:

$EV = (\% \text{ proteina} \times 4,4 + \% \text{ mlečne masti} \times 9,3 + \% \text{ ukupni šećeri} \times 4,1) \times 4,186 \text{ (kJ/100 g)}$; gde su ukupni šećeri (UŠ) određeni računskim putem:

$$U\check{S} = SM - (UP + MM + Pe)$$

• Sastav zaštitne atmosfere iznad upakovanog proizvoda ispitan je neposredno nakon pakovanja, i nakon 10 i 15 dana skladištenja fermentisanih mlečnih napitaka aparatom Oxybaby, WITT Gasetechnik GmbH & Co KG, Velika Britanija.

REZULTATI I DISKUSIJA

Karakteristike ambalažnih materijala

Fizičko–mehaničke i barijerne osobine ambalažnih materijala

Fizičko–mehanička svojstva ambalažnih materijala prikazana su rezultatima određivanja debljine, površinske mase, zatezne jačine i izduženja pri kidanju, dok su barijerne osobine ispitivane određivanjem propustljivosti gasova i vazduha.

Rezultati prikazani u tabeli 1 potvrđuju deklarirani sastav polimernih materijala, a odstupanja površinske mase i debljine su u granicama standardnih vrednosti.

Mehaničke karakteristike – zatezna jačina i izduženje pri kidanju su bitne, jer pokazuju pogodnosti nekog materijala za odgovarajuću primenu, ponašanje pri punjenju i zatvaranju sadržaja, kao i otpornost pri

Tabela 1. Fizičko–mehanička i barijerna svojstva ambalažnih materijala
Table 1. Physicomechanical and barrier properties of the packaging materials

Karakteristika	Oznaka uzorka		
	PA/PE	PP	Al-poklopci
Debljina, μ m	100 \pm 0,89	(1,54 \pm 0,005)10 ^{3a}	50,55 \pm 5,75
Površinska masa, g/m ²	PA	29,12 \pm 0,52	Štampa 4,62 \pm 0,39
	PE	67,59 \pm 1,01	Al 80,73 \pm 0,49
	Ukupno	96,71 \pm 0,74	Termolak 9,18 \pm 0,52 Ukupno 94,53 \pm 0,44
Zatezna jačina, N/15 mm	Uzdužno	44,0 \pm 3,92	– 38,2 \pm 3,48
	Poprečno	39,8 \pm 0,59	108,21 \pm 11,17 ^b 36,3 \pm 2,05
Izduženje pri kidanju, %	Uzdužno	429,0 \pm 18,99	–
	Poprečno	481,2 \pm 9,62	44,86 \pm 1,64 ^b –
Propustljivost gasova, (ml/m ²)/24 h (1 bar)	CO ₂	148,4 \pm 8,02	31,2 \pm 0,44 ^a –
	O ₂	23,5 \pm 2,44	31,4 \pm 2,84 ^a –
	N ₂	3,7 \pm 0,92	25,6 \pm 1,75 ^a –
	Vazduh	7,9 \pm 1,51	26,9 \pm 3,66 ^a –

^aPodatak se odnosi na ekstrudiranu traku; ^bpodatak se odnosi na čašu

transportu, manipulaciji i skladištenju. Na osnovu rezultata prikazanih u tabeli 1 može se zaključiti da PP ima bolja mehanička svojstva od PA/PE (veće vrednosti zatezne jačine u poprečnom pravcu) što je saglasno sa literaturnim podacima [36]. Rezultati određivanja mehaničkih karakteristika pokazuju izuzetno dobra fizičko–mehanička svojstva koekstruzije poliamid–polietilen i polipropilena.

Aluminijumski poklopci imaju ujednačenu debljinu. Vrednosti za zateznu jačinu Al-poklopaca su približne za uzdužno i poprečno formirane epruvete. Zatezna jačina je funkcija debljine Al-osnove, odnosno porastom debljine Al-osnove raste i zatezna jačina ovog ambalažnog materijala.

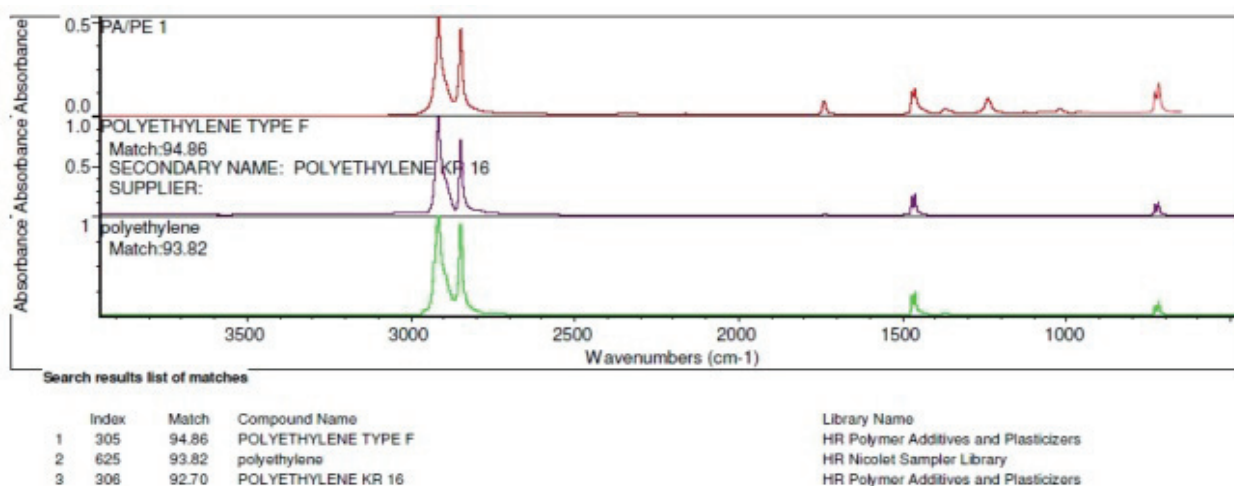
Polimerni materijali su u manjoj ili većoj meri propustljivi za gasove, a ova karakteristika pored adekvatnih fizičko–mehaničkih karakteristika uslovljava njihovu

primenu za pakovanje prehrambenih proizvoda. Propustljivost zavisi od prirode materijala i gasa i direktno je proporcionalna razlici koncentracija na površini ambalažnog materijala i temperaturi, a obrnuto proporcionalna debljini ambalažnog materijala.

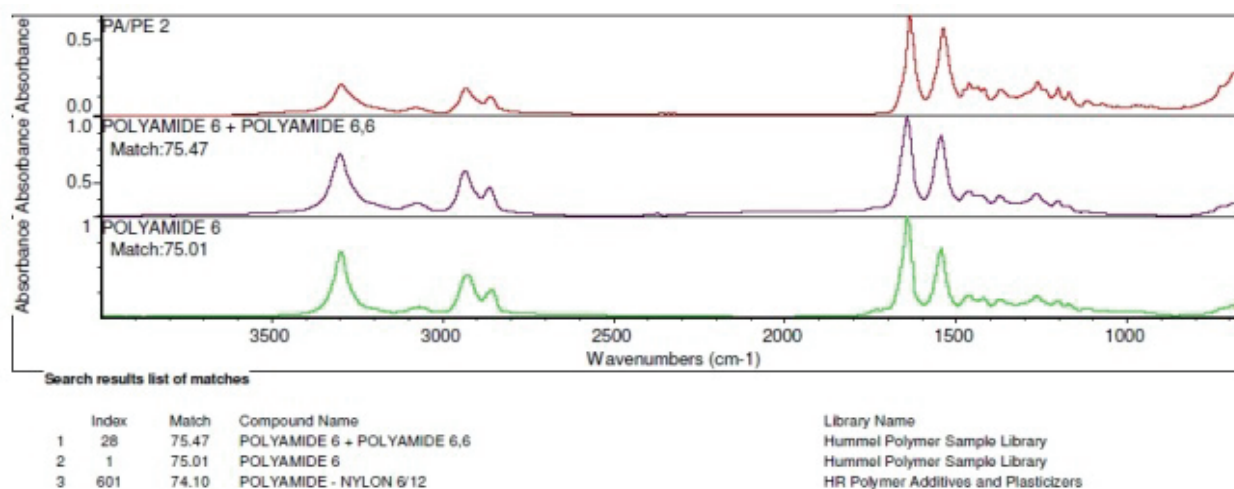
Na osnovu rezultata ispitivanja propustljivosti gasova može se konstatovati da folija PA/PE ima niže vrednosti propustljivosti svih gasova, izuzev ugljen–dioksida. PP traka za izradu čaša ima nižu propustljivost za CO₂, što je i očekivano s obzirom na debljinu uzorka. Dobljene vrednosti su u skladu sa prirodom materijala i saglasne sa literaturnim navodima [36].

Strukturne karakteristike ambalažnih materijala

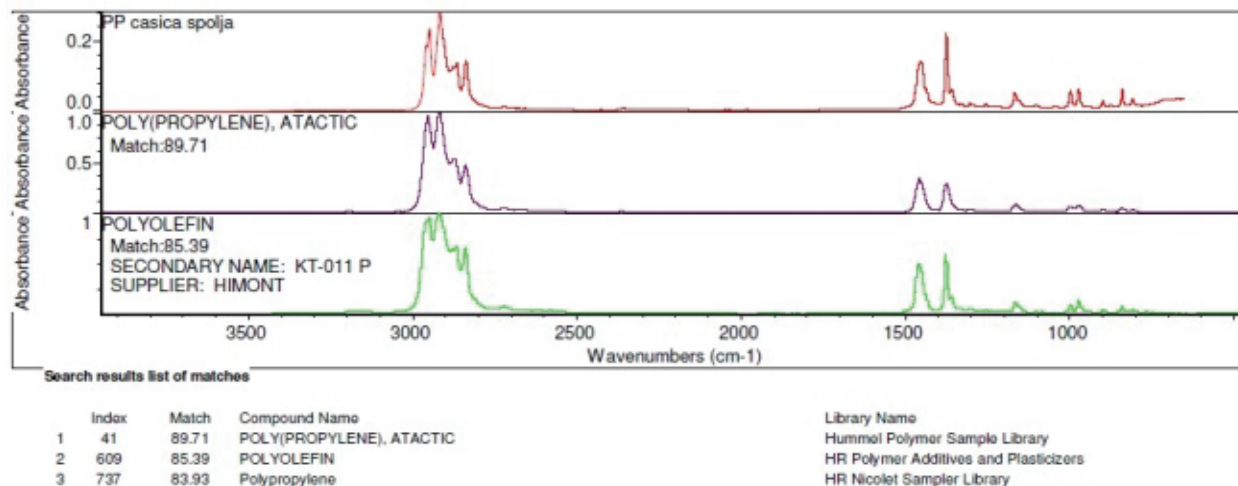
Na osnovu rezultata snimljenih IR spektara ambalažnih materijala prikazanih na slikama 1–6, ustanovljeno je da je sastav ispitanih materijala odgovarajući.



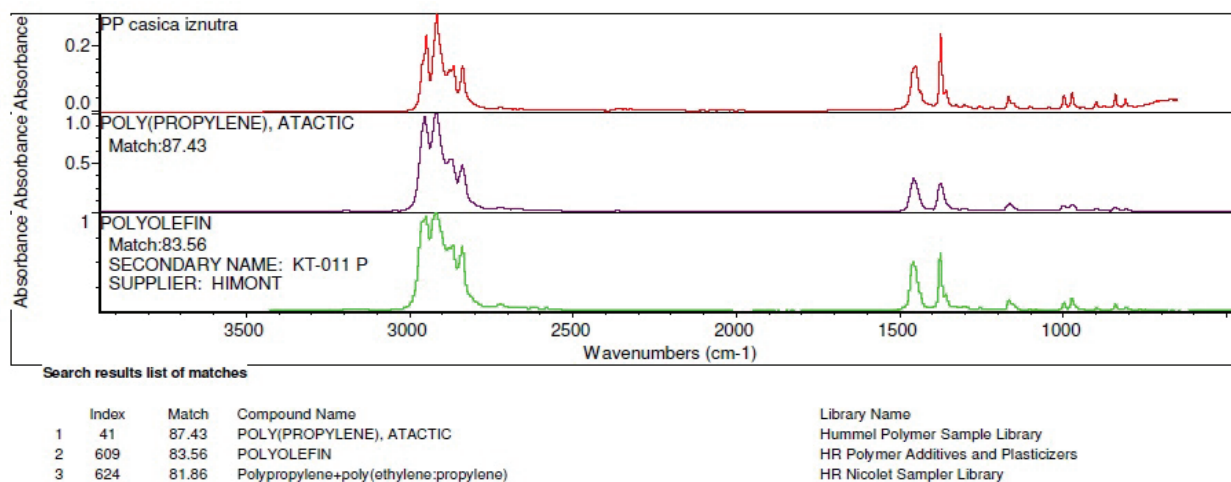
Slika 1. IR spektar u ATR tehnici PA/PE uzorka, PE – strana.
Figure 1. IR spectrum in ATR technique PA/PE sample, PE – side.



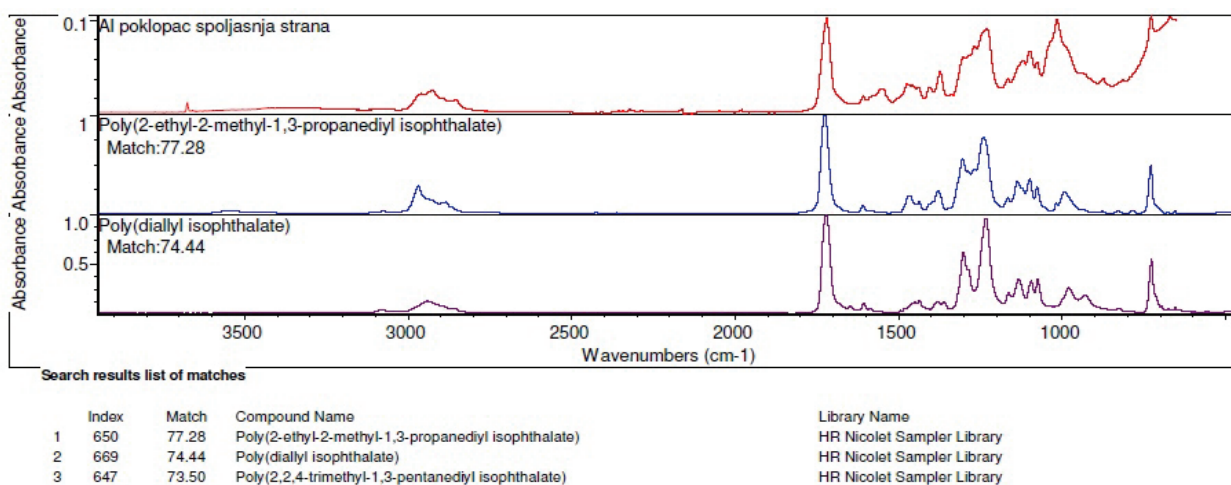
Slika 2. IR spektar u ATR tehnici PA/PE uzorka, PA – strana.
Figure 2. IR spectrum in ATR technique PA/PE sample, PA – side.



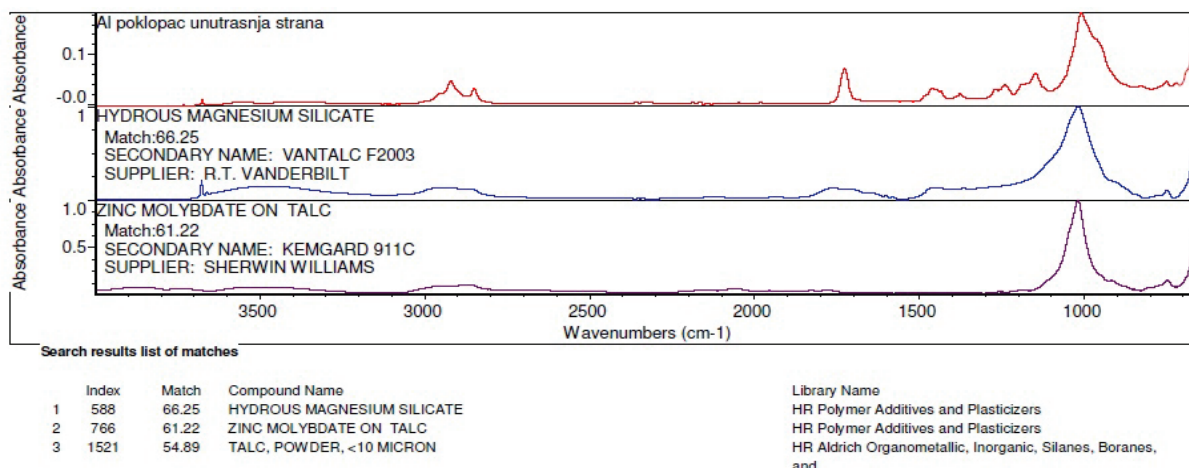
Slika 3. IR spektar u ATR tehnici PP čaša spoljašnja strana.
Figure 3. IR spectrum in ATR technique PP cup external side.



Slika 4. IR spektar u ATR tehnici PP čaša unutrašnja strana.
Figure 4. IR spectrum in ATR technique PP cup internal side.



Slika 5. IR spektar u ATR tehnici Al-poklopci spoljašnja strana.
Figure 5. IR spectrum in ATR technique Al-lids external side.



Slika 6. IR spektar u ATR tehnici Al- poklopci unutrašnja strana.
Figure 6. IR spectrum in ATR technique Al-lids internal side.

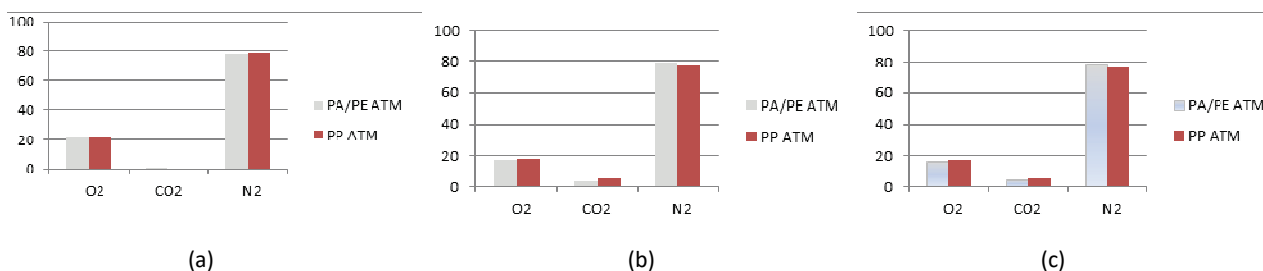
Sastav gasne smeše iznad upakovanog proizvoda tokom skladištenja

U svim uzorcima sastav gasne smeše odgovara sastavu vazduha nakon pakovanja - nulti dan (slika 7a). Iz rezultata prikazanih na slici 7b nakon 10 dana skladištenja PA/PE ATM uočeno je smanjenje koncentracije O₂ tokom skladištenja sa 21% nakon proizvodnje na 16,8%, odnosno na 16,6% nakon 15 dana (slika 7c). Promene sastava gasne smeše iznad proizvoda su posledica biohemijskih i mikrobioloških promena unutar upakovanog proizvoda, kao i propustljivosti ambalažnih materijala prema određenim gasovima i vazduhu. Sastav gasne smeše za PP ATM uzorke nakon 10 dana skladištenja karakteriše smanjenje sadržaja kiseonika sa

oko 21,1 na 17,5% i povećanje sadržaja ugljen-dioksida sa <0,1 na 5,1%. Nakon 15 dana ispitivani sastav gasne smeše ostaje na sličnom ili istom nivou i to pojedinačno za gasove na 17,3% – O₂ i 5,1% – CO₂ (slika 7c).

KVALITET KOMBUHA FERMENTISANIH MLEČNIH NAPITAKA

Fermentacija mleka na temperaturi 42 °C do vrednosti pH 4,5 trajala je 11±0,5 h i u proseku je dva puta duža od fermentacije mleka sa tradicionalnim starter kulturama. S obzirom na kvalitet mleka kao polazne sirovine (tabela 2), hemijski sastav fermentisanog mlečnog napitka (sadržaj mlečne masti, suve materije bez masti, proteina, laktoze, pepela) (tabela 3) saglasan je sa rezultatima prethodnih ispitivanja rađenih sa nativnim ino-



Slika 7. Sastav gasne smeše iznad uzoraka: a) nulti dan; b) 10. dan; c) 15. dan.
Figure 7. The composition of headspace atmosphere after: a) the production; b) 10th day; c) 15th day.

Tabela 2. Parametri kvaliteta mleka korišćenog za proizvodnju kombuha fermentisanog mlečnog napitka
Table 2. Quality parameters of milk used for kombucha fermented beverage's production

Komponenta	Mlečna mast	Suva materija	Proteini	Laktoza	Pepeo
Sadržaj, g/100 g	0,9	9,76±0,15	3,31±0,09	4,76±0,03	0,674±0,19

Tabela 3. Parametri kvaliteta kombuha fermentisanog mlečnog napitka
Table 3. Quality parameters of kombucha fermented dairy beverage

Komponenta	Mlečna mast g/100 g	Suva materija g/100 g	Proteini g/100 g	Pepeo g/100 g	Laktoza g/100 g	L-mlečna kiselina g/100 g	Sirćetna kiselina g/100 g	pH
Sadržaj	0,8	10,06±0,19	3,06±0,17	0,64±0,18	3,12±0,06	0,730±0,18	0,011±0,004	4,45±0,1

kulumom kombuhe na mleku sa 0,9% mlečne masti [37]. Sadržaj proteina u kombuha fermentisanom mlečnom napitku u odnosu na mleko niži je za oko 7,5%.

Laktoza je jedinstven disaharid sa veoma značajnom ulogom bioaktivnog ingredijenta u humanoj dijeti. Hemijskom, enzimskom ili mikrobiološkom razgradnjom ovaj šećer se može transformisati u nutritivno visoko vredna jedinjenja. Uzorak proizveden sa 10% inokuluma kombuhe sadrži prosečno 3,12% laktoze, odnosno 34,45% manje od sadržaja u mleku korišćenom za proizvodnju napitka. Laktoza je primarni šećer u procesu fermentacije kombuhe na mleku, a metabolizam iste je pomeren u pravcu nastajanja L-mlečne kiseline (0,730 g/100 g).

Sadržaj sirćetne kiseline u napitku zavisi pre svega od vrste inokuluma. Ovoj kiselini se pripisuju značajni antimikrobni efekti utvrđeni na nizu testiranih mikroorganizama [8]. Nakon proizvodnje fermentisani mlečni napitak je sadržao 0,011 g/100 g sirćetne kiseline.

Energetska vrednost 100 g proizvoda je 182 kJ i kao takav može da se svrsta u grupu niskoenergetskih napitaka. S obzirom na nutritivni sastav i visoku biološku vrednost, ovaj fermentisani napitak može da se kao funkcionalna hrana preporuča za specijalne namene u energetske izbalansiranoj ishrani.

Promenom pH vrednosti napitka tokom skladištenja u funkciji odabira ambalažnog materijala i uslova pakovanja, zaključuje se da nakon 15 dana skladištenja uzorci PA/PE ATM imaju nižu pH vrednost (4,06) kao rezultat intenzivnije postacidifikacije, dok je pH uzoraka PA/PE ATM viši za 0,03 pH jedinice što je u saglasnosti sa vrednostima dobijenim za sadržaj laktoze.

Sadržaj laktoze opada tokom skladištenja (tabela 4), a nakon 15 dana utvrđeno je u uzorku PP ATM 2,96 g/100 g i u PA/PE ATM 2,91 g/100 g.

L-Mlečna kiselina nastaje kao rezultat mikrobiološke razgradnje laktoze. Neophodna je za regulaciju pH krvi u organizmu (krv, mišići i želudac sadrže L-mlečnu kiselinu). Nedostatak L-mlečne kiseline u organizmu otežava respiraciju ćelija, što dovodi do stvaranja racemske smeše L- i D-mlečne kiseline, a to su uslovi koji pogoduju stvaranju kancerogenih ćelija [38]. U uzor-

cima PA/PE ATM uočava se smanjenje sadržaja L-mlečne kiseline nakon 15 dana skladištenja u odnosu na sadržaj u napitku nakon proizvodnje i to za 13,84% (tabela 4). Veći sadržaj ovog metabolita u odnosu na polaznu vrednost imali su uzorci PP ATM nakon 15 dana skladištenja i to 0,896 g/100 g što je povećanje od 22,74%.

Tokom procesa fermentacije laktoza se složenim metaboličkim transformacijama razlaže do galaktoze i glukoze i drugih metabolita: L- i D-mlečna kiselina, sirćetna kiselina i dr. Galaktoza je neznatno zastupljena u mleku, a sadržaj ovog metabolita u funkcionalnim fermentisanim mlečnim napicima je veoma neujednačen i direktno zavisi od sadržaja laktoze u uzorku. Sadržaj D-galaktoze u ispitanim napicima nakon proizvodnje je 0,548 g/100 g. U uzorcima PA/PE ATM i PP ATM dolazi do porasta sadržaja D-galaktoze i to na 0,604 i 0,641 g/100 g, redom, nakon 15 dana skladištenja (tabela 4).

Etanol je komponenta za koju je karakteristična anaerobna fermentacija. Procesi fermentacije kombuhe u mleku su rađeni aerobno, pa se i nije očekivao veći sadržaj etanola nakon proizvodnje. Sadržaj etanola u kombuha fermentisanim mlečnim napicima nakon proizvodnje je iznosio 0,04 g/100 g. Tokom skladištenja (tabela 4) došlo je do smanjenja sadržaja etanola u proizvodima pakovanim u PA/PE ATM za 50%, dok je u PP ATM uzorcima ostao na istom nivou.

Sadržaj vitamina B₁ identifikovan u napitku neposredno nakon proizvodnje je 44,1 µg/100 g. Tokom skladištenja, dolazi do smanjenja sadržaja za oko 50% u PP ATM uzorcima. Sadržaj vitamina B₁ u mleku kreće se od 30–40 µg/100 g u zavisnosti od sadržaja mlečne masti, odnosno za mleko sa 0,9% mlečne masti iznosi 35,43 µg/100 g. Tokom fermentacije primenom kombuhe dolazi do neznatnog porasta koncentracije vitamina B₁ za oko 5,6% [22].

Na osnovu prikazanih rezultata evidentno je da kombuha fermentisani mlečni napici predstavljaju značajan izvor vitamina B₂ (160 µg/100 g). Tokom skladištenja dolazi do smanjenja sadržaja vitamina B₂ kod uzoraka PA/PE ATM za 12,50%, dok kod uzoraka PP

Tabela 4. Promena sadržaja parametara kvaliteta u kombuha fermentisanom mlečnom napitku tokom skladištenja
Table 4. Changes in the content of particular quality parameters of kombucha fermented dairy beverage during storage

Komponenta	Period skladištenja, dani				
	0	10		15	
	–	PA/PE ATM	PP ATM	PA/PE ATM	PP ATM
Laktoza, g/100 g	3,12±0,06	2,95 ±0,16	3,01±0,14	2,91±0,13	2,96±0,12
L-Mlečna kiselina, g/100 g	0,730±0,18	0,825±0,15	0,795±0,14	0,629±0,11	0,896±0,13
D-Galaktoza, g/100 g	0,548±0,12	0,595±0,14	0,628±0,12	0,604±0,15	0,641±0,02
Etanol, g/100 g	0,04±0,01	0,04±0,01	0,02±0,02	0,02±0,01	0,04±0,01
Vitamin B ₁ , µg/100 g	44,1±0,6	24,3±0,6	30±0,0	23,3±1,2	22,3±2,1
Vitamin B ₂ , µg/100 g	160±10,0	160±0,0	140±10,0	140±10,0	160±10,0

ATM, koncentracija vitamina B₂ je ostala nepromenjena. Literaturni navodi [24] ukazuju da je količina vitamina B₂ u napicima od mleka sa 0,9% mlečne masti nakon proizvodnje 108 µg/100 g, dok u mleku sa 2,2% masti iznosi 136 µg/100 g.

ZAKLJUČAK

Primenom odabrane koncentracije inokuluma kombuhe (10 zapr.%) kultivisane na crnom čaju zaslađenom saharozom za fermentaciju mleka sa 0,9% mlečne masti, dobijen je funkcionalni fermentisani mlečni napitak pakovan u različite ambalažne materijale poliamid/poletilen kesice i polipropilen čaše zatvorene aluminijumskim poklopcima u atmosferskim uslovima. Ispitane su karakteristike ambalažnih materijala, biohemijske transformacije komponenata mleka delovanjem kombuhe u zavisnosti od primenjenih ambalažnih materijala, kao i promene sastava gasne smeše na temperaturi skladištenja 4 °C u periodu od 15 dana.

Biohemijskim transformacijama laktoze, dominantnog šećera u mleku, u procesu fermentacije mleka kombuhom nastaju L-mlečna kiselina, D-galaktoza i etanol čija koncentracija minimalno varira nakon proizvodnje u zavisnosti od vrste ambalažnog materijala i uslova pakovanja.

Energetska vrednost 100 g proizvoda je 182 kJ i može da se svrsta u grupu nisko energetske fermentisanih mlečnih napitaka.

Polipropilen je izuzetno dobrih fizičko–mehaničkih svojstava i kao takav može da ima višestruku ulogu u različitim manipulativnim operacijama tokom proizvodnje, skladištenja i transporta proizvoda. Dobra barijerna svojstva koekstrudirane folije poliamid/poletilen na ispitivane gasove i vazduh upućuju na zaključak da ovaj ambalažni materijal može uspešno da se koristi u različitim uslovima pakovanja kao dobra barijera u odnosu na gasove iz spoljašnje sredine. U kombinaciji sa ambalažnim materijalom veće mehaničke tvrdoće, ovaj ambalažni materijal predstavljao bi idealnu zaštitu fermentisanom mlečnom proizvodu na bazi kombuhe u pogledu ispitivanih parametara.

Promene sastava gasne smeše iznad napitaka pakovanih u polipropilenske čaše i kesica od poliamid/poletilena u atmosferskim uslovima imaju sličan trend i posledica su biohemijske transformacije komponenata upakovanog proizvoda, kao i propustljivosti ambalažnih materijala prema ispitivanim gasovima.

Promenom pH vrednosti napitka tokom skladištenja u funkciji odabira ambalažnog materijala i uslova pakovanja nakon 15 dana skladištenja utvrđeno je da uzorci fermentisanih mlečnih napitaka pakovani u poliamid/poletilen kesice u atmosferskim uslovima imaju nižu pH vrednost kao rezultat intenzivnije postacidifikacije, dok je pH uzoraka pakovanih u polipropilenske čaše viši

za 0,03 pH jedinice, što je u saglasnosti sa vrednostima dobijenim za sadržaj laktoze.

Ispitivanjem sadržaja vitamina B₁ i B₂ u kombuha fermentisanim mlečnim napicima nakon proizvodnje utvrđen je visok sadržaj vitamina B₂ – 160 µg/100 g. Sadržaj vitamina B₁ i B₂ generalno se smanjuje u funkciji vrste ambalažnog materijala, uslova pakovanja i perioda skladištenja.

Nisu utvrđene signifikantne razlike uticaja odabranih ambalažnih materijala tokom skladištenja na kvalitet kombuha fermentisanih napitaka pakovanih u atmosferskim uslovima.

ZAHVALNICA

Autori se zahvaljuju Ministarstvu prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije za finansiranje istraživanja predstavljenih u ovom radu, projekat III – 46009.

LITERATURA

- [1] D.A. Balentine, Special issue: Tea and health, *Crit. Rev. Food Sci.* **8** (1997) 691–692.
- [2] C. Dufresne, E. Farnworth, Tea, kombucha, and health: a review, *Food Res. Int.* **33** (2000) 409–421.
- [3] A.L. Teoh, G. Heard, J. Cox, Yeast ecology of Kombucha fermentation, *Int. J. Food Microbiol.* **95** (2004) 119–126.
- [4] J.M. Alan, O'S. Orla, H. Colin, R.R. Paul, D.C. Paul, Sequence-based analysis of the bacterial and fungal compositions of multiple kombucha (tea fungus) samples, *Food Microbiol.* **38** (2014) 171–178.
- [5] J. Reiss, Influence of different sugars on the metabolism of the tea fungus, *Z. Lebensm. unters Forsch.* **198** (1994) 258–261.
- [6] R. Malbaša, E. Lončar, M. Đurić, Comparison of the products of Kombucha fermentation on sucrose and molasses, *Food Chem.* **106** (2008) 1039–1045.
- [7] R. Malbaša, Hemijska karakterizacija proizvoda od kombuhe, Tehnološki fakultet, Novi Sad, 2009.
- [8] C.J. Greenwalt, K.H. Steinkraus, R.A. Ledford, Kombucha, the fermented tea: Microbiology, Composition and Claimed health effects, *J. Food Protect.* **63** (2000) 976–981.
- [9] M. Iličić, S. Milanović, M. Carić, V. Vukić, K. Kanurić, M. Ranogajec, D. Hrnjez, The effect of transglutaminase on rheology and texture of fermented milk product, *J. Texture Studies* (2013) 1–9.
- [10] D. Hrnjez, V. Vukić, S. Milanović, M. Iličić, K. Kanurić, A. Torbica, J. Tomić, Nutritive aspects of fermented dairy products obtained by kombucha application, *Agro Food Ind. HiTec.* **25** (2014) 70–73.
- [11] I.S. Arvanitoyannis, L. Bosnea, Migration of substances from food packaging materials to foods, *Crit. Rev. Food Sci.* **44** (2004) 63–76.
- [12] V.B. Alvarez, M.A. Paskall, in: J.W. Fuquay, P.F. Fox, P.L.H. McSweeney (Eds.), *Encyclopedia of Dairy Science*, Vol. 4, Elsevier Ltd., London, 2011, pp. 16–24.

- [13] I. Steinka, M. Morawska, M. Rutkowska, A. Kukułowicz, The influence of biological factors on properties of some traditional and new polymers used for fermented food packaging, *J. Food Eng.* **77** (2006) 771–775.
- [14] B. Pajin, V. Lazić, O. Jovanović, J. Gvozdenović, Shelf-life of a dragee product based on sunflower kernel depending on packaging materials used, *Int. J. Food Sci. Tech.* **41** (2006) 717–721.
- [15] A.Y. Tamime, R.K. Robinson, *Yoghurt, Science and Technology*, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, 2004.
- [16] V. Lazić, D. Novaković, *Ambalaža i životna sredina*, Tehnološki fakultet, Novi Sad, 2010.
- [17] D. Šuput, V. Lazić, Lj. Lević, N. Krkić, V. Tomović, L. Pezo, Characteristic of meat packaging materials and their environmental suitability assesment, *Hem. Ind.* **67** (2013) 615–620.
- [18] B. Pejić, *Kvalitet fermentisanog mlečnog napitka pakovanog u različitim uslovima*, Doktorska disertacija, Tehnološki fakultet, Novi Sad, 2013.
- [19] E. Lončar, S. Milanović, M. Carić, R. Malbaša, M. Panić, Metabolička aktivnost čajne gljive u mleku, *Preh. Ind. – Mleko i mlečni proizvodi* **12** (2001) 13–17.
- [20] S. Milanović, M. Carić, E. Lončar, M. Panić, R. Malbaša, D. Dobrić, Primena koncentrata čajne gljive u proizvodnji fermentisanih mlečnih napitaka, *Preh. Ind. – Mleko i mlečni proizvodi* **13** (2002) 8–13.
- [21] S. Milanović, M. Iličić, E. Lončar, M. Ranogajec, D. Hrnjez, K. Kanurić, V. Vukić, Nutritive and functional characteristics of kombucha fermented milk beverage, in: *Proceedings of the 5th PSU-UNS International Conference on Engineering and Tecnology (ICET–2011)*, Faculty of Engineering, Hat Yai, Thailand, 2011, pp. 131–135.
- [22] S. Milanović, K. Kanurić, V. Vukić, D. Hrnjez, M. Iličić, M. Ranogajec, M. Milanović, Physicochemical and textural properties of kombucha fermented dairy products. *Afr. J. Biotechnol.* **11** (2012) 2320–2327.
- [23] M. Iličić, K. Kanurić, S. Milanović, E. Lončar, M. Đurić, R. Malbaša, Lactose fermentation by Kombucha – a process to obtain new milk-based beverages, *Rom. Bio-tech. Lett.* **17** (2012) 7013–7021.
- [24] M. Iličić, *Optimizacija tehnološkog procesa proizvodnje funkcionalnog fermentisanog mlečnog napitka*, Doktorska disertacija, Tehnološki fakultet, Novi Sad, 2010.
- [25] M. Carić, S. Milanović, D. Vucelja, *Standardne metode analize mleka i mlečnih proizvoda*, Prometej, Novi Sad, 2000.
- [26] IDF/ISO 21A:1982: Milk, cream and evaporated milk, Determination of the total solids content (Reference Method), Brussels.
- [27] IDF 105:1985: Determination of fat content of milk (Reference method). Brussels.
- [28] IDF 20:1962: Determination of the total nitrogen content of milk by the Kjeldahl method, Brussels.
- [29] IDF 90:1979: Rennet caseins and caseinates – Determination of ash (Reference method), Brussels.
- [30] H.U. Bergmeyer, *Methods of Enzymatic Analysis*, 3rd ed., Vol. VI, VCH Publishers, New York, 1988.
- [31] SRPS G.S2.702 (1968): Određivanje mase po jedinici površine.
- [32] SRPS G.S2.733 (1972): Određivanje debljine folija iz plastičnih masa.
- [33] SRPS G.S2.734 (1974): Postupak ispitivanja zatezanjem tankih ploča ili folija debljine manje od 1mm.
- [34] SRPS G.S.511–2011: Određivanje strukturnih karakteristika infracrvenom spektrofo–tometrijom (FTIR).
- [35] Lyssy, *Operation manual*, Analytical gas permeability tester GPM–200, Schwiiz: Lyssy Beratender Ingenieur SIA, 1984, pp. 1–8.
- [36] M. J. Kirwan, J.W. Strawbridge, in: R. Coles, D. McDowell, M. J. Kirwan (Eds.), *Food Packaging Technology*, Blackwell Publishing Ltd., Oxford, 2003, pp. 174–240.
- [37] M. Iličić, S. Milanović, M. Carić, K. Kanurić, V. Vukić, M. Ranogajec, D. Hrnjez, Physicochemical and textural characteristics of fermented dairy beverages during storage, *Preh. Ind. – Mleko i mlečni proizvodi* **1** (2012) 3–7.
- [38] G. W. Frank, *Das Teepilz-Getränk* Ennsthaler Verlag, A-4402, Steyr, 1995.

SUMMARY

APPLYING AND INFLUENCE OF POLYMER MATERIALS FOR PACKAGING DAIRY BEVERAGES

Spasenija D. Milanović¹, Biljana J. Pejić², Vera L. Lazić¹, Bojan B. Konstantinović³, Milan N. Blagojević³

¹*Faculty of Technology, University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia*

²*Imlek AD, Padinska skela, Serbia*

³*Faculty of Agriculture, University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia*

(Scientific paper)

Functional food is positioned above the traditional, with the potential to improve human health. Thanks to very good physico-mechanical and barrier properties polymers became very popular in food industry as packaging materials. Wild range of fermented dairy products could be packed in these packaging materials according to their inertness as well. Functional milk beverage was obtained from milk with 0,9% milk fat content by applying 10 vol.% of kombucha's inoculum cultivated on a black tea sweetened with sucrose. The beverage was packed in different packaging materials: polyamid-polyethylen (PA/PE) coextruded foil bags and polypropylen (PP) cups closed with aluminium (Al) foil lids under atmospheric conditions (ATM). Beverages were stored for 15 days at 4 °C. The quality of kombucha inoculum, milk and obtained kombucha fermented milk beverage were analysed. Characterization of the packaging materials was done by investigating physico-mechanical, barrier and structural properties. The composition and changes in the headspace atmosphere, after production and during the storage, were analysed. The influence of packaging material properties and packaging conditions on the biochemical transformations of the milk's components (the content of: lactose, L-lactic acid, D-galactose, ethanol, B₁ and B₂ vitamins) influenced by kombucha starter were analysed as well. On the bases of the obtained results of characterisation of packaging materials, it can be concluded that PA/PE and PP materials are proper to be used for analysed beverage's packaging. Also, there is no significant difference in content of components which were quantified, between analysed materials in correlation with the packed fermented milk beverage.

Keywords: Packaging materials • Polymers • Fermented dairy beverage • Kombucha