

Uticaj sojinog mleka na nutritivna, antioksidativna, reološka i teksturalna svojstva čokolade proizvedene u kugličnom mlinu

Danica B. Zarić¹, Biljana S. Pajin², Marica B. Rakin³, Zita I. Šereš², Ljubica P. Dokić², Jelena M. Tomić⁴

¹*IHS Tehno experts d.o.o., Istraživačko-razvojni centar, Beograd, Srbija*

²*Tehnološki fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, Srbija*

³*Tehnološko–metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu, Srbija*

⁴*Institut za prehrambene tehnologije, Univerzitet u Novom Sadu, Srbija*

Izvod

Čokolada je složen reološki sistem u kome su nemasne kakao čestice i čestice šećera obavijene kristalnim matriksom kakao maslaca. Fizičke karakteristike čokolade zavise od sirovinskog sastava, postupka proizvodnje i pravilno vođene faze pretkristalizacije. Za istraživanja, proizvedena je čokolada na nekonvencionalni način, odnosno u kugličnom mlinu uz variranje vremena usitnjavanja (30, 60 i 90 min) i temperatura pretkristalizacije (26, 28 i 30 °C). Proizvedene su dve vrste čokolade, čokolada sa 20% kravljeg mleka u prahu (R1) i čokolada sa 20% sojinog mleka u prahu (R2). Kvalitet čokolada je praćen upoređivanjem nutritivnog sastava, sadržaja polifenola i antioksidativne aktivnosti, čvrstoće čokolada, sadržaja čvrstih triglicerida i reoloških parametara (prinosno proticanje po Cassonu (Pa), viskozitet po Cassonu (Pa s), površina tiksotropne petlje, moduli elastičnosti i krive puzanja). Cilj ovog rada je da se utvrde promene koje izaziva zamena kravljeg mleka sojinim mlekom u prahu u nutritivnom, reološkom i senzornom smislu i da se pronađu optimalni parametri: temperatura pretkristalizacije i vreme usitnjavanja čokolade sa sojinim mlekom kako bi se postigle odgovarajuće senzorne i fizičke osobine identične mlečnoj čokoladnoj masi.

Ključne reči: čokolada; sojino mleko; kuglični mlin; sadržaj čvrstih triglicerida; čvrstoća; ukupni fenoli; antioksidativna aktivnost.

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

Proces proizvodnje čokolade je detaljno proučen i sa malim odstupanjima u konstrukciji uređaja, poznat već oko 150 godina. Današnja ekonomska situacija doводи do preispitivanja istog, odnosno do potrebe da se izvrši racionalizacija proizvodnje, jer su svi uređaji u standardnom procesu proizvodnje veliki potrošači energije, zauzimaju veliki prostor, vrlo su skupi, a sam proces traje od 8 do 48 h. Racionalizacija je dovela do proizvodnje čokoladne mase u kugličnom mlinu, koji je prvo konstruisan za potrebe industrije cementa, a kasnije je svoju primenu našao u prehrambenoj, odnosno konditorskoj industriji. Konditorska industrija je prvo upotrebljavala kuglični mlin za usitnjavanje kakao mase i proizvodnju krem proizvoda. Kuglični mlin je vertikalni ili horizontalni cilindar sa dvostrukim zidom kroz koji struji topla voda [1,2]. U centralnom delu cilindra smešten je mešać sa lopaticama. Mešać sa lopaticama se kreće brzinom od 50-70 o/min što izaziva sudaranje čestica čokoladne mase i kuglica tako da usled dejstva sila udaranja, trenja i smicanja, dolazi do usitnjavanja čvrstih čestica čokoladne mase [3,4]. Mlin je snabdeven i sistemom za recirkulaciju mase, kako bi masa prolazila

nekoliko puta kroz gust sloj pokretnih kuglica, i iznova se sitnila i podvrgavala dejstvu sila smicanja i trenja. Brzina recirkulacije mase je 3–6 kg/min.

Kuglični mlinovi se stalno usavršavaju kao bi se dobila čokolada odličnih senzornih i reoloških karakteristika. Kompanija Mazzeti je konstruisala kuglični mlin sa rezervoarom za skladištenje čokoladne mase, koji je snabdeven tankoslojnim isparivačem čime se čokoladnoj masi koriguje viskozitet i ukus [5]. Firma Duyvis Wiener je za uklanjanje nepoželjne vlage i isparljivih kiselina konstruisala "Taste Changer". Čokoladnoj masi se dodaje zagrejan suv vazduh pod pritiskom uz regulaciju brzine strujanja. U cevi prečnika 200–300 mm, čokoladna masa se meša, gnječi i izlaže kratkotrajnom kontaktu sa zagrejanim vazduhom i istovremeno dolazi do promene ukusa čokoladne mase kao i smanjenja prinosnog napona i viskoziteta. Suv vazduh odnosi vlagu i isparljive kiseline, dok zagrejan vazduh povećava zapreminu kakao maslaca koji dodatno obavlja čvrste čestice i utiče na reološke osobine [6,7].

Kvalitet dobijene čokoladne mase zavisi od: prečnika kuglice, mase kuglica, zapremine mlevnog prostora, brzine recirkulacije mase, brzine kretanja mešaća, količine i vrste upotrebljenih emulgatora. Prednosti proizvodnje čokolade u kugličnom mlinu u odnosu na konvencionalni način proizvodnje su: veliki kapacitet,

NAUČNI RAD

UDK 663.91:663.911.3

Hem. Ind. 65 (5) 563–573 (2011)

doi: 10.2298/HEMIND110525045Z

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

E-pošta: marica@tmf.bg.ac.rs

Rad primljen: 25. maj, 2011

Rad prihvaćen: 26. jun, 2011

mali prostor i smanjenje troškova: održavanja, radne snage, proizvodnje i inicijalnih troškova.

Kuglični mlin zamenjuje dve faze u standardnom procesu proizvodnje čokoladne mase: usitnjavanje i končiranje koje se dešavaju istovremeno. U zavisnosti od vremena mlevenja dobija se optimalna raspodela čestica po veličini. Mehaničkim putem, odnosno dugotrajnim mešanjem, mlevenjem i stalnom recirkulacijom čokoladne mase pri određenoj temperaturi, dobija se stabilna suspenzija čvrstih čestica u kakao maslacu [8]. Otopljena čokolada je kompleksan reološki sistem gde su čvrste čestice dispergovane u masnoj fazi. Masnu fazu, u ovom radu, čine kakao maslac, mlečna mast (ili sojino ulje iz sojinog mleka) i lešnikovo ulje. Čvrsta faza nije uniformna dispergovana faza, jer su čestice sa različitim raspodelom po veličini, obliku i svojstvima površine. Uticaj mlevenja u čokoladnoj masi se ogleda u postepenom smanjenju napona smicanja usled čega ona dobija izgled homogene suspenzije koja počinje da protiče. Reološka merenja čokoladne mase upravo predviđaju ponašanje mase tokom obrade. Čokoladna masa je nenjutnovski fluid, definisan plastičnim proticanjem, koji karakteriše prinosni napon potreban da se savlada unutrašnji otpor da bi čokoladna masa počela proticati i koji je izraz unutrašnjeg otpora sistema pri daljem proticanju [9]. Takođe, čokoladna masa se svrstava u pseudoplastična tela i pokazuje osobine tiksotropije i repeksije [10]. U uslovima povećanja brzine smicanja postepeno se narušava strukturiranost suspenzije čokoladne mase odnosno razrušavaju se uzajamne veze elementata prostorne rešetke. Površina tiksotropne petlje je merilo gubitka energije veza koje su razrušene tokom smicanja, a takođe je i merilo tiksotropnih promena unutar sistema. Kada je površina tiksotropne petlje jednaka nuli sistem je vremenski nezavisan, odnosno pseudoplastičan.

Na reologiju čokolade najveći uticaj ima sirovinski sastav, sadržaj masti, izbor emulgatora, raspodela veličine čvrstih čestica i način pakovanja čestica. Značaj gusto pakovanih čestica i njihove međusobne interakcije u čokoladi i sintetičkoj čokoladi, gde je kakao maslac zamenjen sojinim uljem uz zadržavanje slične raspodele čvrstih čestica, pokazali su Taylor i saradnici [11]. Njihovo istraživanje pokazuje i da Carrau model daje preciznije podatke u odnosu na Casson model, kod čokolada sa većim sadržajem čvrstih čestica. Uticaj izbora emulgatora u mlečnoj čokoladi prikazuju Schantz i Rohm [12] koji su utvrdili da odnos PGPR:lecitin u crnoj čokoladi treba da bude 50:50, a u mlečnoj 25:75. Afoakwa i saradnici [13,14] utvrdili su da povećanje prosečne veličine čestice dovodi do smanjenja Cassonovog plastičnog viskoziteta, napona smicanja, prinosnog napona i prividnog viskoziteta. Ovo smanjenje je izražajnije pri manjim sadržajima masti, dok efekat smanjenja se ne uočava pri sadržaju masti od i preko 30%. Uticaj sastava

čokolade na reologiju čokolade je značajan. Sokmen i Gunes [15] utvrdili su efekte zaslađivača maltitola, izomalta i ksilitola na reološka svojstva čokolade koristeći Bingham, Herschel–Bulkley i Casson model. Herschel–Bulkley model se pokazao kao najbolji za ispitivanje čokolade sa smanjenim sadržajem energije i pokazao je da maltitol povećava prinosni napon, izomalt plastični viskozitet, a ksilitol povećava indeks tečenja. Farzanehr i saradnici [16] pokazali su da zamene za šećer u recepturama za čokoladu dovode do smanjenja čvrstoće i povećanje vlage. Takođe, preporučuju da se smanjenje energetskog efekta uz ne narušavanje fizičko–hemijских i senzornih svojstava postiže smanjenjem masti za 5%.

Zamena kravljeg mleka sojinim mlekom u čokoladi dovodi do pojave viskoelastičnih osobina. One su uslovljene prisustvom sojinih proteina β -konglicinina i glicinina. β -konglicinin je sklon procesima asocijacije i disocijacije i javlja se u sedam polimorfni oblika. Svaki polimorfni oblik je trimer i sastoji se od istih ili kombinacije različitih podjedinica [17]. Oba proteina sojinog mleka stupaju u međumolekulsko povezivanje, koje utiče na viskoelastične osobine čokolade. Na povišenim temperaturama i pri neutralnoj pH β -konglicinin i glicinin obrazuju gel.

Stabilna čokoladna masa, odnosno masa dobrih reoloških karakteristika se pre oblikovanja temperira u cilju stvaranja kristalizacionih centara kakao maslaca u stabilnom kristalnom obliku V [18–20]. Osobine teksture čokolade kao što su prelom, čvrstoća, otpornost na zagrevanje, topivost i voskasto–lojav ukus se mogu predvideti određivanjem sadržaja čvrstih triglicerida u masnoj fazi čokolade [21–23]. Čokolada otporna na zagrevanje ima dovoljnu količinu čvrstih kristala kakao maslaca u masnoj fazi, dok topiva čokolada ima niži sadržaj čvrstih kristala u masnoj fazi.

Sadržaj čvrstih triglicerida (SČT) u očvrstloj čokoladi zavisi od sastava masne faze, kao i od pravilnog vođenja postupka kristalizacije kakao maslaca i definiše se kao odnos tečne i čvrste faze na datoj temperaturi. Određivanjem SČT se meri udeo tečne i čvrste faze masti na odabranim temperaturama, koje pokrivaju interval između temperature spoljašnje sredine i telesne temperature. Na grafiku zavisnosti sadržaja čvrstih triglicerida od temperature za čokoladne proizvode su bitne tri faze: SČT ispod 25 °C pokazuje čvrstoću proizvoda, SČT između 25 i 30 °C predstavljaju otpornost čokolade na zagrevanje i SČT između 27–33 °C (glavno topljenje) odgovoran je za oslobađanje ukusa uz stvaranje osećaja hlađenja u ustima. Pulsna NMR je postala dominantna tehnika za određivanje sadržaja čvrstih masti [24,25]. Analiza se bazira na činjenici da je moguće meriti razliku između osobine protona u čvrstoj i protona u tečnoj masti. Problemi koji se javljaju pri određivanju SČT u čokoladi su vezani za pripremu uzorka i

zato je od velikog interesa bilo razvijanje metode koja ne zahteva ekstrakciju masti iz uzoraka čokolade i koja u relativno kratkom roku daje pouzdane i tačne rezultate [26].

Čokolada sa sojinim mlekom u svom sastavu ima od 8–10% sojinih proteina, koji imaju pozitivan uticaj na zdravlje ljudi. Sojino mleko sadrži više proteina [27], a manje masti od kravljeg mleka. Karakteriše ga odsustvo holesterola i laktoze, nizak sadržaj zasićenih masnih kiselina, dok je sadržaj polinezasićenih masnih kiselina znatno viši u odnosu na kravlje mleko. Sadržaj gvožđa, niacina, tiamina je veći u odnosu na kravlje. Prednost primene sojinog mleka ogleda se u njegovoj visokoj digestibilnosti.

Savremena istraživanja pokazuju da soja sadrži širok spektar bioaktivnih jedinjenja, koja su se pokazala kao vrlo efikasna u prevenciji bolesti srca, krvnih sudova i kancera što ovu sirovinu uspešno svrstava u funkcionalnu hranu, odnosno hranu sa pozitivnim uticajem na zdravlje ljudi [28,29]. Soja sadrži flavonoide, izoflavone, izoflavonoidi i druge polifenole, koji smanjenju rizik od ateroskleroze, jer pozitivno utiču na lipide krvne plazme i inhibiraju agregaciju krvnih pločica. Epidemiološki podaci podržavaju ideju da je poboljšanje zdravlja povezano sa konzumiranjem izvesnih flavonoida. Flavonoidima bogata hrana i napici obuhvataju različito voće, vino, čaj, kao i kakao zrno i proizvode na bazi kakao zrna, odnosno čokoladu i proizvode slične čokoladi [30]. Novija istraživanja ukazuju da proteini mleka smanjuju antioksidativnu aktivnost mlečne čokolade, u poređenju sa crnom čokoladom [31].

EKSPERIMENTALNI DEO

Materijal

Sirovine koje su korišćene za izradu čokoladnih masa su: šećer (Crvenka AD, Srbija), kakao maslac (Theobroma, Holandija), kakao masa (Cargill, Gana), sojino mleko u prahu (Provesol PSA, Brazil), lešnik pasta (Arslanturk, Turska), etilvanilin (FCC, Norveška), lecitin (Soyaprotein AD, Srbija), PGPR – poliglicerol poliricinoleat (Danisco, Malezija).

Metode

Opis eksperimenta. Čokoladna masa je proizvedena u laboratorijskom kugličnom mlinu sa homogenizatorom (kapaciteta 5 kg), domaćeg proizvođača. U homogenizatoru su dodate sve sirovine izuzev 10% kakao butera. Vreme mešanja je bilo 20 min. Dobijena masa se prebacila u mlin sa kuglama. Vreme mlevenja je bilo 30, 60 i 90 min. Preostala količina kakao butera (10%), dodata je 10 min pred završetak mlevenja. Prečnik kuglica u mlinu je 9,1 mm, brzina obrtaja mešača 50 o/min, brzina recirkulacije mase 10 kg/h, unutrašnji prečnik kugličnog mlina 0,250 m, visina 0,31 m, zapremina pro-

stora za kuglice, i čokoladnu masu od 5 kg, 0,0152 m³. Proizvedene su dve čokoladne mase: R1 (čokoladna masa sa 20% kravljeg mleka u prahu) R2 (čokoladna masa sa 20% sojinog mleka u prahu).

Prekristalizacija čokoladne mase. Prekristalizacija čokoladnih masa je izvedena u laboratorijskom pretkristalizatoru, modifikovanom Brabenderovom farinografu. Tok pretkristalizacije se pratio indirektno preko promene unutrašnjeg otpora koji pruža masa pri mešanju i koji se registruje na dijagramu vreme/otpor [32]. Primenjene su sledeće temperature pretkristalizacije: 26, 28 i 30 °C. Čokoladne mase su izlivenne u forme i ohlađene u hladnjaku na temperaturama od 10–16 °C. U dobijenim čokoladama je određen hemijski sastav, sadržaj ukupnih polifenola i antioksidativna aktivnosti, sadržaj čvrstih triglicerida, reološka ispitivanja i čvrstoća čokolade.

Hemijska analiza čokoladne mase

Osnovni hemijski sastav čokoladne mase je određen primenom standardnih AOACC metoda [33]: vlaga – termogravimetrijski, ukupna mast – Soxlet metodom, proteini – metodom po Kjeldalu, ugljeni hidrati i saharoza – polarimetrijski, laktoza – jodometrijskom titracijom, kakao delovi i bezmasni kakao delovi – spektrofotometrijski, dok je aminokiselinski sastav urađen jonskom hromatografijom. Energetska vrednost je izračunata računskim putem na osnovu sirovinskog sastava čokoladnih masa.

Sadržaj ukupnih polifenola i antioksidativna aktivnost

Lipidi su uklonjeni iz uzoraka čokolade, tako što se 2 g uzorka ekstrahovano tri puta sa 10 ml heksana. Obezmašćeni uzorci su tokom 24 h osušeni na vazduhu da bi se uklonio ostatak organskog rastvarača. Fenolne komponente ekstrahovane su dva puta iz uzoraka sa vodenim rastvorom metanola (70%) tokom 30 min u ultrazvučnom kupatilu (model USK 28, snaga 600 W, frekvencija 40 kHz, El Niš, Srbija). Nakon ekstrakcije, smeša je centrifugirana 10 min na 3000 o/min i supernatant korišćen za dalja određivanja.

Ukupan sadržaj polifenolnih jedinjenja određen je po modifikovanoj metodi [34]. Masa ekstrakta od 100 g mešana je 1 min sa 500 µl of Folin/Ciocalteu reagensa i 6 ml destilovane vode. Zatim je smeši dodato 2 ml 15% Na₂CO₃ i mešano je još 5 min. Rastvor je dopunjen sa destilovanom vodom do 10 ml. Nakon 2 h merena je apsorbcija na 750 nm (Ultraspec 3300 pro, Amersham Bioscience, Sweden). Rezultati se izražavaju u mg galne kiseline (GAE) na 1 g uzorka i izračunavaju se iz standardne krive (razređenja galne kiseline od 1–1500 µl/ml).

Antioksidativna aktivnost uzoraka čokolade određena je na osnovu neutralizacije DPPH radikala. DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil) radikal je stabilan azotni radikal, koji se prilikom reakcije sa donatorom protona re-

dukuje do DPPH-H i dovodi do promene boje iz ljubičaste u žutu. Intenzitet promene boje se određuje spektrofotometrijski na 517 nm [35]. U 50 μ l uzorka čokolade doda se 3,95 ml metanola i 1 ml 0,2 mmol rastvora DPPH u metanolu. Sadržaj se snažno promućka i ostavi na sobnoj temperaturi u mraku. Posle 30 min se meri apsorbanca na 517 nm (Ultraspec 3300 pro, Amersham Bioscience, Sweden). Rezultati se izražavaju kao procenti inhibicije, odnosno neutralizacije slobodnog DPPH radikala u odnosu na kontrolu (metanol). Izračunavanje se vrši prema izrazu:

$$\text{Inhibicija (\%)} = ((A_k - A_u)/A_k) \times 100 \quad (1)$$

gde je A_k – apsorbanca kontrole i A_u – apsorbanca uzorka.

Konstruisane su krive zavisnosti koncentracije ispitivanih uzoraka i procenta inhibicije DPPH radikala i izračunate su vrednosti IC_{50} , koje predstavljaju koncentraciju antioksidanasa, potrebne za inhibiciju 50% početne koncentracije DPPH radikala.

Određivanje sadržaja čvrstih triglicerida (SČT) primenom nuklearne magnetne rezonance (NMR)

Određivanja SČT izvedena su na uređaju pulsni NMR Bruker na temperaturama 20, 25, 27,5, 30, 32,5, 35 i 40 °C, prema Karlshamns metodi [23].

Reološke osobine čokoladne mase

Reološke osobine su određene na rotacionom viskozimetru RheoStress 600 HP, Haake, prema O.I.C.C. metodi na temperaturi $40 \pm 0,1$ °C [36]. Krive proticanja određene su metodom histerezisnih petlji u opsegu brzine smicanja od $1-60 \text{ s}^{-1}$. Brzina smicanja povećavana je od $1-60 \text{ s}^{-1}$ u trajanju od 240 s, zatim je održavana 60 s na maksimalnoj brzini od 60 s^{-1} , a smanjivanje brzine smicanja od $60-1 \text{ s}^{-1}$ takođe je trajalo 240 s.

Dinamička oscilatorna merenja primenjena su za praćenje modula elastičnosti G' i modula viskoznosti G'' . Na osnovu određenog LVE režima definisani su uslovi merenja: ω (ugaona brzina) u intervalu 6,28–62,8 rad/s (frekvencija 1–10 Hz) pri konstantnoj vrednosti napona smicanja od 5 Pa. Doprinosa viskozne i elastične komponente viskoelastičnim osobinama reološkog sistema definiše i parametar:

$$\tan \delta = G''/G' \quad (2)$$

Kod idealno elastičnih tela, G' kompletno dominira nad G'' pa je $\tan \delta = 0$, dok je kod idealno viskoznih tela $\delta = 90^\circ$, a $\tan \delta = \infty$, jer su dominantne viskozne osobine. Parametar $\tan \delta$ (faktor gubitka) idealan je za praćenje promene tečnog (sol) u čvrsto (gel) stanje.

Creep & recovery test se izvodi u linearnom viskoelastičnom režimu u kome amplituda deformacije proporcionalno odgovara amplitudi primenjenog napona smicanja. Konstantni primenjeni napon smicanja tokom *creep* faze bio je 5 Pa tokom vremena od 150 s, a faza

oporavka je 450 s. Kriva puzanja se definiše preko Bardžersov modela, koji se može predstaviti sledećim jednačinama:

$$J(t) = J_0 + J_m(1 - \exp(-t/\lambda)) + t/\eta_0, \text{ za } \textit{creep} \text{ fazu} \quad (3)$$

$$J(t) = J_{\max} - J_0 - J_m(1 - \exp(-t/\lambda)), \text{ za } \textit{recovery} \text{ fazu} \quad (4)$$

gde su: J_0 – početna vrednost J , J_m – viskoelastični iznos J , J_{\max} – maksimalna vrednost J u *creep* fazi, λ – srednja vrednost vremena oporavka sistema, η_0 – Njutnovski viskozitet, J_e^0 – razlika između J_m i J krajnjeg dela krive kada oporavak sistema dostiže ravnotežno stanje, J_e – iznos elastične komponente J , J_v – iznos viskozne komponente J .

Određivanje čvrstoće čokolade

Određivanje teksturalnih karakteristika izvedeno je na aparatu Texture Analyser po originalnoj metodi *3-Point Bending Rig* HDP/3PB. Radni uslovi su: merna ćelija 5 kg; temperatura 20 °C; brzina cilindrične sonde pre analize: 1,0 mm/s; brzina cilindrične sonde tokom analize: 3,0 mm/s; brzina cilindrične sonde nakon analize: 10,0 mm/s; udaljenost: 40 mm, merenje teksture je izvršeno u 3 ponavljanja, nakon 7 dana stabilizacije proizvedene čokolade. Meri se jačina upotrebljene sile koja dovodi do preloma čokolade.

REZULTATI I DISKUSIJA

Hemijska analiza čokoladne mase

Izmena sirovinskog sastava čokoladne mase, odnosno zamena kravljeg sa sojinim mlekom, dovela je pre svega do povećanja sadržaja proteina za 1,15% u korist sojinog mleka (tabela 1). Takođe, u ovim uzorcima čokolade se javlja i povećanje esencijalnih aminokiselina (lizina, cisteina, triptofana, treonina, izoleucina, leucina, fenilalanina i valina), osim metionina čiji sadržaj je smanjen za 0,1% u odnosu na čokoladnu masu sa kravljim mlekom. Najveće promene su zabeležene kod izoleucina i alanina, koji su se povećali za približno 0,4%, dok su najmanje promene uočene kod leucina, čiji je sadržaj povećan za samo 0,06%. Povećanje esencijalnih aminokiselina utiče na bolje nutritivne karakteristike čokolade sa sojinim mlekom u odnosu na čokoladu sa kravljim mlekom.

Na povećanje nutritivne vrednosti čokoladne mase R2 utiče i promena u sastavu masnih kiselina. Zasićene masne kiseline koje su prisutne u čokoladnoj masi R1 se gube (laurinska i miristinska) ili se smanjuju (palmitinska za 0,9% i stearinska za 0,4%) u masi R2, dok se esencijalne masne kiseline kao što su linolna, linolenska, arahidonska, gadolenska i behenska povećavaju. Čokoladna masa R2 ne sadrži laktozu i holesterol, kao komponente koje mogu biti nepoželjne sa aspekta svarljivosti i zdravlja uopšte.

Tabela 1. Sastav mlečne čokoladne mase (R1) i čokolade sa sojinim mlekom (R2)
Table 1. Composition of milk chocolate mass (R1) and soya milk chocolate mass (R2)

Parametar kvaliteta	R1	R2	Parametar kvaliteta	R1	R2
Vlaga (%)	1,1	1,1	Aminokiseline (%)	–	–
Ukupna mast (% s.m.)	32,41	32,44	Histidin	0,26	0,33
Proteini (% s.m.)	8,76	9,91	Fenilalanin	0,37	0,51
Ugljeni hidrati (% s.m.)	52,98	52,07	Glutamat	2,34	1,80
Kakao delovi (% s.m.)	30,14	30,14	Aspartat	1,85	1,21
Bezmasni kakao delovi (% s.m.)	4,74	4,74	Cistin	0,08	0,09
Kakao maslac (% s.m.)	25,5	25,5	Tirozin	0,50	0,43
Mlečna mast (% s.m.)	5,2	-	Masne kiseline (%)	–	–
Sojino ulje (% s.m.)	-	5,2	Buterna	0,18	0,00
Lešnikovo ulje (% s.m.)	1,7	1,7	Kaprnska	0,10	0,00
Saharoza (% s.m.)	42,67	52,07	Kaprilna	0,05	0,00
Laktoza (% s.m.)	10,31	-	Kaprinska	0,13	0,00
Energetska vrednost, kcal	538,64	539,61	Laurinska	0,16	0,00
Energetska vrednost, kJ	2251,52	2255,55	Miristinska	0,57	0,00
Aminokiseline (%)			Miristoleinska	0,05	0,00
Lizin	0,41	0,80	Pentadekanska	0,10	0,00
Alanin	0,10	0,69	Palmitinska	8,33	7,45
Treonin	0,32	0,34	Palmitoleinska	0,10	0,00
Glicin	0,06	0,34	Margarinska	0,03	0,00
Valin	0,15	0,40	Stearinska	10,02	9,61
Serin	0,29	0,51	Oleinska	10,82	10,51
Prolin	1,12	0,47	Linolna	1,55	4,20
Izoleucin	0,16	0,52	Linolenska	0,03	0,40
Leucin	0,36	0,42	Arahidonska	0,02	0,04
			Gadolenska	0,05	0,04

Sadržaj ukupnih polifenola i antioksidativna aktivnost

Rezultati prikazani u tabeli 2 ukazuju da čokolada predstavlja važan izvor dijetetskih antioksidanasa. Prema podacima u literaturi, sadržaj ukupnih polifenola znatno varira u zavisnosti od rastvarača i postupka koji se primenjuje za ekstrakciju polifenola. Dobijeni sadržaj ukupnih polifenola u skladu je sa rezultatima autora Waterhouse, Shirley i Donovan [37]. Ovi autori su koristili Folin/Ciocalteu metod za određivanje ukupnih polifenola, našli u uzorcima mlečne čokolade 5,0 mg polifenola/g čokolade. Zamena kravljeg mleka u uzorcima čokolade sa sojinim mlekom dovodi do porasta ukupnih polifenola za 28%. U pogledu inhibicije DPPH radikala uzorak čokolade sa sojinim mlekom pokazao je jače antioksidativno svojstvo nego uzorak čokolade sa kravljim mlekom.

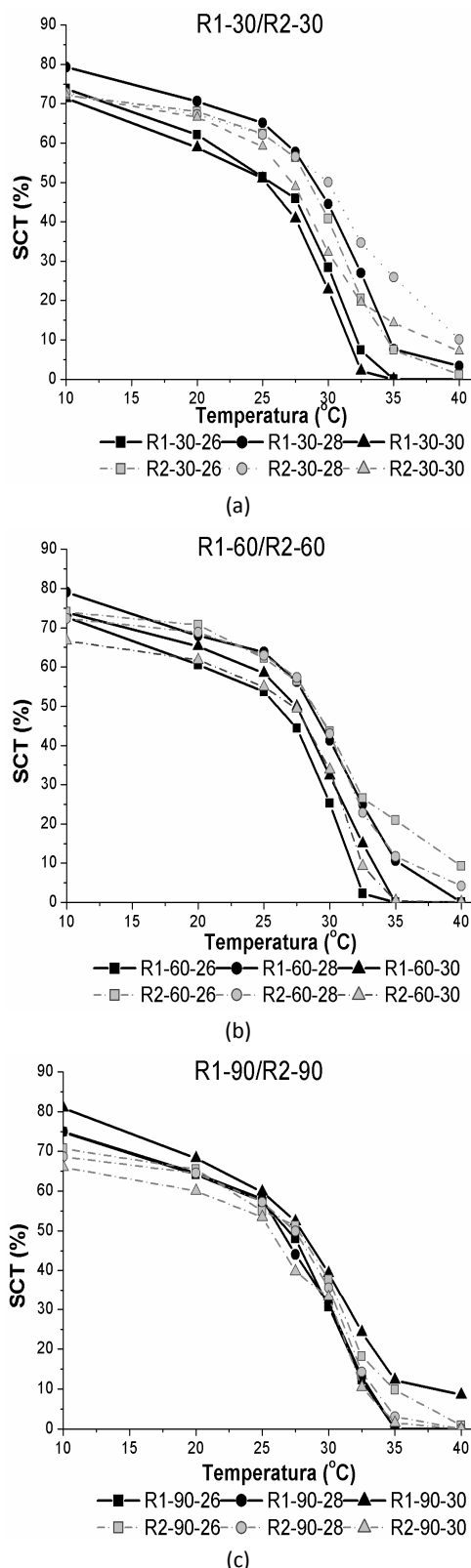
Određivanje sadržaja čvrstih triglicerida

Tok krivih određivanja sadržaja čvrstih triglicerida čokoladnih masa sa kravljim (R1) i sojinim mlekom (R2) potvrđuju sličnosti u njihovom ponašanju (slika 1). Međutim, kada se posmatraju apsolutne vrednosti sadržaja čvrstih triglicerida, jasno se uočava da čokoladna masa sa sojinim mlekom ima manji sadržaj čvrstih triglicerida u odnosu na masu sa kravljim mlekom, što se svakako odražava na smanjenje njene čvrstoće i stabilnosti.

Posmatrajući sistem koji se po fizičkim i reološkim pokazateljima smatra najoptimalnijim, odnosno čokolade koje su dobijene usitnjavanjem u kugličnom mlinu u trajanju od 90 min, primećuje se da najveći sadržaj čvrstih triglicerida ima čokoladna masa sa kravljim mlekom pretkristalisana na 30 °C, a najmanji masa sa sojinim mlekom pretkristalisana na istoj temperaturi.

Tabela 2. Sadržaj ukupnih fenola i antioksidativna aktivnost u čokoladnim masama R1 i R2
Table 2. The antioxidant activities and total phenols in samples of chocolates R1 and R2

Parametar	R1	R2
Ukupni polifenoli (mg GAE /g uzorka)	6,45±0,06	8,26±0,07
DPPH (IC_{50} / $\mu\text{g ml}^{-1}$)	57,7	52,5



Slika 1. Uporedni pregled SČT čokoladne mase R1 i R2 u zavisnosti od temperature pretkristalisanja i vremena zadržavanja u mlinu: a) 30, b) 60 i c) 90 min.

Figure 1. Comparative analysis of SFC in R1 and R2 chocolate masses depending on pre-crystallization temperature and refining time: a) 30 b) 60 and c) 90 min.

Reološke karakteristike čokoladnih masa

Ukoliko se uporede viskoziteti, prinosni naponi, napon smicanja i površine tiksotropnih petlji, uzoraka R1 i R2, jasno se uočava da je čokoladna masa R1 uređeniji i jednostavniji sistem u odnosu na masu sa sojinim mlekom (R2), jer pokazuje niže vrednosti za sve navedene parametre, bez obzira na vreme mlevenja i temperaturu pretkristalizacije. Prosečno smanjenje viskoziteta čokoladne mase R1 u odnosu na R2 je za približno 65%.

Razlike u prinosnom naponu između ova dva sirovinska sastava su mnogo manje izražene od promene viskoziteta.

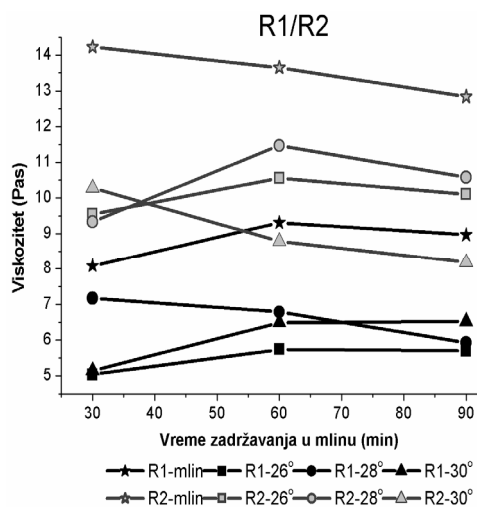
Razlike u površini tiksotropnih petlji jasno su izražene između nepretkristalisanih čokoladnih masa R1 i R2 (slika 2). Utvrđeno je da je smanjenje površine tiksotropne petlje čokoladne mase R1 u proseku za 52% u odnosu na masu R2. Postupkom pretkristalizacije značajno se smanjuju ove razlike u površini tiksotropne petlje masa različitog sirovinskog sastava. Primenjena pretkristalizacija odnosno temperiranje povećava tečljivost i utiče na lakše proticanje čokoladne mase, što se odražava i na uređenje sistema i smanjenje površine tiksotropne petlje. U skladu sa tim pri vremenu mlevenja od 90 min i temperaturi pretkristalizacije od 30 °C javlja se mala razlika (8%) između površina tiksotropnih petlji čokoladnih masa R1 i R2.

Čokoladna masa R1 ima niže vrednosti napona smicanja bez obzira na vreme mlevenja i temperaturu pretkristalizacije (slika 3).

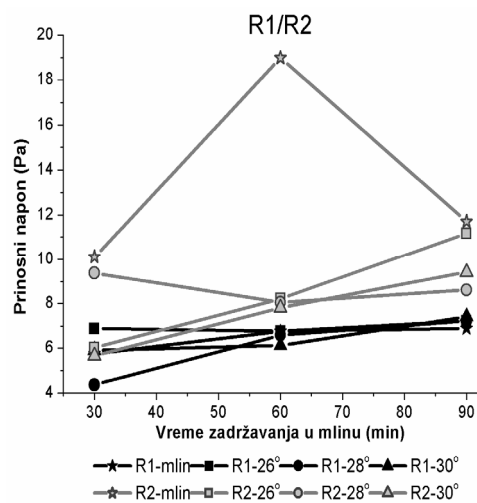
Creep & recovery test (test puzanja)

Proteini sojinog mleka, su doveli do viskoelastičnog ponašanja čokoladne mase R2 proizvedene na kugličnom mlinu. Viskoelastične osobine nisu svojstvene mlečnoj čokoladi (R1). Proteini soje su složene strukture i imaju sposobnost stvaranja gela i obrazovanja većeg broja reverzibilnog molekuskog povezivanja. Oba proteina sojinog mleka zbog složenosti strukture stupaju u međumolekulska povezivanje, koje utiče na formiranje viskoelastičnih osobina čokolade. Uticaj samo vremena mlevenja na pojavu viskoelastičnih osobina nepretkristalisane mase R2 je takav da se elastični odziv pojačava sa dužim izlaganjem čokoladne mase mlevenju, odnosno mehaničkom opterećenju. Elastični odziv raste od 6,52 za vreme usitnjavanja od 30 min do 23,71% u sistemu koji se usitnjavao 90 min. Elastično ponašanje je posledica usitnjavanja, kao i pojava asocijacija, disocijacija i reverzibilnih denaturacija sojinih proteina na radnoj temperaturi od 55 °C. Sojini proteini grade slabe strukturalne veze, koje se lako razrušavaju, već sa primenom pretkristalizacije. Na osnovu Bardžersov modela i formula (3) i (4) izračunate su karakteristične krive puzanja koje su predstavljene tabelarno (tabela 3).

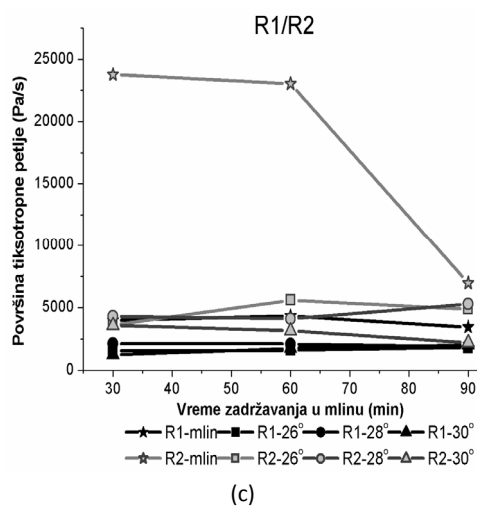
Pretkristalizacija čokoladne mase R2 je dovela do uređivanja sistema i boljeg pakovanja i orijentacije čes-



(a)

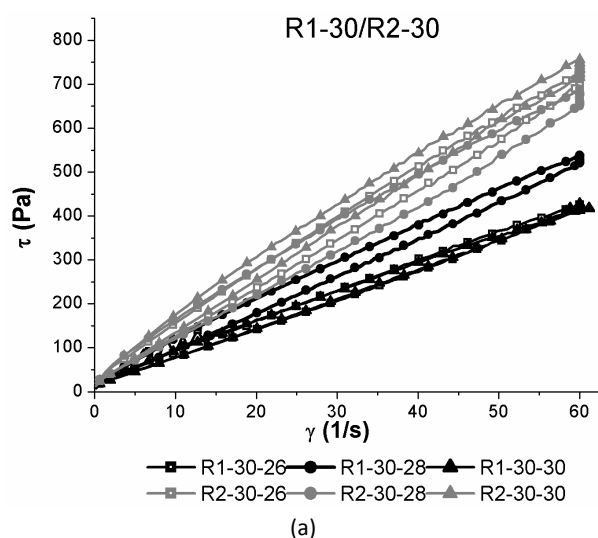


(b)

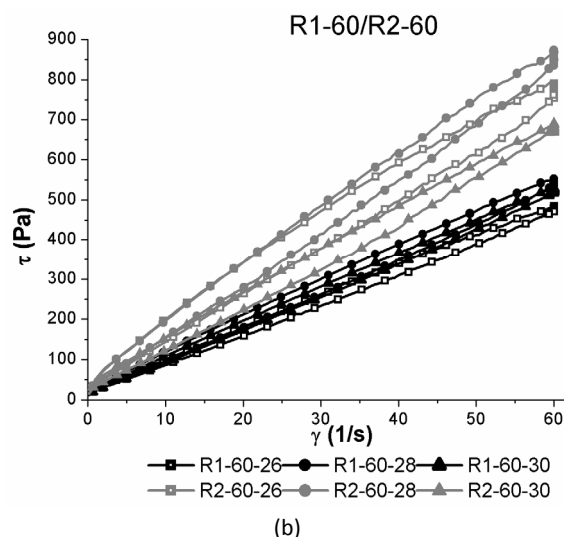


(c)

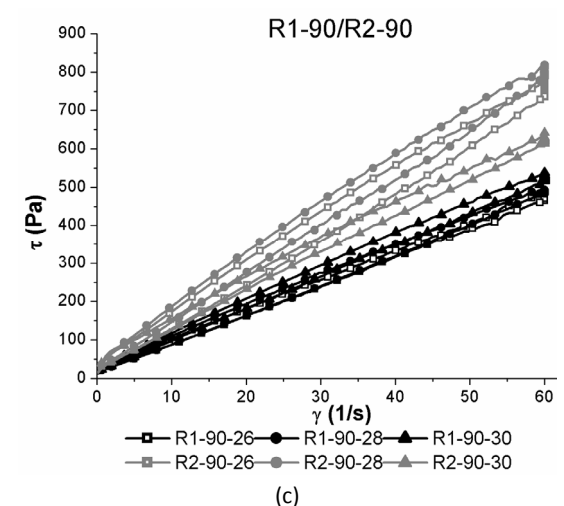
Slika 2. Uporedni pregled a) viskoziteta, b) prinosnog napona i c) površine tiksotropne petlje čokoladne mase R1 i R2 u zavisnosti od temperature pretkristalizacije i vremena mlevenja. Figure 2. Comparative analysis of a) viscosity, b) yield stress and c) the area of the thixotropic loop of R1 and R2 chocolate masses, depending on pre-crystallization temperature and refining time.



(a)



(b)



(c)

Slika 3. Uporedni pregled uticaja temperature pretkristalizacije na vrednost napona smicanja čokoladne mase R2 i R3: a) posle 30, b) posle 60 i c) posle 90 min.

Figure 3. Comparative analysis of influence that pre-crystallization temperature has on shear stress value of R2 and R3 chocolate masses: a) after 30, b) after 60 and c) after 90 min.

Tabela 3. Uticaj vremena mlevenja na viskoelastične osobine nepretkristalisane čokoladne mase sa sojinim mlekom
 Table 3. Influence of refining time on the viscoelastic behavior of the non-precrySTALLIZATION chocolate mass R2

Faza	Parametar	Uzorak		
		R2 30	R2 60	R2 90
Creep	J_0 / Pa^{-1}	0,00097	0,00269	0,00006
	J_1 / Pa^{-1}	0,00052	0,00271	0,00022
	$\eta_0 / \text{Pa s}$	0,00	0,00	0,00
	λ_1 / s	66,21	69,88	144,40
Recover	$J_{\text{max}} / \text{Pa}^{-1}$	0,00157	0,00822	0,00068
	J_0 / Pa^{-1}	0,00156	0,00005	0,00003
	J_1 / Pa^{-1}	0,00009	0,00056	0,00013
	$\eta_0 / \text{Pa s}$	0,00	0,00	0,00
	λ_1 / s	262,00	200,5	340,40
	J_e^0 / Pa^{-1}	0,00010	0,00061	0,00016
	$J_e/J_{\text{max}}, \%$	6,52	7,44	23,71
	$J_v/J_{\text{max}}, \%$	93,48	92,56	76,30

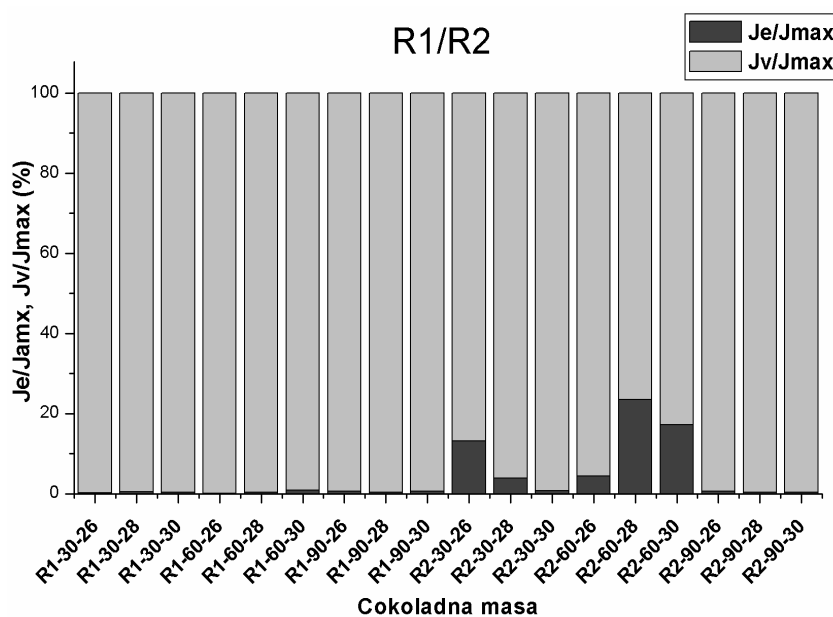
tica. U procesu pretkristalizaciji došlo je do izražaja fino pakovanje i orijentacija čestica koje su dužim mlevenjem imale optimalnu raspodelu čestica po veličini. Pretpostavka je da su dužim mlevenjem viskozne osobine potpomognute i emulgujućim svojstvima sojinih proteina. Viskozne osobine su izražajnije kod čokoladnih masa sa višom temperaturom pretkristalizacije, jer je kod njih udeo masne faze izražajnije. Čokolada sa sojinim mlekom zahteva niže temperature pretkristalizacije (slika 4).

Dinamička oscilatorna merenja

Prilikom određivanja elastičnog G' i viskoznog G'' modula pri niskim amplitudama napona obezbeđena je

stabilnost unutrašnje strukture čokolade. Pri oscilatornim merenjima prati se promena elastičnog i viskoznog modula u odnosu na napon smicanja. U čokoladnoj masi R1 na vrednost $\tan \delta$, odnosno na faktor gubitka, ne utiču vreme mlevenja i temperatura pretkristalizacije, jer je njegova vrednost uvek veća od jedan. Čokoladna masa R1 favorizuje isključivo viskozne deformacije (tabela 4).

Rezultati ispitivanja modula elastičnosti i viskoznosti čokoladne mase koja nije pretkristalisana i koja je mlevena samo 30 min pokazuju da je ovaj sistem u nehomogenom stanju. Zbog krupnih, neusitnjenih čestica i



Slika 4. Upporedni prikaz uticaja temperature pretkristalizacije i vremena mlevenja na vrednost odnosa elastičnog odziva, J_e , i viskoznog odziva, J_v , i J_{max} čokoladne mase R1 i R2.

Figure 4. Comparative analysis of the influence that pre-crystallization temperature and refining time have on the value of the ratio between elastic response, J_e , and viscous response (J_v) and J_{max} chocolate masses R1 and R2.

Tabela 4. Upporedni pregled faktora gubitka čokoladne mase R1 i R2
Table 4. Comparative analysis of loss factors for R1 and R2 chocolate masses

Vreme mlevenja, min	Temperatura pretkristalisanja, °C	tan $\delta = G''/G$	
		Čokoladna masa R1	Čokoladna masa R2
30	–	1,062	0,585
60	–	3,761	2,488
90	–	3,382	2,146
90	30	2,304	0,609
90	28	2,905	1,966
90	26	2,695	2,102
60	30	1,770	1,822
60	28	2,698	1,789
60	26	3,138	2,336
30	30	2,721	2,606
30	28	3,209	2,232
30	26	3,369	0,368

njihovih interakcija modul elastičnosti je veći od viskoznog modula, tj. vrednost $\tan \delta < 1$. Produžavanjem vremena mlevenja, sistem usled usitnjavanja i homogenizovanja prelazi u dominantno viskozni te je $\tan \delta > 1$. Pretkristalizacijom i promenom temperature moguće je uticati na reološke osobine sistema. Iz tabele 4 se vidi da je kod grubo mlevenog, još neuređenog sistema (30 min) povećanje temperature pretkristalizacije dovelo do uređivanja sistema tj, do porasta $\tan \delta$ od 0,368–2,606 za 30 °C što ima za posledicu prelazak sistema iz dominantno elastičnog u dominantno viskozni.

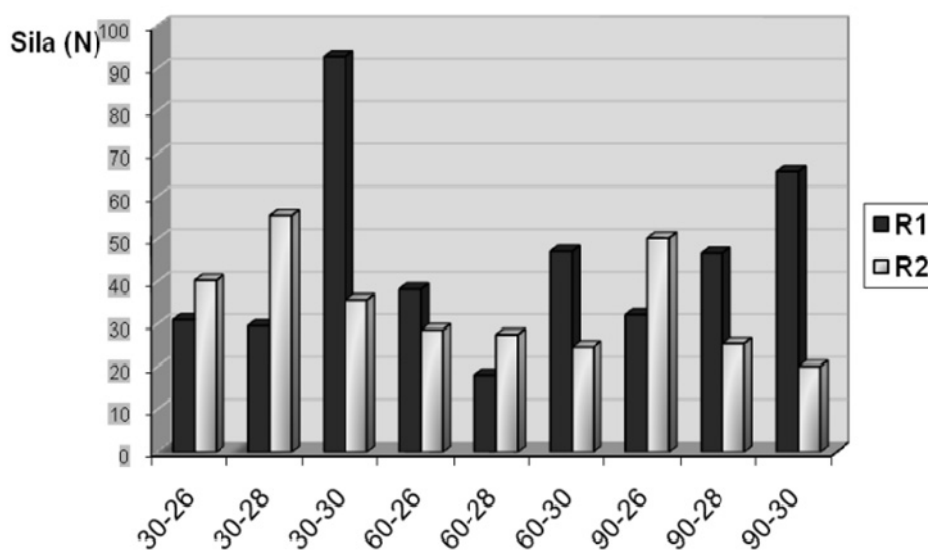
Kod sistema koji se usitnjavalo duže (60 i 90 min), a samim tim i inicijalno uređeniji, sa povećanjem temperature pretkristalizacije dolazilo je do pada vrednosti $\tan \delta$. Naime, tokom pretkristalizacije na višim tempe-

raturama formirana je veća količina krupnih kristala, koji su dominantno uticale na reološko ponašanje u odnosu na ostale prisutne čvrste čestice u čokoladnoj masi.

Određivanje čvrstoće čokolade

Uppoređivanjem rezultata čvrstoće čokoladnih masa R1 i R2, utvrđeno je da je čokoladnoj masi sa sojinim mlekom (R2), za postizanje odgovarajuće čvrstoće, potrebna niža temperatura pretkristalizacije, što je u skladu sa sastavom masne faze ove čokoladne mase. Čvrstoća čokoladne mase R1 je veća od čvrstoće čokoladne mase R2 pri dužem vremenu mlevenja i višim temperaturama pretkristalizacije (slika 5).

Optimalna čvrstoća čokoladne mase R1 se postiže usitnjavanjem od 90 min i pri temperaturi pretkristali-



Slika 5. Upporedni prikaz uticaja temperature pretkristalizacije i vremena mlevenja na čvrstoću čokolade R1 i R2.

Figure 5. Comparative analysis of the influence that pre-crystallization temperature and refining time have on R1 and R2 chocolate hardness.

zacije od 30 °C dok je kod čokoladne mase sa sojinim mlekom potrebno primeniti isto vreme usitnjavanja ali nižu temperaturu pretkristalizacije odnosno 26 °C.

ZAKLJUČAK

Promena u sirovinskom sastavu odnosno zamena kravljeg mleka u prahu, sojinim mlekom u prahu odražava se na porast nutritivne vrednosti čokolade sa sojinim mlekom. U čokoladnoj masi R2 dolazi do porasta esencijalnih aminokiselina: lizina, cisteina, triptofana, treonina, izoleucina, leucina, fenilalanina i valina i porasta esencijalnih masnih kiselina kao što su linolna, linolenska, arahidonska, gadolenska i behenska. Takođe dolazi i do porasta ukupnih polifenola u čokoladnoj masi R2 za 28% odnosu na R1, a u čokoladnoj masi R2 pojačava se i antioksidativno svojstvo.

Ukoliko se uporede viskoziteti, prinosni naponi, napon smicanja i površine tiksotropnih petlji, uzoraka R1 i R2, jasno se uočava da je čokoladna masa R1 uređeniji i jednostavniji sistem u odnosu na masu sa sojinim mlekom (R2), jer pokazuje niže vrednosti za sve navedene parametre, bez obzira na vreme mlevenja i temperaturu pretkristalizacije. Takođe se kod čokoladne mase R2 uočava pojava viskoelastičnih osobina, kao posledica prisustva sojinih proteina.

Da bi se zadržala optimalna čvrstoća, kao i otpornost čokolade na topljenje potrebno je za čokoladnu masu sa sojinim mlekom primeniti temperaturu pretkristalizacije od 26 °C, a za čokoladnu masu sa kravljim mlekom u prahu temperature od 30 °C.

Zahvalnica

Rad je finansiran od strane Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije (Projekat TR 31014).

LITERATURA

- [1] M. Lucisano, E. Casiraghi, M. Mariotti, Influence of formulation and processing variables on ball mill refining of milk chocolate, *Eur. Food Res. Technol.* **223** (2006) 797–802
- [2] C. Alamprese, L. Datej, Q. Semeraro, Optimization of processing parameters of a ball mill refiner for chocolate, *J. Food Eng.* **83–84** (2007) 629–636
- [3] W.B. Minifie, *Chocolate, Cocoa and Confectionery*, J. A. Churchill, London, 1970
- [4] S.T. Beckett, *Science of Chocolate*, 2nd ed., RSC Publishing, Cambridge, 2008
- [5] R. Mazzeti, S.p.A. Catalogo Generale, <http://www.mazzetiretato.it>, 2009
- [6] D. Wiener, Brochures about W95/W100 Ball Mill, www.duyviswiener.com, 2009
- [7] Kennedy's Confection, The new approach to chocolate processing, Duyvis Wiener, 2009
- [8] M. Prawira, S.A. Barringer, Effects of conching time and ingredients on preference of milk chocolate, *J. Food Process Pres* **33–35** (2009) 571–589
- [9] O. Solstad, Viscosity Properties of Chocolate, *The Manufacturing Confectioner* **8** (1983) 41–46
- [10] T.G. Mezger, *The rheology Handbook*, Vincentz Verlag, Hannover, 2002
- [11] J.E. Taylor, M.L. Van Damme, M.L. Johns, A.F. Routh, D.I. Wilson, Shear Rheology of Molten Crumb Chocolate, *J. Food Sci.* **74**(2) (2009) E55–E61
- [12] B. Schantz, H. Rohm, Influence of lecithin – PGPR blends on the rheological properties of chocolate, *Lebensm. Wiss. Technol.* **38** (2005) 41–45
- [13] E.O. Afoakwa, A. Paterson, M. Fower, Effects of particle size distribution and composition on rheological properties of dark chocolate, *Eur. Food Res. Technol.* **226** (2008) 1259–1268
- [14] E.O. Afoakwa, A. Paterson, M. Fowler, J. Vieira, Relationship between rheological, textural and melting properties of dark chocolate as influenced by particle size distribution and composition, *Eur. Food Res. Technol.* **227** (2008) 1215–1223
- [15] A. Sokmen, G. Gunes, Influence of some bulk sweeteners on rheological properties of chocolate, *Lebensm. Wiss. Technol.* **39** (2006) 1053–1058
- [16] H. Farzahnmehr, S. Abbasi, Effects of inulin and bulking agents on some physicochemical, textural and sensory properties of milk chocolate, *J. Texture Stud.* **40** (2009) 536–553
- [17] C.W. Moor, Current status of soy protein functionality in food systems, *J. Am. Oil Soc.* **67** (1990) 267–271
- [18] O. Jovanović, Đ. Karlović, J. Jakovljević, B. Pajin, B. Tempering Seed method for Chocolate Mass: Precrystallization with Tristearate and Sorbitan Tristearate, in *Proceedings of World Conference on Oilseed and Edible Oils*, Ch. 31, S.S. Koseoglu, C.K. Rhee, F.R. Wilson (Eds.), 1998, pp. 135–141
- [19] N. Garti, K. Sato, Crystallization and Polymorphic Transformation: An Introduction, in: *Crystallization and Polymorphism of Fats and Fatty acids*, N. Garti, K. Sato (Eds.), Marcell Decker Inc., New York, 1988, pp. 3–7
- [20] R.E. Timms, *Confectionery Fats Handbook, Properties, Production and Application*, The Oil Press, Bridgwater, England, 2003
- [21] J.C. Van Den Enden, J.B. Rossell, L.F. Vermaas, D. Waddington, Determination of the Solid Fat Content of Hard Confectionery Butters, *J. Am. Oil Soc.* **59** (1982) 433–439
- [22] J. Nilsson, Measuring Solid Fat Content, *The Manufacturing Confectioner* **5** (1986) 88–91
- [23] R. Leissner, G. Hogenbrik, J. Nilsson, B. Petersson, J. Alander, G. Helmbring, C. Stenmyr, M. Linghede, J. Gunnerdal, *Cocoa Butter Alternatives*, Karlshmans Oils and Fats, Academy, Sweden, 1997, 102–111
- [24] B. Petersson, K. Anjou, L. Sandstrom, Pulsed NMR Method for Solid Fat Content Determination in Tempering Fats, Part I: Cocoa Butters and Equivalent, *Fette Seifen Anstrichmittel* **6** (1985) 225–229
- [25] B. Petersson, Pulsed NMR Method for Solid Fat Content Determination in Tempering Fats, Part II: Cocoa

- Butters and Equivalents in Blends with Milk Fat, *Fette Seifen Anstrichmittel* **4** (1986) 128–136
- [26] V.K.S. Shukla, G.J. Goudappel, M.C.M. Gribnau, J. Van Doynhoven, Solid fat content determination by NMR, *INFORM* **10** (1999) 479–484
- [27] T.O. Akinwale, Development and organoleptic assessment of soya-fortified chocolate products, *Eur. Food Res. Technol.* **211** (2000) 269–271
- [28] M.S.Kurzer, Phytoestrogen Supplement Use by Women, *J. Nutr.* **133** (2003) 1983S–1986S
- [29] F.M. Sacks, A. Lichtenstein, L.V. Horn, W. Harris, P.K. Etherton, M. Winston, Soy Protein, Isoflavones, and Cardiovascular Health, *Circulation*, *J. Am. Heart Assoc.* **113** (2006) 1034–1044
- [30] C.L. Keen, Food as medicine/medicine as food, *J. Am. Coll. Nutr.* **20** (2001) 436S–439S
- [31] M. Serafini, R. Bugianesi, G. Maiani, S. Valtuena, S. De Santis, A. Crozier, Plasma antioxidants from chocolate, *Nat.* **424** (2003) 1013
- [32] B. Pajin, *Praktikum iz tehnologije konditorskih proizvoda*, Tehnološki fakultet, Novi Sad, Srbija, 2009
- [33] AOAC, *Official Methods of Analysis*, 17th ed., Association of Official Analytical Chemists, Maryland, USA, 2000
- [34] V.L. Singleton, J.A. Rossi, Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents, *Am. J. Enol. Viticult.* **16** (1965) 144–158
- [35] A.K. Cavin, D.W. Hostettmann, O. Potterat, Antioxidant and lipophilic constituents of *Tinospora crispa*, *Planta Med* **64** (1998) 393–396
- [36] IOCCC 2000a, *Viscosity of Cocoa and Chocolate Products*, Analytical Method 46, Available from CAOISCO, rue Defacqz 1, B-1000 Bruxelles, Belgium
- [37] A.L. Waterhouse, J.R. Shirley, J.L. Donovan, Antioxidant in chocolate, *The Lancet* **348** (1996) 843.

SUMMARY

EFFECT OF SOYA MILK ON NUTRITIVE, ANTIOXIDATIVE, RHEOLOGICAL AND TEXTURAL PROPERTIES OF CHOCOLATE PRODUCED IN A BALL MILL

Danica B. Zarić¹, Biljana S. Pajin², Marica B. Rakin³, Zita I. Šereš², Ljubica P. Dokić², Jelena M. Tomić⁴

¹*IHS Tehno experts d.o.o., Research Development Center, Belgrade, Serbia*

²*Faculty of Technology, University of Novi Sad, Serbia*

³*Faculty of Technology and Metallurgy, University of Belgrade, Serbia*

⁴*Institute for Food Technology, Novi Sad, Serbia*

(Scientific paper)

Chocolate is a complex rheological system in which non-fat cocoa particles and sugar particles are enveloped by crystal matrix of cocoa butter. Physical properties of chocolate depend on ingredient composition, method of production and properly performed pre-crystallization phase. In this work, chocolate was produced in an unconventional way, *i.e.*, in a ball mill applying variable refining time (30, 60 and 90 min) and pre-crystallization temperature in chocolate masses (26, 28 and 30 °C). Two types of chocolate were produced: chocolate with 20% of powdered cow's milk (R1) and chocolate with 20% of soya milk powder (R2). The quality of chocolate was followed by comparing nutritive composition, polyphenol content, hardness of chocolate, solid triglyceride content (SFC) and rheological parameters (Casson yield flow (Pa), Casson viscosity (Pa s), the area of the thixotropic loop, elastic modulus and creep curves). The aim of this paper is determining changes caused by replacing cow's milk with soya milk powder in respect of nutritive, rheological and sensory properties, as well as defining optimal parameters: precrystallization temperature and refining time of soya milk chocolate in order to obtain suitable sensory and physical properties identical to those of milk chocolate mass. The results show that replacing powdered cow's milk with soya milk powder affects the increase in nutritive value of soya milk chocolate. R2 chocolate mass showed the increase in essential amino acids and fatty acids. This chocolate mass also showed the increase in total polyphenols by 28.1% comparing to R1 chocolate mass. By comparing viscosity, yield stress, shear stress and the area of the thixotropic loop, it can be observed that R1 chocolate mass represents a more organized and simpler system than the mass with soya milk (R2), as it shows lower values for all the above mentioned parameters, regardless of the refining time and pre-crystallization temperature. Viscoelastic behavior of R2 is also evident, as a consequence of soya protein presence. In order to maintain optimal hardness as well as melting resistance of chocolate, in case of R2 chocolate mass it is necessary to apply pre-crystallization temperature of 26 °C, while for the chocolate mass R1 it is 30 °C.

Keywords: Chocolate • Soy milk • Ball mill • Solid fat content • Hardness • Total phenolics • Antioxidant activity