

Uticaj postupka proizvodnje na sadržaj čvrstih triglicerida, čvrstoću i toplotne karakteristike mlečne čokolade

Danica B. Zarić¹, Biljana S. Pajin², Ivana S. Lončarević², Zita I. Šereš², Ljubica P. Dokić²,
Dragana M. Šoronja-Simović²

¹IHS Techno experts d.o.o., Istraživačko razvojni centar, Beograd, Srbija

²Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet, Novi Sad, Srbija

Izvod

Reološke i fizičke karakteristike čokoladne mase zavise od sirovinskog sastava i postupka proizvodnje. U ovom radu, proizvedena je mlečna čokoladna masa identičnog sastava i istovetnih sirovina, ali različitim postupcima proizvodnje: standardnim postupkom (SM) na petovaljcima uz končiranje i nekonvencionalnim postupkom u kugličnom mlinu (R1). Kvalitet obe mlečne čokolade je praćen merenjem i poređenjem sadržaja čvrstih triglicerida (NMR metodom), čvrstoće (*Texture Analyser*), i toplotnih karakteristika (DSC metodom). Cilj ovog rada je da se utvrdi da li čokolada može da se proizvodi i u kugličnom mlinu, postupku koji donosi znatne uštede, a da ne dođe do drastičnih promena u fizičkim osobinama čokolade. Nov način proizvodnje racionalizuje standardni način, spajajući dve faze (končiranje i usitnjavanje) u jednu. To dovodi do uštede u inicijalnim troškovima, troškovima održavanja, radne snage, energenata i dr. Rezultati pokazuju da nov način proizvodnje čokolade pozitivno utiče na teksturu i toplotne karakteristike, dok ne utiče na sadržaj čvrstih triglicerida.

Ključne reči: kuglični mlin; mlečna čokolada; toplotne karakteristike; čvrstoća; sadržaj čvrstih triglicerida.

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

Klasični način proizvodnje čokolade je složen tehnološki postupak koji obuhvata više tehnoloških operacija: sastavljanje sirovina, mlevenje na petovaljcima, končiranje, temperiranje, oblikovanje i kristalizaciju. Svi ovi procesi su neophodni za dobijanje čokolade optimalnih fizičkih karakteristika.

Sastavljanje sirovina podrazumeva umešavanje čvrstih i tečnih sastojaka prema zahtevanom sirovinском sastavu. Čokoladna masa je grubo disperzna suspenzija u kojoj je kakao maslac disperzno sredstvo, dok čestice šećera u prahu, mleka u prahu i kakao mase čine dispergovanu fazu. Pri sastavljanju, tj. umešavanju sirovina savladavaju se visoki površinski naponi i sile smicanja između čvrstih čestica i masne faze radi dobijanja odgovarajuće konzistencije čokoladne mase [1]. U početku je masa grudvičasta, a zatim oslobođena toplota tokom mešanja i gnječenja utiče na povećanje i širenje zapremine kakao maslaca. Kakao maslac se raspoređuju po površini čvrstih čestica i smanjuje napon između njih, pa masa dobija meku konzistenciju [2]. To se sve dešava u uređaju – melanžeru. Masa dalje odlazi u proces sitnjenje na petovaljak. Rastojanje između pet valjaka se reguliše dinamičko-hidrauličnim sistemom, kako bi se u masi napravila odgovarajuća raspodela čes-

tica između 6 i 25 μm [3]. Ukoliko su čestice ispod 6 μm , javlja se povećanje viskoziteta čokoladne mase, a ukoliko je veće od 25 μm javlja se „peskovitost“ čokolade. Na kraju usitnjavanja, čokoladna masa gubi izgled masne mase i postaje zrnasta i suva. Usitnjena masa se zatim končira ili oplemenjuje i tada nastaju brojne fizičke i hemijske promene. U konči, uređaju za končiranje, mehaničkim putem se uz zagrevanje, odnosno dugotrajnim mešanjem pri određenoj temperaturi, dobija stabilna suspenzija čvrstih čestica u kakao maslacu. U procesu končiranja isparava slobodna voda i isparljive kiseline, formiraju se aromatična jedinjenja koja daju prepoznatljiv ukus i miris čokoladi, dobija se homogena suspenzija čvrste i masne faze, koriguje se viskozitet, gustina i obezbeđuje se odgovarajuća čvrstoća i topivost čokolade. Vreme končiranja je 24–72 h u zavisnosti od količine kakao maslaca (veći procenat proizvoda končiranje) i od konstrukcije uređaja. Temperatura končiranja je 40–50 °C, ali ne sme preći 75 °C, kod mlečne čokoladne mase. Nakon končiranja se izvodi temperiranje, odnosno pretkristalizacija čokoladne mase da bi se formirao određeni broj, oblik i veličina kristala kakao maslaca. Ovo je veoma važna faza u proizvodnji zbog postizanja odgovarajuće kristalne strukture koja utiče na izgled gotovog proizvoda [4]. Dobro temperirana čokolada se lako oblikuje (dobra kontrakcija prilikom istresanja iz kalupa), ima sjajnu i glatku površinu, odgovarajuću čvrstoću i otporna je na sivljenje. Pretkristalizacija je faza u toku tehnološkog procesa pro-

NAUČNI RAD

UDK 663.915:66

Hem. Ind. 66 (5) 735–741 (2012)

doi: 10.2298/HEMIND120210024Z

Prepiska: D. Zarić, IHS Techno experts d.o.o., Istraživačko razvojni centar, Batajnički put 23, Zemun Polje, Beograd, Srbija.

E-pošta: zariqb@ikomline.net

Rad primljen: 10. februar, 2012

Rad prihvaćen: 5. mart, 2012

izvodnje čokolade, koja ima za cilj dobijanje optimalne količine i veličine kristalizacionih centara u petom polimorfnom obliku u čokoladnoj masi iz koje će se dobiti čokolada odgovarajućeg kvaliteta [5–7]. To se postiže pravilnim temperaturno-vremenskim režimom uz intenzivno mešanje koje pospešuje obrazovanje kristalizacionih centara i utiče na rast i aglomeraciju kristala.

Svi uređaji u klasičnom procesu proizvodnje su veliki potrošači energije, zauzimaju veliki prostor, vrlo su skupi za održavanje, pa se zbog toga pristupilo racionalizaciji klasičnog postupka proizvodnje. Kuglični mlin, koji je do tada korišćen za izradu proizvoda sličnih čokoladi, upotrebljen je za racionalizaciju skupog postupka proizvodnje čokolade. Najpoznatiji proizvođači kugličnih mlinova su kompanija Mazzeti i Duyvis Wiener, koji rade na stalnom usavršavanju mlinova [8,9]. Proizvodnja čokolade u kugličnom mlinu je počela da se proučava poslednjih desetak godina [10–13]. Kuglični mlin objedinjuje dve faze u stanadardnom postupku: usitnjavanje na petovaljcima i končiranje. To se dešava istovremeno i u jednom uređaju. Kuglični mlin je cilindar sa dvostrukim zidom kroz koji struji topla voda, a u centralnom delu nalazi se mešač sa lopaticama. Mešač sa lopaticama se kreće brzinom od oko 70 obrt/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. Mlin je snabdeven i sistemom za recirkulaciju mase, tako da se masa prolazeći nekoliko puta kroz gust sloj pokretnih kuglica dodatno usitnjava. Brzina recirkulacije mase je 3–6 kg/min. Prednosti proizvodnje čokolade u kugličnom mlinu u odnosu na konvencionalni način proizvodnje su u smanjenju troškova održavanja, radne snage, proizvodnje i inicijalnih troškova. Kvalitet čokoladne mase zavisi od mase kuglica, vremena mlevenja, izbora emulgatora. Potrebno je optimizovati te parametre za svaki mlin [14], kako bi se dobio proizvod konstantnog kvaliteta.

Konzistenciju, odnosno svojstvo tela da se odupre deformaciji, određuje sadržaj i sastav čvrste frakcije masti, tako da i najmanja promena sadržaja čvrste frakcije ima bitan uticaj na čvrstoću proizvoda. Veličina kristala odnosno njihov broj po jedinici zapremine takođe ima veliki uticaj na čvrstoću proizvoda. Nestabilnost strukture masti a samim tim i čitavog proizvoda kao i promene spoljnih uslova, naročito temperature dovode do odstupanja u rezultatima. Zbog toga se u ovom radu prikazuju uporedni rezultati za sadržaj čvrstih triglicerida, toplotne i teksturalne promene mlečne čokolade dobijene različitim postupcima proizvodnje. Od teksturalnih karakteristika određuje se sila koja dovodi do preloma čokolade.

Čvrstoća i osobine topljenja čokolade zavise od sadržaja čvrstih triglicerida (SČT) kakao malaca. Pošto su masti složena smeša velikog broja triglicerida njihovo

topljenje se dešava u širokom opsegu temperatura u zavisnosti od molekularne strukture masti. Sve prirodne masti se tope u određenom temperaturnom intervalu koje se manifestuje opadanjem količine čvrste masti sa porastom temperature. Ove osobine topljenja se mogu meriti, kvantifikovati upotrebom bilo nuklearne magnetne rezonance (NMR) ili diferencijalne skanirajuće kalorimetrije (DSC). DSC ukazuje na prirodu entalpijskih promena pri topljenju masti, dok NMR meri trenutni sadržaj čvrstih masti (SČT) na datoj temperaturi pri topljenju masti [4]. SČT se meri nakon potpune kristalizacije masti i formiranjem najstabilnijeg oblika kristala. Kod kakao maslaca SČT je visok na nižim temperaturama i opada lagano sa povećanjem temperature do oko 25 °C. Na ovoj temperaturi kristali kakao maslaca počinju da se tope i SČT opada veoma naglo sa malim povećanjem temperature. Kakao maslac je potpuno otopljen kada temperatura dostigne 36 °C. Pulsna NMR je postala dominantna tehnika za određivanje sadržaja čvrstih masti [15,16].

Osobine topljenja masti se dobiju merenjem faznih promena masti pomoću DSC metode. Fazne promene imaju presudnu ulogu u formiranju kvaliteta i stabilnosti čokolade. Odabiranje odgovarajućih uslova prilikom proizvodnje čokolade vodi ka kontrolisanoj kristalizaciji masne faze što dovodi do postizanja odgovarajuće teksture proizvoda.

Cilj ovog rada je da utvrdimo da li novi skraćni postupak prerade mlečne čokoladne mase utiče na fizičke osobine: čvrstoću, sadržaj čvrstih triglicerida i fazne promene masne faze mlečne čokolade.

EKSPERIMENTALNI DEO

Materijal

Sirovine koje su korišćene za izradu čokoladne mase su: šećer (Crvenka AD, Srbija), kakao maslac (Theobroma, Holandija), kakao masa (Cargill, Gana), mleko u prahu (Imlek AD, Srbija), lešnik pasta (Arslanturk, Turska), etilvanilin (FCC, Norveška), lecitin (Sojaprotein AD, Srbija), PGPR – poliglicerolpoliricinoleat (Danisco, Malezija), SM (Jaffa, Srbija).

Metode

Proizvodnja mlečne čokoladne mase

Proizvodnja čokoladne mase u kugličnom mlinu. Čokoladna masa je proizvedena u laboratorijskom kugličnom mlinu sa homogenizatorom (kapacitet 5k g), domaćeg proizvođača. U homogenizatoru su dodate sve sirovine izuzev 10% kakao butera. Vreme mešanja je bilo 20 min. Dobijena masa je prebačena u mlin sa kuglama. Vreme mlevenja je 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 obrt/min, brzina recirkulacije mase

10 kg/h, unutrašnji prečnik kugličnog mlina 0,250 m, visina 0,31 m, zapremina prostora za kuglice, i čokoladnu masu od 5 kg, 0,0152 m³.

Proizvodnja čokoladne mase po standardnom postupku. Čokoladna masa koja se proizvodi standardnim putem, sastavlja se u melanžeru oko 20 min (sa pola količine kakao butera i emulgatora), zatim se usitnjava na petovaljku i končira. U konč se dozira preostala količina kakao butera. Končiranje traje 12 h, nakon čega se dodaje preostala količina emulgatora i nastavlja još 6 h.

Obe čokoladne mase su proizvedene sa identičnim sirovinskim sastavom i identičnim sirovinama, ali različitim postupcima.

Prekristalizacija čokoladne mase. Prekristalizacija čokoladnih masa je izvedena u laboratorijskom pretkristalizatoru, modifikovanom Brabenderovom farinografu. Tok prekristalizacije je praćen indirektno preko promene unutrašnjeg otpora koji pruža masa pri mešanju i koji se registruje na dijagramu vreme–otpor [17]. Primenjene su sledeće temperature prekristalizacije na čokoladne mase R1 i SM: 26, 28 i 30 °C. Čokoladne mase su izliveno u forme i ohlađene u hladnjaku na temperaturama od 10 do 16 °C. Oznake čokoladnih masa date su u tabeli 1.

Dobijenim čokoladama je određen hemijski sastav, sadržaj čvrstih triglicerida, toplotne karakteristike i čvrstoća čokolade.

Određivanje hemijskog sastava. Osnovni hemijski sastav čokoladne mase je određen primenom standardnih AOAC metoda [18]: 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 amino-kiselinski sastav urađen jonskom hromatografijom. Energetska vrednost je izračunata računskim putem na osnovu sirovinskog sastava čokoladnih masa.

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 [19].

Određivanje faznih prelaza metodom diferencijalne skenirajuće kalorimetrije (DSC). Diferencijalna skenirajuća kalorimetrija je metoda koja se zasniva na merenju

toplotnog efekta (protok toplote u mW) koji se javlja pri zagrevanju (ili hlađenju) ispitivanog uzorka i referentnog uzorka, zadržanom brzinom, odnosno kada su izloženi istom temperaturnom režimu [20].

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. Merena je jačina upotrebljene sile koja dovodi do preloma čokolade.

REZULTATI I DISKUSIJA

Određivanje hemijskog sastava

Čokoladne mase imaju očekivan identičan hemijski sastav, koji je prikazan u tabeli 2, jer su primenjene identične sirovine i isti sirovinski sastav.

Određivanje sadržaja čvrstih triglicerida

Tok krivih određivanja sadržaja čvrstih triglicerida u mlečnim čokoladnim masama SM i R1 dat je na slici 1.

Određivanjem SČT meri se procenat tečne i čvrste faze na odabranim temperaturama koje pokrivaju interval između okoline i telesne temperature. SČT ispod 25 °C pokazuje čvrstoću proizvoda, dok vrednosti između 25 i 30 °C pokazuje otpornost na zagrevanje. Visok SČT na 20 °C znači krutu i čvrstu čokoladu, a visok SČT na 30 °C proizvod stabilan na zagrevanje. Kratak interval topljenja označava da čvrsta mast postaje tečna nakon malog povećanja temperature.

Oblik svih dobijenih krivi, kod obe čokoladne mase, odgovara obliku krive SČT za čist kakao maslac, ali su vrednosti nešto niže usled prisustva mlečne masti. Krive SČT čokoladne mase koja je dobijena u kugličnom mlinu usitnjavanjem 90 min i koja je pretkristalisana na 26 °C međusobno se potpuno podudara kroz čitav mereni interval sa čokoladnom masom pretkristalisanom na 28 °C.

Čokoladne masa dobijena standardnim postupkom a pretkristalisane na 26 i 30 °C međusobno se potpuno

Tabela 1. Oznake čokoladnih masa

Table 1 Symbols of the chocolate masses

Oznaka čokoladne mase	Vreme mlevenja, min	Temperatura prekristalizacije, °C
R1-90-26	90	26
R1-90-28	90	28
R1-90-30	90	30
SM-26	Na petovaljcima	26
SM-28	Na petovaljcima	28
SM-30	Na petovaljcima	30

Tabela 2. Hemijski sastav mlečne čokoladne mase R1 (SM)
Table 2. Composition of milk chocolate mass SM (R1)

Parametar kvaliteta	R1=SM	Aminokiseline	R1=SM
Vlaga, %	1,1	Fenilalanin	0,37
Ukupna mast, % s.m.	32,41	Glutamat	2,34
Proteini, % s.m.	8,76	Aspartat	1,85
Ugljeni hidrati, % s.m.	52,98	Cistin	0,08
Kakao delovi, % s.m.	30,14	Tirozin	0,5
Bezmasni kakao delova, % s.m.	4,74	Masne kiseline	
Kakao maslac, % s.m.	25,5	Buterna	0,18
Mlečna mast, % s.m.	5,2	Kaprinska	0,1
Lešnik ulje, % s.m.	1,7	Kaprilna	0,05
Saharozna, % s.m.	42,67	Kaprinska	0,13
Laktoza, % s.m.	10,31	Laurinska	0,16
Energetska vrednost, kcal	538,64	Miristinska	0,57
Energetska vrednost, kJ	2251,52	Miristoleinska	0,05
Aminokiseline		Pentadekanska	0,1
Lizin	0,41	Palmitinska	8,33
Alanin	0,10	Palmitoleinska	0,1
Treonin	0,32	Margarinska	0,03
Glicin	0,06	Stearinska	10,02
Valin	0,15	Oleinska	10,82
Serin	0,29	Linolna	1,55
Prolin	1,12	Linolenska	0,03
Izoleucin	0,16	Arahidonska	0,02
Leucin	0,36	Gadolenska	0,05
Histidin	0,26		

podudaraju kroz čitav merni interval. Neznatno niži sadržaj čvrstih triglicerida ima čokoladna masa prekrystalisana na 28 °C u intervalu od 15 do 27 °C, što ukazuju na nižu čvrstoću te čokolade.

Jasno se uočava da postupak proizvodnje ne utiče značajno na izgled krive promene sadržaja čvrstih triglicerida, jer se duž čitavog mernog interval krive poklapaju. U intervalu od 30 °C, uočava se neznatno povećan sadržaj čvrstih triglicerida u čokoladnoj masi koja se proizvela u mlinu pri usitnjavanju od 90 min i temperaturi pretkristalisanja od 30 °C.

Toplotne karakteristike

Toplotne karakteristike (početna temperatura topljenja – T_{onset} , krajnja temperatura topljenja – T_{end} , maksimalna temperatura topljenja – T_{peak} , razlika početne i krajnje temperature topljenja, tj. širina pika – T_{index} i entalpija – ΔH_{melt}) mlečne čokoladne mase proizvedene po standardnom postupku (SM) i čokoladne mase dobijene u kugličnom mlinu (R1) pri vremenu usitnjavanju od 90 min, a pri temperature pretkristalizacije od 26, 28 i 30 °C prikazane su u tabeli 3.

Uzorci standardne mlečne čokolade imaju širi temperaturni interval topljenja (8,4–13,8 °C te se pretpostavlja da je kod ovih uzoraka prisutno više kristaliza-

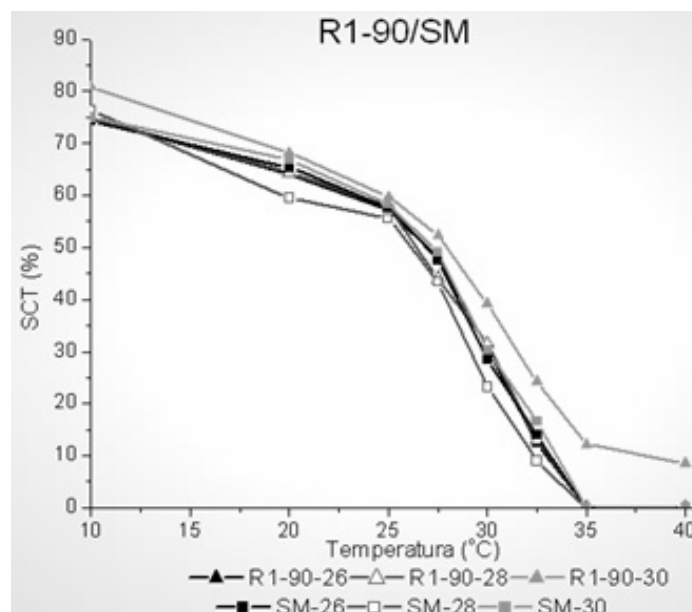
cionih oblika. Vrednosti entalpije su nešto malo niže u odnosu na čokoladu dobijenu u kugličnom mlinu i kod standardne mase sa povećanjem temperature pretkristalizacije za 4 °C, ΔH se smanjuje za oko 4 J/g. Suprotan trend je kod čokoladne mase dobijene u kugličnom mlinu, jer se sa povećanjem temperature pretkristalizacije za 4 °C, ΔH povećava za oko 3 J/g.

Pretpostavlja se da je ova razlika rezultat isključivo zbog načina mlevenja i raspodele čestica po veličini. Čokoladna masa dobijena u mlinu (R1) verovatno ima mnogo više sitnih čestica (veličina čestice u tabeli 3 je prosečna vrednost najkrupnije kakao čestice) koje su izazvale čvršće strukturalno povezivanje, koje je uslovalo i blago povećanje entalpije.

Rezultati entalpije su u korelaciji sa rezultatima čvrstoće čokolade.

Određivanje čvrstoće čokolade

Čvrstoća čokolade se određuje merenjem jačine sile koja dovodi do loma čokolade. Upoređivanjem rezultata čvrstoće čokoladnih masa R1 i SM, pokazano je da je čokolada proizvedena u kugličnom mlinu čvršća u odnosu na čokoladu proizvedenu standardnim postupkom i to bez obzira na primenjenu temperaturu pretkristalizacije. Sila potrebna za lomljenje čokolade dobijene



Slika 1. Usporedni pregled SČT čokoladne mase dobijene u kugličnom mlinu (R1) i standardnim postupkom (SM) u zavisnosti od temperature pretkristalizacije.

Figure 1. Comparative analysis of SFC in R1 and SM chocolate masses depending on precrystallization temperature.

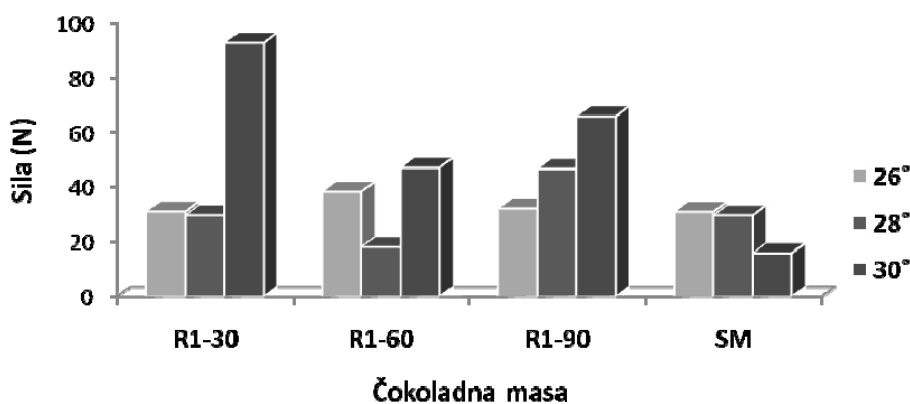
Tabela 3. Termički podaci čokoladne mase dobijene u kugličnom mlinu (R1) i čokoladne mase dobijene standardnim postupkom (SM)
Table 3 Thermal properties of the milk chocolate mass manufactured in a ball mill (R1) and by using the standard manufacturing process (SM)

Uzorak	$T_{onset} / ^\circ\text{C}$	$T_{end} / ^\circ\text{C}$	$T_{peak} / ^\circ\text{C}$	$T_{index} / ^\circ\text{C}$	$\Delta H_{melt} / \text{J g}^{-1}$	Veličina čestice, μm
SM-26	27,73	36,39	33,63	8,66	24,00	80,00
SM-28	26,43	34,84	32,80	8,41	23,84	
SM-30	27,43	41,21	35,24	13,78	21,49	
R1-90-26	27,98	39,78	34,74	11,80	22,63	80,84
R1-90-28	28,04	39,93	34,72	11,89	25,24	
R1-90-30	27,94	40,34	35,05	12,40	25,59	

u kugličnom mlinu veća je u proseku za 2,25 puta u odnosu na standardno proizvedenu čokoladu (slika 2).

Kod čokoladne mase dobijene standardnim putem, čvrstoća čokolada opada sa povećanjem temperature

pretkristalizacije, dok je potpuno obrnut trend prisutan kod čokoladne mase dobijene u kugličnom mlinu. Ovi rezultati su u skladu sa vrednostima entalpija, jer čokoladna masa dobijena standardnim postupkom ima naj-



Slika 2. Usporedni pregled čvrstoće čokoladne mase dobijene u kugličnom mlinu (R1) i standardnim postupkom (SM) u zavisnosti od temperature pretkristalizacije.

Figure 2. Comparative analysis of the hardness of the chocolate mass manufactured in a ball mill (R1) and by using the standard manufacturing process (SM) depending on precrystallization temperature.

veću čvrstoću i najveću vrednost entalpije na temperaturi pretkristalizacije od 26 °C, dok najveću čvrstoću i najveću vrednost entalpije ima čokolada dobijena u kugličnom mlinu koja je pretkristalisana na 30 °C.

Najmanja razlika u čvrstoćama ove dve čokoladne mase je pri temperaturi pretkristalizacije od 26 °C.

ZAKLJUČAK

– Čokolada dobijena standardnim postupkom i čokolada dobijena u kugličnom mlinu su potpuno identičnog hemijskog sastava.

– Postupak proizvodnje ne utiče značajno na izgled krive promene SČT.

– Porast temperature pretkristalizacije kod čokoladne mase dobijene standardnim putem izaziva pad vrednosti entalpije, dok kod čokoladne mase dobijene u kugličnom mlinu izaziva rast vrednosti entalpije, usled različitog načina usitnjavanja čokoladne mase tj. različitog načina proizvodnje.

– Čokolada proizvedena u kugličnom mlinu je čvršća u odnosu na čokoladu proizvedenu standardnim postupkom i to bez obzira na primenjenu temperaturu pretkristalizacije. Sila potrebna za lomljenje čokolade dobijene u kugličnom mlinu veća je u proseku za 2,25 puta u odnosu na standardno proizvedenu čokoladu.

Zahvalnica

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

LITERATURA

- [1] S.T. Beckett, *Science of Chocolate*, 2nd ed., RSC Publishing, Cambridge, 2008.
- [2] E.O. Afoakwa, *Chocolate Science and Technology*, 1st ed., Wiley-Blackwell, Oxford, 2010.
- [3] E.O. Afoakwa, A. Paterson A.M. Fowler M, Effects of particle size distribution and composition on rheological properties of dark chocolate, *Eur. Food Res. Technol.* **226** (2008) 1259–1268.
- [4] R.W. Hartel, Chocolate: Fat bloom during Storage, *Manufact. Confect.* **79** (1999) 89–99.
- [5] G. Ziegleder, M. Kegel, Kristallisation von Schokoladenmessen, Teil III: DSC-Messung der Kuhlungskristallisation, *ZSW* **10** (1989) 338–342.
- [6] G. Ziegleder, M. Kegel, C. Santos, Fließverhalten vorkristallisierter Schokoladenmessen, *ZSW* **8** (1990) 316–321.
- [7] G. Ziegleder, *Grundlagen der Vorkristallisation*, Schoko-Technik 92, International ZDS – Fachangung, 12, Solingen, Germany, 1992.
- [8] R. Mazzeti, S.p.A. Catalogo Generale, <http://www.mazzettirenato.it/maz.pdf>, 2009.
- [9] Kennedy's Confection, *The new approach to chocolate processing*, Duyvis Wiener, 2009.
- [10] 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.
- [11] C. Alamprese, L. Datei, Q. Semeraro, Optimization of processing parameters of a ball mill refiner for chocolate *J. Food Eng.* **83** (2007) 629–636.
- [12] D. Zarić, Optimizacija parametara proizvodnje čokolade sa sojinim mlekom u kugličnom mlinu, doktorska disertacija, Tehnološki fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, Srbija, 2011.
- [13] D. Zarić, B. Pajin, M. Rakin, Z. Šereš, Lj. Dokić, J. Tomić, Uticaj sojinog mleka na nutritivna, antioksidativna, reološka i teksturalna svojstva čokolade proizvedene u kugličnom mlinu, *Hem. ind.* **65** (2011) 563–573.
- [14] D. Zarić, B. Pajin, M. Rakin, Z. Šereš, Lj. Dokić, J. Tomić, Uticaj sojinog mleka na nutritivna, antioksidativna, reološka i teksturalna svojstva čokolade proizvedene u kugličnom mlinu, *Acta Periodica Technologica* **65** (2011) 563–573.
- [15] B. Petersson, K. Anjou, L. Sandstrom, Pulsed NMR method for solid fat content determination in tempering fats, Part I: Cocoa butters and equivalents, *Fette Seifen Anstrichmittel* **6** (1985) 225–229.
- [16] B. Petersson B, 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.
- [17] B. Pajin, *Praktikum iz tehnologije konditorskih proizvoda*, Tehnološki fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, Srbija, 2009.
- [18] AOAC, *Official Methods of Analysis*, 17th ed., Association of Official Analytical Chemists, Maryland, USA, 2000.
- [19] R. Leissner, G. Hogenbrik, J. Nilsson, B. Petersson, J. Alander, G. Helmbring, C. Stenmyr, M. Linghede, J. Gunnerdal, *Cocoa Butter Alternatives, Karlishmans Oils and Fats*, Academy, Sweden, 1997, pp. 102–110.
- [20] D. Stojković, B. Pilić, *Struktura i svojstva polimernih materijala*, skripta, Tehnološki fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, Srbija, 2007.

SUMMARY

THE IMPACT OF MANUFACTURING PROCESS ON THE CONTENT OF HARD TRIGLYCERIDES, HARDNESS AND THERMAL PROPERTIES OF MILK CHOCOLATE

Danica B. Zarić¹, Biljana S. Pajin², Ivana S. Lončarević², Zita I. Šereš², Ljubica P. Dokić², Dragana M. Šoronja-Simović

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

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

(Scientific paper)

The rheological and physical properties of the chocolate mass depend on the ingredient composition as well as the manufacturing process. For the purpose of this work, a milk chocolate mass of identical composition and raw materials was manufactured by using the two different manufacturing processes: a standard manufacturing process (SM) in five-roller mills including conching, and an unconventional manufacturing process in a ball mill (R1). The quality of both milk chocolate masses was examined by the comparison of thermal (differential scanning calorimetry analysis), textural properties (texture analysis), and the content of hard triglycerides (nuclear magnetic resonance spectroscopy). The main goal of this work was to determine whether chocolate can be produced in a ball mill, using the manufacturing process which results in significant savings, without causing drastic changes to the chocolate physical properties. The new manufacturing process rationalises the standard method by combining two phases, namely conching, and refining into a single one. This results in reduced initial and maintenance costs, as well as costs of workforce and fuel, etc. The results have shown that the new chocolate manufacturing process has a positive impact on texture and thermal properties, while the content of hard triglycerides remains the same.

Keywords: Ball mill • Milk chocolate • Thermal properties • Hardness • Solid fat content