

# Čokolada i polimorfija

---

Prša, Ivona

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:454695>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-23**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)





Sveučilište u Zagrebu  
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET  
Kemijski odsjek

Ivona Prša

Studentica 3. godine Preddiplomskog sveučilišnog studija KEMIJA

# ČOKOLADA I POLIMORFIJA

## Završni rad

Rad je izrađen u Zavodu za opću i anorgansku kemiju

Mentor rada: prof. dr. sc. Mirta Rubčić

Zagreb, 2024.



Datum predaje prve verzije Završnog rada:

24. kolovoza 2023.

Datum ocjenjivanja Završnog rada i polaganja Završnog ispita:

20. rujna 2024.

Mentor rada: prof. dr. sc. Mirta Rubčić

Potpis:



## Sadržaj

§ SAŽETAK.....	VII
§ 1. UVOD.....	1
§ 2. PRIKAZ ODABRANE TEME .....	2
2.1. Povijest.....	2
2.2. Proces izrade čokolade.....	2
2.3. Sastav čokolade .....	3
2.4. Polimorfija .....	6
§ 3. ZAKLJUČAK .....	12
§ 4. LITERATURNI IZVORI.....	XIII



## § Sažetak

Polimorfija je sposobnost neke tvari da kristalizira u dva ili više oblika koji se međusobno razlikuju po kristalnoj strukturi, te fizikalnim i kemijskim svojstvima. Kakao maslac, koji je jedan od glavnih sastojaka čokolade, jedan je od takvih spojeva. On ima šest polimorfa, od kojih se jedan smatra najboljim za izradu čokolade, dok ostali ili nemaju zadovoljavajuće fizikalne osobine, poput izgleda i teksture, ili nisu stabilni te brzo prelaze u stabilnije oblike.



## § 1. UVOD

Među najpopularnijim slasticama na svijetu upravo su čokolada i proizvodi od čokolade. Kroz povijest je bila jako cijenjena te su se zrna kakaa, osim za izradu pića koje je bilo rezervirano samo za najbogatije, koristila i kao platežno sredstvo.<sup>1</sup>

Jedan od glavnih sastojaka čokolade je kakao maslac. On čokoladi daje strukturu o kojoj ovise neka vrlo važna svojstva čokolade. Naime, kakao maslac je smjesa triacilglicerola koji su najvećim djelom simetrični i sastoje se od dvije zasićene i jedne nezasićene masne kiseline. Hlađenjem i skrućivanjem kakao maslaca, on može kristalizirati u šest različitih polimorfni oblika. Ti polimorfi imaju različita svojstva i utječu na boju, vanjski izgled, teksturu i održivost gotove čokolade. Zbog toga je hlađenje, odnosno kristalizacija kakaovog maslaca vrlo važan postupak o kojemu ovisi proizvodnja čokolade.

Cilj ovog rada je pružiti pregled svih šest polimorfni oblika kakaovog maslaca i njihovih karakteristika.

## § 2. PRIKAZ ODABRANE TEME

### 2.1. Povijest

Čokolada je jedna od najpopularnijih slastica na svijetu, a ljudima je poznata od davnina. Smatra se da su Olmeci bili prvi koji su uzgajali kakaovac 1500-400. godine pr.n.e, no prve poznate plantaže kakaovca imale su Maje oko 600.g., a uzgajali su ga i Azteci i Inke. Oni su od kakaa radili nezaslađeno piće koje je bilo rezervirano za društvenu elitu, a zrna su se koristila kao platežno sredstvo.<sup>2</sup>

U Europu je kakao donio Kolumbo, no samo piće je došlo s drugim španjolskim istraživačima. Oni su u gorki kakao dodali šećer, te su ga transformirali u toplo i pjenušavo piće te se njegova popularnost Europom proširila početkom 17. stoljeća. Smatralo se da ima ljekovita i afrodizijska svojstva.<sup>1</sup>

Nizozemski kemičar Conrad van Houten je 1828. godine izumio metodu kojom je istisnuo nešto masti iz zrna kakaa čime se poboljšala kvaliteta kakaa. Iste godine je otkrio metodu u kojoj je zrna kakaa tretirao otopinama bazičnih soli, poput kalijeva ili natrijeva karbonata, zbog čega se kakao prah mogao bolje raspršiti u vodi ili mlijeku. Ovaj proces je nazvan „Dutching“ metodom.<sup>1,2</sup>

Prva moderna tabla čokolade napravljena je 1847. godine, te je za nju zaslužna britanska tvornica *Fry&Sons*. Oni su mljevenim zrnima kakaa, dobivenim „Dutching“ metodom, dodali šećer i kakaov maslac, čime su dobili pastu koja se mogla oblikovati.<sup>2</sup>

Prvu mliječnu čokoladu napravili su Henry Nestlé i Daniel Peter koji su u čokoladu dodali mlijeko u prahu, a okus i teksturu je poboljšao Rudolf Lindt izumivši končiranje- tekuća čokolada se „gnječila“ u velikoj granitnoj posudi kako bi se grude kakaa što više usitnile i premazale kakao maslacem.<sup>2,3</sup>

### 2.2. Proces izrade čokolade

Iz zrelih plodova kakaovca se rukom ili žlicom vade sjemenke koje se zatim podvrgavaju fermentaciji. Ona je nužna jer, osim što se uništavaju klice, dolazi do nastanka spojeva koji su prekursori okusa čokolade.<sup>1,4</sup>

Nakon fermentacije slijedi sušenje sjemenki te njihovo pakiranje i slanje na daljnju obradu. Osušena kakao-zrna se prže i odvajaju se od ljuske koja je lošeg okusa, a i može oštetiti uređaje za drobljenje zrna. Cilj drobljenja kakao-zrna je dobiti dovoljno male krute, nemasne čestice koje se mogu koristiti u čokoladi, a da se ne osjeti zrnasta tekstura. Osim toga, drobljenjem se nastoji ukloniti što više masti iz zrna.<sup>1, 2</sup>

Slijedeći korak u izradi čokolade je končiranje. Tijekom ovog procesa se smanjuje količina vode u čokoladnoj masi, te ona postaje glatka i tekuća smjesa šećera, bezmasne suhe tvari kakaovih dijelova, kakao maslaca i ostalih sastojaka čokolade, s razvijenom čokoladnom aromom.<sup>4</sup>

Kako bi čokolada dobila određene poželjne karakteristike, poput boje, sjaja i stabilnosti prilikom stajanja, potrebno je da kakao maslac bude u odgovarajućem polimorfnom obliku. Naime, kakao maslac se može pojaviti u više kristalnih formi, od kojih samo jedna ima pogodnu boju, površinski izgled i teksturu. Kako bi se postiglo da kakao maslac kristalizira baš u tom obliku, produkt dobiven končiranjem, podvrgava se temperiranju. Čokolada se postepeno hladi i ponovno zagrijava, pri čemu se nestabilni kristali rastale, dok oni stabilni potiču kristalizaciju stabilne faze.

Nakon temperiranja, čokolada se oblikuje u table ili željene oblike koji se pune raznim punjenjima i zatim se hladi kako bi se stvrdnula.<sup>2, 3, 4</sup>

### **2.3. Sastav čokolade**

Čokolada je smjesa koju čini oko 400 spojeva<sup>2</sup>, no njenim glavnim sastojcima se mogu smatrati šećer, suhe tvari kakaovih dijelova i suhe tvari mlijeka, a osim toga može sadržavati i emulgatore. Tri su vrste čokolade- tamna, mliječna i bijela, te se one mogu dobiti različitom kombinacijom navedenih sastojaka.<sup>4</sup>

**Tablica 1.** Minimalni maseni udjeli pojedinih sastojaka u različitim vrstama čokolade određeni pravilnikom o kakau i čokoladnim proizvodima<sup>5</sup>

	Min %			
	Tamna čokolada	Mliječna čokolada	Obiteljska mliječna čokolada	Bijela čokolada
Ukupne suhe tvari kakaovih dijelova	35	25	20	-
Ukupne suhe tvari mlijeka	-	14	20	14
Bezmasna suha tvar kaka	14	2,5	2,5	-
Mliječna mast	-	3,5	5	3,5
Kakaov maslac	18	-	-	20
Ukupno masti	-	25	25	23,5

### 2.3.1. Šećer

Gotovo polovicu mase čokolade čini šećer. To je uglavnom saharoza, uz laktozu koja se nalazi u mliječnim komponentama bijele i mliječne čokolade. U proizvodnji se najčešće koristi kristalni šećer, no upotrebom amorfnog šećera može se utjecati na okus i viskoznost čokolade. Danas se, zbog potražnje za niskokaloričnom čokoladom i čokoladom bez šećera, koriste drugi zaslađivači poput aspartama, saharina, steviol glikozida, tagatoze, izomaltuloze te poliola, odnosno šećernih alkohola, kao što su eritritol, maltitol, sorbitol i drugi.<sup>6</sup>

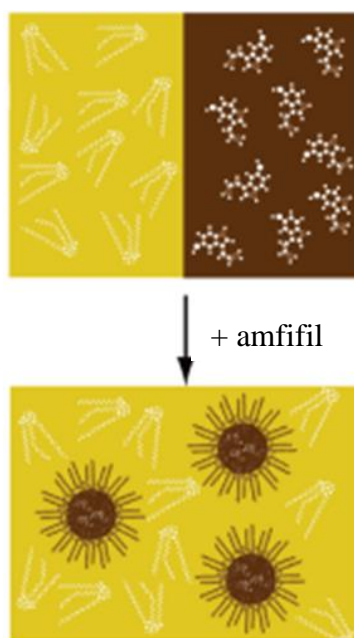
### 2.3.2. Mlijeko

Kao sastojak u mliječnoj i bijeloj čokoladi koristi se mlijeko u prahu. Najveći dio mlijeka u prahu čini laktoza, zatim mliječna mast, proteini, a najmanji udio imaju minerali. Mliječna mast je, uz kakaov maslac, glavni tip masti korišten u proizvodnji čokolade, te ona služi kao prekursor okusa. Podložna je oksidaciji i produkti te reakcije čokoladi daju neugodan okus.

Oksidacija mliječne masti može se usporiti skladištenjem čokolade na hladnim mjestima, zamjenom zraka u pakiranju dušikom ili korištenjem ambalaže koja štiti od kisika.<sup>7</sup>

### 2.3.3. Emulgatori

Emulgatori su tvari koje olakšavaju suspendiranje tekućina koje se ne miješaju. U čokoladi, emulgatori utječu na viskoznost i teksturu. Smanjuju napetosti između masti i čestica kakaa raspršenih u njoj tako da molekule emulgatora okruže hidrofilne čestice, time tvoreći lipofilni sloj oko njih. To, ne samo što održava stabilnost čokolade, već joj daje glatku teksturu. Najčešće korišteni emulgatori u čokoladi su sojin lecitin i poliglicerol poliricinoleat.<sup>1</sup>



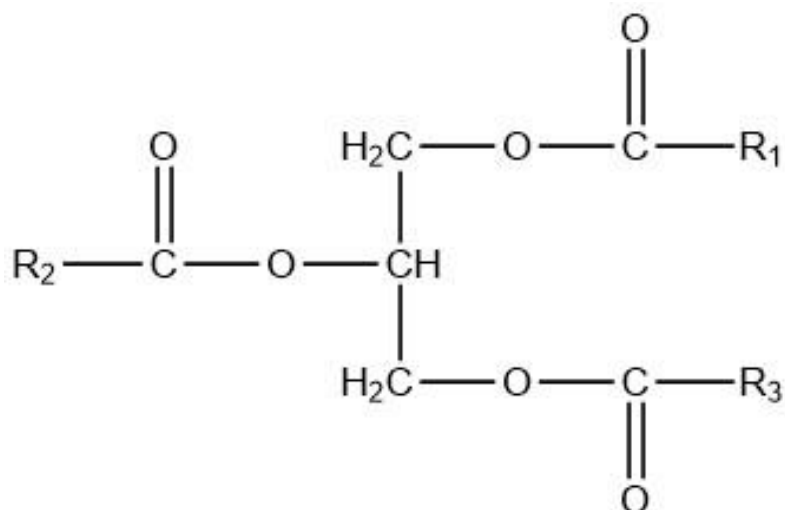
**Slika 1.** Prikaz djelovanja amfifilnih molekula kao emulgatora. Slika je preuzeta i prilagođena iz reference 8.

### 2.3.4. Zrna kakaa

Zrna kakaa su sjeme biljke *Theobroma cacao* koja se iz Središnje i Južne Amerike proširila svijetom, i danas se uzgaja u područjima oko ekvatora. Četiri su vrste ovog drveta: *Criollo*, *Forastero*, *Trinitario* i *Nacional*. Ovisno o mjestu proizvodnje te o samoj vrsti kakaa, mijenja se kemijski sastav kakaovog maslaca. To za posljedicu ima različito ponašanje maslaca prilikom kristalizacije. Osim toga, kemijski sastav masti jedan je od faktora koji utječe na migraciju ulja u konditorskim proizvodima, što je jedan od uzroka gubitka kvalitete istih.<sup>1,4</sup>

### 2.3.5. Kakaov maslac

Kakaov maslac je tvar koja čokoladi daje strukturu, te o njoj ovise mnoge karakteristike koje utječu na kvalitetu čokolade, kao što su sjaj, pucanje (engl. *snap*) i tvrdoća.<sup>9</sup> To je smjesa triacilglicerola, u čiji sastav najvećim dijelom ulaze oleinska, palmitinska i stearinska kiselina. One su na glicerol uglavnom vezane tako da se nezasićena masna kiselina nalazi između dvije zasićene masne kiseline, odnosno oleinska kiselina je vezana na središnji ugljikov atom glicerola, dok su stearinska i palmitinska kiselina vezane na krajnje ugljikove atome. Najzastupljeniji triacilgliceroli u kakaovom maslacu su POP, POS i SOS (P= palmitat, O= oleat, S= stearat).<sup>10</sup>



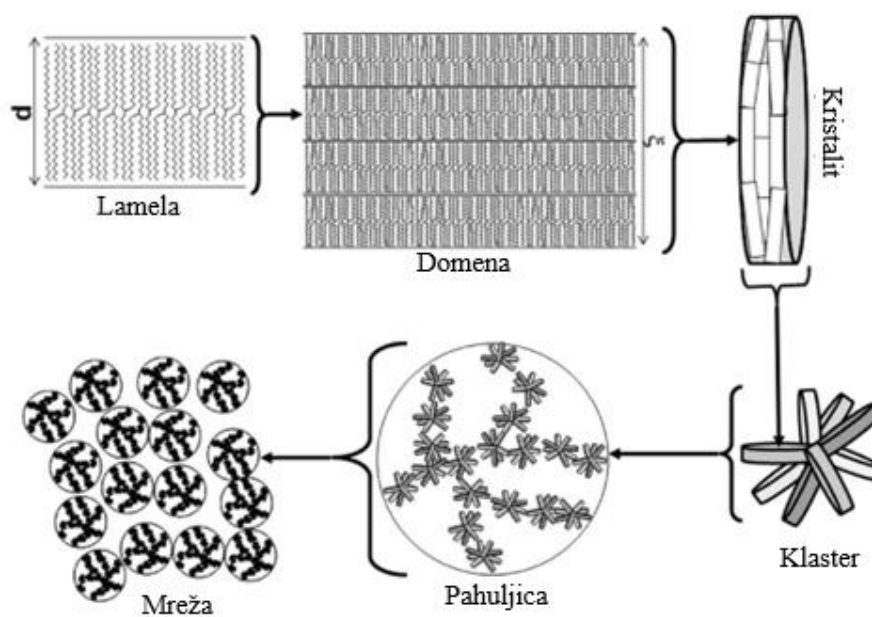
**Slika 2.** Molekula triacilglicerola, gdje  $R_1$ ,  $R_2$  i  $R_3$  predstavljaju alkilne lance. Struktura je nacrtana u programu ChemDraw.

## 2.4. Polimorfija

Polimorfija je pojava kada neka tvar u više oblika koji se razlikuju po svojoj kristalnoj strukturi, te imaju različita kemijska i fizikalna svojstva.

### 2.4.1. Kristalizacija i struktura kakaovog maslaca

Tvar koja čokoladi daje strukturu je kakaov maslac, koji je smjesa triacilglicerola. Hlađenjem, triacilgliceroli formiraju lamele koje se slažu u kristalite. Agregacijom kristalita nastaju klasteri koji zajedno tvore trodimenzionalnu strukturu.<sup>11, 12</sup>

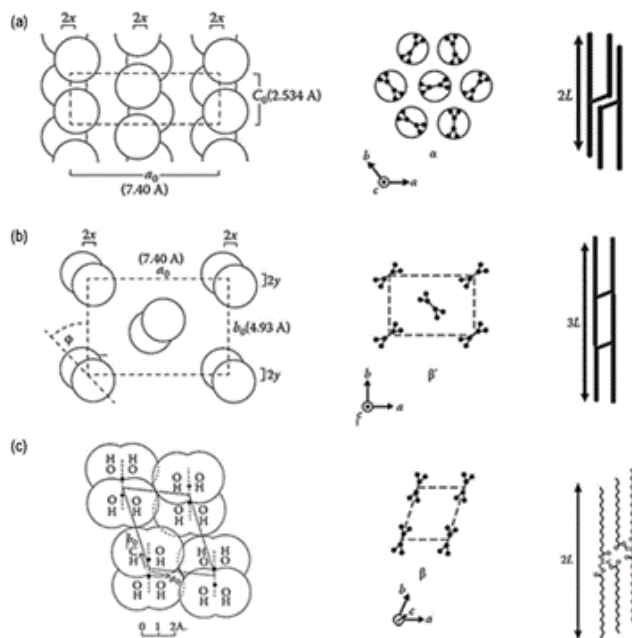


**Slika 3.** Shematski prikaz razina kristalne strukture masti. Prilagođeno i preuzeto iz reference 12.

Raspored molekula u kristalu ovisi o temperaturi i brzini hlađenja. Što je hlađenje sporije, odnosno što je vrijeme kristalizacije dulje, to se molekule masti gušće i uređenije poslože u kristalu. Nastaju guste slagaline koje su termodinamički stabilne te kao rezultat, imaju viša tališta.<sup>10, 11, 12</sup>

Kakaov maslac može kristalizirati u šest različitih kristalnih formi. Osim što imaju različitu kristalnu građu, razlikuju se i po termodinamičkoj stabilnosti te se tale pri različitim temperaturama.<sup>14</sup> Najnestabilnija forma je  $\gamma$ , nakon koje, redom prema najstabilnijoj formi, slijede  $\alpha$ ,  $\beta_2'$ ,  $\beta_1'$ ,  $\beta_2$  i  $\beta_1$ . Uz grčki alfabet, u industriji čokolade se polimorfni oblici označavaju rimskim brojevima I-VI, gdje I označava termodinamički najnestabilniji oblik, a VI

najstabilniji. Svih šest kristalnih formi je jestivo, no zbog svoje teksture i izgleda, samo jedna se smatra pogodnom za prodaju i konzumaciju.



**Slika 4.** Prikaz kristalne građe i načina slaganja molekula masti u kristalnim formama (a)  $\alpha$ , (b)  $\beta'$  i (c)  $\beta$ . Slika je preuzeta iz reference 9.

Forma I nastaje vrlo brzim hlađenjem tekuće čokolade i postojana je na temperaturama ispod  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , no na višim temperaturama brzo prelazi u stabilniju formu II<sup>15</sup>, zbog čega ju je jako teško detektirati.<sup>16</sup>

Stabilnija forma II, osim transformacijom, može nastati direktno iz rastaljene čokolade i to hlađenjem čokolade brzinom  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$  po minuti.

Na temperaturama iznad  $6\text{ }^{\circ}\text{C}$  dolazi do prijelaza iz forme II u forme III i IV.<sup>15</sup> Van Malsen i suradnici su pomoću difrakcije rendgenskog zračenja uočili da postoji više  $\beta'$  formi, a ne samo dvije. Difrakcijom rendgenskog zračenja na praškastim uzorcima su promatrali izotermne fazne prijelaze kakaovog maslaca i za  $\beta'$  formu su dobili više od dva difraktograma praha. Također su otkrili da  $\beta'$  forma pokazuje različito ponašanje prilikom taljenja, ovisno o temperaturi pri kojoj je ono započelo. Ovi rezultati se nisu mogli objasniti kombinacijom bilo kojih difraktograma praha, te su zaključili da  $\beta'$  forma zapravo postoji kao raspon faza, a ne skup



pojedinačnih faza.<sup>15</sup> Polimorfi III i IV se koriste u proizvodnji hrane s visokim udjelom masti, poput pekarskih i konditorskih proizvoda, jer omogućavaju dobru aeraciju i kremastost. No zbog nedostatka atraktivnih fizičkih i osjetilnih karakteristika, ne koriste se u proizvodnji čokolade.<sup>9</sup>

**Tablica 2.** Kristalne forme kakaovog maslaca i njihove karakteristike <sup>2,9</sup>

Kristalna forma		Kristalni sustav	Talište / °C
I	$\gamma$	Rompski	16-18
II	$\alpha$	Heksagonski	22-24
III	$\beta'$	Rompski	$\beta_2'$
IV			$\beta_1'$
V	$\beta$	Triklinski	$\beta_2$
VI			$\beta_1$

Najstabilnije forme, V i VI, mogu se dobiti transformacijom iz manje stabilnih oblika, dok se forma V može dobiti i kristalizacijom iz taline. U konditorskim proizvodima, kakaov maslac je u formi V. Ona je glatke teksture, lijepo puca, sjajna je i topi se u ustima, dok je na sobnoj temperaturi u čvrstom stanju.<sup>9</sup> Molekule masti su u formi V gušće posložene nego kod forme IV, pa prilikom polimorfnog prijelaza dolazi do skupljanja, odnosno smanjenja volumena čokolade. Zbog toga se u procesu izrade, čokolada može lako izvaditi iz kalupa.

Termodinamički najstabilnija forma kakaovog maslaca je VI. To je jedina forma koja se ne može dobiti direktno kristalizacijom iz rastaljene čokolade, već samo prijelazom iz manje stabilne forme V. Za tu transformaciju su potrebni mjeseci, a brže se odvija pri višim temperaturama i konstantnim taljenjem i rekristalizacijom čokolade. Prelaskom čokolade u formu VI dolazi do degradacije okusa, cvjetanja masti te se čokolada teže lomi. To su sve nepoželjne karakteristike zbog kojih se čokolada smatra neprivlačnom i neprikladnom za konzumaciju. Kako bi se usporilo nastajanje forme VI, čokoladu je potrebno skladištiti na rashlađenim mjestima, pri temperaturama nižim od 18 °C.<sup>10,17</sup>

### 2.4.2. Utjecaj ostalih sastojaka čokolade na polimorfne prijelaze

Cvjetanje je pojava nakupina masti ili šećera na površini čokolade, što joj daje neprivlačan izgled koji podsjeća na plijesan. Dugotrajnim ostavljanjem čokolade na temperaturama iznad 33 °C, na primjer na suncu, ili opetovanim taljenjem i rekristalizacijom dolazi do nakupljanja masti na površini čokolade.<sup>18</sup> Osim što nije vizualno atraktivno, jer izgleda kao plijesan, cvjetanje masti utječe i na okus, miris i teksturu čokolade. Točan mehanizam nastajanja cvjetanja masti još uvijek nije poznat, no smatra se da je riječ o polimorfnim prijelazima kakaovog maslaca.<sup>17</sup>

Jedan razlog je prijelaz iz forme IV u formu V prilikom temperiranja, odnosno prekrystalizacije. Može se dogoditi da nepravilnim temperiranjem nastanu kristali forme IV, koji prelaskom u stabilniji oblik V uzrokuje migraciju masti na površinu čokolade.

Drugi uzrok cvjetanja je prijelaz forme V u formu VI dugotrajnim stajanjem. Ovaj proces se brže odvija ako dolazi do fluktuacije temperature ili ako je temperatura na kojoj je čokolada skladištena previsoka.<sup>1, 2, 19</sup>



**Slika 4.** Čokolada na kojoj je došlo do pojave cvjetanja masti i čokolada na kojoj nije. Slika je preuzeta iz reference 1

Polimorfne transformacije nisu jedini mogući uzroci cvjetanja masti. Bricknell i Hartel su pokazali da kod čokolade koja sadrži kristale oblika VI ne mora nužno doći do pojave cvjetanja.<sup>18</sup> Na cvjetanje mogu utjecati i ostali sastojci čokolade, poput šećera. Točnije, zaključili su da je za cvjetanje masti odgovorna mikrostruktura šećera. Korištenjem amorfno, umjesto kristalnog šećera, koji se sastojao od glatkih i okruglih čestica, nije došlo do pojave praškastog bijelog sloja na čokoladi. Razlog tome je vjerojatno gušće pakiranje čestica šećera u čokoladi, što onemogućava migraciju masti na površinu i time sprječava pojavu cvjetanja.<sup>18</sup>

Kod čokolada koje sadrže razna punjenja, poput pralina, može doći do migracije ulja i masti iz punjenja u čokoladu, što uzrokuje njihovo nakupljanje na površini i promovira prijelaz kristala oblika V u oblik VI. Uzrok je razlika u sastavu dviju različitih smjesa triacilglicerola koje si interakcijom međusobno mijenjaju i poremećuju ponašanje kod kristalizacije.<sup>19,20</sup> Može doći do difuzije triacilglicerola iz punjenja u čokoladni preljev, što dovodi do mekšanja vanjskog čokoladnog sloja. Tekući triacilgliceroli tada mogu lakše dospjeti na površinu, gdje se rekristaliziraju i stvaraju vidljive neprivlačne mrlje. Načini kako to spriječiti uključuju dodavanje masti koje sprječavaju cvjetanje (engl. *antibloom fats*), primjerice mliječna mast. Ovakva mast, dodana u punjenje, može prijeći u čokoladni preljev, gdje interagira s kakao maslacem i utječe na njegovu kristalnu strukturu. Time usporava prijelaz polimorfa V u polimorf VI, kao i pojavu cvjetanja.<sup>14</sup>

Također, dodavanjem potpuno zasićene triacilglicerole koji imaju visoka tališta u kakao maslac može usporiti prijelaze u stabilne polimorfne oblike. Ove molekule zbog svojih dugih i ravnih lanaca zauzimaju više prostora od simetričnih triacilglicerola kakao maslaca koji sadrže jednu nezasićenu kiselinu, te narušavaju kristalnu strukturu maslaca i usporavaju nastanak stabilnih polimorfni oblika. S druge strane, dodatkom potpuno nezasićenih triacilglicerola u kakao maslac, ova promjena se ubrzava. Zbog nekompatibilnosti, ovakvi triacilgliceroli ne kristaliziraju zajedno s kakao maslacem, već okružuju kristalne domene i povećavaju mobilnost triacilglicerola. Time ubrzavaju nastanak stabilnih polimorfni oblika jer se molekule mogu lakše i brže složiti u stabilne guste strukture.<sup>12</sup>

Osim toga, na cvjetanje i migraciju masti utječe i sam sastav kakao maslaca, koji ovisi o mjestu i uvjetima proizvodnje, te o vrsti kakaia iz kojeg je maslac proizveden. Tako da će kakao maslac koji prirodno sadrži više potpuno nezasićenih triacilglicerola, poput onog proizvedenog iz kakaia uzgojenog u Brazilu, biti manje otporan na cvjetanje masti.<sup>21</sup>

### § 3. ZAKLJUČAK

Da bi se čokolada smatrala pogodnom za upotrebu i konzumaciju, potrebno je da kakao maslac bude u polimorfnom obliku V. To se postiže polaganim hlađenjem tekuće čokolade te prekrizalizacijom, prilikom čega se u čokoladu dodaju stabilni kristali koji potiču rast i nastanak željenog polimorfa. Pošto polimorf V nije najstabilniji, on s vremenom prelazi u oblik VI, koji je često praćen pojavom bijelog sloja na čokoladi. Taj bijeli sloj rezultat je migracije ulja kroz kristalite kakao maslaca i zbog neprivlačnog izgleda takva čokolada se smatra neprikladnom za konzumaciju.

## § 4. LITERATURNI IZVORI

1. S. T. Beckett, *The Science of Chocolate*, The Royal Society of Chemistry, Cambridge, 2008, str.
2. G. Tannenbaum, *J. Chem. Educ.* **81** (2004) 1131-1135
3. S. T. Beckett, u S. T. Beckett (ur.), *Industrial Chocolate Manufacture and Use*, Blackwell, Oxford, 2009, str. 1-9
4. G. Talbot, u N. Garti (ur.), *Cocoa Butter and Related Compounds*, AOCS Press, 2012, str. 1-34
5. Narodne novine (2005) *Pravilnik o kakau i čokoladnim proizvodima*
6. Ch. Krüger, u S. T. Beckett (ur.), *Industrial Chocolate Manufacture and Use*, Blackwell, Oxford, 2009, str. 48-75
7. S. J. Haylock, T. M. Dodds, u S. T. Beckett (ur.), *Industrial Chocolate Manufacture and Use*, Blackwell, Oxford, 2009, str. 76-99
8. A. C. Rowat, K. A. Hollar, H. A. Stone, D. Rosenberg, *J. Chem. Educ.* **88**(1) (2011) 29-33
9. A. P. B. Ribeiro, M. H. Masuchi, E. K. Miyasaki, M. A. F. Domingues, V. L. Z. Stroppa, G. M. De Oliveira, T. G. Kieckbusch, *J. Food Sci. Technol.* **52** (2015) 3925-3946
10. M. J. Smith, *J. Chem. Educ.* **93** (2016) 898-902
11. D. Fessas, M. Signorelli, A. Schiraldi, *J. Term. Anal. Calorim.* **82** (2005) 691-702
12. R. Campos, M. Ollivon, A. G. Marangoni, *Cryst. Growth Des.* **10** (2010) 205-217
13. A. G. F. Stapley, H. Tewkesbury, P. J. Fryer, *J. Am. Oil Chem. Soc.* **76** (1999) 677-685
14. A. G. Marangoni, S. E. McGauley, *Cryst. Growth Des.* **3**(1) (2003) 95-108
15. G. Talbot, u S. T. Beckett (ur.), *Industrial Chocolate Manufacture and Use*, Blackwell, Oxford, 2009, str. 261-275
16. K. van Malssen, A. van Langevelde, R. Peschar, H. Schenk, *J. Am. Oil Chem. Soc.* **76** (1999) 669-676
17. Y. Kinta, T. Hatta, u N. Garti (ur.), *Cocoa Butter and Related Compounds*, AOCS Press, 2012, str. 195-212
18. J. Bricknell, R. W. Hartel, *J. Am. Oil Chem. Soc.* **75** (1998) 1609-1615

- 
19. N. R. Widlak, R. W. Hartel, u N. Garti (ur.), *Cocoa Butter and Related Compounds*, AOCS Press, 2012, str. 173-194
  20. K. W. Smith, I. Zand, G. Talbot, *J. Agric. Food Chem* **56** (2008) 1602-1605
  21. S. Marty, A. G. Marangoni, *Cryst. Growth Des.* **9** (2009) 4415-4423