

Temperiranje čokoladne mase

Cerle, Bruno

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:193800>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-26**



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Veleučilište u Karlovcu
Odjel prehrambene tehnologije
Smjer: Pivarstvo

Bruno Cerle

TEMPERIRANJE ČOKOLADNE MASE
ZAVRŠNI RAD

Karlovac, rujan 2016.

Veleučilište u Karlovcu
Odjel prehrambene tehnologije
Smjer: Pivarstvo

Bruno Cerle

TEMPERIRANJE ČOKOLADNE MASE
ZAVRŠNI RAD

Mentor:

dr. sc. Goran Šarić

Matični broj studenta: 0314614087

Karlovac, rujan 2016.

Predgovor

Ovaj rad nastao je kao rezultat istraživanja provedenog u tvornici „Kraš“ d.d. u sklopu studentske prakse. Rad ne bi mogao nastati bez pomoći osoblja „Kraš“ d.d., te mentora dr. sc. Gorana Šarića kojem se ovim putem zahvaljujem na praćenju i korisnim savjetima prilikom izrade završnog rada. Velika zahvala ide i mojim roditeljima koji su mi uvijek bili velika potpora.

TEMPERIRANJE ČOKOLADNE MASE

Sažetak

Osnovna sirovina za proizvodnju čokolade je kakao-maslac. Kakao-maslac se dobiva iz kakao zrna, ploda biljke kakaovca. Produkt je niza mehaničkih i fizikalno-kemijskih postupaka koji rezultiraju odličnim karakteristikama koje ga čine pogodnim za izradu čokolade. Dodavanjem šećera, mlijeka i lecitina kakao-maslacu nastaje čokoladna masa koja se provodi kroz nekoliko tehnoloških faza. Zadnja faza prije oblikovanja čokoladne mase je temperiranje. Ova faza je najvažniji korak pri izradi čokoladne mase. Temperiranjem čokoladna masa postaje stabilna i pogodna za izradu raznih čokoladnih proizvoda. Samo određeni oblik kristala kakao-maslaca daje čokoladnu masu koja je pogodna za izradu čokolade. Važnu ulogu pri temperiranju ima temperatura. Tempermetrom se određuje indeks temperiranja čiji iznos pokazuje temperiranost čokoladne mase. Pretemperirana ili podtemperirana čokoladna masa dovodi do problema sa kristalizacijom masti, te u konačnici do nestabilnosti gotovog proizvoda. Indeksi temperiranja se razlikuju ovisno o tome radi li se o mliječnom ili tamnoj čokoladi, što je rezultat količine mliječne masti. Na indeks temperiranja utječu i dodaci koji se dodaju čokoladnoj masi.

Ključne riječi: čokolada, kakao-maslac, indeks temperiranja, temperiranje, tempermetar

TEMPERING OF CHOCOLATE MASS

Abstract

The basic substance used in chocolate production is cacao butter. Cacao butter is extruded from the cacao beans of the cacao tree. It is a product of a number of mechanical, physical and chemical processings, which provide excellent characteristics used in chocolate production. The chocolate mass is produced through adding sugar, milk and lecithin into the cacao butter, which is carried out in a number of technological phases. The last phase prior to the chocolate mass shaping is tempering, which is the most important phase. Through tempering the chocolate mass becomes stable and suitable for creation of various chocolate products. Only the specific crystal shape of the cacao butter provides the chocolate mass which can be used for chocolate production. The temperature plays an important role upon tempering. The tempering index is determined by means of the tempermeter, the value of which shows the temperature of the chocolate mass. The overtempered or undertempered chocolate mass causes problems with crystallization of the fat and eventually the instability of the finished product. The tempering indices are different, depending on whether dark or milk chocolate is used, which represents the result of the quantity of the milk fat. The additives in the chocolate mass also affect the tempering index.

Key words: chocolate, cacao butter, tempering index, tempering, tempermeter

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. TEORIJSKI DIO	2
2.1. Sirovine za proizvodnju čokoladne mase.....	2
2.1.1. Kakaovac	2
2.1.1.1. Kakaovac kao biljka	2
2.1.2. Kakao-maslac.....	4
2.1.2.1. Polimorfnost kakao-maslaca	6
2.1.3. Šećer.....	9
2.1.4. Mlijeko	10
2.1.5. Lecitin.....	11
2.2. Tehnološki proces dobivanja kakao-mase	12
2.2.1. Čišćenje kakao-zrna	12
2.2.2. Prženje očišćenih kakao-zrna	12
2.2.3. Drobljenje prženih kakao-zrna.....	14
2.2.4. Grubo i fino mljevenje kakao-loma u kakao-masu	14
2.2.5. Zamjene za kakao-maslac.....	15
2.2.5.1. Kakao-maslac ekvivalenti (CBEs)	15
2.2.5.2. Zamjene za kakao-maslac	16
2.3. Tehnološki proces proizvodnje čokoladne mase	16
2.3.1. Primjena zamjesa	17
2.3.2. Valcanje.....	17
2.3.3. Končiranje	18

2.3.4. Temperiranje.....	19
2.3.4.1. Principi temperiranja čokolade	20
2.3.4.2. Proces temperiranja čokolade	21
2.3.4.3. Stupanj temperiranja čokolade.....	24
2.3.5. Oblikovanje čokolade.....	24
2.4. Proces kristalizacije masti	25
2.4.1. Nukleacija.....	25
2.4.2. Rast.....	26
2.4.3. Transformacija	26
3. PRAKTIČNI DIO.....	27
3.1. Materijali	27
3.2. Metode mjerenja stupnja temperiranja čokolade.....	30
3.2.1. Interpretacija temperaturne krivulje (rashladne krivulje) čokoladne mase	30
3.2.2. Kriteriji za analizu mjerenja temperiranosti čokolade	31
3.2.3. Temperaturne krivulje za čokoladu s uobičajenim sadržajem masti	32
4. REZULTATI RADA	35
5. RASPRAVA	44
6. ZAKLJUČAK	47
7. POPIS LITERATURE.....	48
8. POPIS SLIKA	50
9. POPIS TABLICA.....	51

1. UVOD

Glavni sastojak čokolade koji čini preko 30% težine gotovog proizvoda je kakao-maslac. Proizvodnja čokolade upravo ovisi o kristalizaciji i polimorfiji masti sadržanih u kakao-maslacu. Svojstva čokolade, kao gotovog proizvoda, uvjetovana su brojem, veličinom i vrstom stvorenih centara kristalizacije kakao-maslaca.

Temperiranje je postupak obrade čokoladne mase koji podrazumijeva preoblikovanje centara kristala krute masti (kakao-maslaca i drugih masti) u željeni stabilan kristalni oblik i to prije nego dođe do potpunog skrućivanja čokoladne mase u konačni oblik proizvoda.

Temperiranje čokoladne mase čini čokoladu pogodnom za korištenje u proizvodnji tvrdih i punjenih proizvoda. Kao i kod drugih tehnologija, pa tako i u tehnologiji čokolade, ključ postizanja najbolje kvalitete je veliko iskustvo, umijeće, vještina i tehnika.

Cilj temperiranja je otopiti manje stabilne kristalne oblike i tako stvoriti što veći broj centara kristalizacije oblika β_2 koji će prevesti ostatak masti upravo u tu stabilnu kristalnu formu. Temperiranje je, prema tome, proces proizvodnje određene kristalne strukture masne faze.

Cilj ovog rada je praćenje temperiranosti čokoladnih masa pri izlazu iz temperirke. Posebna će se pažnja posvetiti indeksima temperiranja kao pokazateljima temperiranosti čokoladne mase. Određivanje indeksa temperiranja vrši se pomoću tempermetra „Sollich Tempermeter E5“ sa termoelektričnim hlađenjem.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. Sirovine za proizvodnju čokoladne mase

2.1.1. Kakaovac

Osnovna sirovina za proizvodnju svih vrsta kakao proizvoda su kakao-zrna. Kakao-zrna su osušene i fermentirane sjemenke ploda biljke kakaovca, botaničkog imena *Theobroma cacao*. Čokoladu su otkrili prvi uzgajivači kakao stabla, Indijanci Olmeca 1500. godine prije Krista (Bellis, 2005), dok je Europljanin koji je prvi došao u kontakt sa kakao zrnom 1502. godine je bio Kristofor Kolumbo. On je donio prve uzorke kakao-zrna u Europu na dvor španjolskog kralja Ferdinanda V. kao suvenir sa svog četvrtog putovanja ni ne otkrivši pravu vrijednost tih osušenih sjemenki. 1528. godine kakao-zrno komercijalno prvi put dolazi u Europu, a 1828. godine Conrad J. Van Houten je izumio hidrauličku prešu i patentirao metodu za prešanje kakao-maslaca iz prženih kakao-zrna. Ovom metodom je povećano iskorištenje kakao-maslaca na čak 50 %, a dobivena kakao-pogača je tretirana sa alkalnim solima kako bi se prah što lakše miješao s vodom. 1879. godina je vrlo značajna kada se govori o čokoladi. Naime, Daniel Peter, švicarski proizvođač čokolade, povezuje mlijeko u prahu (koje je prvi proizveo švicarski kemičar Henri Nestlé 1867. godine) i kakao masu kako bi proizveo prvu mliječnu čokoladu. Iste godine je Rudolf Lindt izumio konče i proces „končiranja“ čime je zbog homogenije strukture i razvoja arome čokolade porasla i kvaliteta čokolade. Proces proizvodnje čokolade je gotovo identičan kao i krajem 19. stoljeća (Spadaccini, 2002.).

2.1.1.1. Kakaovac kao biljka

Kakaovac je stablo visoko 12-15 m, a uzgaja se plantažno u područjima vlažnih tropskih šuma žarkog pojasa. Zreli plodovi kakaovca se ubiru s stabla pomoću mačete, te se odvoze na sabirno mjesto za preradu (slika 1). Plod se rasijeca oštrom nožem na dvije polovice, te se pritom pazi da se ne oštete sjemenke koje se vade rukom ili s pomoću drvene žlice. Najkasnije 24 sata poslije vađenja, sjemenke se moraju podvrgnuti fermentaciji. Fermentacija je nužna, te se vrši u cilju razaranja srži, stvaranja octene kiseline, uništenja klice i nastanka biokemijskih i kemijskih pretvorbi sastojaka sjemenke. Može trajati od 5 do 14 dana ovisno o vrsti kakaovca i klimi, a provodi se u jamama u zemlji, slaganjem u gomile

na listovima banane, u pletenim košarama ili u drvenim sanducima (slika 2). Nakon fermentacije slijedi sušenje fermentiranih sjemenki, te pakiranje kakao-zrna u jutene vreće od 50 do 80 kg (Goldoni, 2004.).



Slika 1. Ubiranje plodova kakaovca (Beckett, 2008)



Slika 2. Fermentiranje u gomili na listovima banane i u drvenim sanducima (Beckett, 2008)

Theobroma cacao, L. je jedina vrsta kakaovca komercijalne vrijednosti i podijeljena je u četiri različita varijeteta: *Hawaiian*, *Criollo*, *Trinitario* i *Forastero*, a samo su tri tipa kakao zrna prikladni za ljudsku upotrebu, a to su: *Criollo*, *Trinitario* i *Forastero* (slika 3).

Criollo je kultiviran u malim količinama u područjima gdje je *Cacao* prvobitno rastao, naročito u Venezueli. Prinosi su niski, stablo je krhko, a prinos čini samo 5 do 10% svjetske proizvodnje. *Criollo* (plemeniti kakaovac) ima crvene ili žuto-crvene plodove koji imaju izbrazdanu koru koja je tanka i lako se reže. Upotrebljava se isključivo u proizvodnji čokolade visoke kvalitete ili u smjesi sa drugim varijetetima. Raste u Nikaragvi, Gvatemali, Meksiku, Venezueli, Kolumbiji itd.

Forastero je najzastupljeniji varijetet te čini od 80 do 90% komercijalnog kakaa koji dolazi od ove biljke. Ima visok prinos i otporan je na bolesti. *Forastero* ima zelene ovalne plodove sa tvrdom korom koja se teško reže i dobro štiti sjemenke.

Trinitario, koji se uzgaja gotovo isključivo u Antilima, je hibrid *Criolla* i *Forastera* i kombinira najbolje aspekte oba. Čini 10 do 15% svjetske proizvodnje. Ima bolju otpornost na bolesti i štetnike nego *Criollo*, te se brojne plantaže specijaliziraju u fini razred *Cacao* mijenjajući *Criollo* u *Trinitario*.



Slika 3. Tri varijeteta Cacao (Anonymus: Cacao varieties)

2.1.2. Kakao-maslac

Kakao proizvodi se Pravilnikom o temeljnim zahtjevima za kakao proizvode, proizvode slične čokoladi, krem proizvode i bombonske proizvode (Urednički pročišćeni tekst

NN 90/96, 12/97, 23,97, 114/04, 73/05) dijele kao: kakao-lom, kakao-masa, kakao-sitnež, kakao-pogača, kakao-maslac, kakao-prah, čokolada i ostali čokoladni proizvodi.

Kakao-lom jest očišćena, ljuske i klice oslobođena jezgra kakao-zrna.

Kakao-masa jest proizvod dobiven mehaničkim usitnjavanjem kakao-loma, bez oduzimanja ili dodavanja bilo kakvih sastojaka, osim ako je riječ o alkaliziranom proizvodu.

Kakao-sitnež je mješavina fino usitnjene kakao-jezgre, kakao-ljuske i kakao-klice, koja nastaje pri ljuštenju kakao-zrna.

Kakao-pogača nastaje kad se kakao-lomu ili kakao-masi mehaničkim postupcima oduzme dio masti.

Kakao-prah jest proizvod dobiven mljevenjem kakao-pogače. Kakao-prah se može proizvoditi alkaliziranjem kakao-mase ili kakao-loma dopuštenim alkalijama, s tim što takav kakao-prah ne smije sadržavati više od 0,5% alkalija, pojedinačno ili u kombinaciji, izraženih kao bezvodni kalijev karbonat, računano na bezmasnu suhu tvar proizvoda.

Čokolade (čokoladne mase) jesu homogeni proizvodi dobiveni posebnim tehnološkim postupkom, obradom šećera s jednim ili više ovih sastojaka: kakao-loma, kakao-mase, prešane kakao-pogače, kakao-praha, nemasnog kakao-praha i kakao-maslaca s dopuštenim pridođacima ili bez njih.

Kakao-maslac jest masnoća dobivena mehaničkim postupcima iz kakao-zrna, kakao-loma, kakao-mase, kakao-pogače ili kakao-sitneži (Pravilnik).

Kakao-maslac je bijelo-žuta biljna mast u čvrstom stanju kod temperatura do 21,1 °C. Miris mu je slabo osjetan i podsjeća na miris kaka, a okus mu je blag i nalik na čokoladu. Na temperaturama ispod 25 °C je krhak, dok pri temperaturi od 25 °C omekšava, te se tali u temperaturnom intervalu od 30-35 °C. Neznatno je topljiv u 95 %-tnom etanolu, topljiv u kipućem dehidratiranom alkoholu i slobodno se topi u eteru, kloroformu i benzenu (Remington i sur, 2005).

Kakao-maslac je vrlo stabilna masnoća i tijekom ispravne fermentacije, sušenja i pravilnog uskladištenja ne dolazi do uočljivih promjena njezinih svojstava i sastava. U sastavu kakao-maslaca u potpunosti dominiraju tri masne kiseline: palmitinska (C16:0, P), stearinska (C18:0, St) i oleinska (C18:1, O), a u značajnijem udjelu sadrži linolnu (C18:2, L) i linoleinsku (C18:3, Ln) kiselinu (Tablica 1).

Tablica 1. Tipičan sastav masnih kiselina u kakao-maslacu (Goldoni, 2004)

masna kiselina	%
Palmitinska	23-30
Stearinska	32-37
Oleinska	30-37
Linolna	2-4
Linolenska	< 0,3
Laurinska	< 0,1

Za izradu kakao-maslaca mogu se upotrijebiti različiti postupci rafinacije, te se može: filtrirati i centrifugirati, odsluziti i dezodorirati vodenom parom u vakuumu ili drugim uobičajenim načinom, obraditi natrijevom lužinom ili drugim uobičajenim sredstvima za neutralizaciju, obraditi zemljom za bijeljenje, aktivnim ugljenom ili drugim uobičajenim sredstvom za obezbojenje (Goldoni, 2004).

S obzirom na način dobivanja postoje 3 vrste kakao-maslaca:

1. PREŠANI KAKAO-MASLAC

Dobiva se prešanjem kakao-loma ili kakao-mase u vertikalnim ili horizontalnim hidrauličkim prešama. Dalje se može filtrirati i deodorirati ili potpuno rafinirati standardnim procesnim tehnikama (Pravilnik).

2. EKSPELER-KAKAO-MASLAC

Ekspeler-kakao-maslac dobiva se iz kakao-zrna ili kakao-loma, kakao-mase i kakao-pogače u ekspeler-prešama (Pravilnik).

3. RAFINIRANI KAKAO-MASLAC

Rafinirani kakao-maslac je kakao-maslac dobiven iz prešanog kakao-maslaca ili ekspeler-kakao-maslaca i dalje opisanim procesnim tehnikama.

2.1.2.1. Polimorfnost kakao-maslaca

Kakao-maslac je u čokoladnim proizvodima dominantna ili jedina masnoća, te kao i mnoge druge prirodne masti, sadrži kompleksne trigliceride s više od jednog tipa masne kiseline na glicerolu. Ukupna količina triglicerida u kakao-maslacu je 97-99%, te se tako kakao-maslac može pojaviti u nekoliko polimorfni oblika koji će hlađenjem i skrućivanjem utjecati na izgled površine, boju, vrijeme skrućivanja i održivost čokoladnog proizvoda.

Kakao-maslac kristalizira u šest različitih polimorfnih kristalnih oblika (Tablica 2). Nazivi kristalnih oblika variraju od autora do autora. Sastoje se od kombinacije grčkih slova (α , β ...) i rimskih brojeva (I, II...). Identifikacija pojedinog kristalnog oblika je uniformna i vrši se na temelju rendgenskog difrakcijskog uzorka područja topljenja kristala. Povećanjem temperature kristalizacije raste i stabilnost i gustoća kakao-maslaca.

Tablica 2. Osnovne značajke polimorfnih oblika kristala kakao-maslaca (Anonymus, 2004.)

polimorfni oblik		temperatura kristalizacije [°C]	stabilnost
γ	I	17,3	nestabilan
α	II	23,3	nestabilan
β'	III	25,5	polustabilan
β_1	IV	27,3	polustabilan
β_2	V	33,8	stabilan
β'_1	VI	36,3	stabilan

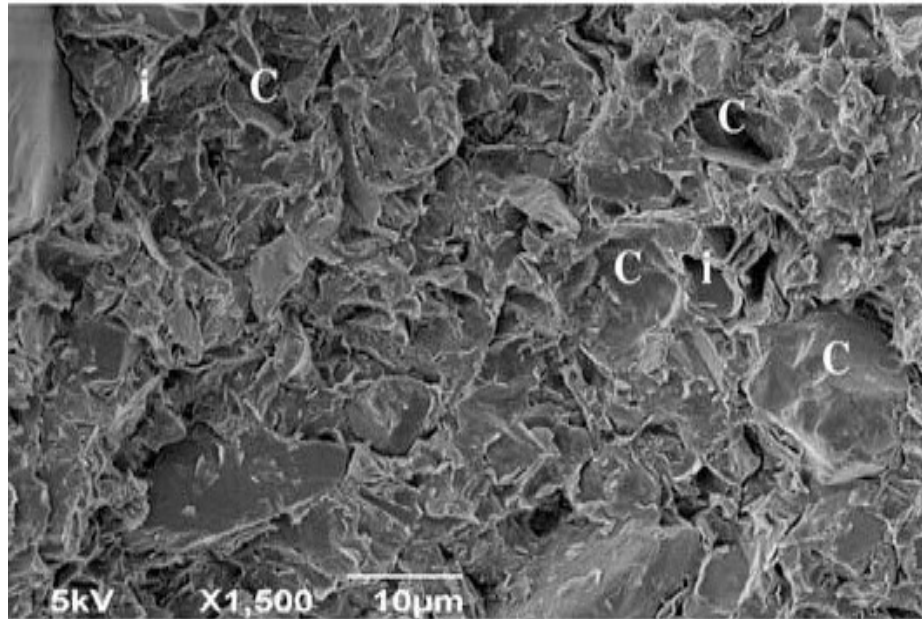
γ -oblik nastaje vrlo brzim hlađenjem tekuće čokoladne mase, te je njegova točka tališta približno 17 °C i takva čokolada je pogodna kao premaz za sladolede. Vrlo je nestabilan, te vrlo brzo prelazi (60 sekundi) u α -oblik.

α -oblik se pojavljuje i kod niskih temperatura hlađenja te nastaje preobrazbom iz γ -oblika, mikrokristalične je strukture, nestabilan, te u roku od 1 sata prelazi u β_1 -oblik. Nastaje i hlađenjem rastopljene čokolade po 2 °C po minuti.

β' je polimorfni oblik koji je obično proizveden ako se podtemperirana ili jako loše temperirana čokolada hladi u tunelima za hlađenje, gdje postaje pravilno temperirana. Ovaj oblik se brzo (ponekad i prije nego napusti tunel za hlađenje) pretvara u β_2 -oblik.

β_1 oblik nastaje ako se rastopljena čokolada hladi na sobnoj temperaturi.

Željena kakvoća čokolade postiže se samo kada kakao-maslac kristalizira u obliku β_2 (slika 4). Čokolada u ovom obliku ima veću brzinu skrućivanja i kontrakcije, a gotov proizvod ima željenu kakvoću: čokoladnu boju, visok sjaj, punu strukturu, ravnu i glatku površinu, potrebnu čvrstoću, bolju otpornost na dodir prstima te trajnost (Goldoni, 2004).



Slika 4. β_2 -kristali snimljeni skenirajućim elektronskim mikroskopom (Afroakwa i sur., 2009)

Oblik VI, odnosno β_1' -oblik, je često popraćen „cvjetanjem masti“, pa ga je teško postići, ali je primijećeno da nastaje kada je kakao-maslac ostavljen na kristalizira iz otapala (Beckett, 2008).

„Cvjetanje masti“ u ovom kristalnom obliku uzrokovano je odvajanjem krute i tekuće faze i sporom kristalizacijom kojom nastaju veliki kristali masti. Kristali nastali prilikom „cvjetanja oblika VI“ nalik su listićima, te se javljaju kod proizvoda koji su bili izloženi fluktuacijama temperature između 18 i 28 °C kroz period od 8 tjedana. Pri tome se struktura čokolade potpuno destabilizira, a površina je prekrivena nakupinama kristala (slika 5). Općenito, cijela se kristalna struktura čokolade transformira u oblik β_1 čime postaje otvorenija, krhkija i brašnasta. Upotrebom inhibitora transformacije oblika β_2 u β_1 ovaj tip „cvjetanja masti“ može se reducirati, ali ne i eliminirati.



Slika 5. „Cvjetanje masti“ u čokoladi (Jenkinson, 2003.)

2.1.3. Šećer

Saharoza, uobičajenog naziva šećer, je disaharid molekulske formule $C_{12}H_{22}O_{11}$. Saharoza je sastavljena od dva monosaharida, α -glukoze i β -fruktoze, koji su međusobno povezani glikozidnom vezom između C_1 atoma glukoze i C_2 atoma fruktoze. U kristalnom obliku je stabilna na temperaturama do $160\text{ }^\circ\text{C}$, a na temperaturi iznad $160\text{ }^\circ\text{C}$ se tali i razgrađuje. Saharoza karamelizira pri čemu nastaje hidroksimetil furfural koji polimerizira u pigmente smeđe boje koji mijenjaju okus i boju nastale mase. Iznad $200\text{ }^\circ\text{C}$ saharoza se u potpunosti razgrađuje na CO_2 i vodu.

Čokolada sadrži oko 50 % šećera, a u proizvodnji se koristi kristal šećer. Većina proizvođača upotrebljava šećer sa kristalima srednje veličine: 0,6-1,0 mm. Krupnije čestice kristal šećera uzrokovale bi pjeskovitost gotovog proizvoda, te se iz tog razloga u samom procesu proizvodnje kristal šećer ne koristi direktno, već se prethodno melje. Kao takav šećer ima vrlo reaktivnu površinu i može apsorbirati okolne mirise te se zato šećer melje sa kakao-masom pri čemu nastaje intenzivniji čokoladni okus, a tom prilikom čestice šećera prelaze u amorfnu oblik. Kao takve mogu, vrlo brzo, apsorbirati vodu iz okolne atmosfere ili drugih sastojaka čokoladne mase i potom rekristalizirati. Navedena fizikalna svojstva dolaze do izražaja tijekom postupaka valcanja i končiranja. Skoro polovica čokolade sastoji se od šećera pa su sastojci unutar čokolade vrlo blizu jedan drugom. Na taj način kristali saharoze formiraju kostur unutar čokolade, a struktura ostaje čvrsta i kada se otopi sva mast (Goldoni, 2004).

2.1.4. Mlijeko

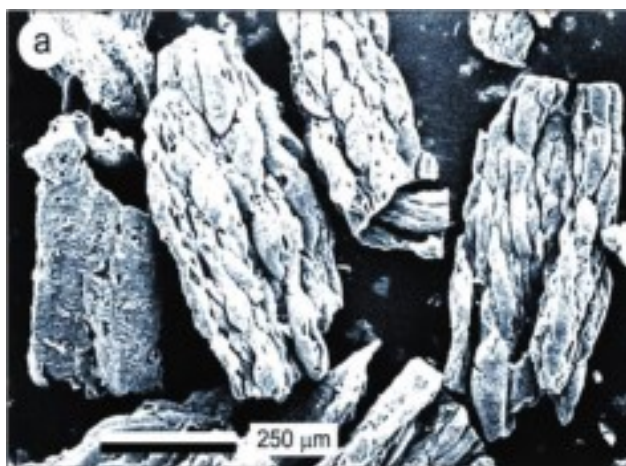
Mlijeko je biološka tekućina, vrlo složena sastava, žućkasto-bijele boje, karakteristična okusa i mirisa. Može se smatrati emulzijom ili suspenzijom mliječne masti u vodi u kojoj se nalazi niz otopljenih tvari (laktoza i topljive mineralne tvari), te tvari u koloidnom obliku (proteini). Mlijeko se sastoji od vode (86-89 %) i suhe tvari (11-14 %). Glavni sastojci suhe tvari su: mliječna mast, laktoza, proteini (kazein i proteini sirutke), enzimi, mineralne tvari i vitamini (Tratnik, 1998).

Mlijeko u prahu je proizvod dobiven uklanjanjem vode iz pasteriziranog mlijeka koje može biti homogenizirano. Takvo mlijeko ne sadrži više od 5 % vode u odnosu na ukupnu težinu. Sadrži proteine mlijeka, laktozu, mliječnu mast i minerale u istim omjerima koji su bili u mlijeku od kojeg je dobiveno. Proces uklanjanja vode obično se provodi uparavanjem (voda ispari upotrebom topline i vakuuma) ili sušenjem (kao produžetak procesa uparavanja). Sušenje se provodi raspršivanjem ili sušenjem na valjcima.

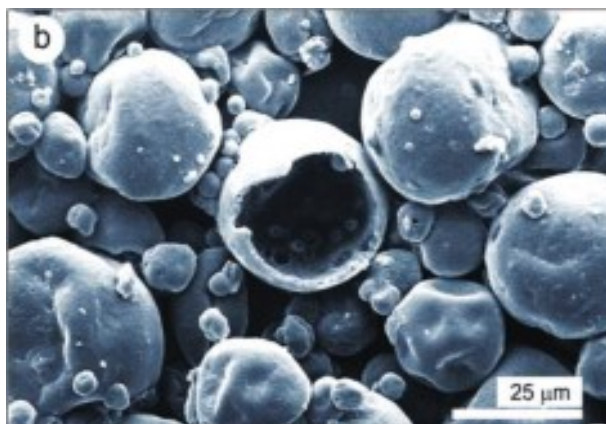
Proces sušenja na valjcima se koristio dugi niz godina. Ti strojevi su skupi i teško je održavati higijenu. Proces se sastoji od toga da pasterizirano ili kondenzirano mlijeko prelazi preko površine dva paralelna valjka grijanih parom koji se okreću u suprotnom smjeru. Rezultat sušenja je mlijeko u tankom sloju (slika 6) koji se skida sa valjaka i otprema u mlinove gdje se melje u čestice jednakih veličina (Tratnik, 1998.).

Sušenje raspršivanjem uključuje pretvaranje mlijeka, koje je prethodno osušeno na oko 50 % vlage u vakuum komori, u kapljice koje imaju veliku površinu. Kapljice se zatim raspršuju pod visokim tlakom kako bi se stvorile ujednačene kapljice, te prolaze kroz struju vrućeg zraka u komori za sušenje. Zrak osigurava toplinu za isparavanje na površinu kapljica i djeluje kao nosač za prah, koji se skuplja pomoću ciklonskog separatora ili filterskih sistema. Mlijeko u prahu dobiveno raspršenjem ima oblik kuglica sličnih zračnim balončićima (slika 7) te je zato kod upotrebe mlijeka u prahu dobivenog raspršivanjem u proizvodnji čokolade potrebna veća količina kakao maslaca (Beckett, 2009).

U konditornoj industriji više je u upotrebi mlijeko u prahu dobiveno sušenjem na valjcima jer tijekom končiranja daje bolja reološka svojstva čokoladi i veću otpornost na „cvjetanje masti“.



Slika 6. Mlijeko u prahu dobiveno sušenjem na valjcima snimljeno elektronskim mikroskopom (Carić, 2003)



Slika 7. Mlijeko u prahu dobiveno sušenjem raspršivanjem snimljeno elektronskim mikroskopom (Carić, 2003)

2.1.5. Lecitin

Lecitin je prirodna komponenta prisutna u biljnim i životinjskim stanicama sastavljen od grupe masti i fosfolipida koji sadrže fosfor. Iako se lecitin nalazi u različitim namirnicama (žumanjku jajeta, mlijeku, mesu, ribi i mahunarkama), najviše je zastupljen sojin lecitin koji se dobiva ekstrakcijom iz zrna soje.

Lecitin spada u skupinu emulgatora tj. površinski aktivnih tvari koje smanjuju površinsku napetost između faza koje se međusobno ne miješaju. U čokoladi je uloga emulgatora da poveže hidrofilni šećer sa hidrofobnim kakao-maslacem koji bi se u normalnim

uvjetima odvajali. Mehanizam djelovanja površinski aktivnih tvari kod čokolade sastoji se od povezivanja lipofobnog dijela sa molekulom šećera, a lipofilni dio je okrenut prema otopini masti koja okružuje čestice šećera (Beckett, 2008.).

2.2. Tehnološki proces dobivanja kakao-mase

2.2.1. Čišćenje kakao-zrna

Svaka pošiljka kakao-zrna sadrži malu količinu stranih primjesa koje mogu biti anorganskog (zemljana prašina, grumeni zemlje, kamenčići, metalni predmeti, staklo i drugo) i organskog podrijetla (djelići vreće ili konopca, suhi djelići kakao ploda ili drveta, papir i slično). U primjese se ubrajaju i oštećena zrna koja mogu biti pljesniva, proklijala, spljoštena, slomljena, napadnuta od insekata, te krhotine i dijelovi ljuske. Stoga ne čudi činjenica da je čišćenje kakao-zrna prva operacija koja se provodi u tvornici proizvodnje čokolade radi postizanja dobre kakvoće kakao proizvoda i sprječavanja oštećenja te prijevremenog trošenja strojeva i opreme koja se koristi u daljnjim postupcima proizvodnje.

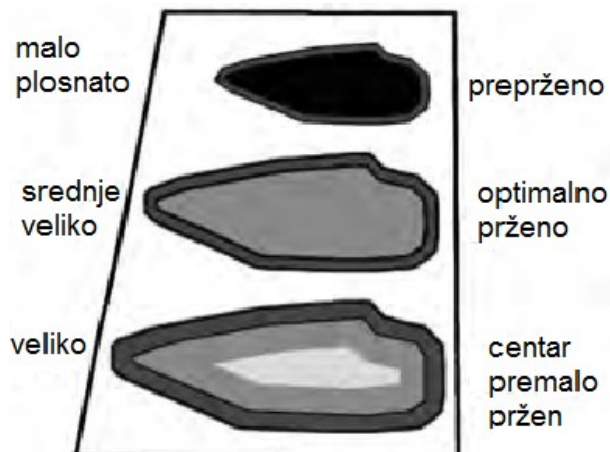
Uređaji za čišćenje kakao-zrna sastoje se od dva ili tri funkcionalno povezana stroja, tj. od sita sa različitom veličinom otvora, četka, zračnih liftova i magnetskih separatora. Metalni predmeti se izdvajaju magnetima, dok se prašina može ukloniti pomoću ciklona. Iako kamenčići mogu biti iste veličine kao i zrna, oni imaju različitu gustoću, te se mogu ukloniti na vibrirajućim sitima. Zrak prolazi kroz sita i diže zrna iznad kamenčića. Budući da su bliže sitima, kamenčići se kreću prema vrhu, te skupljaju u prihvatne koševе. Zrak transportira zrna prema donjem dijelu sita odakle odlaze na daljnju obradu (Beckett, 2009)

Operacijom čišćenja kakao-zrna odvaja se 98,0 – 98,5% čistih zrna, do 1% sraslih zrna, te 0,5 – 1% primjesa (Goldoni, 2004).

2.2.2. Prženje očišćenih kakao-zrna

Prženje je termička obrada kakao-zrna s ciljem smanjenja kiselosti i trpkosti, te sadržaja vode zrna na 1-2%. Konačan cilj prženja je oblikovanje kakao arome i okusa, smanjenje čvrstoće zrna radi lakšeg drobljenja i prešanja kakao-maslaca.

Tijekom prženja je izrazito bitno da su zrna ujednačene veličine. Naime, parametri prženja su postavljeni za prosječnu veličinu zrna. Manja zrna će pri tome biti prepržena, dok kod većih zrna središte zrna neće biti prženo (slika 8).



Slika 8. Utjecaj veličine zrna na stupanj prženja (Beckett, 2001)

Kotiledoni se moraju pržiti prije nego se koriste u čokoladi. Pri tome se mijenja aroma prekursora u komponente koje su odgovorne za okus čokolade. Visoka temperatura zajedno sa preostalom vlagom u zrnima, eliminira neke mikrobiološke kontaminante, kao što je *Salmonella*, koja se može naći u zrnima kada se ona suše na otvorenom prostoru (Beckett, 2008).

Uređaji koji se koriste za prženje su pržionici različitih konstrukcija. Za izravnu termičku obradu koriste vrući zrak, suhozasićenu paru, energiju infracrvenog zračenja te vruću smjesu zraka i sagorjelih plinova. Ovisno o tipu i kapacitetu uređaja i potrebnom stupnju prženja, vrijeme prženja iznosi 5-70 minuta, a temperatura 70 – 140 °C. Uvjeti prženja se mijenjaju i prema zahtjevima samog proizvoda. Visina temperature određena je zahtjevima kasnijeg tehnološkog procesa i različita je za proizvodnju čokolade, kakao-praha i kakao-maslaca. Manji stupanj prženja potreban je za kakao-zrna namijenjena izradi kakao-maslaca slabe arome i okusa te je poželjan za kakao-zrna od kojih se priprema mliječna čokoladna masa. Veći stupanj, odnosno više temperature obrade primjenjuju se kod prženja zrna namijenjenih prvenstveno izradi vrlo aromatičnog kakao-praha.

Odmah nakon prženja, pržena zrna treba ohladiti na temperaturu nižu od 40-50 °C kako bi se zaustavili procesi termičke razgradnje sastojaka zrna, jer će u suprotnom doći do preprženja zrna (Goldoni, 2004).

2.2.3. Drobljenje prženih kakao-zrna

Dvije su namjene drobljenja kakao-zrna. Prvi je napraviti kakao dijelove dovoljno male da se mogu koristiti u čokoladi. Druga vrlo važna namjena je uklanjanje što je moguće više masti iz stanica. Mast je potrebna kao pomoć tečenju čokolade, u izradi slatkiša, te kada se topi u ustima. Mast je također i najskuplji glavni sastojak u čokoladi, što je ekonomski nužno u izradi svih vrsta masti.

Drobljenje je proces koji slijedi odmah nakon prženja i hlađenja kakao-zrna. Vrlo je važno za daljnju proizvodnju da se ukloni ljuska, klica, sitne čestice zemlje i drugo. Poželjno je da kakao-lom sadrži što manje ljuska i klica, jer se njihova prisutnost odražava na boju i aromu proizvoda i otežava valjanje. Klica je gorka i sadrži lako kvarljive masti. Drobljenjem se izdvaja klica i ljuska pri čemu se dobije: kakao-lom, kakao-sitnež i kakao-ljuska.

Zdrobljena kakao-zrna odvođe se izravno u uređaj za odvajanje ljuske od kakao-loma. Najčešće se provodi prosijavanje zdrobljenih zrna (kakao-loma) na vibrirajućim sitima različite veličine otvora u kojima se ljuska od kakao-loma otpuhuje upotrebom struje zraka. Pri tome je bitna brzina struje zraka kojom se treba ukloniti samo ljuska, a nikako djelići kakao-loma.

2.2.4. Grubo i fino mljevenje kakao-loma u kakao-masu

Grubo i fino mljevenje su postupci koji se provode kako bi se iz kakao-loma usitnjavanjem dobila kakao-masa fine homogene strukture koja se kao takva upotrebljava za proizvodnju kakao-praha, kakao-maslaca i čokoladne mase.

Usitnjavanjem kakao-loma, tlakom 40-50 MPa, dolazi do razaranja staničnih stijenki kakao-loma, te se oslobađa kakao-maslac. Kakao-lom sadrži oko 55% kakao-maslaca, a pri navedenom tlaku se može istisnuti više od pola. Uslijed trenja dolazi do povišenja temperature i pretvorbe mase u tekuće stanje. Kako napreduje usitnjavanje, tako se smanjuje veličina kakao djelića bezmasne suhe tvari, a nastala masa postaje sve više tekuća.

Grubo usitnjavanje (predmljevenje) je postupak u kojem se kakao-maslac oslobađa iz stanica i tali uslijed povišenja temperature iznad njegove temperature tališta. Grubo usitnjena masa prelazi u tekuće stanje, a takvo stanje je pogodno za fino mljevenje do željene veličine čestica. Fino usitnjavanje (završno mljevenje) je konačno usitnjavanje krutih djelića kakao-mase. Dobivena kakao-masa je tekuće ili polutekuće konzistencije i tamnosmeđe boje od bezmasne suhe tvari kakao djelića (Goldoni, 2004).

2.2.5. Zamjene za kakao-maslac

Ideja razvoja i korištenja zamjena za kakao-maslac pojavila se tokom 1. Svjetskoj rata kada je bilo nemoguće doći do kakao-maslaca, te su korištene biljne masti. Kasnijim ispitivanjima, otkriveno je da neke biljne masti sadrže trigliceride iste kao i one u kakao-maslacu, te je to omogućilo korištenje u proizvodnji čokolade.

Biljne masti, koje se koriste u proizvodnji čokolade, mogu se podijeliti u 2 skupine: kakao-maslac ekvivalenti (*cocoa butter equivalents*, CBEs) i kakao-maslac zamjene (*cacao butter replacers*, CBRs).

2.2.5.1. Kakao-maslac ekvivalenti (CBEs)

Kao što i samo ime govori, biljna mast mora kristalizirati na jednak način kao i kakao-maslac. Kakao-maslac sadrži palmitinsku (P), stearinsku (St) i oleinsku (O) kiselinu vezanu na glicerol, tako da većina molekula postaje POP, POST i StOSt.

POP je glavni sastojak palminog ulja, te se od ostalih masti sadržanih u palminom ulju izdvaja suhim i tekućim frakcioniranjem. Prilikom suhog frakcioniranja mast se zagrije na određenu temperaturu i tada se tekući dijelovi razdvajaju od krutog dijela pritiskanjem ili filtriranjem. Pri tekućem frakcioniranju mast se otapa u acetonu ili heksanu.

POST i StOSt se dobivaju iz *shea* maslaca, međutim, jako se teško dobivaju i njihova količina ovisi o godini uzgoja.

Teško je dobiti složene masti dobre kvalitete, te su iz tog razloga proizvođači masti razvili proces koji omogućava korištenje sirovih materijala kao što je suncokretovo ulje. Ono se koristi za dobivanje masti koja pomiješana sa palminim uljem daje odgovarajući kakao-maslac ekvivalent.

2.2.5.2. Zamjene za kakao-maslac

Laurinske zamjene za kakao-maslac su masti koje se tale u istom temperaturnom rasponu kao i kakao-maslac, imaju jednaku teksturu, ali kristaliziraju na različit način. Ulje palminih koštica i kokosovo ulje su vrlo dostupni i sadrže 50 % laurinske kiseline (C12:0). Laurinske zamjene za kakao-maslac koriste se samo kada je potrebno vrlo malo kakao-maslaca (10-12 %). Pošto tekuća čokolada sadrži oko 55 % kakao-maslaca, proizvodi napravljeni sa laurinskim zamjenama za kakao-maslac se rade s kakao-prahom. Takva čokolada ima drugačiji okus, te se uglavnom koristi za prevlake. Hlađenje ovog tipa masti mora biti vrlo brzo i proizvodi su u početku vrlo sjajni. Laurinske zamjene za kakao-maslac pokazuju neke fizikalne sličnosti sa kakao-maslacem kao što su: dobra tvrdoća kod sobne temperature, dobra lomljivost, te brzo i potpuno topljenje. Pri 35 °C gotovo se u potpunosti otope, što pridonosi dobrom okusu proizvoda (osjet svježine) bez osjeta voštanosti (Beckett, 2008).

Nelaurinske zamjene za kakao-maslac su masti koje se dobivaju hidrogeniranjem ili frakcioniranjem ulja palme, soje, uljane repice, sjemenki pamuka i rižinih mekinja. U najvećoj mjeri sadrže oleinsku, palmitinsku i stearinsku kiselinu. Nelaurinske zamjene za kakao-maslac imaju sljedeća svojstva: tvrdoću kod sobne temperature, točku taljenja kod 35 °C i veću brzinu kristalizacije. Sadržaj masnih kiselina sličan je sadržaju masnih kiselina kakao-maslaca, ali je struktura triglicerida potpuno različita pa se zbog djelomične kompatibilnosti dodaju u količini do 25 %. Prednost nelaurinskih zamjena za kakao-maslac u odnosu na kakao-maslac je u tome što se podešavanjem sastava nelaurinskih zamjena za kakao-maslac mogu postići željena svojstva taljenja proizvoda (Goldoni, 2004).

2.3. Tehnološki proces proizvodnje čokoladne mase

Čokolada (čokoladna masa) je homogeni proizvod dobiven posebnim tehnološkim postupkom, obradom šećera s jednim ili više ovih sastojaka: kakao-loma, kakao-mase, prešane kakao-pogače, kakao-praha, nemasnog kakao-praha i kakao-maslaca s dopuštenim aditivima za prehrambene proizvode dopuštenima za uporabu ovim pravilnikom, dodacima koji se dodaju radi povećanja biološke vrijednosti proizvoda te drugim namirnicama koje se dodaju radi upotpunjavanja svojstava okusa, mirisa i izgleda proizvoda ili bez njih (Pravilnik).

2.3.1. Primjena zamjesa

Sirovine koje su potrebne za izradu čokolade, te koje se nalaze u spremnicima u skladištu sirovina, su: kakao-maslac, kakao-prah, mljeveni šećer i mlijeko u prahu. Priprema zamjesa, odnosno izrada smjese sastojaka čokoladne mase, provodi se miješanjem ili gnječanjem. U miješalicu se sirovine odmjeravaju automatskim dozatorima u količinama predviđenim recepturom za izradu smjese čokoladne mase i prema slijedećem rasporedu: kakao-masa, kakao-maslac, šećer u prahu, mlijeko u prahu za mliječne čokoladne mase. Kakao-masa i kakao-maslac doziraju se u tekućem obliku zagrijani na približno 50 °C izravno iz spremnika, jer se u tekuću masu mogu lako umiješati praškaste sirovine, tj. šećer i mlijeko u prahu. Kada je smjesa gotova, izvlači se ili ispušta iz miješalice, a pastozna masa, koja je temperature 40 °C i sadrži 25-27% masti, se odvodi na grubo i fino usitnjavanje postupkom valcanja.

2.3.2. Valcanje

Valcanje je postupak usitnjavanja krutih čestica bezmasne suhe tvari čokoladne mase i to mehaničkom obradom na odgovarajućim mlinovima. Usitnjavanjem čokoladne mase na mlinovima s valjcima čestice kristal šećera prelaze u amorfne tanke prozirne pločaste tvorevine uslijed plastične distorzije pod tlakom kod prolaza mase kroz prostor između valjaka. Za izradu smjese upotrebljava se kristal šećer, kakao-masa i druge sirovine. Zbog krupnoće čestica kristal šećera, smjesa se mora prethodno usitniti do veličine čestica koje daju viskoznost mase podobne za valcanje na petovaljcima. Danas su za predvalcanje najviše u upotrebi mlinovi s dva valjka (dvovaljci) koji usitnjavaju do čestica veličine 150 – 200 µm. Iz dvovaljaka masa pada na traku i ubacuje se u petovaljak. Oblikovani sloj filma čokoladne mase prihvaća se na valjak veće brzine i prenosi dalje gore, postaje tanji, te na kraju dolazi do naprave za struganje i skida se s petog valjka. Temperature valjaka su različite, a masa se usitnjava na čestice veličine 18 - 30 µm.

Veličina čestica nakon valcanja ima velik utjecaj na viskoznost čokoladne smjese. Postupak valcanja uzrokuje pucanje čestica mlijeka u prahu, a preostali fragmenti imaju pore koje nastaju cijepanjem globula masti, a koje su ispunjene zrakom (vakuole) (Beckett, 2008.).

Valcana čokoladna masa je praškasto grubičaste strukture s aglomeratima bezmasne suhe tvari nastalih djelovanjem visokog tlaka i povećanjem ukupne površine bezmasnih

čestica te kakao maslacem i ostalim mastima u krutom stanju, koje čestice masti oblažu čestice bezmasne suhe tvari. Odmah nakon valcanja čokoladna masa se izravno odvodi na obradu u konče (Goldoni, 2004).

2.3.3. Končiranje

Končiranje je završni postupak u izradi čokoladne mase, tijekom kojeg se istodobno odvija niz međusobno neodvojivih fizikalnih i kemijskih procesa. Ti procesi dovode do razvoja željene potpune čokoladne arome i pretvorbe praškastog grudičastog valcanog proizvoda u tekuću suspenziju šećera, bezmasne suhe tvari kakao dijelova i bezmasne suhe tvari mlijeka (u slučaju mliječnih čokoladnih masa) u tekućoj kontinuiranoj fazi kakao maslaca i drugih moguće prisutnih masti.

U konči se količina vode u čokoladnoj masi smanjuje s približno 1,6% na 0,6 do 0,8%. U postupku končiranja razlikujemo suho končiranje (suha i pastozna faza) i tekuće (mokro) končiranje (tekuća faza). Svaka od tih faza ima određenu zadaću i one se nadovezuju jedna na drugu:

- Suha faza – smicanje, otparavanje vode i uklanjanje nepoželjnih hlapljivih tvari
- Pastrozna faza – razvoj arome uz pomoć smicanja i zagrijavanja, otparavanje vode, homogenizacija
- Tekuća faza – homogenizacija mase pomoću snažnog mijepanja i smicanja

Tijekom pastozne faze končiranja nužno je održavati konstantnu temperaturu. Konačna faza obrade čokoladne mase je tekuće končiranje. U konču se, na početku te faze, dodaje preostala količina kakao-maslaca prema recepturi željenog proizvoda. Intenzivnim miješanjem uz smicanje postiže se daljnje smanjenje viskoznosti i konačna homogenizacija mase, te pomoću dodatka kakao-maslaca njen prijelaz u tekuće stanje. U toj fazi končiranja može se dodati manja količina zamjena za kakao-maslac, aroma i sredstva za smanjenje površinske napetosti – emulgatora (lecitin), kojima se postiže smanjenje viskoznosti čokoladne mase. Lecitin se mora dodati nakon hlađenja u čokoladnu masu, temperature ne veće od 50 °C, i pri kraju končiranja.

Postupkom končiranja završena je izrada čokoladne mase, tj. postignut je razvoj željene čokoladne arome ili mliječne čokoladne arome i fina homogenost strukture mase. Čokoladna masa se čuva do upotrebe u spremnicima u tekućem stanju na temperaturi približno 50°C uz miješanje, te je u osnovi jedan homogeni disperzni sustav s tekućom

kontinuiranom masnom fazom (kakao-maslac, bez ili s mliječnom masti ili zamjena za kakao-maslac) u kojoj su suspendirane sitne čestice diskontinuirane faze (bezmasna suha tvar kakao dijelova i mliječnih sastojaka, šećer i dodaci). Iz tekuće čokoladne mase posebnim tehnološkim postupcima izrađuju se različiti čokoladni proizvodi, tj. oblikovanjem u kalupima izrađuju se čokoladne tablice bez ili s dodacima, punjena čokolada, punjeni čokoladni deserti i čokoladne figure. Prevlačenjem korpusa čokoladnom masom dobivaju se prevučeni čokoladni deserti, a dražiranjem korpusa čokoladnom masom izrađuju se čokoladni draže proizvodi. Kod svih prethodno navedenih postupaka izrade čokoladnih proizvoda, čokoladna masa se treba prevesti hlađenjem proizvoda iz tekućeg u kruto stanje, što je posljedica pretvorbe masti (kakao-maslaca i drugih prisutnih masti) iz tekućeg u kruto stanje procesom kristalizacije (Goldoni, 2004).

Završni postupci u izradi čokoladnih proizvoda su temperiranje, oblikovanje čokoladne mase (proizvoda) u kalupima ili prevlačenje korpusa čokoladnom masom ili dražiranje korpusa čokoladnom masom, te zamatanje pojedinačnih proizvoda, po potrebi i pakiranje.

2.3.4. Temperiranje

Od čokolade se očekuje da ima određene karakteristike tj. da ju je moguće ugraditi unutar slastice, da daje dobru završnu kvalitetu u boji i sjaju, da zadrži stabilnost (time i produži vrijeme skladištenja), te da daje ispravnu težinu finalnog proizvoda.

Kod procesa temperiranja bitna su tri uvjeta: pravilna dekrystalizacija prethodno temperirane čokolade, prekrystalizacija ili stvaranje začetaka kristalizacije i razvoj ili „dozrijevanje“ tih začetaka prije konačne upotrebe.

Kakao-maslac je u čokoladnim proizvodima dominantna ili jedina masnoća, te kao i mnoge druge prirodne masti, sadrži kompleksne trigliceride s nekoliko masnih kiselina na glicerolu. Ukupna količina triglicerida u kakao-maslacu je 97-99%, te se tako kakao-maslac može se pojaviti u nekoliko polimorfni oblika koji će hlađenjem i skrućivanjem utjecati na izgled površine, boju, vrijeme skrućivanja i održivost čokoladnog proizvoda.

β_2 -kristalni oblik je najpoželjniji i najstabilniji oblik kakao-maslaca za izradu čokoladne mase, te ima područje topljenja između 30,7-34,4 °C (Letourenau i suradnici, 2005).

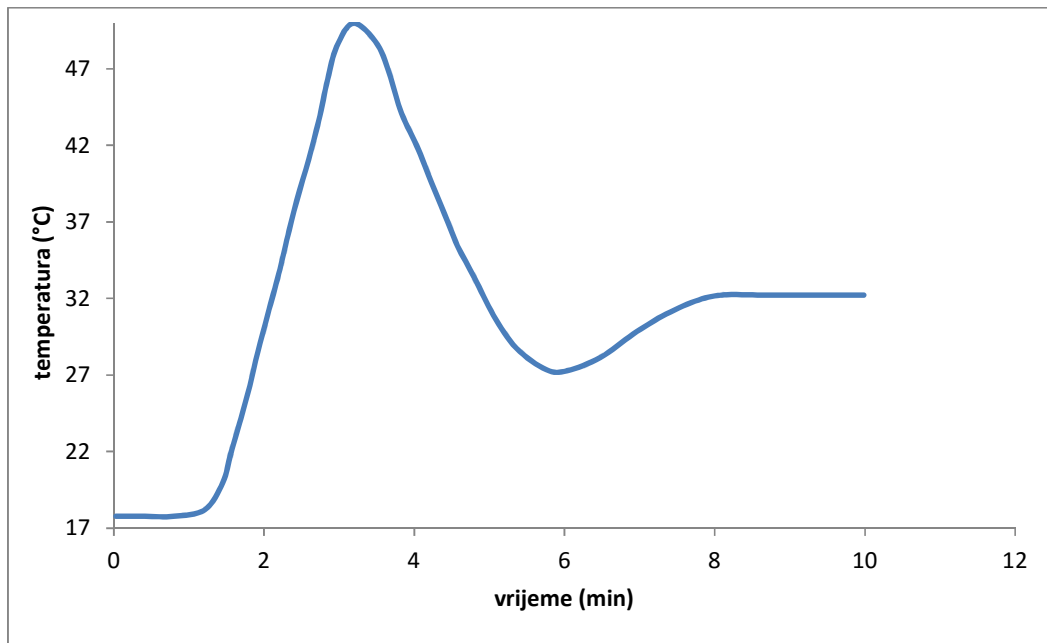
Osim temperature, za učinkovitost temperiranja, od posebnog je značenja i vrijeme zadržavanja čokoladne mase u temperirki. Iskustvo je pokazalo da je za zrenje kristala čokoladne mase za oblikovanje proizvoda u kalupima potrebno vrijeme zadržavanja u temperirki 10-12 minuta, dok je za mase za prevlačenje korpusa čokoladom potrebno zadržavanje 20-360 minuta.

Djelomično ili loše temperiranje daje nedovoljnu količinu kristala i nestabilne kristale loših karakteristika. To daje razliku u izgledu jer je reflektirajuća svjetlost dezorijentirana kod nekontroliranog rasta kristala. Počevši od lošeg izgleda, kakao-maslac na površini može kristalizirati i izgledati kao bjelkaste točkice ili sivo-bijele šare poznate kao „cvjetanje masti“. Čokolada prije prelijevanja ili upločavanja mora biti temperirana da sadrži isključivo mekane kristale s velikim stupnjem zrelosti. To daje najbolje rezultate za finalnu kvalitetu i duže vrijeme skladištenja.

2.3.4.1. Principi temperiranja čokolade

Temperiranjem se povećava viskoznost te mijenjaju svojstva toka čokoladne mase. Viskoznost čokoladne mase zavisi o više čimbenika: količini ukupnih masti, dodatku lecitina i drugih sredstava za emulgiranje, količini vode, veličini krutih čestica bezmasne suhe tvari, načinu končiranja, temperaturi, te načinu temperiranja. Dobro temperirana čokoladna masa sadrži relativno malu količinu centara kristala masti i razlika u viskozitetu prije i nakon temperiranja je mala. Međutim, kod pretemperiranja dolazi do značajnog povećanja viskoziteta.

Osnovni uvjet za provedbu temperiranja čokoladne mase je taj da čokoladna masa mora biti potpuno rastaljena, te znatno iznad temperature taljenja β_2 -oblika kristala kakao-maslaca. To se postiže pri temperaturi od 45 °C, ali je ta temperatura zbog ekonomskih razloga često niža, 41 °C (Slika 9).



Slika 9. Krivulja temperiranja čokolade (Anonymus, 2014.)

Čokoladu se najprije zagrijava na oko 50 °C kako bi se osiguralo potpuno topljenje masti, te se ne smije nastaviti na sljedeću fazu sve dok sva čokolada ne postane potpuno tekuća. Rastopljena čokolada se zatim ohladi i pomiješa da se potakne kristalizacija. U ovom trenutku, stabilni i nestabilni polimorfni oblici kristaliziraju, a gusta „kaša“ se miješa u posudu sa toplom čokoladom kako bi se rastopili nestabilni kristali prije korištenja. U ovoj fazi čokolada se temperira.

2.3.4.2. Proces temperiranja čokolade

Temperiranje čokoladne mase olakšava oblikovanje čokolade i daje joj jednakomjerno sitno zrnatu strukturu, dobru lomljivost, tvrdoću, sjaj i krtost, poželjnu kontrakciju, te stabilnost u tijeku skladištenja.

Čokoladna masa se temperira tako da se uz miješanje ohladi do 29°C (na 28°C se već javljaju kristali nepoželjne β' modifikacije). U tako ohlađenoj čokoladi se stvaraju centri kristalizacije stabilne β_2 modifikacije. U skrućivanju tih centara, treba ih u čokoladnoj masi biti u tako velikom broju, da oni nađu još jedva nešto malo otopljenog kakao maslaca i da se mogu razviti samo u vrlo sitne kristale. Iz čokoladne mase će izrasti to veći kristali što se u njoj nalazi manje centara kristalizacije i što je manja brzina stvaranja novih centara

kristalizacije prema brzini rasta prisutnih pojedinih kristalića. Uz neznatna prekoračenja ispod temperature skrućivanja rast kristala ima prednost pa nastaje grubo kristalična struktura, dok u jačem hlađenju dolazi prvenstveno do stvaranja novih centara pa se stvara fino kristalična struktura, što se od čokolade upravo traži, pa se zato i provodi. To je pravilno temperiranje. Dobro temperirani čokoladni umak namijenjen za prevlačenje treba sadržavati 3 – 5% centara kristalizacije, a čokoladna masa namijenjena za upločavanje još i više. (Goldoni, 2004.)

Ako se netemperirana čokoladna masa polako hladi na niže temperature, tada se dio kakao maslaca izlučuje u obliku nestabilnih modifikacija koje s vremenom prelaze u stabilnu β_2 modifikaciju. U to vrijeme se odvija taloženje kakao-maslaca na površini čokolade i ono izaziva sivljenje prvobitno sjajnih površina čokolade. Optimalna temperatura kristalizacije nije i temperatura pri kojoj se vrši obrada.

Ako se čokoladna masa hladi na temperaturi lijevanja od 31°C do 32°C, još je uvijek brzina kristalizacije neznatna. Ona se ne može povećati ni miješanjem. Čokoladna masa temperature 50°C, kakva dolazi obično iz konči ili spremnika za temperiranje, ako se hladi na 31,5°C, brzo poprima tu temperaturu, ali nakon 12 sati obrade ona na toj temperaturi još uvijek nije temperirana. Uslijed neznatne brzine kristalizacije kakao-maslaca na toj temperaturi, ne može se u praksi zanemarivati kratko pomlađivanje čokoladne mase. Na navedenom principu rade temperirke.

U tvornici Kraš d.d. čokoladna masa se temperira temperirkama tvrtke Sollich (slika 10). Turbotemper Top, tvrtke Sollich, je najznačajniji tehnički razvoj u prekristalizaciji čokolade od kad je Sollich prije 50 godina razvio cirkulirajući proces temperiranja. Turbotemper Top je razjasnio fizičke procese uključene u temperiranje, diskreditirajući mnoge od ranije poznate stavove.



Slika 10. Turbotemper® top Type TT/TTD (Sollich)

Iznimna kvaliteta temperiranja koja se postiže ovim uređajem ne samo sa čokoladom od čistog kakao-maslaca nego također i sa čokoladnim masama koje sadržavaju veće količine mliječne masti ili ekvivalenata kakao-maslaca (CBEs – *Cocoa Butter Equivalents*). Čisti kakao-maslac se također može uspješno kristalizirati.

Zadaća ovog stroja je ostvariti prekristalizaciju tekuće čokoladne mase prije njene prerade (npr. u stroju za prevlačenje ili u stroju za lijevanje). Pri tome se u reguliranom procesu, kod kojeg se istovremeno vrši intenzivno miješanje u temperiranoj zoni, stroj tako dugo hladi, dok se ne stvore tzv. cijepljeni kristali. U području dodatnog zagrijavanja, čokolada se grije tako dugo dok nestabilni kristali ne rastope.

Umijeće temperiranja se sastoji u tome da se stvori određena homogena kristalna struktura od pretežno stabilnih β_2 kristala.

Povećanim intenzitetom miješanja povezanim sa stalnom cirkulacijom vode, omogućeno je postupkom turbo-temperiranja postići i visoke temperature mase. Na taj način, npr. tamne mase, napuštaju zonu temperiranja osjetno iznad 29 °C, koja je iznad temperature topljenja svih nestabilnih kristala. Ta masa se dalje može u zoni dogrijavanja i stabiliziranja zagrijati na preko 32°C bez da se smanji stupanj temperiranja. To je moguće jer se kristali održavaju u pretežitom ili čak isključivo stabilnom β_2 obliku.

2.3.4.3. Stupanj temperiranja čokolade

Za početak proizvodnje je važno uspostaviti ispravan stupanj temperiranja ili kristalizacije tj. postići da je većina masti kristalizirana. S premalim udjelom (podtemperiranje) dolazi do predugog vremena skrućivanja pri krajnjem ohlađivanju, s posljedicom lošeg sjaja i male stabilnosti tijekom skladištenja. Preveliki udio kristalizirane masti (pretemperiranje) dovodi do povećane viskoznosti čokolade u prelijevanju ili oblikovanju, s posljedicom premalog stezanja pri krajnjem hlađenju i lošeg sjaja.

2.3.5. Oblikovanje čokolade

Čokoladna masa se iz spremnika u međuprostoru dovodi grijanim cjevovodom s dvostrukim stjenkama u grijane spremnike čokoladnih masa smještene nedaleko od linije. Čokoladna masa se pomoću pumpe transportira u grijani spremnik smješten uz temperirku opremljen miješalicom i pumpom. Masa se temperira u temperirki MSV 2000 A TURBO SOLLICH. Dekristalizator povratnih čokoladnih masa nalazi se uz temperirku. Čokoladna masa izlazi sa gornje strane temperirke i cjevovodom odlazi do dozirne linije W & D. Svi parametri za temperiranje određene čokoladne mase utvrđeni su prema tehničko tehnološkim uvjetima. Parametri rada temperirke mogu se pratiti i mijenjati na displayu. Čokoladna masa se cjevovodom vodi do grijane dozirke linije W & D. Linija WINKLER & DUNNEBIER (W & D) je automatska linija za oblikovanje tvrdih čokolada dok se dodaci predviđeni kao dodatak u čokoladu dodaju preko dozatora dodataka, s usipnim košem, elevatorom i regulatorom brzine protoka, u temperiranu čokoladnu masu u dozirki. Usipni koš se puni ručno. Linija radi na principu beskonačnog lanca s ravnomjerno kretajućim transportnim lancem. Forme se nalaze na nosačima koji su pričvršćeni na lanac, te putuju transporterom i prolaze ispod grijača gdje se zagrijavaju na temperaturu ovisno o čokoladnoj masi koja se upločava. Čokoladna masa se dozira u temperirane forme jednoklipnim doziranjem, a težina se podešava mijenjanjem veličine stapa klipa. Čokoladna masa, sa dodacima ili bez njih, se preko niza tresućih stolova (vibratora) ravnomjerno raspoređuje po formi i odlazi u hladnjak. Postoji mogućnost regulacije broja tresućih stolova ovisno o čokoladnoj masi sa i bez dodataka koja se upločava. Nakon hlađenja forme se okreću pomoću okretača formi, izbijač proizvoda ovisno o potrebi izbacuje čokoladni proizvod na transportnu traku. Prelaskom preko detektora metala, čokolada odlazi

na tzv. "čekač", protočnu rezervu čokoladnih tabli. Kontrola gramature obavlja se na radnom stolu s kontrolnom vagom. Nakon što je proizvod izvađen iz forme, forma prolazi senzor koji bilježi i uklanja prljave forme i pune forme koje odlaze u "šaržer" za vađenje formi. Na prazno mjesto se automatski ulaže čista forma iz "šaržera" za ulaganje formi. Svi parametri oblikovanja proizvoda utvrđeni su prema tehničko tehnološkim uvjetima (Interni materijali Kraš d.d.).

2.4. Proces kristalizacije masti

Kristalizacija masti je proces prijelaza masti iz tekućeg u kruto stanje. Molekule triglicerida stvaraju formaciju „rezonantne viljuške“, u tekućem su stanju orijentirane nasumce jedna prema drugoj i u stalnom kretanju. U kristalnom obliku masti, molekule triglicerida smještene su usko jedna pored druge u ponavljajućem uzorku. Da bi došlo do prijelaza masti iz tekućeg u kruto stanje, mast se mora prvo ohladiti kako bi se termalno gibanje svake molekule smanjilo do te mjere da može doći do interakcija između molekula. Kada je toplinska energija dovoljno niska, dolazi do skrućivanja masti.

Proces kristalizacije može se podijeliti na procese nukleacije, rasta kristala i transformacije.

2.4.1. Nukleacija

Nukleacija je prva faza kristalizacije. To je proces formiranja krutih kristala masti u tekućoj sredini. Mali kristali imaju mali radijus zakrivljenosti i čine molekule masti topljivijima. Zbog toga se mali kristali otope prije nego počnu rasti te mast može određeno vrijeme ostati u tekućem stanju. Ukoliko je temperatura znatno ispod temperature tališta masti, a postoje termodinamički uvjeti za rast nukleusa, mali kristali se neće otopiti već će oni započeti rast kristala (Coupland, 2003).

Nukleacija započinje kada je zbog niskih temperatura gibanje molekula dovoljno usporeno da se dvije molekule približe jedna drugoj, „slijepe“, te povežu tvoreći temeljnu kristalnu podjedinicu.

2.4.2. Rast

Druga faza kristalizacije je rast. Tijekom ove faze trigliceridi se, u tekućem stanju, poravnavaju po površini kristala i inkorporiraju u kristal. Jezgre će se stvarati sve dok se ne počnu preklapati i dok ne počne formiranje krute masti. Ulja sadrže mješavinu masnih kiselina sa mnogo različitih molekula triglicerida. Svaka čista komponenta ima karakterističnu točku tališta tako da će svi u njoj prisutni trigliceridi biti kristalizirani kod jedinstvene temperature koja je djelomično različita od temperature taljenja svakog pojedinog triglicerida. Zbog toga prehrambena ulja imaju područje topljenja, a ne točku tališta (Coupland, 2003).

2.4.3. Transformacija

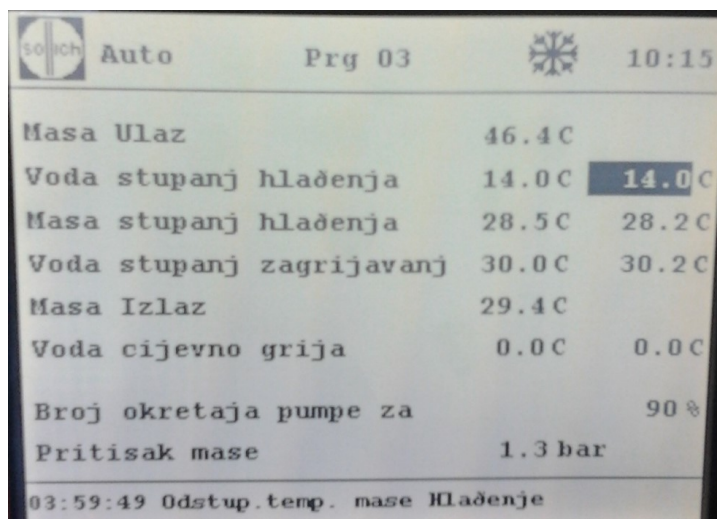
Treća faza kristalizacije je transformacija manje stabilnih kristalnih oblika u stabilnije. Općenito, molekule triglicerida se ugrađuju u različite kristalne rešetke formirajući pri tome različite kristalne oblike. U mnogim je mastima samo jedan oblik, dok u kakao-maslacu postoji nekoliko stabilnih kristalnih oblika.

3. PRAKTIČNI DIO

3.1. Materijali

Temperiranje čokolade provodi se temperirkama. Temperirka se sastoji od ploča za razmjenu topline postavljenih jedne iznad drugih. Svaka ploča za razmjenu topline se sastoji od komore za vodu i komore za čokoladu. U svakoj se komori za čokoladu kreće element za miješanje s četiri kraka koje pokreće centralna osovina. Komponente stroja lako su pristupačne za čišćenje, održavanje i popravke. Elementi za miješanje ne vrše nikakve dobavne funkcije pa je potrebno raspolagati pumpom za čokoladu izvan stroja, čija dobavna količina treba biti regulirana. Protok čokolade se odvija od dolje prema gore i to po načelu «*first in – first out*».

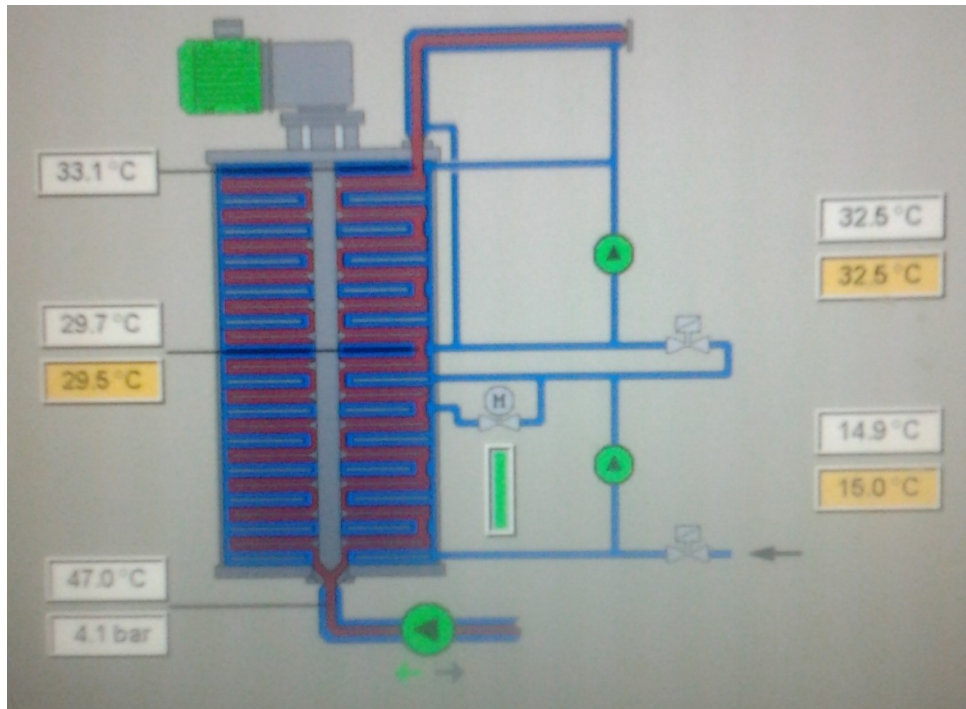
Na temperirki se nalazi ekran na kojem operater može, ovisno o indeksu temperiranja, korigirati temperature vode koja se koristi za hlađenje, odnosno vode za zagrijavanje čokoladne mase (Slika 11).



Auto		Prg 03		10:15	
Masa Ulaz	46.4 C				
Voda stupanj hlađenja	14.0 C	14.0 C			
Masa stupanj hlađenja	28.5 C	28.2 C			
Voda stupanj zagrijavanj	30.0 C	30.2 C			
Masa Izlaz	29.4 C				
Voda cijevno grija	0.0 C	0.0 C			
Broj okretaja pumpe za				90 %	
Pritisak mase	1.3 bar				
03:59:49 Odstup.temp. mase Hlađenje					

Slika 11. Podaci na ekranu temperirke

Noviji model temperirke prikazuje shematski prikaz rada temperirke (Slika 12) uz iste mogućnosti korekcije, ovisno o tipu čokoladne mase.

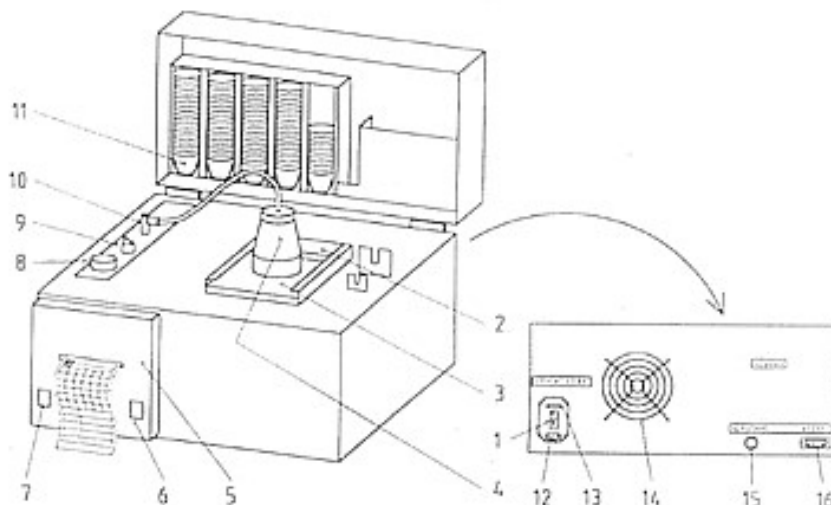


Slika 12. Shematski prikaz rada temperirke

Samo ispravno temperirana čokolada je spremna za upotrebu. Kako bi se ispitala temperiranost čokoladne mase koriste se dvije jednostavne metode.

Prva metoda obuhvaća uzimanje uzorka za temperiranje čokoladne mase te stavljanje u hladnu zonu na 20 °C. Ukoliko se čokolada brzo stvrdne na zraku i zadrži dobar sjaj, vrlo je vjerojatno da je optimalno temperirana.

Druga, češće korištena metoda koja je korištena i u praktičnom dijelu rada, je metoda koja se provodi uz korištenje tempermetra (slika 13).



Slika 13. Operativni elementi tempermetra E5 (radne upute za rad sa tempermetrom E5, Sollich)

1. prekidač sklopke «on/off»
2. klizni poklopac za rashladnu posudu (sprječava kondenzaciju)
3. rashladna posuda s otvorom za posudu s uzorkom
4. temperaturna sonda
5. pisac za izvještaj mjerenja
6. «Feed» gumb za ručno pomicanje papira
7. «Print» gumb za ručno ispisivanje trenutnih operativnih uvjeta
8. «START – STOP» gumb za početak mjerenja
9. «START TEMPERATURE» izborni prekidač za određivanje područja u kojem će se mjeriti temperatura
10. utikač za temperaturnu sondu
11. spremište za okvir posude za uzorak
12. glavni vod za vezu
13. 800 mA držač osigurača
14. rešetka za zrak s filtrom
15. otvor za vezu s tipkovnicom
16. otvor za vezu RS232

Kako je Sollich tempermetar E5 opremljen s termoelektričnim rashladnim sustavom, mjerenje se odvija uvijek u istim uvjetima i izbjegnuta je potreba za ledom. Ako se pri mjerenju stupnja temperiranja utvrdi odstupanje od idealnog temperiranja, ispravljanjem na uređaju za temperiranje se jednostavno ponovo uspostavlja idealan stupanj temperiranja. To omogućuje rad sa skoro konstantnim stupnjem temperiranja tijekom čitave proizvodnje, što isto tako znači i s konstantnom viskoznošću. Ista viskoznost znači jednaku debljinu preljeva, istu težinu proizvoda, isto hlađenje, jednaku debljinu čahure itd. Praćenjem stupnja temperiranja može se, uz poboljšanje optičkog izgleda proizvoda, smanjiti količina

neuporabive robe i smanjenim, a dozvoljenim, odstupanjima ostvariti ušteda proizvodne mase.



Slika 14. Tempermetar E5 s termoelektričnim hlađenjem (Sollich)

3.2. Metode mjerenja stupnja temperiranja čokolade

Upotrebom Sollich tempermetra E5 (Slika 14), može se jednostavnim mjerenjem unutar 10 minuta odrediti stupanj temperiranja. U ovaj uređaj se stavi uzorak čokolade uzet iz dozirke, koji je već prošao fazu temperiranja, te se pomoću uređaja hladi i snima krivulja hlađenja koja prikazuje odnos brzine hlađenja i proteklog vremena. Ukoliko se radi o mliječnom umaku kao početna temperatura se postavlja 26 °C, dok se za tamni umak postavlja na 28 °C. Iz toka krivulje se može prepoznati koliko je topline skrućivanja oslobođeno pri skrućivanju uzorka čokoladne mase. Stupanj temperiranja se ispituje pod pojmom «indeks temperiranja» kao brojčana vrijednost. Temperatura na kojoj je uzorak u ispitnoj posudi (temperaturna točka odstupanja) se očitava kao «kristalizacija °C». To daje indicaciju koja vrsta kristala je nastala (tj. kristali visoke ili niske točke topljenja).

3.2.1. Interpretacija temperaturne krivulje (rashladne krivulje) čokoladne mase

Krivulja temperiranja dobro temperirane čokoladne mase gotovo uvijek izgleda jednako. Za vrijeme početnih minuta krivulja opisuje blagi pad. Nakon toga se mijenja oštrina nagiba i 2 do 3 minute nakon toga se vraća u početni nagib. Razlog promjenama u nagibu je proces očvršćivanja čokolade u posudi za uzorak, za vrijeme kojeg se oslobađa toplina kristalizacije.

Prema stupnju prekrystalizacije, više ili manje topline kristalizacije se oslobađa iz uzorka, te se razlikuju idealno temperirana ili prekrystalizirana (ostaje na istoj temperaturi), podtemperirana ili nedovoljno prekrystalizirana (polako se zagrijava) i dobro pretemperirana ili jako prekrystalizirana (polako se nastavlja pad temperature) čokoladna masa.

3.2.2. Kriteriji za analizu mjerenja temperiranosti čokolade

Postupak uključuje krivulju temperiranja:

1. Geometrijski nagib krivulje temperiranja posebno u području skrućivanja. Iskusni korisnici ove jedinice predlažu jednostavno gledanje stupnja temperiranja.
2. Stupanj temperiranja će se pokazati numerički preko natpisa «Temper index». Brojevi imaju sljedeća značenja:

1 }
2 } podtemperirano
3 }

4 }
5 } dobro temperirano
6 }

7 }
8 } pretemperirano
9 }

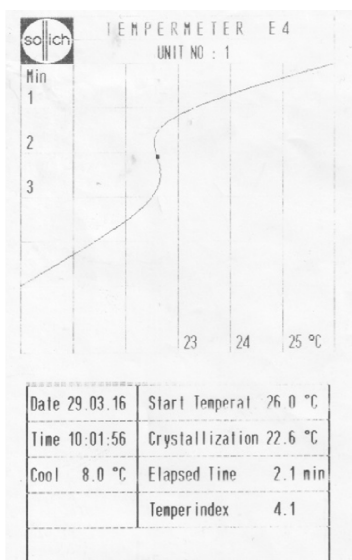
3. Točka prelamanja krivulje temperiranja dana je kao numerička vrijednost u [°C] s opisom «Crystallisation».

Ova vrijednost će se mijenjati čak i s istim uzorkom čokolade prema stupnju temperiranja (Slika 15, 16 i 17). S različitim tipovima čokolade te numeričke vrijednosti će se mijenjati čak i kod istog stupnja temperiranja. Ona će biti niža s mliječnim čokoladama (ovisno o sadržaju mliječna mast : kakao maslac). U slučaju poznatog tipa čokolade i specifičnog stupnja temperiranja, ta vrijednost može biti pokazatelj kvalitete temperiranja (viša vrijednost, bolja kvaliteta), iz razloga što su u temperiranoj čokoladi prisutni kristali visoke točke taljenja.

U praksi se dobar indeks temperiranja smatra od 4,5-6,5, dok je idealno 5,0 (interni materijali Kraš d.d.).

Sljedeće tri temperaturne krivulje opisane na slikama 15, 16 i 17 su uzete za istu čokoladu iako s različitim stupnjem temperiranja.

3.2.3. Temperaturne krivulje za čokoladu s uobičajenim sadržajem masti

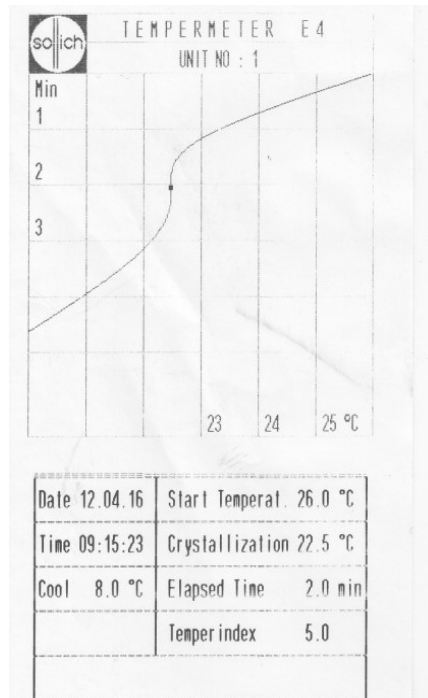


Slika 15. Krivulja podtemperirane čokoladne mase

Stupanj temperiranja (indeks temperiranja) = 4,1

Točka prelamanja (kristalizacijska točka) = 22,6 °C (ovisno o čokoladi)

Ova krivulja prikazuje da je čokolada slabo prekrizalizirana tj. podtemperirana. Nedovoljno inicijacijskih kristala znači da je temperatura čokolade pala prije nego što je počela kristalizacija. Budući da je s podtemperiranom čokoladom relativno velika količina masti u tekućoj fazi s točke očvršćivanja čokolade, relativno velika količina topline koja se oslobađa rezultira u spontanom zagrijavanju čokolade.



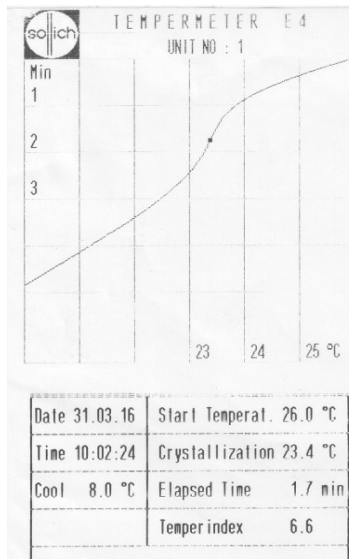
Slika 16. Krivulja dobro temperirane čokoladne mase

Idealno prekrizalizirano (dobro temperirano)

Stupanj temperiranja (indeks temperiranja) = 5,0

Točka prelamanja (točka kristalizacije) = 22,5 °C (ovisno o čokoladi)

Idealno prekrizalizirana čokolada rezultira u tipičnoj krivulji temperiranja s okomitim dijelom krivulje koji je dobiven za vrijeme faze skrućivanja. Od tuda je količina otpuštene topline skrućivanja jednaka hladnoći sakupljenoj u rashladnoj jedinici.



Slika 17. Krivulja pretemperirane čokoladne mase

Prekristalizirano (pretemperirano) tj. uređaj za temperiranje je previše hladan

Stupanj temperiranja (indeks temperiranja) = 6,6

Točka prelamanja (točka kristalizacije) = 23,4 °C (ovisno o čokoladi)

Ova krivulja temperiranja predstavlja čokoladu obilno zasićenu inicijacijskim kristalima. Rezultat toga je da skrućivanje započinje relativno rano tj. s relativno visokom temperaturom. Posljedica velikog udjela prisutnih kristala masti je relativno mala količina sadržaja masti koja je ostala za kristalizaciju, dok je količina otpuštene topline kristalizacije kod takve čokolade relativno mala.

4. REZULTATI RADA

Tablica 3. Indeksi temperiranja i temperatura čokoladne mase na ulazu u dozirku (ČOKSA KEKS BANANA)

ČOKSA KEKS BANANA (mliječni umak)					
	Indeks temperiranja		Temperatura mase na ulazu u dozirku [°C]		NAPOMENA
ČAHURA	6,6		30,6		
	6,0		30,5		
DNO	5,7		31,4		
ČAHURA	7,0		30,7		režim temperiranja nije stabilan
	6,3		30,9		korekcija
DNO	6,0		30,7		
	5,7		30,4		
	min	max	min	max	
ČAHURA	6,0	7,0	30,5	30,9	
DNO	5,7	6,0	30,4	31,4	
	X ± σ				
ČAHURA	6,5 ± 0,4272		30,7 ± 0,1707		
DNO	5,8 ± 0,1732		30,8 ± 0,5132		

Tablica 4. Indeksi temperiranja i temperatura čokoladne mase na ulazu u dozirku (DORINA DOMAĆICA)

DORINA DOMAĆICA 100 g (mliječni umak)		
	Indeks temperiranja	Temperatura mase na ulazu u dozirku [°C]
ČAHURA (mliječna)	6,3	29,9
DNO (tamna)	6,6	31,1
ČAHURA (mliječna)	5,3	30,3
DNO (tamna)	6,0	31,3
	X ± σ	
ČAHURA (mliječna)	5,8 ± 0,7071	30,1 ± 0,2828
DNO (tamna)	6,3 ± 0,4243	31,2 ± 0,1414

Tablica 5. Indeksi temperiranja i temperatura čokoladne mase na ulazu u dozirku (ŽIVOTINJSKO CARSTVO)

ŽIVOTINJSKO CARSTVO (mliječna čokolada)				
Indeks temperiranja		Temperatura mase na ulazu u dozirku [°C]		NAPOMENA
7,2		30,6		linija stajala, česti prekidi
6,0		30,5		
6,3		29,7		
5,7		30,3		
5,0		29,6		
min	max	min	max	
5,0	7,2	29,6	30,6	
X ± σ				
6,0 ± 0,8081		30,1 ± 0,4615		

Tablica 6. Indeksi temperiranja i temperatura čokoladne mase na ulazu u dozirku (DORINA MLIJEČNA ČOKOLADA SA STEVIOM)

DORINA MLIJEČNA ČOKOLADA SA STEVIOM (mliječni umak)	
Indeks temperiranja	Temperatura mase na ulazu u dozirku [°C]
6,0	30,6
4,5	30,8
X ± σ	
5,3 ± 1,0607	30,7 ± 0,1414

Tablica 7. Indeksi temperiranja uzorka i temperatura čokoladne mase na ulazu u dozirku (DORINA SUPER MILK)

DORINA SUPER MILK (mliječni umak)	
Indeks temperiranja	Temperatura mase na ulazu u dozirku [°C]
4,8	30,2
4,9	30,2
X ± σ	
4,9 ± 0,0707	30,2 ± 0,0000

Tablica 8. Indeksi temperiranja i temperatura čokoladne mase na ulazu u dozirku (DORINA NAPOLITANKA)

DORINA NAPOLITANKA 100 g (mliječni umak)					
	Indeks temperiranja		Temperatura mase na ulazu u dozirku [°C]		NAPOMENA
ČAHURA	6,3		30,6		
DNO	4,7		30,0		
ČAHURA	7,8		29,7		velike oscilacije temperature na temperirki (29,3-30,5 °C), potrebno čišćenje filtra na ulazu vode
	7,2		29,7		
DNO	6,3		29,8		
	min	max	min	max	
ČAHURA	6,3	7,8	29,7	30,6	
DNO	4,7	6,3	29,8	30,0	
	X ± σ				
ČAHURA	7,1 ± 0,7550		30,1 ± 0,2828		
DNO	5,5 ± 1,1314		31,2 ± 0,1414		

Tablica 9. Indeksi temperiranja i temperatura čokoladne mase na ulazu u dozirku (ČOKSA KI-KI)

ČOKSA KI-KI 68 g (mliječni umak)			
Indeks temperiranja		Temperatura mase na ulazu u dozirku [°C]	
5,0		31,9	
6,8		32,1	
5,3		32,0	
4,5		32,3	
min	max	min	max
4,5	6,8	31,9	32,3
X ± σ			
5,4 ± 0,9899		32,1 ± 0,1708	

Tablica 10. Indeksi temperiranja i temperatura čokoladne mase na ulazu u dozirku (DORINA LJEŠNJAK GRANULAT)

DORINA LJEŠNJAK GRANULAT 80 g (mliječni umak)			
Indeks temperiranja		Temperatura mase na ulazu u dozirku [°C]	
5,2		30,6	
6,5		30,5	
5,9		30,3	
5,5		30,8	
4,7		30,6	
6,6		30,3	
6,3		30,3	
5,3		30,3	
min	max	min	max
4,7	6,6	30,3	30,8
X ± σ			
5,8 ± 0,6845		30,5 ± 0,1922	

Tablica 11. Indeksi temperiranja i temperatura čokoladne mase na ulazu u dozirku (DORINA NOISETTE)

DORINA NOISETTE 80 g (mliječni umak)			
Indeks temperiranja		Temperatura mase na ulazu u dozirku [°C]	
4,9		29,6	
5,6		29,6	
5,1		29,7	
5,0		29,6	
5,7		29,5	
4,7		29,5	
5,2		29,1	
5,0		29,1	
5,5		29,1	
4,8		29,2	
4,5		29,2	
6,2		29,5	
4,1		29,3	
min	max	min	max
4,1	6,2	29,1	29,7
X ± σ			
5,1 ± 0,5523		29,4 ± 0,2230	

Tablica 12. Indeksi temperiranja i temperatura čokoladne mase na ulazu u dozirku (DORINA MLIJEČNA)

DORINA MLIJEČNA 250g			
Indeks temperiranja		Temperatura mase na ulazu u dozirku [°C]	
6,7		30,6	
5,9		30,6	
6,0		30,7	
4,5		30,7	
5,2		30,5	
min	max	min	max
4,5	6,7	30,5	30,7
$X \pm \sigma$			
5,7 ± 0,8384		30,6 ± 0,0836	

Tablica 13. Indeksi temperiranja i temperatura čokoladne mase na ulazu u dozirku (DORINA KEKS)

DORINA KEKS 220 g (mliječni umak)			
Indeks temperiranja		Temperatura mase na ulazu u dozirku [°C]	
5,1		30,0	
4,9		30,3	
5,6		30,5	
5,0		30,4	
5,4		30,3	
5,3		30,4	
4,7		30,4	
5,1		30,4	
4,8		30,4	
4,7		30,4	
5,7		30,4	
4,7		30,4	
5,4		30,3	
min	max	min	max
4,7	5,7	30,0	30,5
$X \pm \sigma$			
5,1 ± 0,3475		30,4 ± 0,1198	

Tablica 14. Indeksi temperiranja i temperatura čokoladne mase na ulazu u dozirku (DORINA KIKI-RIKI)

DORINA KIKI RIKI (mliječni umak)			
Indeks temperiranja		Temperatura mase na ulazu u dozirku [°C]	
5,3		30,3	
5,4		30,2	
4,7		30,4	
5,5		30,3	
5,6		30,3	
5,1		30,2	
min	max	min	max
5,1	5,6	30,2	30,4
X ± σ			
5,3 ± 0,3266		30,3 ± 0,0752	

Tablica 15. Indeksi temperiranja i temperatura čokoladne mase na ulazu u dozirku (DORINA EXTRA MILK CHILLIN)

DORINA EXTRA MILK CHILLIN 80 g (mliječni umak)			
Indeks temperiranja		Temperatura mase na ulazu u dozirku [°C]	
5,2		30,3	
5,4		30,4	
5,5		30,4	
5,1		30,2	
4,7		30,3	
5,9		30,3	
5,5		30,3	
min	max	min	max
4,7	5,9	30,2	30,4
X ± σ			
5,3 ± 0,4049		30,3 ± 0,0753	

Tablica 16. Indeksi temperiranja i temperatura čokoladne mase na ulazu u dozirku (DORINA RIŽA)

DORINA RIŽA 220 g (mliječni umak)				
	Indeks temperiranja		Temperatura mase na ulazu u dozirku [°C]	
ČAHURA	5,0		29,7	
DNO	4,1		28,9	
	4,7		29,0	
ČAHURA	6,3		29,2	
	5,3		29,2	
DNO	5,0		29,1	
ČAHURA	6,6		29,7	
	5,3		29,7	
DNO	5,7		29,0	
ČAHURA	5,0		29,4	
DNO	6,0		29,0	
ČAHURA	5,0		29,4	
DNO	6,3		29,0	
ČAHURA	6,0		29,4	
DNO	5,7		29,0	
ČAHURA	5,7		29,5	
DNO	6,3		29,1	
ČAHURA	5,3		29,5	
DNO	4,7		29,1	
ČAHURA	5,0		29,6	
DNO	6,6		29,0	
	6,3		29,0	
ČAHURA	6,3		29,5	
DNO	6,0		29,1	
ČAHURA	5,7		29,5	
DNO	5,0		29,1	
ČAHURA	5,3		29,6	
DNO	6,3		29,2	
	min	max	min	max
ČAHURA	5	6,6	29,2	29,7
DNO	4,1	6,6	29,0	29,2
	X ± σ			
ČAHURA	5,6 ± 0,5501		29,5 ± 0,1639	
DNO	5,6 ± 0,7787		29,1 ± 0,0756	

Tablica 17. Indeksi temperiranja i temperatura čokoladne mase na ulazu u dozirku (DORINA CHOCO NAPOLITANKA)

DORINA CHOCO NAPOLITANKA 290 g (tamni umak)				
	Indeks temperiranja		Temperatura mase na ulazu u dozirku [°C]	
ČAHURA (tamna)	5,3		31,3	
DNO (tamna)	5,0		31,7	
ČAHURA (tamna)	4,7		31,5	
DNO (tamna)	5,0		31,3	
ČAHURA (tamna)	5,7		31,5	
DNO (tamna)	6,3		31,1	
ČAHURA (tamna)	5,3		31,3	
DNO (tamna)	5,0		31,2	
ČAHURA (tamna)	6,6		31,2	
	5,3		31,2	
DNO (tamna)	5,3		31,2	
ČAHURA (tamna)	5,0		31,2	
DNO (tamna)	5,0		31,2	
ČAHURA (tamna)	5,0		31,2	
DNO (tamna)	5,3		30,9	
ČAHURA (tamna)	5,3		31,1	
DNO (tamna)	5,7		30,7	
	min	max	min	max
ČAHURA (tamna)	4,7	6,6	31,1	31,5
DNO (tamna)	5,0	6,3	30,9	31,7
	X ± σ			
ČAHURA (tamna)	5,4 ± 0,5434		31,3 ± 0,1394	
DNO (tamna)	5,3 ± 0,4652		31,2 ± 0,2924	

Tablica 18. Indeksi temperiranja i temperatura čokoladne mase na ulazu u dozirku (DORINA TAMNA ČOKOLADA SA STEVIOM)

DORINA TAMNA ČOKOLADA SA STEVIOM (tamni umak)	
Indeks temperiranja	Temperatura mase na ulazu u dozirku [°C]
4,3	32,2

Tablica 19. Indeksi temperiranja i temperatura čokoladne mase na ulazu u dozirku (DORINA ZA JELO I KUHANJE)

DORINA ZA JELO I KUHANJE 440 g (tamni umak)		
Indeks temperiranja	Temperatura mase na ulazu u dozirku [°C]	NAPOMENA
8,7	32,9	problemi na liniji
7,0	31,5	
$\bar{X} \pm \sigma$		
7,9 ± 1,2021	32,2 ± 0,9899	

Tablica 20. Indeksi temperiranja i temperatura čokoladne mase na ulazu u dozirku (GRIOTTA)

GRIOTTA (tamni umak)				
	Indeks temperiranja		Temperatura mase na ulazu u dozirku [°C]	
ČAHURA (tamna)	5,4		32,3	
DNO (tamna)	6,3		32,7	
ČAHURA (tamna)	4,7		32,5	
DNO (tamna)	5,8		32,5	
ČAHURA (tamna)	5,7		32,4	
DNO (tamna)	4,4		32,6	
	min	max	min	max
ČAHURA (tamna)				
DNO (tamna)				
	$\bar{X} \pm \sigma$			
ČAHURA (tamna)	5,3 ± 0,5132		32,4 ± 0,1000	
DNO (tamna)	5,5 ± 0,9849		32,6 ± 0,1000	

5. RASPRAVA

Kao što je vidljivo iz rezultata, za mliječni umak su općenito niži uvjeti temperiranja nego za tamni umak, jer sadrži mliječnu mast. U praksi se dobar indeks temperiranja smatra od 4,5-6,5, dok je idealno 5,0. Ako je izmjereni indeks viši ili niži, pristupa se ponovnom mjerenju, te ukoliko se ponovno utvrdi nepravilnost, vrši se korekcija temperature na temperirki. Kod mliječnog umaka je maksimalna izmjerena temperatura bila oko 31 °C, dok je kod tamnog umaka dosegala preko 32 °C. Za mliječni umak su općenito niži uvjeti temperiranja nego za tamni umak, jer je osjetljiviji na promjenu temperature.

Kod „Čoksa Ki-ki“ temperatura je nešto viša nego kod ostalih mliječnih čokolada zbog dodatka „Ki-ki“ bombona, koji su hladniji od čokoladnog umaka zbog problema sljepljivanja, kako bi ukupna smjesa nakon dodatka bila optimalne temperature za ulijevanje u kalupe. Kod „Dorina Noisette“ temperatura je nešto niža iz razloga što sadrži više lješnjak ulja za razliku od ostalih čokolada. Lješnjak ulje, kao i mliječna mast, su masti nižeg tališta (tekuće na sobnoj temperaturi) koje snižavaju režim temperiranja. Kod proizvodnje čokolade, što je više tamnih kakao dijelova (crne mase i umaci) režim temperiranja će biti viši.

Razlike u indeksu mogu se pripisati pogrešnom vremenu uzimanja uzorka čokoladne mase i neiskustvu operatera. Uzorke je nužno uzimati minimalno 15 minuta nakon početka doziranja ili iz kontinuiranog rada linije. Uzorci uzimani na početku doziranja imaju ili previsoke ili preniske indekse temperiranja.

Kod „Čoksa keks banana“ prosječan indeks temperiranja za čahuru je 6,5 uz standardnu devijaciju 0,4272, dok je za dno 5,8 uz standardnu devijaciju 0,1732. Prosječna temperatura na ulazu u dozirku je $30,7 \pm 0,1707$ za čahuru, odnosno $30,8 \pm 0,5132$ za dno.

Kod „Dorina Domaćica“ prosječan indeks temperiranja za čahuru je $5,8 \pm 0,7071$, dok je za dno $6,3 \pm 0,4243$. Prosječna temperatura na ulazu u dozirku je $30,1 \pm 0,2828$ za čahuru, odnosno $31,2 \pm 0,1414$ za dno.

Kod „Životinjsko carstvo“ prosječan indeks temperiranja je $6,0 \pm 0,8081$. Prosječna temperatura na ulazu u dozirku je $30,1 \pm 0,4615$.

Kod „Dorina mliječna čokolada sa stevijom“ prosječan indeks temperiranja je $5,3 \pm 1,0607$. Prosječna temperatura na ulazu u dozirku je $30,7 \pm 0,1414$.

Kod „Dorina super milk“ prosječan indeks temperiranja je $4,9 \pm 0,0707$. Prosječna temperatura na ulazu u dozirku je $30,2 \pm 0,0000$.

Kod „Dorina Napolitanka“ prosječan indeks temperiranja za čahuru je $7,1 \pm 0,7550$, dok je za dno $5,5 \pm 1,1314$. Prosječna temperatura na ulazu u dozirku je $30,1 \pm 0,2828$ za čahuru, odnosno $31,2 \pm 0,1414$ za dno.

Kod „Čoksa Ki-ki“ prosječan indeks temperiranja je $5,4 \pm 0,9899$. Prosječna temperatura na ulazu u dozirku je $32,1 \pm 0,1708$.

Kod „Dorina lješnjak granulat“ prosječan indeks temperiranja je $5,8 \pm 0,6845$. Prosječna temperatura na ulazu u dozirku je $30,5 \pm 0,1922$.

Kod „Dorina Noisette“ prosječan indeks temperiranja je $5,1 \pm 0,5523$. Prosječna temperatura na ulazu u dozirku je $29,4 \pm 0,2230$.

Kod „Dorina mlječna“ prosječan indeks temperiranja je $5,7 \pm 0,8384$. Prosječna temperatura na ulazu u dozirku je $30,6 \pm 0,0836$.

Kod „Dorina keks“ prosječan indeks temperiranja je $5,1 \pm 0,3475$. Prosječna temperatura na ulazu u dozirku je $30,4 \pm 0,1198$.

Kod „Dorina kiki-riki“ prosječan indeks temperiranja je $5,3 \pm 0,3266$. Prosječna temperatura na ulazu u dozirku je $30,5 \pm 0,0752$.

Kod „Dorina extra milk chillin“ prosječan indeks temperiranja je $5,3 \pm 0,4049$. Prosječna temperatura na ulazu u dozirku je $30,3 \pm 0,0753$.

Kod „Dorina riža“ prosječan indeks temperiranja za čahuru je $5,6 \pm 0,5501$, dok je za dno $5,6 \pm 0,7787$. Prosječna temperatura na ulazu u dozirku je $29,5 \pm 0,1639$ za čahuru, odnosno $29,1 \pm 0,0756$ za dno.

Kod „Dorina choco napolitanka“ prosječan indeks temperiranja za čahuru je $5,4 \pm 0,5434$, dok je za dno $5,3 \pm 0,4652$. Prosječna temperatura na ulazu u dozirku je $31,3 \pm 0,1394$ za čahuru, odnosno $31,2 \pm 0,2924$ za dno.

Kod „Dorina za jelo i kuhanje“ prosječan indeks temperiranja je $7,9 \pm 1,2021$. Prosječna temperatura na ulazu u dozirku je $32,2 \pm 0,9899$.

Kod „Griotta“ prosječan indeks temperiranja za čahuru je $5,3 \pm 0,5132$, dok je za dno $5,5 \pm 0,9849$. Prosječna temperatura na ulazu u dozirku je $32,4 \pm 0,1000$ za čahuru, odnosno $32,6 \pm 0,1000$ za dno.

Prosječni indeksi temperiranja su u granicama očekivanih vrijednosti, osim kod čahure „Dorina Napolitanka“ i „Dorina za jelo i kuhanje“. Tokom mjerenja indeksa temperiranja čahure „Dorine Napolitanka“ bile su prisutne velike temperaturne oscilacije na temperirki, što opravdava visok prosječni indeks temperiranja od $7,1 \pm 0,7550$. „Dorina za jelo i kuhanje“ je

proizvod s nižim postotkom ukupne masti što dovodi do specifične krivulje temperiranosti, te se jedino u ovom slučaju mogu tolerirati indeksi visokih vrijednosti.

6. ZAKLJUČAK

U naizgled jednostavnom procesu izrade čokolade, temperiranje čokoladne mase je od iznimnog značaja. Dobra temperiranost čokoladne mase osigurava kristale β_2 oblika, dobar lom, dobru kontrakciju, te trajnost gotovog proizvoda u roku trajanja. Samo veliko iskustvo operatera prilikom temperiranja čokoladne mase, kao najvažnijeg dijela u proizvodnji, osigurava visoku kvalitetu čokoladnih proizvoda koji tvrtku Kraš drže u samom vrhu konditorne industrije kako u Europi, tako i svijetu.

Dobro temperiranu čokoladu konzument može prepoznati po karakterističnom zvuku loma čokolade, sjaju površine, te kompaktnoj strukturi. Sivljenje čokolade, spomenuto u radu, posljedica je, naročito u ljetno doba, izdvajanja masti na površini čokolade uslijed neadekvatnih uvjeta skladištenja na policama i u skladištima trgovina, a ne lošeg temperiranja.

7. POPIS LITERATURE

1. Anonymus: Cocoa varieties, *Durig Chocolatier*, Laussane
<http://www.durig.ch/category/chocinfo/cocoa-varieties>, pristupljeno 11.7.2016.
2. Anonymus (2014.): The polymorphs of chocolate
<http://www.compoundchem.com/2014/04/19/the-polymorphs-of-chocolate/>, pristupljeno 10.7.2016.
3. Anonymus (2014.): <https://plot.ly/~FireflyChocolate/1/temperature-vs-time-melting-and-tempering-chocolate.embed>, pristupljeno 20.5.2016.
4. AFROAKWA, E. O., PATERSON, A., FOWLER, M., VIERA, J. (2008.): Influence of tempering and fat crystallization behaviours on microstructural and melting properties in dark chocolate system. *Food Research International*, **42** (2009), 200-209
5. BECKETT, S. T. (2001.): Milling, mixing and tempering – an engineering view of chocolate. *Proc Instn Mech Engrs*, Vol. **215** Part E
6. BECKETT, S.T. (2008.): The science of chocolate, *The Royal Society of Chemistry*, Cambridge, UK
7. BECKETT, S.T. (2009.): Industrial chocolate manufacture and use, *Blackwell publishing Ltd*.
8. BELLIS, M. (2005.): The history of chocolate-The culture of the cocoa bean-timeline of chocolate <http://inventors.about.com/od/foodrelatedinventions/a/chocolate.htm>, pristupljeno 10. 7. 2016.
9. CARIĆ, M. (2003.): Milk powders U: Fuquay J.W., Fox P.F. (ed): Encyclopedia of dairy science, Academic press, *Elsevier science*, London, UK, vol. 3, 1869-1873
10. COUPLAND, J. (2003.): Lipids
https://www.courses.psu.edu/fd_sc/fd_sc400_jnc3/lipids/6-lipids.pdf, pristupljeno 11.7. 2016.
11. GOLDONI, L. (2004.): Tehnologija konditorskih proizvoda, I. dio: Kakao proizvodi i proizvodi slični čokoladi, Kugler, Zagreb
12. Interni materijali Kraš d.d.
13. JENKINSON, D. (2013.): Why refrigerated chocolate tastes better
<https://danthechemist.wordpress.com/2013/02/12/why-refrigerated-chocolate-tastes-better/>, pristupljeno 2.7.2016.

14. LETOURNEAU, J. –J., VIGNEAU, S., GONUS, P., FAGES, J. (2005.): Micronized cocoa butter particles produced by a supercritical process, *Chemical Engineering and Processing* 44, 201-207
15. Narodne novine (2005.): Pravilnik o temeljnim zahtjevima za kakao proizvode, proizvode slične čokoladi, krem proizvode i bombonske proizvode (73/05)
16. Radne upute za tempermetar E5 s termoelektroničkim hlađenjem
17. REMINGTON, J. P., WOOD, H. C. et al., ed. (2005.): Oleum Theobromatis. Oil of Theobroma, butter of cacao, cacao butter, *Dispensatory of the United States of America*
http://www.henriettes-herb.com/eclectic/usdisp/theobroma_oleu.html
18. Sollich <http://www.sollich.com/index.php/en/products/chocolate-processing/chocolate-tempering/turbotemper-top-type-tt-ttd>, pristupljeno 20. 5.2016.
19. Sollich <http://www.sollich.com/index.php/en/products/chocolate-processing/chocolate-tempering/accessories>, pristupljeno 20. 5.2016.
20. SPADACCINI, J. (2002.): The sweet lure of chocolate
http://www.exploratorium.edu/exploring/exploring_chocolate/index.html, pristupljeno 2.7.2016.
21. TRATNIK, LJ. (1998.): Mlijeko-tehnologija, biokemija i mikrobiologija, 1. izdanje, Hrvatska mljekarska udruga, Zagreb

8. POPIS SLIKA

Slika 1. Ubriranje plodova kakaovca.....	3
Slika 2. Fermentiranje u gomili na listovima banane i u drvenim sanducima.....	3
Slika 3. Tri varijeteta Cacao.....	4
Slika 4. β_2 -kristali snimljeni skenirajućim elektronskim mikroskopom	8
Slika 5. „Cvjetanje masti“ u čokoladi.....	9
Slika 6. Mlijeko u prahu dobiveno sušenjem na valjcima snimljeno elektronskim mikroskopom	11
Slika 7. Mlijeko u prahu dobiveno sušenjem raspršivanjem snimljeno elektronskim mikroskopom)	11
Slika 8. Utjecaj veličine zrna na stupanj prženja	13
Slika 9. Krivulja temperiranja čokolade	21
Slika 10. Turbotemper® top Type TT/TTD	23
Slika 11. Podaci na ekranu temperirke	27
Slika 12. Shematski prikaz rada temperirke	28
Slika 13. Operativni elementi tempermetra E5	29
Slika 14. Tempermetar E5 s termoelektričnim hlađenjem	30
Slika 15. Krivulja podtemperirane čokoladne mase.....	32
Slika 16. Krivulja dobro temperirane čokoladne mase	33
Slika 17. Krivulja pretemperirane čokoladne mase	34

9. POPIS TABLICA

Tablica 1. Tipičan sastav masnih kiselina u kakao-maslacu (Goldoni, 2004).....	6
Tablica 2. Osnovne značajke polimorfnih oblika kristala kakao-maslaca (Anonymus, 2004.) .	7
Tablica 3. Indeksi temperiranja i temperatura čokoladne mase na ulazu u dozirku (ČOKSA KEKS BANANA)	35
Tablica 4. Indeksi temperiranja i temperatura čokoladne mase na ulazu u dozirku (DORINA DOMAĆICA).....	35
Tablica 5. Indeksi temperiranja i temperatura čokoladne mase na ulazu u dozirku (ŽIVOTINJSKO CARSTVO).....	36
Tablica 6. Indeksi temperiranja i temperatura čokoladne mase na ulazu u dozirku (DORINA MLIJEČNA ČOKOLADA SA STEVIOM)	36
Tablica 7. Indeksi temperiranja uzorka i temperatura čokoladne mase na ulazu u dozirku (DORINA SUPER MILK).....	36
Tablica 8. Indeksi temperiranja i temperatura čokoladne mase na ulazu u dozirku (DORINA NAPOLITANKA)	37
Tablica 9. Indeksi temperiranja i temperatura čokoladne mase na ulazu u dozirku (ČOKSA KI-KI)	37
Tablica 10. Indeksi temperiranja i temperatura čokoladne mase na ulazu u dozirku (DORINA LJEŠNJAK GRANULAT)	38
Tablica 11. Indeksi temperiranja i temperatura čokoladne mase na ulazu u dozirku (DORINA NOISETTE)	38
Tablica 12. Indeksi temperiranja i temperatura čokoladne mase na ulazu u dozirku (DORINA MLIJEČNA).....	39
Tablica 13. Indeksi temperiranja i temperatura čokoladne mase na ulazu u dozirku (DORINA KEKS).....	39
Tablica 14. Indeksi temperiranja i temperatura čokoladne mase na ulazu u dozirku (DORINA KIKI-RIKI)	40

Tablica 15. Indeksi temperiranja i temperatura čokoladne mase na ulazu u dozirku (DORINA EXTRA MILK CHILLIN).....	40
Tablica 16. Indeksi temperiranja i temperatura čokoladne mase na ulazu u dozirku (DORINA RIŽA).....	41
Tablica 17. Indeksi temperiranja i temperatura čokoladne mase na ulazu u dozirku (DORINA CHOCO NAPOLITANKA).....	42
Tablica 18. Indeksi temperiranja i temperatura čokoladne mase na ulazu u dozirku (DORINA TAMNA ČOKOLADA SA STEVIOM).....	42
Tablica 19. Indeksi temperiranja i temperatura čokoladne mase na ulazu u dozirku (DORINA ZA JELO I KUHANJE).....	43
Tablica 20. Indeksi temperiranja i temperatura čokoladne mase na ulazu u dozirku (GRIOTTA)	43