

STRUČNI RAD / PROFESSIONAL PAPER

# Mlijeko u prahu kao sirovina za proizvodnju mliječne čokolade

## Milk Powder as an Ingredient for the Production of Milk Chocolate

Ana Belščak-Cvitanović, Draženka Komes\*, Rajka Božanić

Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Pierottijeva 6, Zagreb, Hrvatska

### Sažetak

Čokolada je visokovrijedna namirnica koja osim osnovnih hranjivih sastojaka sadrži i niz bioaktivnih sastojaka, za koje je dokazan pozitivan učinak na ljudsko zdravlje. Zbog velikog izbora različitih čokoladnih proizvoda na tržištu te sve većih zahtjeva potrošača za kvalitetom proizvoda koje konzumiraju, sve se više pažnje posvećuje unaprjeđenju postupka proizvodnje prehrambenih proizvoda, pa tako i čokolade. Pritom je izrazito važno poznavati svojstva svake sirovine u tehnološkom procesu proizvodnje nekog proizvoda kako bi se moglo očuvati ili zaštititi njegove, potencijalno djelotvorne sastojke. Mlijeko u prahu je osnovni sastojak mliječne čokolade (oko 20% ukupne mase) koji određuje senzorski profil čokolade (okus, tekstura) i utječe na njezina fizikalno-kemijska i reološka svojstva, posebice svojstva tečenja, koja su vrlo bitna prilikom lijevanja čokoladne mase u kalupe, kao i dražiranja čokoladom. Ranije se za proizvodnju čokolade tradicionalno koristilo punomasno mlijeko u prahu sušeno na valjcima, zbog velikog udjela slobodne mliječne masti, no budući da je danas sušenje na valjcima zastarjeli postupak, sve više se pažnje usmjerava na sušenje mlijeka u prahu raspršivanjem. Međutim, za razliku od sušenja na valjcima, sušenjem raspršivanjem nastaje prah malog udjela slobodne mliječne masti, što je poželjno za proizvodnju gotovo svih vrsta prehrambenih proizvoda, osim čokolade. Ovaj rad pruža pregled uporabe različitih vrsta mlijeka u prahu u proizvodnji mliječne čokolade te njihov utjecaj na reološka, fizikalno-kemijska i senzorska svojstva čokolade.

Cljučne riječi: čokolada, mlijeko u prahu, sušenje raspršivanjem, sušenje na valjcima

### Abstract

Chocolate is a high nutritive value food product, that beside dietary nutrients, provides a wide array of bioactive constituents, which exhibit positive effects on human health. Due to a great number of various chocolate products available on the market and growing consumer demands regarding their quality, there is an increasing interest in improvement of production processes of food products, hence as well chocolate. At the same time, it is crucial knowing the properties of every ingredient in the production of a product, so that the potentially beneficial compounds could remain preserved. One of the main ingredients of milk chocolate (constituting about 20% of total weight of chocolate) is milk powder, which determines the sensory profile of milk chocolate (flavor, texture) and influences their physico-chemical and rheological properties, especially flow properties, that are important for chocolate molding as well as chocolate coating. Traditionally, for the production of milk chocolate, roller dried whole milk powder was used, due to its high free milk fat content, but since the use of roller drying for the production of milk powder is decreasing, the attention is directed to spray drying for that purpose. However, in comparison to roller drying, spray dried milk powder contains a low content of milk fat in the resulting product, which is desirable in the production of almost all food products, except chocolate. This paper provides an overview of the application of various types of milk powders in the production of milk chocolate, as well as their impact on the rheological, physico-chemical and sensory characteristics of chocolate.

Keywords: chocolate, milk powder, roller drying, spray drying

### Uvod

Zbog porasta svijesti potrošača o utjecaju prehrambenih proizvoda na zdravlje, u posljednje se vrijeme sve više pažnje posvećuje ispitivanju bioaktivnih sastojaka prehrambenih proizvoda, uključujući i konditorske proizvode, posebice različite čokolade. Rezultati novijih znanstvenih istraživanja pokazali su da se nakon konzumacije crne čokolade, za razliku od mliječne čokolade, povećava antioksidacijska aktivnost i udjel epikatehina, najznačajnijeg polifenolnog sastojka čokolade, u krvnoj plazmi. Na temelju navedenog pretpostavilo se da dolazi do interakcija između proteina mlijeka i flavonoida čokolade, koje inhibiraju in vivo antioksidacijsku aktivnost čokolade i apsorpciju epikatehina u krvotok. Ovakva pretpostavka pobudila je velik interes znanstvenika za ispitivanjem utjecaja mliječnih sirovina, posebice mlijeka u prahu, na bioraspoloživost i antio-

ksidacijska svojstva bioaktivnih sastojaka, kako čokolade, tako i mnogih drugih prehrambenih proizvoda.

Prema Pravilniku Ministarstva poljoprivrede, ribarstva i ruralnog razvoja o ugušćenom (kondenziranom) mlijeku i mlijeku u prahu (NN 80/07), mlijeko u prahu stavlja se na tržište kao: i) ekstra-masno mlijeko u prahu (maseni udio masti iznosi najmanje 42%), ii) punomasno mlijeko u prahu (maseni udio masti iznosi najmanje 26%, a najviše 42%), iii) djelomično obrano mlijeko u prahu (maseni udio masti iznosi više od 1,5% i manje od 26%) te vi) obrano mlijeko u prahu (maseni udio masti iznosi najviše 1,5%).

Sukladno predviđenom povećanju proizvodnje mlijeka do 2013. godine za 121 milijun tona, u odnosu na 470 milijuna tona koliko je iznosila proizvodnja 2006. godine (prema podacima Organizacije za ekonomsku suradnju i razvoj, OECD),

Corresponding author: [dkomes@pbf.hr](mailto:dkomes@pbf.hr)



porast količine proizvedenog mlijeka prati povećana proizvodnja drugih mliječnih proizvoda, posebice maslaca i obranog mlijeka u prahu. Trenutačno je s većim udjelom proizvodnje zastupljena proizvodnja obranog mlijeka u prahu zahvaljujući većoj stabilnosti tijekom skladištenja i velikih mogućnosti primjene u proizvodnji različitih prehrambenih proizvoda. Punomasno mlijeko u prahu primjenjuje se uglavnom u proizvodnji dječje hrane, u industriji čokolade ili pak za rekonstituirano mlijeko. Uz doprinos senzorskim svojstvima, punomasno mlijeko u prahu doprinosi topljivosti suspenzije čokoladne mase te povećava količinu masti u kontinuiranoj fazi čokoladne mase. Ostale vrste mlijeka u prahu proizvode se za posebne namjene; kao što je proizvodnja dijetetskih proizvoda ili mliječnih proteina (Spreer, 1998).

Uobičajene specifikacije i zahtjevi tržišta za mlijeko u prahu uključuju sastav, fizikalno-kemijske karakteristike i zdravstvenu ispravnost proizvoda (mikrobiološku ispravnost, prisutnost rezidua i/ili kontaminanata). Premda je mliječna industrija već usvojila standarde upravljanja kvalitetom i HAC-CP, povećanjem broja specifičnih sastojaka iz mlijeka koji se ekstrahiraju u svrhu proizvodnje funkcionalnih proizvoda, zahtjevi za mikrobiološku ispravnost postaju sve rigorozniji. Posljednjih godina aktivna su istraživanja vezana uz standardizaciju količine proteina u mlijeku koje se rabi za proizvodnju mlijeka u prahu (Kelly, 2006). U proizvodnji mlijeka u prahu ponekad se upotrebljavaju i aditivi kao što su askorbinska kiselina, laktoza (do max. 32%) i laktaza (pri proizvodnji napitaka s mlijekom u prahu), a osim navedenih aditiva mogu se dodati i drugi aditivi dopušteni zakonskim propisima zemlje proizvođača. Za poboljšanje svojstava tečenja mlijeka u prahu ponekad se dodaju aluminijev silikat ili kalcijev fosfat s max. udjelom udjelu do 1,0%. Za poboljšanje topljivosti mlijeka u prahu u vodi (u automatima za vruće napitke) dodaje se kalijev ili natrijev ortofosfat u udjelu od 0,15%, dok se kao emulzifikator koristi lecitin (do max. 0,5%). Različiti pripravci od mlijeka u prahu proizvode se kao mješavine mlijeka u prahu i drugih mliječnih/nemliječnih sastojaka u kojima udjel suhe tvari mlijeka mora biti najmanje 51% (Spreer, 1998). Proizvodnja mlijeka u prahu sve se češće usklađuje prema specifičnim primjenama, tako da se proizvode visoko proteinska mlijeka u prahu, mlijeko u prahu s povećanim udjelom kazeina ili povećanim udjelom proteina sirutke. Specijalizira se i proizvodnja mlijeka u prahu za posebne namjene, koja se temelji na biljnim sirovinama (Confederation Suisse, 2007).

### Proizvodnja mlijeka u prahu za konditorsku industriju

Proizvodnja mlijeka u prahu uključuje niz postupaka, od izbora i predtretmana mlijeka, proizvodnje koncentrata mlijeka, homogenizacije, do sušenja i pakiranja gotovog proizvoda. Osnovnu razliku čini postupak sušenja koncentrata mlijeka. Općenito se za proizvodnju mlijeka u prahu najčešće primjenjuju dva postupka; sušenje raspršivanjem i sušenje na valjcima, dok se ostali postupci (sušenje u lebdećem sloju) primjenjuju u kombinaciji s prethodno navedenim glavnim postupcima sušenja.

### Utjecaj postupka sušenja na svojstva mlijeka u prahu

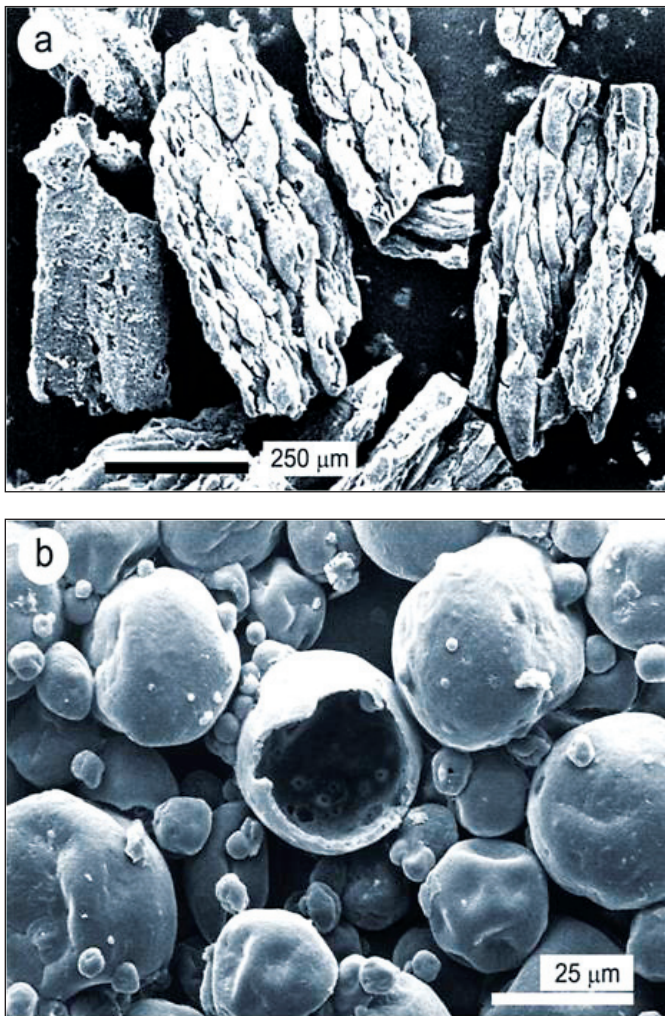
Proces sušenja ima najznačajniji utjecaj na sastojke mlijeka u prahu. Bez obzira na postupak sušenja, bitno je ukloniti vodu iz mliječnog koncentrata dovoljno brzo i pri što nižoj mogućoj temperaturi kako bi se minimizirao utjecaj toplinskog oštećenja na mlijeko (Fox, 2006). Mast je u mlijeku u prahu prisutna u obliku fine emulzije pa oštećenje ili uklanjanje membrane globula masti uzrokuje „spajanje“ globula masti (Buma, 1971). Slobodna mliječna mast definira se kao frakcija mliječne masti koja nije zaštićena slojem proteina, a prisutna je na površini čestica mlijeka u prahu u obliku nakupina ili mrlja (Pisecky, 1997). Slobodna mliječna mast zapravo je dio mliječne masti koja se nalazi na površini čestica mlijeka u prahu, vakuolama, porama ili pukotinama i može se ekstrahirati pri određenim uvjetima (otapalima, variranjem vremena ili temperature ekstrakcije) (Buma, 1971). Industrijska punomasna mlijeka u prahu nemaju veliku količinu slobodne masnoće, ali ona gotovo potpuno prekriva vanjsku površinu čestica praha.

Nekoliko je faktora koji utječu na udjel slobodne mliječne masti u mlijeku u prahu, među kojima su najvažniji uvjeti proizvodnje mlijeka u prahu. Punomasno mlijeko u prahu (PMP), dobiveno sušenjem na valjcima, obično ima vrlo visok udjel slobodne mliječne masti (60-90%) zbog čega njegova primjena rezultira poželjnim svojstvima čokolade (Dewettinck i sur., 1996). Punomasno mlijeko u prahu dobiveno sušenjem raspršivanjem ima značajno niži udjel slobodne mliječne masti (samo 2-3%) te njegova primjena u proizvodnji čokolade ne rezultira zadovoljavajućom kakvoćom čokolade (Campbell i Pavlasek, 1987). Naime, visoki udjel slobodne mliječne masti nastaje zbog velike kontaktne površine čestica mlijeka u prahu, te se zbog toga pri sušenju raspršivanjem koncentrat mlijeka prije sušenja homogenizira kako bi se smanjio udjel slobodne masti. Pri sušenju raspršivanjem povećava se dodirna površina kontakta sa zagrijanim zrakom i time pospješuje prijelaz topline sa zraka na kapljice mlijeka i prijenos mase (vode) iz mlijeka u zrak. Udjel slobodne masti ovisi i o udjelu vode mlijeka u prahu. Pri udjelu vode od 2-5%, smanjuje se udjel slobodne mliječne masti u mlijeku u prahu, ali kada je udjel vode iznad 6-7%, udjel slobodne mliječne masti se povećava (Buma, 1971).

Transformacija kapljica mlijeka u čestice tijekom sušenja je složen proces koji uključuje koncentriranje različitih sastojaka na površini čestica, kao što su laktoza, masti i proteini. Važan fenomen je migracija mliječnih komponenti kroz vodenu fazu do opne prema površini čestice jer vlaga na površini, koncentracija laktoze i masnoće utječu na ljepljivost i aglomeraciju čestica, nasipnu gustoću i protok. Prisutnost masti na površini čestica čini čestice hidrofobnim, reducira topljivost čestica u vodi i čini prah podložnim oksidaciji i kasnijoj kvarljivosti.

Udio masti na površini čestica je značajno veći od prosječnog udjela masti u prahu. Masnoća se tijekom sušenja nakuplja na površini čestica, što je rezultat neuniformne raspodjele masti kroz matricu. Točka tališta masti je između 10°C i 30°C, znači da je masnoća tijekom sušenja metodom raspršivanja (temperatura je veća od tališta masti) u pokretnoj tekućoj formi i lako se koncentrira na površini kapljice/čestice. Na površini pojedinih oblika čestica prisutnost bilo kakve





**Slika 1.** Mikrostruktura mlijeka u prahu proizvedenog sušenjem na valjcima (a), odnosno sušenjem raspršivanjem (b) (Carić, 2003)  
**Figure 1.** Microstructure of milk powder produced by roller drying (a), spray drying (b) (Carić, 2003)

masti sudjeluje u stvaranju slabih mostova između čestica koje pomažu lijepljenju čestica u veće aglomerate.

Proizvođači čokolade koji koriste punomasno mlijeko u prahu, dobiveno sušenjem raspršivanjem, obično u recepturi koriste povećani udjel kakaovog maslaca kako bi mogli kontrolirati viskoznost čokoladne smjese i održavati je na poželjnoj razini. Međutim, zbog ekonomičnosti cijelog procesa i visoke cijene kakaovog maslaca pojavila se potreba i inicijativa proizvođača za pronalaskom najpoželjnijih mliječnih sirovina za proizvodnju čokolade.

Kako bi se pri sušenju raspršivanjem postigao željeni učinak (postizanje visokog udjela masti), potrebno je tijekom samog procesa osigurati dovoljnu količinu masnog medija, što se može postići tako da se sušenje raspršivanjem provodi s koncentriranim mlijekom visokog udjela masti ili primjenom dvojnog sustava raspršivanja tj. sustava u kojem se na jednoj strani kontrolirano raspršuje obrano mlijeko, a na drugoj vrhnje, čime se mogu proizvesti mješavine punomasnog mlijeka u prahu s udjelom ukupne mliječne masti od 26%. Još jedan od načina povećanja udjela masti tijekom sušenja raspršivanjem je povećanje udjela proteina u mlijeku što se postiže ultrafiltracijom (Keogh i sur., 2003b). Naime, tijekom postupka ultra-

filtracije koncentriraju se proteini i mliječna mast, a smanjuje se udjel laktoze u suhoj tvari ultrafiltriranog mlijeka. Povećani udjel proteina, međutim, nepovoljno utječe na viskoznost čokolade čime smanjuje pozitivan učinak većeg udjela masti. Clarke i Augustin (2004) su sušenjem raspršivanjem uspjeli proizvesti punomasno mlijeko u prahu s 35-40% mliječne masti, kombinacijom koncentrata obranog mlijeka i homogeniziranog vrhnja.

Osim udjela mliječne masti, mlijeko u prahu proizvedeno sušenjem raspršivanjem razlikuje se od istog sušenog na valjcima i po drugim fizikalnim parametrima, kao što su veličina čestica i prisutnost vakuola zraka (Keogh i sur., 2004). Mlijeko u prahu, dobiveno sušenjem na valjcima, ima veću prosječnu veličinu čestica (150 µm) u odnosu na isto dobiveno sušenjem raspršivanjem (30-80 µm). Jedna od glavnih karakteristika mlijeka u prahu, proizvedenog sušenjem raspršivanjem, je prisutnost vakuola zraka kojih nema u proizvodu dobivenom sušenjem na valjcima (Slika 1). Prisutnost vakuola u mlijeku u prahu sušenog raspršivanjem povećava omjer volumena prema masi i rezultira boljom topljivošću praha, ali i drobljenjem čokoladne smjese (Dodson i sur., 1984). Prema rezultatima dosadašnjih istraživanja, primjenom mlijeka u prahu dobivenog sušenjem raspršivanjem ne može se dobiti proizvod sličnih svojstava kao primjenom mlijeka u prahu dobivenog sušenjem na valjcima te su stoga potrebna daljnja istraživanja kako bi se sušenjem raspršivanjem proizvelo mlijeko u prahu zadovoljavajućeg udjela slobodne mliječne masti i veličine čestica.

### Utjecaj postupka proizvodnje mlijeka u prahu na fizikalna i kemijska svojstva mliječne čokolade

Tijekom posljednjih godina istraživano je nekoliko različitih vrsta mlijeka u prahu za proizvodnju mliječne čokolade: punomasno mlijeko u prahu dobiveno sušenjem na valjcima, punomasno mlijeko u prahu dobiveno sušenjem raspršivanjem, mlijeko u prahu s visokim udjelom mliječne masti, obrano mlijeko u prahu s bezvodnom mliječnom masti ili vrhnjem i sirutka u prahu (Haylock, 1995).

Svojstva ovih prahova su, bez obzira na njihov sličan sastav, vrlo različita. Za proizvodnju čokolade najvažnija svojstva mlijeka u prahu su: udjel slobodne mliječne masti, veličina i raspodjela veličine čestica, struktura čestica te količina uklopljenog zraka u česticama (volumen vakuola) (Twomey i Keogh, 1998). Nadalje, na fizikalno-kemijska i reološka svojstva čokolade utječe i proteinski sastav mlijeka, udjel i kristalna svojstva laktoze te udjel vode, dok prisutnost soli u mlijeku u prahu utječe isključivo na senzorska svojstva čokolade.

Za proizvodnju čokolade tradicionalno je bilo poželjno mlijeko u prahu visokog udjela slobodne mliječne masti koja može direktno međudjelovati s kakaovim maslacem u čokoladi (Hansen i Hansen, 1990). Povećanje udjela slobodne mliječne masti u mlijeku u prahu smanjuje omjer disperzne faze prema kontinuiranoj fazi u čokoladi, te tako povoljno djeluje na smanjenje vrijednosti viskoznosti prema Casson-u (Keogh i sur., 2003a), što omogućava lakšu i ekonomičniju proizvodnju čokolade (ušteta kakaovog maslaca koji se dodaje u svrhu smanjenja viskoznosti). Brojni čimbenici, uz udjel slobodne



**Tablica 1.** Svojstva mlijeka u prahu i njihov utjecaj na svojstva čokolade (Liang i Hartel, 2004)

**Table 1.** Properties of milk powders and their influence on chocolate properties (Liang & Hartel, 2004)

Svojstva mlijeka u prahu Properties of milk powder	Svojstva čokolade/ uvjeti proizvodnje Properties of chocolate/ processing conditions
Veličina i raspodjela veličine čestica Particle size and distribution	Svojstva tečenja Flow properties
Oblik čestica Particle shape	Postupak valcanja (raspodjela veličine čestica) Refining operations (particle size distribution)
Površinske karakteristike čestica Surface characteristics of particles	Uvjeti temperiranja (kristalizacija kakaovog maslaca) Tempering conditions (cocoa butter crystallization)
Udjel slobodne mliječne masti “Free” fat level	Tvrdoća/pucanje Hardness/snap
Gustoća čestica Particle density	Stabilnost prema cvjetanju masti Bloom stability
Senzorska svojstva Flavor attributes	Senzorska svojstva Flavor attributes

mliječne masti, utječu na svojstva čokolade proizvedene s dodatkom mlijeka u prahu (Tablica 1).

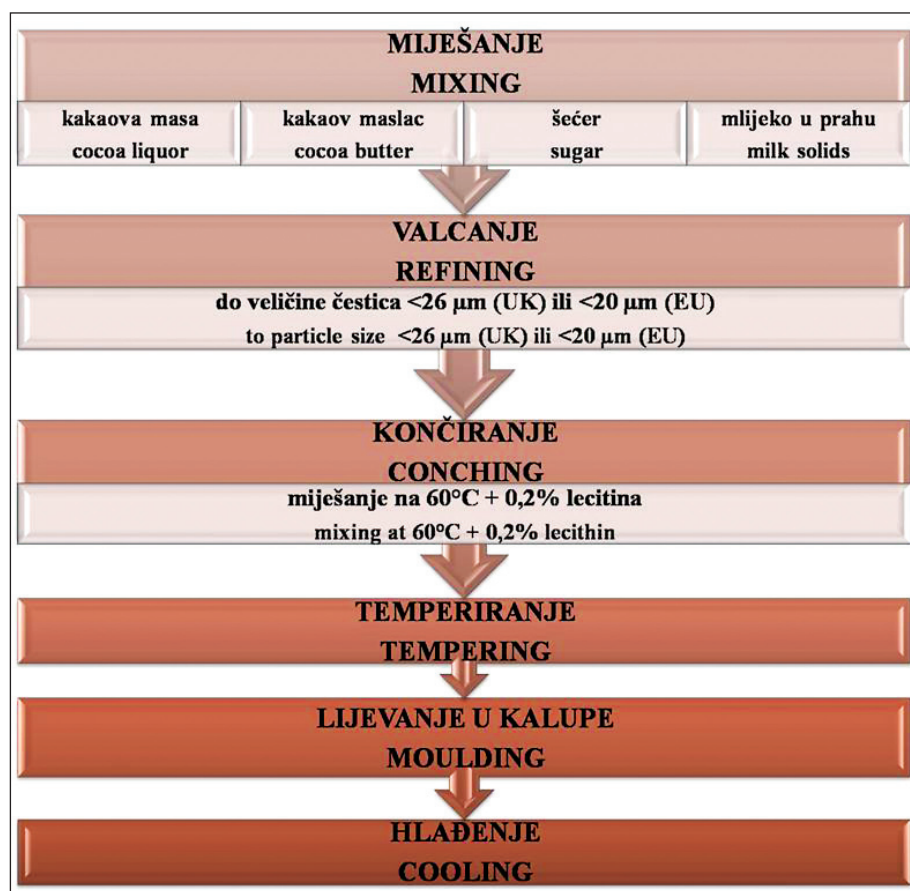
Svojstva mlijeka u prahu kao što su veličina čestica i gustoća, unutarnja struktura, boja i aroma, osim na fizikalna

i senzorska svojstva krajnjeg proizvoda, utječu i na parametre proizvodnje čokolade (Slika 2).

Primjerice, veličina čestica čokolade nakon valcanja ima velik utjecaj na viskoznost čokoladne smjese. Postupak val-

canja uzrokuje pucanje čestica mlijeka u prahu. Preostali fragmenti imaju pore koje nastaju cijepanjem globula masti, a koje su ispunjene zrakom (vakuole) (Franke i sur., 2002). Oblik čestica i količina zraka uklopljena u praznine (vakuole) u česticama utječu na reološka i mehanička svojstva krutog proizvoda tj. čokolade (Slika 3).

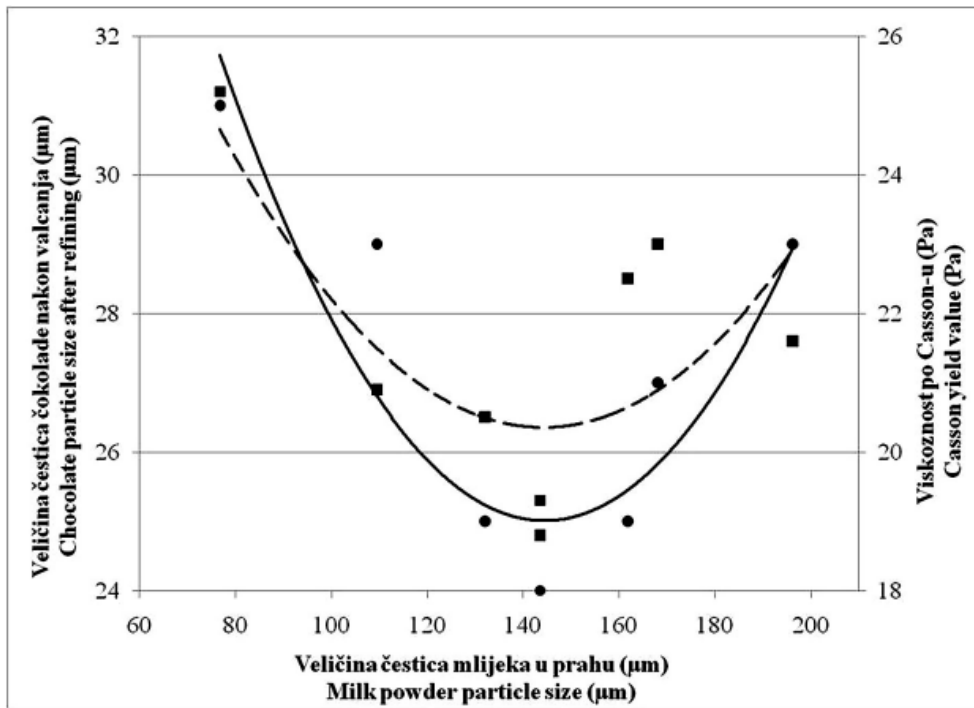
Manja veličina čestica čokolade nakon valcanja rezultira višim vrijednostima reoloških parametara (viskoznosti) u čokoladi na kraju končiranja (Aguilar i Ziegler, 1995), zbog veće aktivne površine manjih čestica, koje adsorbiraju veće udjele kontinuirane masne faze te je potrebno dodati masti kako bi se „obložile“ takve male čestice i smanjila viskoznost. Campbell i Pavlasek (1987) potvrdili su da mlijeko u prahu s velikim vakuolama (puno zraka) rezultira visokom viskoznošću čokolade, zbog cijepanja na manje čestice kojima se zatim mora dodati još masti. Na svojstva tečenja otopljene čokoladne smjese najviše utječu svojstva čvrstih dijelova zamjesa, odnosno koncentrirane lipo-filne suspenzije čestica šećera, mlijeka u prahu i kakaovih dijelova. Viskoznost se posebice smanjuje u prisutnosti čvrstih čestica s glatkom površinom i visokom gustoćom.



**Slika 2.** Klasičan shematski prikaz proizvodnje čokolade (Kelly, 2006)

**Figure 2.** Typical whole milk powder-based chocolate formulation and key processing steps (Kelly, 2006)





**Slika 3.** Utjecaj veličine čestica mlijeka u prahu na veličinu čestica čokoladne smjese nakon valcanja (—●—) na vrijednost viskoznosti prema Cassonu nakon končiranja (---■---) (Keogh i sur., 2004)

**Figure 3.** Effect of powder particle size on chocolate particle size after refining (—●—) and on Casson yield value after conching (---■---) (Keogh et al., 2004)

### Utjecaj udjela slobodne mliječne masti na proces proizvodnje čokolade

Poznato je da parametri postupka sušenja raspršivanjem utječu na udjel slobodne mliječne masti. Twomey i Keogh (1998) ustanovili su da se udjel slobodne mliječne masti u punomasnom mlijeku u prahu može povećati uporabom manjih otvora za raspršivanje (mlaznica) i većih tlakova za raspršivanje sirovine tj. mlijeka. Hansen i Hansen (1990) zaključili su da se primjenom većih tlakova za raspršivanje, tijekom proizvodnje mlijeka u prahu, smanjuje viskoznost čokolade, što je posljedica većeg udjela mliječne masti u mlijeku u prahu.

Još jedan od važnih parametara koji utječu na udjel mliječne masti je stupanj kristalnosti laktoze (Haylock, 1995; Twomey i Keogh, 1998) budući da kristalinična laktoza (za razliku od amorfne laktoze) uzrokuje istiskivanje mliječne masti iz kapljica.

Neki proizvođači nastoje postići efekt dodatka mlijeka u prahu visokog udjela mliječne masti miješanjem bezvodne mliječne masti s obranim mlijekom u prahu. Takav postupak osigurava potreban udjel mliječne masti u proizvodnji čokolade, ali čokolada nema zadovoljavajuća senzorska svojstva. Zbog toga se ova alternativa punomasnom mlijeku u prahu izbjegava (Campbell i Pavlasek, 1987).

Dosad je proučavan utjecaj udjela slobodne mliječne masti mlijeka u prahu na reološka svojstva čokolade (Campbell i Pavlasek, 1987; Haylock, 1995; Twomey i Keogh, 1998), ali nisu razjašnjeni utjecaji svojstava mlijeka u prahu na daljnje uvjete proizvodnje čokolade i karakteristike konačnog proizvoda. Naime, različite strukture čokolada proizvedenih s različitim vrstama mlijeka u prahu rezultirale su različitim zahtjevima za temperiranje čokolade, različitim fizikalnim i reološkim karak-

teristikama konačnog proizvoda i razlikama u stabilnosti prema pojavi cvjetanja masti. Konačno, i aroma čokolade ovisi o izboru mlijeka u prahu.

Temperiranje čokolade podrazumijeva kristalizaciju kakaovog maslaca u odgovarajući broj kristala male veličine i poželjnog polimornog oblika. Odnos temperature i vremena tijekom temperiranja regulira se ovisno o vrsti čokolade kako bi se postigla odgovarajuća kristalna struktura. Poznato je da se dodatkom mlijeka u prahu smanjuje temperatura tijekom temperiranja zbog inhibitornog učinka slobodne mliječne masti na kristalizaciju kakaovog maslaca (Hartel, 1998). Zbog toga mlijeka u prahu različitog udjela slobodne mliječne masti zahtijevaju različite parametre temperiranja kako bi se osigurao jednak stupanj kristalizacije. Tvrdća čokolade određena je

kombinacijom kristalizirane masne faze i dispergirane krute faze (kristali šećera, kakaovi dijelovi i mliječni dijelovi). Dodatak mliječne masti uzrokuje mekšanje kakaovog maslaca i rezultira mekšom čokoladom. Stoga se može očekivati da će se primjenom mlijeka u prahu većeg udjela slobodne mliječne masti proizvesti mekša čokolada. No, isto tako strukturni raspored dispergirane krute faze u čokoladi utječe na mehanička svojstva krutog proizvoda (tvrdoću, pucanje i dr.). Pojavu cvjetanja masti u čokoladi uzrokuje mnogo faktora (Hartel, 1998), od kojih neki ovise i o izvoru mlijeka (mlijeka u prahu) (Slika 4). Udjel mliječne masti iz mliječnih sirovina ima inhibicijski učinak na pojavu cvjetanja masti u čokoladi. Naime,



**Slika 4.** Cvjetanje masti u čokoladi ([www.esrf.eu/news/pressreleases/chocolate](http://www.esrf.eu/news/pressreleases/chocolate))

**Figure 4.** Fat bloom of chocolate ([www.esrf.eu/news/pressreleases/chocolate](http://www.esrf.eu/news/pressreleases/chocolate))



što je veći udjel mliječne masti, veća je inhibicija cvjetanja masti (Hartel, 1996). Istraživanje koje su proveli Bricknell i Hartel (1998) pokazalo je da oblik i podrijetlo dispergirane faze (čestica šećera), kao i raspored čestica, također utječu na pojavu cvjetanja masti u čokoladi.

Liang i Hartel (2004) proučavali su utjecaj četiri različite vrste mlijeka u prahu (punomasnog i obranog mlijeka u prahu sušenog raspršivanjem, punomasnog mlijeka u prahu sušenog na valjcima i mlijeka u prahu s vrlo visokim udjelom mliječne masti) na fizikalno-kemijska, reološka i senzorska svojstva čokolade. Rezultati su dokazali da udjel slobodne mliječne masti u mlijeku u prahu utječe na uvjete temperiranja, kao i na reološka svojstva čokolade. Povećanjem udjela slobodne mliječne masti smanjivala se viskoznost i tvrdoća čokolade, premda je proizvod s najvećim udjelom slobodne mliječne masti pokazivao povećanu tvrdoću, zbog vrlo sitnih čestica mlijeka u prahu. Na temelju dobivenih rezultata pokazalo se da čokolade s većim udjelom mliječne masti zahtijevaju niže temperature i dulje vrijeme temperiranja. Isto tako, potvrđena je povezanost udjela mliječne masti s inhibicijom pojave cvjetanja masti u čokoladi, tako da su čokolade s većim udjelom mliječne masti pokazivale veću stabilnost prema pojavi cvjetanja masti. Između udjela slobodne mliječne masti i senzorskih svojstava čokolade nije bilo korelacije čime se potvrdilo da su za senzorska svojstva proizvoda ipak presudni drugi parametri. Franke i Heinzelmann (2008) primijenili su toplinsko-mehanički predtretman za proizvodnju ekstrudiranog mlijeka u prahu sušenjem raspršivanjem, koje se koristilo za proizvodnju čokolade. Obrano i punomasno mlijeko u prahu tretirani su u dvopužnom ekstruderu na 75°C, pri čemu je došlo do pojave rekristalizacije laktoze u amorfnom obliku, povećanja gustoće čestica mlijeka u prahu i manjeg izdvajanja masti na površinu tj. sprječavanja pojave cvjetanja masti.

## Zaključak

Za proizvodnju mliječne čokolade vrlo je bitan izbor vrste mlijeka u prahu budući da udjel slobodne mliječne masti, veličina čestica i volumen vakuola mlijeka u prahu utječu na tehnološke parametre proizvodnje čokolade, a posebice na njezina fizikalno-kemijska, reološka i senzorska svojstva. Tradicionalno se za proizvodnju čokolade koristi mlijeko u prahu sušeno na valjcima, no razvojem tehnologije u posljednje se vrijeme sušenje na valjcima sve više zamjenjuje sušenjem raspršivanjem koje rezultira drugačijim karakteristikama mlijeka u prahu. Mlijeko u prahu sušeno raspršivanjem karakterizira vrlo mali udjel slobodne mliječne masti (2-3%), dok mlijeko u prahu sušeno na valjcima karakterizira i do 90% slobodne mliječne masti, kao i veća veličina čestica. Zbog nižeg udjela slobodne mliječne masti i prisutnosti vakuola, primjena mlijeka u prahu, sušenog raspršivanjem, ne rezultira zadovoljavajućom kakvoćom mliječne čokolade (povećana viskoznost, veća vjerojatnost pojave cvjetanja masti u čokoladi). Stoga proizvodnja mliječne čokolade s mlijekom u prahu sušenim raspršivanjem predstavlja svojevrsan izazov znanstvenicima i prehrambenim tehnologima kako bi se razvio kvalitetan proizvod poželjnih senzorskih, fizikalno-kemijskih i reoloških karakteristika.

## Literatura

- Aguilar C.A., Ziegler G.R. (1995): Viscosity of molten milk chocolate with lactose from spray dried whole-milk powders, *Journal of Food Science*, 60, str. 120–124.
- Bricknell J., Hartel R.W. (1998): Relation of fat bloom in chocolate to polymorphic transition of cocoa butter, *Journal of American Oil and Chemists Society*, 75, str. 1609–1616.
- Buma T.J. (1971): Free fat in spray dried whole milk. General introduction and brief review of literature, *Netherlands Milk and Dairy Journal*, 25, str. 33–41.
- Campbell L.B., Pavlasek S.J. (1987): Dairy products as ingredients in chocolate and confections, *Food Technology*, 41, str. 78–85.
- Carić M. (2003): Milk Powders U: Fuquay J.W., Fox P.F. (ed.): *Encyclopedia of Dairy Science*, vol. 3, str. 1869–1873. Academic Press, Elsevier Science, London, UK.
- Clarke P.T., Augustin M.A. (2005): Manipulation of solvent-extractable fat content of milk powders, *Lait*, 85, str. 261–268.
- Confederation Suisse, Agroscope Liebefeld-Posieux Research Station ALP. (2007) Full and skimm milk powder. Dostupno na: <http://www.alp.admin.ch>. Pristupljeno: 15.06.2009.
- Dewettinck K., deMoor H., Huyghebaert A. (1996): The free fat content of dried milk products and flow properties of milk chocolate, *Milchwissenschaft*, 51, str. 25–28.
- Dodson A.G., Lewis D.F., Holgate J.H., Richards S.P. (1984): Research Report 495, BFMIRA, Leatherhead, Surrey, UK.
- European Synchrotron Radiation Facility, Dostupno na: <http://www.esrf.eu>. Pristupljeno: 27.08.2009.
- Fox P.F. (2006): Significance of milk fat in milk powder. U: Fox P.F., McSweeney P.L.H. (ed.): *Advanced Dairy Chemistry*, 3. izd., vol. 2, str. 451–465. Springer, New York, USA.
- Franke K., Heinzelmann K. (2008): Structure improvement of milk powder for chocolate processing, *International Dairy Journal*, 18, str. 928–931.
- Franke K., Tscheuschner H.-D., Scheruhn E. (2002): Influence of milk powder properties on flow behaviour of milk chocolate, *Milchwissenschaft*, 57, str. 535–539.
- Hansen S.O., Hansen P.S. (1990): Spray-dried whole milk powder for the manufacture of milk chocolate, *Scandinavian Dairy Information*, 2, str. 79–82.
- Hartel R.W. (1996): Application of milk fat fractions in confectionery, *Journal of American Oil and Chemists Society*, 73, str. 945–953.
- Hartel R.W. (1998): Phase transitions in chocolate and coatings. U: Rao M.A., Hartel R. W. (ed.): *Phase/State Transitions in Foods*, str. 217–252. Marcel Dekker, New York, USA.
- Haylock S. (1995): Dried dairy ingredients for confectionery, *Manufacturing Confectioner*, 75, str. 65–73.
- IDF (2004) IDF World Dairy Situation 2004, Bulletin 391/2004.
- Kelly P.M. (2006): Innovation in milk powder technology, *International Journal of Dairy Technology*, 59, str. 70–75.
- Keogh K., Murray C., Kelly J., O’Kennedy B. (2004): Effect of the particle size of spray-dried milk powder on some properties of chocolate, *Lait*, 84, str. 375–384.
- Keogh M.K., Murray C.A., O’Kennedy B.T. (2003a): Effects of ultrafiltration of whole milk on some properties of spray-dried milk powders, *International Dairy Journal*, 13, str. 719–726.



Keogh M.K., Murray C.A., O'Kennedy B.T. (2003b): Effects of selected properties of ultrafiltered spray-dried milk powders on some properties of chocolate, *International Dairy Journal*, 13, str. 995–1002.

Liang B., Hartel R.W. (2004): Effects of Milk Powders in Milk Chocolate, *Journal of Dairy Science*, 87, str. 20–31.

Pisecky J. (1997): *Handbook of Milk Powder Manufacture*, Niro A/S, Copenhagen, Denmark.

Pravilnik o ugušćenom (kondenziranom) mlijeku i mlijeku u prahu (2007) *Narodne Novine*, 80, Zagreb.

Spreer E. (1998): *Milk and dairy product technology*, Marcel Dekker, Inc., New York, USA.

Twomey M., Keogh K. (1998): Milk powder in chocolate. U: *Farm & Food - Teagasc Research and Development Digest*, str. 9-11.

#### **Autori /Authors**

**Ana Belščak-Cvitanović, dipl.ing.**  
**Sveučilište u Zagrebu**  
**Prehrambeno-biotehnološki fakultet**  
**Pierottijeva 6**

**Prof. dr.sc. Draženka Komes**  
**Sveučilište u Zagrebu**  
**Prehrambeno-biotehnološki fakultet**  
**Pierottijeva 6**

**Prof. dr.sc. Rajka Božanić**  
**Sveučilište u Zagrebu**  
**Prehrambeno-biotehnološki fakultet**  
**Pierottijeva 6**