

## REGULATION OF THE PARTICLE SIZE OF CHOCOLATE MASS DURING ROLLING

### REGULACIJA VELIČINE ČESTICA ČOKOLADNE MASE TIJEKOM USITNJAVANJA

SKRABAL, Svjetlana; ERGOVIC RAVANCIC, Maja; OBRADOVIC, Valentina;  
MARCETIC, Helena & GRCIC, Marko

**Abstract:** *The object of this work was to examine the effect of five-roller work regime on the particle size of the chocolate mass. The chocolate mass samples were rolled on the five-roller through four operating modes. For each mode 20 measurements of chocolate mass particle size were performed. Results showed that by controlling the pressure and temperature of roller, an optimal particle size distribution can be obtained.*

**Key words:** *chocolate, rolling chocolate, particle size distribution*

**Sažetak:** *Cilj ovog rada bio je ispitati utjecaj rada petovaljaka na veličinu čestica čokoladne mase. Usitnjavanje čokoladne mase je provedeno na istom petovaljku kroz četiri radna režima petovaljaka. Za svaki različiti radni režim provedeno je 20 mjerenja veličine usitnjenih čestica čokoladne mase. Iz rezultata je vidljivo da se regulacijom tlaka i temperature pojedinih valjaka može dobiti optimalna raspodjela veličine čestica.*

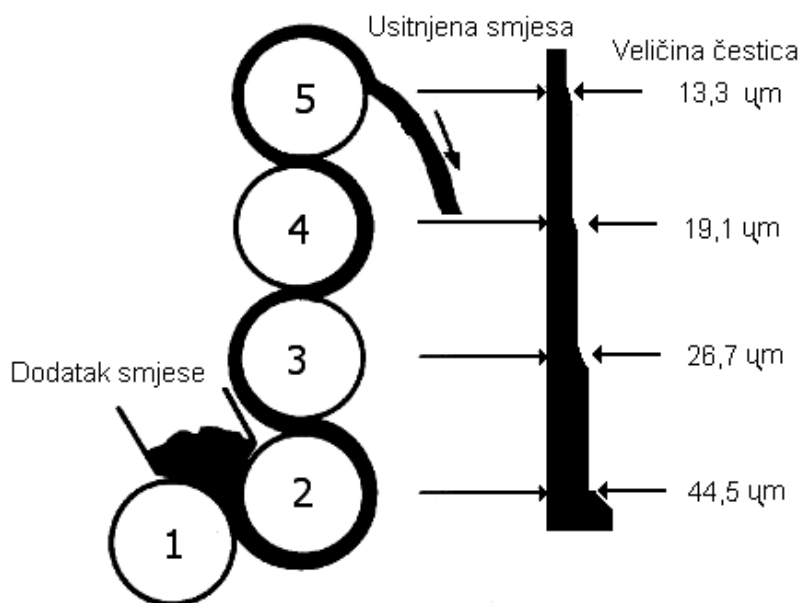
**Ključne riječi:** *čokolada, usitnjavanje čokolade, raspodjela veličine čestica*



**Authors' data:** Svjetlana, Škrabal, dr.sc. Veleučilište u Požegi, Vukovarska 17, Požega, sskrabal@vup.hr; Valentina, Obradović, dr.sc., Veleučilište u Požegi, Vukovarska 17, Požega, vobradovic@vup.hr; Maja, Ergović Ravančić, dr.sc., Veleučilište u Požegi, Vukovarska 17, Požega, mergovic@vup.hr; Helena, Marčetić, dipl.ing., Veleučilište u Požegi, hmrctic@vup.hr; Marko Grčić, Veleučilište u Požegi, Vukovarska 17

## 1. Uvod

Čokoladna masa se uobičajeno proizvodi kroz tri osnovna tehnološka procesa: miješanje, valcanje i končiranje. Način izrade i recepture prilagođavaju se specifičnim zahtjevima za izradu određenih proizvoda kako bi čokoladna masa imala željena reološka i senzorska svojstva. Čokoladna smjesa obično sadrži 24 do 27 % različitih masti. U slučaju manjeg udjela dobila bi se masa visoke viskoznosti što bi prouzročilo trošenje površina petovaljaka tijekom usitnjavanja krutih čestica. Udio masti iznad 29% otežao bi isparavanje vode tijekom miješanja te znatno snizio viskoznost smjese. Smjesa preniske viskoznosti imala bi pri valcanju prenisku vrijednost smičnog naprezanja što bi rezultiralo nedovoljnim usitnjavanjem čvrstih čestica. Miješanjem se postiže odgovarajuća konzistencija čokoladne mase sa svojstvima plastičnosti [1, 2, 3]. Dobivena masa odvodi se na valcanje. Valcanje je postupak usitnjavanja krutih čestica u čokoladnoj masi. To je jedna od najvažnijih operacija u proizvodnji čokolade jer omogućava lakšu i učinkovitiju daljnju izradu čokoladnih proizvoda te bolja reološka i organoleptička svojstva proizvoda [3, 4]. Čokoladna masa se postepeno usitnjava u dvije faze: predvalcanje (na dvovaljku) i valcanje (na petovaljku). Cilj valcanja je usitnjavanje krutih čestica na prosječnu veličinu 6 do 25  $\mu\text{m}$ , pri čemu najveći udio čestica treba biti veličine 20 – 22  $\mu\text{m}$  [1, 4]. U postupku valcanja, čokoladna masa se provodi kroz sustav od pet čeličnih valjaka, glatke površine, pri čemu se čvrste čestice usitnjavaju i deformiraju (Slika 1). Masa odgovarajuće viskoznosti na rotirajućim valjcima stvara laminarni sloj, koji se okreće zajedno sa valjkom. Svaki sljedeći valjak okreće se brže od prethodnog te preuzima masu na sebe.



Slika 1. Shematski prikaz rada petovaljka [1]

Razmak između valjaka je manji od promjera čvrstih čestica, te se one usitnjavaju, a uslijed različite brzine valjaka masa se razvlači po njihovoj površini. Prelazeći s valjka na valjak krute čestice se usitnjavaju, čime se povećava ukupna površina krute faze. Povećanjem površine krute faze, količina kakaovog maslaca u smjesi postaje

nedovoljna za obavijanje svih čestica te masa iz tjestaste strukture prelazi u praškastu. Promjenom konzistencije mase dolazi i do porasta trenja što dovodi do porasta temperature mase. Valjci imaju i različite temperature, tako da prvi i peti valjak imaju najnižu temperaturu (oko 25 °C), nešto višu drugi i treći (oko 35 °C) te četvrti valjak (oko 40 °C). Različitim temperaturama valjaka vrši se kontrola temperature mase koja na kraju procesa valcanja iznosi oko 38 °C. Temperatura valjaka podešava se prema recepturi čokoladne mase [5]. Procesom valcanja čokoladna masa se postepeno usitnjavakako bi se smanjila veličina čvrstih čestica do najmanje 6 μm, a najviše 25 μm. Optimalana raspodjela veličine čestica je između 15 i 20 μm. Cilj ovoga rada je odrediti optimalne parametre rada petovaljka prilikom usitnjavanja čokoladne mase, kako bi se dobila pravilna raspodjela veličine čestica usitnjene čokoladne mase. Tijekom provođenja eksperimenta podešavao se rad petovaljaka, te mjerila izlazna veličina čestica. Na osnovi dobivenih i obrađenih rezultata ustanovio se radni režim petovaljaka za usitnjavanje ispitivane čokoladne mase.

## 2. Eksperimentalni dio

U svrhu realizacije postavljenih zadataka priređena je čokoladna masa koja je sadržavala šećer (Tvornica šećera Županja, Hrvatska), kakaov maslac (Zvečevo, d.d., Požega, Hrvatska), kakaovu masu (Zvečevo, d.d., Požega, Hrvatska). Čokoladna masa je sadržavala 26 % ukupne masti (iz kakaove mase i kakaovog maslaca).

### 2.1 Priprema uzorka za analizu

Čokoladna masa proizvedena je klasičnim tehnološkim postupkom u Tvornici konditorskih proizvoda Zvečevo d.d. Požega. Miješanje čokoladne mase (ukupno 26% masti) provedeno je u miješalici (Carle & Montanari). Čokoladna masa je potom usitnjavana u dvije faze: predvalcanje na dvovaljku (Carle & Montanari) i valcanje na petovaljku (Carle & Montanari) (Slika 1).



Slika 2. Slika 5. Petovaljak (izvor: autor)

Da bi se dobila optimalna veličina čestica usitnjene čokoladne mase bilo je potrebno eksperimentalno postići optimalne parametre za rad petovaljka (Tablica 1). Mjerenjem veličine čestica uspostavio se radni režim petovaljka, a potom kontrolirao. Kontrola se vršila mjerenjem veličine čestica.

	Valcanje 1		Valcanje 2		Valcanje 3		Valcanje 4	
	Temperatura (°C)	Tlak između valjaka (bar)	Temperatura (°C)	Tlak između valjaka (bar)	Temperatura (°C)	Tlak između valjaka (bar)	Temperatura (°C)	Tlak između valjaka (bar)
Valjak 1	30	-	28	-	32		31	
Valjak 2	34	24	30	24	36	24	35	23
Valjak 3	45	28	35	28	40	29	45	29
Valjak 4	65	48	55	36	60	32	60	38
Valjak 5	25	25	28	32	30	30	29	30

Tablica 1. Tehnički parametri valcanja čokoladne mase

## 2.2. Mjerenje veličine čestica čokoladne mase

Mjerenje veličine čestica čokoladne mase nakon svakog podešavanja rada petovaljka provedeno je primjenom Electronicoutsidemicrometera, proizvođača TideMachine Tool SupplyCo., Ltd. Prije provedbe mjerenja uzorci su priređeni za mjerenje pri temperaturi radnog prostora. U tarionik je izvagano 5 g uzorka i 5 ml parafinskog ulja i lagano miješano 10 sekundi. Potom je vrhom laboratorijske žlice prenesen uzorak na mjerni dio mikrometra. Od svakog uzorke napravljeno je 20 mjerenja.

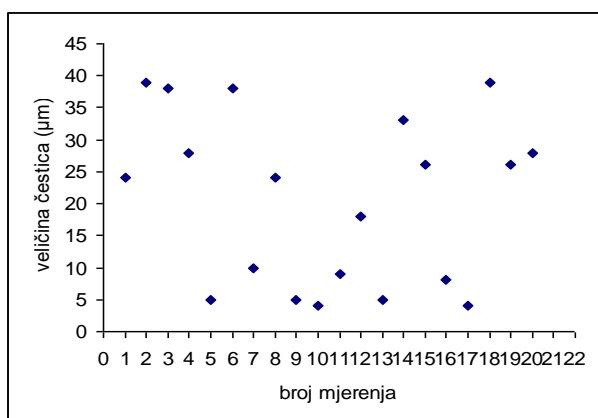
## 2.3. Obrada rezultata

Veličina čestica je direktno očitana sa instrumenta. Te je statistički obrađena korištenjem programa Microsoft Office Excel 2016. Određena je raspršenost čestica i srednja vrijednost veličine čestica.

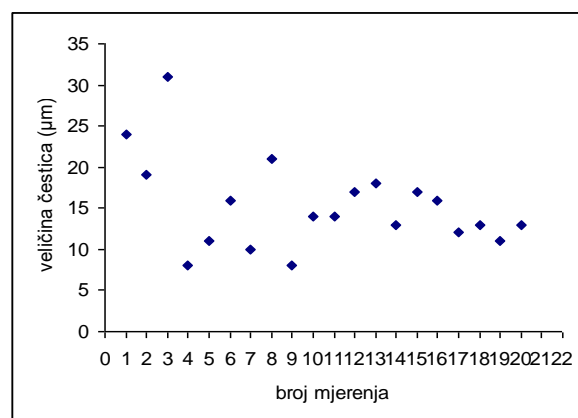
## 3. Rezultati i rasprava

	Veličina čestica prije valcanja (μm)	Veličina čestica poslije valcanja 1 (μm)	Veličina čestica poslije valcanja 2 (μm)	Veličina čestica poslije valcanja 3 (μm)	Veličina čestica poslije valcanja 4 (μm)
sr. vrijednost	249	20,55	16,65	15,1	15
minimum	111	5	4	6	5
maksimum	398	38	27	31	28
% čestica veličine 6 do 25 μm		60	90	95	95
% čestica ispod 6 μm		5	0	0	0
% čestica iznad 25 μm		35	5	5	5

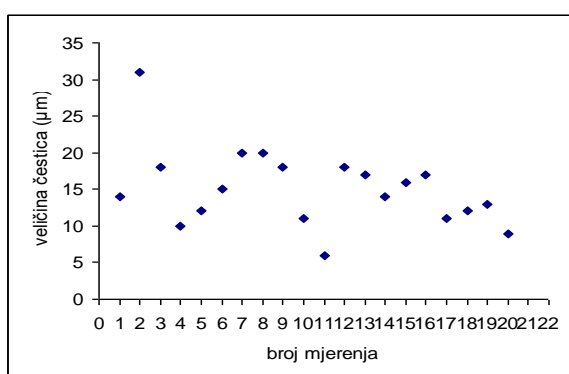
Tablica 2. Veličina čestica čokoladne mase, mjerena prije valcanja i tijekom valcanja



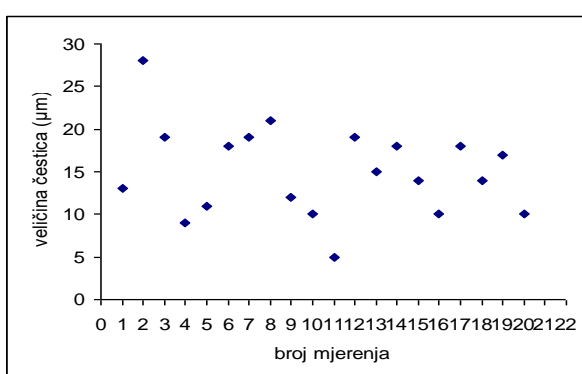
Slika 3. Veličina čestica i raspršenost veličine čestica prije valcanja 1



Slika 4. Veličina čestica i raspršenost veličine čestica prije valcanja 2



Slika 5. Veličina čestica i raspršenost veličine čestica prije valcanja 3



Slika 6. Veličina čestica i raspršenost veličine čestica prije valcanja 4

Rezultati eksperimentalnog rada prikazani su u tablici 2. i na slikama 3. do 6. U tablici 2. prikazani su tehnički parametri tijekom valcanja čokoladne mase. Iz rezultata mjerenja veličine čestica čokoladne mase prije valcanja i nakon valcanja vidljivo je koliko je važna tehnološka operacija valcanja čokoladne mase. Srednja vrijednost veličine čestica prije valcanja je bila 249  $\mu\text{m}$  s ekstremno velikim česticama i do 398  $\mu\text{m}$ , a najmanja izmjerena veličina čestice iznosila je 111  $\mu\text{m}$  (tablica 2). Izvalcana čokoladna masa bi trebala imati 90 % čestica veličine u rasponu od 6 do 25  $\mu\text{m}$ . Mali broj sitnih čestica smanjuje učinak manjih čestica koje se nalaze između velikih i time bi došlo do veće prividne viskoznosti pri srednjim i visokim brzinama smicanja [5]. U tom slučaju povećanje prividne viskoznosti najvjerojatnije bi bila posljedica smanjene specifične površine, jer pri malom smicanju dominira međusobna interakcija čestica. Povećavanje specifične površine može rezultirati višim vrijednostima granice tečenja [6]. Stoga je to jedan od razloga što se tijekom proizvodnje čokolade podešavaju parametri valcanja (temperatura valjaka i pritisak između valjaka, Tablica 2) čokoladne mase, jer se u operacijama koje slijede nakon valcanja čokoladna masa više ne može usitniti. Postupak optimizacije bi se mogao proširiti i na druge procesne korake, ali bi se prethodno trebalo proučiti tehničke mogućnosti svake pojedine proizvodnje čokolade [8].

U eksperimentalnom dijelu rada tehnološki parametri valcanja su podešavani četiri puta, te su svaki puta izuzimani uzorci čokoladne mase i izmjerena veličina čestica. Nakon prvog postavljanja tehnoloških parametara samo 60 % čestica čokoladne mase je imalo veličinu u rasponu od 6 do 25  $\mu\text{m}$  (Slika 3). 35 % čestica je bilo veličine iznad 25  $\mu\text{m}$ . Za očekivati je da bi tako izvalcana čokolada tijekom konzumacije u ustima ostavila dojam pjeskovitosti. Taljenje u ustima brže je za uzorke s optimalnom veličinom čestica. Smanjenje viskoznosti optimizacijom veličine čestica, temelji se na smanjenju čvrstoće nakupine čestica i nakupljanju strukture tijekom protoka ili taljenja [9]. Mreža čestica je u svom kristaliziranom stanju manje međusobno povezana što rezultira manjom otpornošću na lom i otapanje [10]. Upravo zbog toga su promijenjene temperature valjaka i tlakovi između valjaka. Kako bi čokoladna masa više očvrstnula i olakšao se prijenos s jednog valjka na drugi valjak, valjci su dodatno hlađeni i tlakovi između valjaka sniženi, osim na valjku 5 s kog se nožem skida čokoladna masa. Na taj način dobivena je prosječna veličina čestica 16,65  $\mu\text{m}$ , ali je bilo 5 % čestica iznad 25  $\mu\text{m}$  i 5% čestica ispod 6  $\mu\text{m}$ . Raspršenost čestica po veličini je bila visoka (Slika 4). U trećem pokusu valcanja neznatno je smanjeno hlađenje valjaka i korigirani tlakovi s ciljem smanjivanja udjela broja čestica ispod 6  $\mu\text{m}$  i iznad 25  $\mu\text{m}$ , te manje raspršenosti čestica po veličini (Slika 5).

Čokoladna masa valcana po postavljenim parametrima nije imala niti jednu česticu ispod 6  $\mu\text{m}$ , ali je još uvijek imala 5 % čestica iznad 25  $\mu\text{m}$ . U četvrtom pokusu, temperatura prvog, drugog i petog valjka je snižena za 1 °C, trećeg povećana za 5 °C, a četvrtog nepromijenjena u odnosu na treći pokus. Također, u odnosu na treći pokus tlak između prvog i drugog valjka je smanjen, a između trećeg i četvrtog valjka povećan. Valcanje prema postavljenim parametrima nije dalo rezultate u smislu smanjenja broja čestica iznad 25  $\mu\text{m}$ , ali je postignuta manja raspršenost čestica po veličini (Slika 6).

#### 4. Zaključak

Važan preduvjet za proizvodnju čokolade dobrih senzorskih karakteristika i optimalne viskoznosti je optimalna veličina čestica čokolade. Na veličinu čestica čokolade može se utjecati tijekom procesa valcanja čokoladne mase. Mjerenje i praćenje veličine čestica omogućava podešavanje procesnih parametara petovaljaka. Snižavanje temperature prvog, drugog i petog valjka i povišenje temperature trećeg valjka, te sniženje tlaka između prvog i drugog valjka i povećanje između trećeg i četvrtog i valjka rezultirao je boljom raspodjelom po veličini čestica proučavane čokoladne mase. Končiranjem, koje slijedi nakon valcanja, čestice čokoladnog mliva ne bi se dodatno usitnile, nego bi se oštri bridovi nekih čestica samo zaoblili, tako da bi proizvedena čokolada imala finu strukturu i dobru topivost u ustima. Pravilna veličina čestica čokoladnog mliva doprinosi kvaliteti čokolade.

## 5. Literatura

- [1] Gavrilović, M. (2000). Tehnologija konditorskih proizvoda. Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, 2000.
- [2] Becket, S.T.(1999). Industrial chocolate manufacture and use, 3<sup>rd</sup> edition. *Blackwell Science*
- [3] Yanes, M., Duran, L., Costell, E. (2002). Rheological and optical properties of commercial chocolate milk beverages. *J. Food Eng.*, 51, 229-234.
- [4] Afoakwa E.O., Peterson A., Fowler, M. (2007) Factors influencing rheological and textural qualities in chocolate – a review. *Trends in Food Sci. & Tech.*, 18, 290 – 298.
- [5] Zoumas, E.J., Finnegan, E.J. (1979): Chocolate and Cocoa. *Kirk - Othmer's Encyclopedia of Chemical Technology*. 6. 3<sup>rd</sup>, John Wiley & Sons, New York
- [6] Do, T-A.L., Hargreaves, J.M., Wolf, B., Hort, J., Mitchel, J.R. (2007) Impact of Particle Size Distribution on Rheological and Textural Properties of Chocolate Models with Reduced Fat Content *Journal of Food Science*. 72, 541–552
- [7] Afoakwa E.O., Peterson A., Fowler, M. (2008) Effects of particle size distribution and composition on rheological properties of dark chocolate. *European Food Research and Technology*. 226, 1259–1268
- [8] Siegfried Bolenz, S., Elisa Kutschke E., Eberhard Lipp E., Annika Senkpiehl, A. (2007) Pre-dried refiner flakes allow very short or even continuous conching of milk chocolate. *European Food Research and Technology*. 226, 153–160
- [9] Alamprese, C., Datei, L., Semeraro, Q. (2007) Optimization of processing parameters of a ball mill refiner for chocolate. *Journal of Food Engineering*. 83, 629–636
- [10] Bolenz, S., Manske, A. (2013) Impact of fat content during grinding on particle size distribution and flow properties of milk chocolate. *European Food Research and Technology*. 236, 863–872.



Photo 067. Anđel / Angel