

# Vliv přídavku mléčné složky na vybrané vlastnosti čokolády

Bc. Jana Hofmanová

---

Diplomová práce  
2020

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická  
Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2019/2020

## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE** (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Jana Hofmanová**  
Osobní číslo: **T18372**  
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**  
Studijní obor: **Technologie potravin**  
Forma studia: **Kombinovaná**  
Téma práce: **Vliv přídavku mléčné složky na vybrané vlastnosti čokolády**

### **Zásady pro vypracování**

1. Obecná charakteristika čokolády
2. Technologické schéma výroby čokolády
3. Faktory ovlivňující kvalitu čokolády
4. Vyrobté modelové vzorky mléčné čokolády s různým přídavkem mléčné složky
5. Provedte vybrané analýzy
6. Vyhodnotte získané výsledky a zformulujte závěry

Forma zpracování diplomové práce: **Tištěná/elektronická**

**Seznam doporučené literatury:**

- [1] OSTROWSKA-LIGĘZA, E., MARZEC, A., GÓRSKA, A., WIRKOWSKA-WOJDYŁA, M., BRYŚ, J., REJCH, A., CZARKOWSKA, K. (2019). A comparative study of thermal and textural properties of milk, white and dark chocolates [Online]. *Thermochimica Acta*, 671, 60-69. <https://doi.org/10.1016/j.tca.2018.11.005>.
- [2] GLICERINA, V., BALESTRA, F., DALLA ROSA, M., ROMANI, S. (2015). Effect of manufacturing process on the microstructural and rheological properties of milk chocolate [Online]. *Journal Of Food Engineering*, 145, 45-50. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.06.039>.
- [3] GLICERINA, V., BALESTRA, F., DALLA ROSA, M., ROMANI, S. (2016). Microstructural and rheological characteristics of dark, milk and white chocolate: A comparative study [Online]. *Journal Of Food Engineering*, 169, 165-171. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.08.011>.
- [4] LIANG, B., HARTEL, R. W. (2004). Effects of Milk Powders in Milk Chocolate [Online]. *Journal Of Dairy Science*, 87 (1), 20-31. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73137-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73137-9).

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Richardos Nikolaos Salek, Ph.D.**  
Ústav technologie potravin

Datum zadání diplomové práce: **17. února 2020**  
Termín odevzdání diplomové práce: **15. května 2020**

L.S.

---

**prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.**  
děkan

---

**doc. RNDr. Iva Burešová, Ph.D.**  
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 17. února 2020

## **PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE**

Beru na vědomí, že:

- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

### **Prohlašuji,**

- že jsem diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- Že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....  
podpis studenta

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce se zabývá vlivem přídavku mléčné složky na vybrané vlastnosti čokolády.

Teoretická část práce přináší stručné shrnutí současných poznatků týkajících se výroby a zpracování čokolády. Dále se práce zaměřuje na vlastnosti mléčných složek, které jsou k výrobě čokolády běžně využívány, a jejich vliv na výslednou kvalitu čokoládových výrobků.

Cílem praktické části práce bylo posoudit vliv přídavku sušené syrovátky (v koncentracích 0,0 %; 2,5 %; 5,0 %; 7,5 %; 10,0 % w/w) na vybrané vlastnosti čokolády. Analýza vlastností modelových vzorků mléčné čokolády zahrnovala hodnocení hodnoty pH, vlhkosti, reologických vlastností, hodnocení tvrdosti a analýzu akustické emise. Měření probíhalo vždy den po výrobě, týden a dva týdny po výrobě. Výsledky ukazují, že přídavek sušené syrovátky mírně snižuje hodnotu pH. Z naměřených hodnot také vyplývá, že přídavek syrovátky snižuje tvrdost čokolády, její viskozitu, mez toku i tixotropii.

Klíčová slova: čokoláda, mléčná čokoláda, mléčná složka, sušená syrovátka, reologické vlastnosti, tvrdost

## **ABSTRACT**

The thesis deals with the influence of milk substances addition on selected properties of milk chocolate.

Theoretical part presents a brief summary about production and processing of chocolate. It also discusses properties of milk substances which are usually used in chocolate production and its influence on final chocolate products.

The aim of practical part was to evaluate the influence of whey powder addition (in concentrations: 0,0 %; 2,5 %; 5,0 %; 7,5 %; 10,0 % w/w) on selected properties. Namely moisture content, pH, rheological properties, analysis of acoustic emission and hardness were measured. Analysis of model samples were made one day after the production day, one and two weeks after production. The results showed that the addition of whey powder lightly decreased the samples pH value. The addition of whey powder also decreased the hardness of chocolate, as well as the viscosity, yield stress and thixotropy.

Keywords: chocolate, milk chocolate, milk substances, whey powder, rheological properties, hardness

Ráda bych na tomto místě upřímně poděkovala vedoucímu této diplomové práce, Ing. Richardosovi Nikolaosovi Salekovi, PhD., za jeho čas, cenné rady, pomoc, ochotu a odborné vedení, které mi při tvorbě této práce poskytl.

Dále srdečně děkuji své rodině, partnerovi a přátelům za podporu nejen při psaní diplomové práce, ale i během celého studia.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická, nahraná do IS/STAG jsou totožné.

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA ČOKOLÁDY</b> .....	<b>12</b>
1.1 DEFINICE ČOKOLÁDY A OBECNÁ CHARAKTERISTIKA JEJICH DRUHŮ .....	12
1.2 HISTORIE KAKAA A ČOKOLÁDY .....	13
1.3 PĚSTOVÁNÍ A ODRŮDY KAKAOVNÍKU .....	15
1.4 SUROVINY PRO VÝROBU ČOKOLÁDY .....	16
1.4.1 Kakaové boby.....	16
1.4.2 Kakaová hmota.....	17
1.4.3 Kakaové máslo a kakaový prášek .....	18
1.4.4 Tuhy jiné než kakaové máslo .....	19
1.4.5 Sacharóza a další sladidla.....	20
1.4.6 Emulgátory .....	21
1.4.7 Mléčné složky .....	22
1.5 DRUHY MLÉČNÝCH SLOŽEK A JEJICH VLASTNOSTI .....	23
1.5.1 Sušené mléko .....	23
1.5.2 Sušená syrovátka .....	24
1.5.3 Laktóza.....	24
1.5.4 Mléčný tuk .....	24
<b>2 TECHNOLOGICKÝ POSTUP VÝROBY ČOKOLÁDY</b> .....	<b>26</b>
2.1 ZPRACOVÁNÍ KAKAOVÝCH BOBŮ .....	26
2.1.1 Fermentace kakaových bobů.....	26
2.1.2 Sušení .....	27
2.1.3 Skladování a transport.....	28
2.1.4 Třídění a čištění.....	28
2.1.5 Pražení.....	29
2.1.6 Drcení a odslupkování.....	30
2.2 MLETÍ KAKAOVÝCH BOBŮ.....	30
2.3 MÍSENÍ ČOKOLÁDOVÉ HMOTY .....	31
2.4 VÁLCOVÁNÍ .....	31
2.5 KONŠOVÁNÍ .....	31
2.6 TEMPERACE.....	32
2.7 FORMOVÁNÍ .....	34
<b>3 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ KVALITU ČOKOLÁDY</b> .....	<b>35</b>
3.1 VSTUPNÍ SUROVINY .....	35
3.2 OPTIMALIZACE TECHNOLOGICKÉHO PROCESU.....	36
3.3 VADY ČOKOLÁD.....	37
3.4 VLIV PŘÍDAVKU MLÉČNÝCH SLOŽEK .....	39



3.4.1	Vliv na senzoričké vlastnosti .....	39
3.4.2	Vliv na fyzikální vlastnosti .....	40
3.5	FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ REOLOGICKÉ VLASTNOSTI .....	41
3.5.1	Cassonův model .....	44
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>45</b>
<b>4</b>	<b>CÍL PRÁCE .....</b>	<b>46</b>
<b>5</b>	<b>METODIKA PRÁCE .....</b>	<b>47</b>
5.1	ÚVODNÍ POPIS EXPERIMENTU .....	47
5.2	VÝROBA MODELOVÝCH VZORKŮ MLÉČNÉ ČOKOLÁDY .....	47
5.3	CHEMICKÁ ANALÝZA .....	49
5.3.1	Stanovení vlhkosti .....	49
5.3.2	Stanovení pH .....	49
5.4	TEXTURNÍ ANALÝZA .....	49
5.4.1	Penetrační test .....	50
5.5	ANALÝZA AKUSTICKÉ EMISE .....	50
5.6	REOLOGICKÉ VLASTNOSTI .....	51
5.7	STATISTICKÁ ANALÝZA .....	52
<b>6</b>	<b>VÝSLEDKY A DISKUZE .....</b>	<b>53</b>
6.1	ZÁKLADNÍ CHEMICKÁ ANALÝZA .....	53
6.1.1	Stanovení vlhkosti .....	53
6.1.2	Stanovení pH .....	55
6.2	VÝSLEDKY TEXTURNÍ ANALÝZY .....	57
6.2.1	Penetrační test .....	57
6.3	ANALÝZA AKUSTICKÉ EMISE .....	60
6.4	REOLOGICKÉ VLASTNOSTI .....	62
6.4.1	Stanovení viskozity .....	63
6.4.2	Stanovení meze toku .....	67
6.4.3	Tixotropie .....	69
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>71</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>73</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>80</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>81</b>
	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>82</b>

## ÚVOD

Mléčná čokoláda je potravinou vyrobenou z kakaových součástí, sladidel, mléka nebo jiných mléčných výrobků a případně také dalších složek jako jsou aromatizující látky, či emulgátory. Ačkoli historie zpracování kakaových bobů sahá již do dob před naším letopočtem, výroba mléčné čokolády, tak jak ji známe dnes, má své kořeny až v 19. století. Dnes je ale celosvětově nejoblíbenějším druhem čokolády. Pro její výrobu bylo tradičně využíváno sušené plnotučné mléko a smetana. Do popředí se však dostává, a to zejména z ekonomických důvodů, využívání dalších mléčných součástí, kterými je v současnosti především sušené odtučněné mléko, sušená syrovátka, laktóza, nebo sušené podmáslí.

Přídavek mléčné složky ovlivňuje konečnou kvalitu výrobku. Ovlivňuje nejenom její organoleptické vlastnosti, ale také vlastnosti texturní, reologické, a také dobu její skladovatelnosti. Mimo konečné jakosti hotového výrobku ovlivňuje přídavek mléčné složky do čokoládové směsi i samotný výrobní proces a jeho parametry.

Předkládaná diplomová práce se snaží v rámci teoretické části shrnout soudobé poznatky týkající se výroby a zpracování čokolády, zároveň se zaměřuje na vlastnosti mléčných součástí užívaných pro výrobu čokolád, a také vliv přídavku mléčné složky na výslednou kvalitu čokolád.

Předmětem praktické části diplomové práce byla výroba pěti druhů modelových vzorků mléčné čokolády s různým obsahem mléčných složek. Kontrolní vzorek byl vytvořen pouze s obsahem sušeného odtučněného mléka, které bylo postupně nahrazováno z 2,5 %, 5,0 %, 7,5 % a z 10,0 % sušenou syrovátkou. Vzorky byly skladovány po dobu dvou týdnů při chladírenské teplotě  $6 \pm 2$  °C. Ihned po výrobě, po prvním a druhém týdnu skladování byly jednotlivé vzorky podrobeny analýze reologických vlastností, analýze tvrdosti, stanovení hodnoty pH, analýze akustické emise a obsahu vlhkosti. Ze získaných výsledků byl hodnocen vliv přídavku sušené syrovátky na zmíněné vlastnosti čokolády.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA ČOKOLÁDY

*„Čokoláda nezná hranic, mluví všemi jazyky, přichází ve všech různých podobách, je tkaná mnoha kulturami a disciplínami, ovlivňuje náladu, zdraví i ekonomiku, a je součástí našeho života od raného dětství až po stáří.“*

*Dr. Herman A. Berliner*

Autorem citátu je Herman Albert Berliner, doktor a učitel ekonomie původem ze Spojených států amerických. Jeho citát vystihuje fakt, že čokoláda je nedílnou součástí jídelníčků většinové populace a nedílnou součástí naší kultury. V dobách svého zrodu byla považována za symbol bohatství, plodnosti a síly, dnes je spíše symbolem pozitivní nálady a příjemně strávených chvil. Čokoláda, respektive kakaové boby, jsou také významnou obchodní komoditou na světových trzích, což jen potvrzuje fakt, že celosvětová spotřeba čokolády i nadále roste (Hofstra university nedatováno; ÚZEI 2010; Wise Old Sayings nedatováno).

## 1.1 Definice čokolády a obecná charakteristika jejich druhů

Čokoládou se dle platných předpisů harmonizovaných v rámci EU, a tedy i vyhláškou č. 76/2003 Sb., (dále upravenou vyhláškou č. 43/2005 Sb.), rozumí potravina vyrobená z kakaových součástí, přírodních sladidel, sladidel nebo jejich kombinací, přídatných látek určených k aromatizaci, případně z dalších složek (ořechy; sušené ovoce; rostlinné tuky v maximálním množství 5 hm %, atd.). Kakaovou součástí se přitom rozumí kakaová drť, kakaová hmota, kakaový prášek, kakaové máslo, kakaové výlisky nebo kakaový tuk (Míková 2014; MZe 2003; 2005).

Mezi základní druhy čokolády definované vyhláškou č. 76/2003 Sb. patří čokoláda hořká, mléčná a bílá, přičemž každý druh těchto výrobků může být dále dělen na skupiny čokolád: (a) bez přísad, (b) s přísadami, (c) na vaření, nebo (d) plněná. Žádný ze zmíněných druhů čokoládových výrobků nesmí obsahovat škrob, výjimkou jsou ale tržní druhy čokolád *a la taza* a *familiar a la taza*, které mohou obsahovat určité škroby v povolených množstvích (Čopíková 2015; MZe 2003).

Bílá čokoláda je tradičně vyráběna z kakaového másla, mléka, nebo mléčných výrobků, sladidel a případně dalších složek. Neobsahuje však žádné pevné kakaové součásti, díky čemuž vděčí za svou bělavou barvu. V některých zemích dokonce nemůže být kvůli nízkému obsahu pevných kakaových podílů nazývána čokoládou. V zemích Evropské unie může být takový výrobek nazýván čokoládou v případě, kdy obsahuje minimálně 20 hm. % kakaového

másla, 3,5 hm. % mléčného tuku a minimálně 14 hm. % mléčné sušiny (Cacaoweb 2018; MZe 2003).

Hořká čokoláda obsahuje min. 18 hm. % kakaového másla a nejméně 35 hm. % kakaové sušiny (tj. celkový obsah sušiny kakaových součástí vyjádřený v procentech k celkové hmotnosti výrobku). V případě hořkých a mléčných čokolád musí být obsah kakaové sušiny povinně značen na obalu výrobku slovy „obsah kakaové sušiny xy %“, tento údaj může být částečným vodítkem pro spotřebitele při výběru kvalitnějších druhů čokolád. U hořkých čokolád se jako kvalitní obvykle označují čokolády s obsahem kakaové sušiny vyšším než 43 hm. % (Cacaoweb 2018; Čopíková 2015; MZe 2003).

Mléčná čokoláda obsahuje mimo klasických surovin jako jsou kakaové součásti (v minimálním množství 25 hm. %), sladidla, případně další přídatné látky i mléčnou složku. Obsah mléčné sušiny musí být dle vyhlášky MZe č. 76/2003 nejméně 14 hm. %, společně s obsahem mléčného tuku vyšším nežli 3,5 hm. %. Kvalitní mléčná čokoláda obvykle obsahuje více jak 30 % celkové kakaové sušiny, více než 18 % mléčné sušiny a více než 4,5 % mléčného tuku (Míková 2014; MZe 2003). Jednotlivé druhy mléčných složek a jejich vlastnosti jsou podrobněji popsány v kapitole 1.4.

## 1.2 Historie kaka a čokolády

Stálezelené stromy kakaovníků mají svůj původ v oblastech Jižní a Střední Ameriky. Původní obyvatelé těchto území zpracovávali plody kakaovníků různým způsobem již stovky let před naším letopočtem. Existují důkazy o tom, že už 1400 let před naším letopočtem dokázali Olmékové (na území dnešního Hondurasu) fermentovat sladkou dužninu kakaových plodů na alkoholický nápoj. Májové, Inkové a Aztékové pak využívali pražené kakaové boby k výrobě kakaového nápoje nazývaného *xocoatl* („hořké pití“), jemuž byly přiřazovány kouzelné, léčebné i afrodiziakální účinky. Kakaové boby se také využívaly jako naturální platidlo (Beckett 2011b; 2011a; Caobisco 2020; Čopíková 2015).

Do Evropy prvně přivezl kakaové boby Kryštof Kolumbus už na konci 15. století. Nevzbudily ale mezi veřejností velký zájem a byly zastíněny dalšími, jím dovezenými, plodinami. Situace se změnila na počátku 16. století, kdy do Evropy kakaové boby dovezl Hernan Cortéz spolu s potřebnými znalostmi a vybavením nutným k úspěšné výrobě kakaového nápoje. Obliba kakaového nápoje napříč Evropou rychle stoupala a jeho popíjení se stalo velmi žádoucí zejména mezi bohatšími vrstvami obyvatel (Beckett 2011b; Caobisco 2020).

Základy technologického zpracování čokolády, tak jak ho známe dnes, byly položeny v 18. století. Období průmyslové revoluce umožnilo hromadnou výrobu čokolády a kakaového prášku, čímž výrazně klesla pořizovací cena těchto komodit. Za jedním z přelomových objevů pro průmyslové zpracování čokolády stojí Conrad van Houten z Nizozemska, který v roce 1828 popsal technologii oddělování kakaového másla od kakaového prášku lisováním (Beckett 2011b; Caobisco 2020; Čopíková 2015).

Mezi další významné milníky historie čokoládového průmyslu patří založení první továrny na tuhou hořkou čokoládu v anglickém Bristolu roku 1847, do té doby se čokolády prodávaly zejména v tekutém stavu a obsahovaly vysoké procento tuku. Výrobě mléčné čokolády předcházela řada výzkumů, které se snažily najít způsob, jak efektivně smísit kakaovou hmotu společně s mlékem tak, aby se zabránilo vzniku tuhé pasty s nežádoucími vlastnostmi (voda reaguje s cukrem a kakaovou hmotou). Jako první uvedl na trh mléčnou čokoládu Daniel Peter roku 1875 ve Švýcarsku. Při vzniku mléčné čokolády ale hrál významnou roli i švýcarský farmaceut Henry Nestlé, který v roce 1867 představil světu technologii výroby sušeného mléka, které je součástí různých typů čokolád i v současnosti. O několik let později (1879) objevil Rodolphe Lindt, také původem ze Švýcarska, konšovací stroj, který zahřívá a válcuje čokoládu, přičemž zdokonaluje její chuť a zvyšuje její jemnost. Konšování je dnes již nedílnou součástí výrobního procesu (Beckett 2011a; 2011b; Caobisco 2020; Chocolate Class 2014).



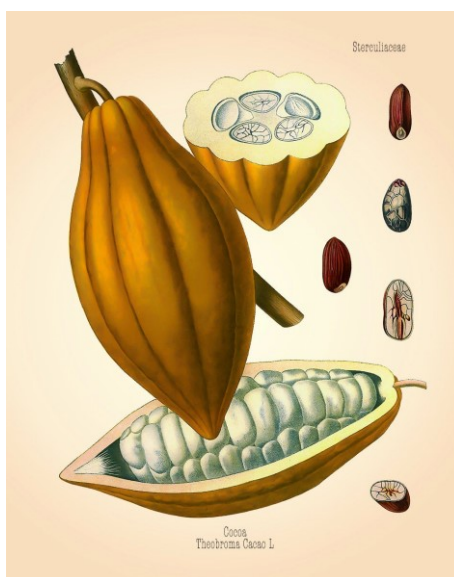
Obrázek 1 První mléčná čokoláda (Diccon Bewes 2012)

Spotřeba čokolády a čokoládových výrobků má celosvětově vzrůstající trend. Spotřeba čokolády vzrůstá i v České republice, průměrný příjem čokolády na osobu za rok je asi 6 kg (údaj z roku 2009), evropskými rekordmany jsou ale Švýcaři, u kterých činí průměrná spotřeba okolo 9 kg čokolády na osobu za rok. Nenaarůstá pouze spotřeba čokolády, ale také požadavky a touha spotřebitelů po nových produktech, což vytváří nové a nové výzvy pro výrobce i technology (ÚZEI 2010; Caobisco 2020).

### 1.3 Pěstování a odrůdy kakaovníku

Kakaovník pravý, latinským názvem *Theobroma Cacao* L., sehrává ústřední roli ve výrobě čokolády. Tento stále zelený subtropický strom rodí plody, které jsou sklíženy dvakrát do roka. Plody kakaovníků měří okolo 30 cm, váží zhruba 300-500 g a jsou přisedlé přímo ke kmenům stromů. Kakaové plody obsahují okolo 20-40 semen, která se dále zpracovávají a označují se jako kakaové boby. Samotné plody mohou mít během zrání hnědožlutou až fialovou barvu a liší se i dle samotné odrůdy (Beckett 2011b; Cacaoweb 2018; Čopíková 2015).

Původní oblastí pěstování kakaovníků je, jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole, Jižní a Střední Amerika. V současnosti se nejvýznamnější pěstitelské oblasti nachází i mimo Střední a Jižní Ameriku – v jihovýchodní Asii a západní Africe. Stromy kakaovníků jsou velice náročné na podmínky pěstování. V nežádoucích podmínkách neplodí nebo se stávají citlivější vůči různým druhům chorob. Teploty vhodné pro jejich pěstování se pohybují okolo 18-32 °C, citlivé jsou také na nedostatek závlahy, nejsou ale příliš náročné na osvit, rostou naopak velmi často ve stínech jiných stromů (Beckett 2011b; Cacaoweb 2018).



Obrázek 2 Plod kakaovníku a kakaové boby (Etsy, nedatováno)

Existuje několik odrůd kakaovníku pravého, liší se ve tvaru, barvě plodů a semen, a především v následné kvalitě z nich vyráběných produktů. Zemědělský význam mají čtyři druhy kakaovníku pravého, z nichž dva jsou dominantní. Největšího pěstitelského podílu dosahuje odrůda **Forastero**, tvoří okolo 80 % celosvětové sklizně a je pěstována v Africe, Střední a Jižní Americe. Z této odrůdy vznikly šlechtěním další významné poddruhy,

například západoafrický *Amelonado*, který je hojně pěstován a je významný pro svou intenzivní, ale zároveň jemnou chuť a vůni. Barva neopracovaných semen Forastero je bílá až světle růžová. Původnějším druhem je odrůda **Criollo**, pěstována byla v původních pěstitelských oblastech – Střední Americe a Mexiku. Stromy této odrůdy rostou pomaleji a jsou ve srovnání s Forastero nižší, barva neopracovaných semen je fialová. Pěstování Criollo není hojné, tvoří okolo 5-10 % celosvětové produkce. Čokoláda vyrobená z plodů této odrůdy má však vysokou kvalitu, má ale zároveň i vysokou cenu. Některé výběrové čokolády tak jsou vyráběny ze směsi kakaových bobů Criollo a Forastero. Další odrůdou kakaovníku pravého je **Trinitario**, která je pravděpodobně hybridem dvou výše zmíněných odrůd, vyšlechtěným v oblasti západní Indie. Snoubí kvalitní aroma odrůdy Criollo a zároveň výnosnost a odolnost vůči chorobám odrůdy Forastero. Poslední varietou je odrůda **Nacional**, která je pěstována minoritně v oblasti And, je velmi náročná na pěstování a je náchylná k nemocem, má ale výbornou sensorickou jakost (Cacaoweb 2018; Callebaut 2020; Čopíková 2015; Pence 1989).

## 1.4 Suroviny pro výrobu čokolády

Mezi základní suroviny potřebné pro výrobu čokolády patří: kakaová hmota, kakaové máslo a cukr různého původu. Dalšími surovinami jsou emulgátory, ochucující suroviny anebo náhražky kakaového másla.

### 1.4.1 Kakaové boby

Kakaové boby o rozměrech přibližně 2x1 cm se nacházejí uvnitř kakaových plodů. Jednotlivé boby jsou pokryty bílou dužninou, od které jsou většinou oddělovány ručně. Boby se skládají z vnější skořápky, jež chrání dvě dělohy a malý zárodek. Skořápky jsou považovány za odpadní materiál, mohou se ale využít například jako materiál mulčovacích směsí nebo palivo. Pražená jádra kakaových bobů mohou být zpracovávána při přípravě čokolády na kakaovou hmotu, nebo mohou být lisována za vzniku kakaového másla a kakaového prášku (Beckett 2011b; 2008).

Složení kakaových bobů není závislé pouze na odrůdě, ale i na podmínkách pěstování, tj. teplotě, množství slunečního svitu, srážek a kvalitě půdy. I proto je možné se setkat s rozdílnou kvalitou kakaových bobů, byť pocházejících ze stejného pěstitelského regionu (Cacaoweb 2018). Nezpracované kakaové boby obsahují přibližně 35 % sušiny. Kakaové



boby jsou obvykle obchodovány jako fermentované a sušené (Beckett 2011b; Čopíková 2015), chemické složení sušených bobů uvádí tabulka č. 1:

Tabulka 1 Chemické složení sušených kakaových bobů (Beckett 2011b)

Hlavní složky	Dužnina (% w/w)	Skořápka (% w/w)
<b>Voda</b>	2-5	4-11
<b>Tuk</b>	48-57	2-6
<b>Proteiny</b>	11-16	13-20
<b>Škrob</b>	6-9	6,5-9
<b>Vláknina</b>	2,1-3,2	13-19
<b>Popeloviny</b>	2,6-4,2	6,5-20,7
<b>Theobromin</b>	0,8-1,4	0,2-1,3
<b>Kofein</b>	0,1-0,7	0,04-0,3

Sušina kakaových bobů obsahuje okolo 50 % tuku (viz. Tabulka 1), čemuž také vděčí čokoláda a čokoládové výrobky za svoji vysokou energetickou hodnotu. Sto gramů sušených kakaových bobů má energetickou hodnotu přibližně 560 kcal (2300 kJ) (Nutridatabaze nedatováno). Tuk je nejcennější složkou bobů, zastoupeny jsou zejména neutrální lipidy (98 %) – především triacylglyceroly, polární lipidy jsou pak pouze minoritní složkou lipidové frakce. Obsah proteinů v kakaových bobech je okolo 10-15 % sušiny, nejvíce jsou zastoupeny albuminy (52 %) a globuliny (43 %). Sacharidy jsou přítomné zejména v podobě polysacharidů: stravitelného škrobu (8 %) a vlákniny, která se nachází nejvíce ve skořápkách bobů. Dále obsahují kakaové boby množství organických kyselin a polyfenolů. Další neméně významnou složkou plodů kakaovníku jsou stimulační látky, jako je theobromin, kofein nebo theofylin. Jedná se o purinové alkaloidy ovlivňující činnost centrální nervové soustavy. Polyfenoly a purinové alkaloidy se spolupodílí na tvorbě typické kakaové chuti (Bertazzo et al. 2013)

#### 1.4.2 Kakaová hmota

Kakaová hmota je produkt získaný drcením kakaových bobů tržní kvality, které byly zbaveny skořápky a klíčku v takovém rozsahu, jak jen je technicky možné. Drcení je obvykle dvoustupňové, využívá se různých typů mlýnů, například kulových. Při drcení je vyvíjeno teplo, které následně pomáhá rozpouštět obsažený tuk. Hmota může být vyráběna jak z bobů pražených, tak nepražených a může být skladována, či transportována v pevné i tekuté podobě. Mezi hlavní požadavky na jakost kakaové hmoty patří maximální množství skořápek a klíčků, které nesmí být vyšší než 5 % (w/w), vztažených na netučný podíl

kakaové hmoty. Hmota by měla obsahovat 53-60 % kakaového másla (Beckett 2011b; Cacaoweb 2018; FAO 2016), další požadavky uvádí Tabulka č. 2:

Tabulka 2 Požadavky kladené na kakaovou hmotu (Beckett 2011b)

Požadavek	Množství
Voda	<2 %
CPM	<5000 KTJ/g
Plísně	<50 KTJ/g
Kvasinky	<50 KTJ/g
<i>Enterobacteriaceae</i>	0 KTJ
<i>Escherichia coli</i>	0 KTJ
<i>Salmonella</i>	0 KTJ/750 g

### 1.4.3 Kakaové máslo a kakaový prášek

Lisováním kakaové hmoty vzniká kakaové máslo a kakaový prášek jako dílčí produkty. Výlisek, v tomto případě kakaový prášek, je dále drcen, mlet a stabilizován. Důležitým krokem při výrobě kakaového prášku je alkalizace kakaové hmoty pomocí uhličitanu draselného (Dutching proces), čímž je docíleno lepšího aroma, požadované tmavší barvy a vyšší smáčivosti cílového produktu ve vodě nebo mléku. Takto upravený kakaový prášek je balen a expedován (Cacaoweb 2018; Čopíková 2015).

Kakaové máslo je jednou z nejdůležitějších přísad v cukrovinkářském průmyslu, bez které se výroba čokolády neobejde. Je získáváno lisováním zahřáté kakaové hmoty za optimální teploty 100 °C. Oddělování kakaového másla se pak obvykle provádí na horizontálních hydraulických lisech při hodnotách tlaku až 540 MPa. Kakaové máslo má v tuhém stavu krémovou, slonovinovou barvu a typickou čokoládovou vůni. Toto aroma je u některých typů výrobků, jako je např. bílá čokoláda, nežádoucí a kakaové máslo je o něj ochuzováno v procesu deodorizace (Beckett 2008; 2011b; Venter et al. 2007).

Konzistence kakaového másla je při pokojové teplotě tuhá a zároveň křehká, jeho bod tání je ale nižší než teplota lidského těla (pohybuje se okolo 32-35 °C), což umožňuje rozpuštění čokolády v ústech. Podstatnou část lipidů kakaového másla představují různé typy triacylglycerolů (TAG), přitom každý má rozdílnou teplotu tání a tuhnutí. Mezi nejvíce zastoupené mastné kyseliny v TAG patří kyselina olejová (35 %) a nasycené mastné kyseliny – stearová (34 %) a palmitová (26 %) (Beckett 2008; ICCO 2012). Zastoupení jednotlivých typů triacylglycerolů v kakaovém másle uvádí Tabulka č. 3.

Tabulka 3 Složení kakaového másla (ICCO 2012)

Požadavek	Množství (% w/w)
Plně nasycené TAG	2,5-3,0
Zcela nenasycené TAG (triolein)	1,0
Stearo-diolein	6-12
Palmito-diolein	7-8
Oleo-distearin	18-22
Oleo-palmitostearin	52-57
Oleo-dipalmitin	4

Kakaové máslo je díky různým typům TAG schopno krystalizovat v několika modifikacích, a to  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\beta'$  a  $\gamma$ . Každá krystalická modifikace se od sebe liší svými fyzikálně-chemickými vlastnostmi, významný je v tomto případě bod tání. Nejstabilnější modifikaci představuje modifikace  $\beta$  (Beckett 2008; ICCO 2012).

Kakaové máslo může být transportováno a skladováno v tekuté i tuhé formě. V tuhém stavu má ve srovnání s ostatními tuky dlouhou trvanlivost, za podmínky správného skladování. Je jedním z nejstabilnějších známých tuků. Nerafinované kakaové máslo obsahuje antioxidanty, které zabraňují žluknutí a ve směsi s dalšími tuky zvyšuje jejich stabilitu. Může být skladováno rok i více bez změny svých vlastností (Beckett 2011b; Cook nedatováno).

#### 1.4.4 Tuky jiné než kakaové máslo

Dle vyhlášky č. 76/2003 Sb. lze do čokolád přidávat i jiný rostlinný tuk než kakaové máslo. Podíl jiných tuků ve výrobku nesmí být vyšší než 5 hm. % a zároveň nesmí být porušen požadavek na minimální obsah kakaového másla nebo celkové kakaové sušiny. Výrobce je zároveň povinen uvést přídavek náhražky kakaového másla na obalu slovy „vedle kakaového másla obsahuje rostlinné tuky“. Mezi tuky, které jsou dle vyhlášky povoleny, patří: (a) palmový olej; (b) Illipe (bornejský tuk); (c) sal; (d) bambucký tuk; (e) kokum gurmi; (f) olej z jader manga (MZe 2003).

Náhražky kakaového másla jsou do čokolád přidávány zpravidla jako jeho levnější alternativa. Ekonomický význam mají zejména ve velkokapacitních výrobnách. Jako náhradu kakaového másla lze využít pouze ty rostlinné tuky, které vytváří krystalickou strukturu kombinovatelnou s vlastní krystalickou strukturou kakaového másla. Tuky jiné, nežli je kakaové máslo, ovlivňují fyzikální vlastnosti čokolád, výsledné produkty pak jsou obvykle odolnější vůči vyšší teplotě. V průběhu let byly náhražky kakaového másla

rozděleny do tří skupin dle kompatibility s kakaovým máslem na: ekvivalenty kakaového másla (CBE), substituenty kakaového másla (CBS) a náhrady kakaového másla (CBR). (Čopíková 2015; Gunstone 2006).

- CBE – ekvivalenty kakaového másla jsou shodné svými chemickými a fyzikálními vlastnostmi s kakaovým máslem, patří mezi ně výše zmíněné rostlinné tuky uvedené ve vyhlášce č. 76/2003 Sb., využívají se jako součást čokolád i pralinek.
- CBS – substituenty kakaového másla jsou tuky, které nemají zcela podobné vlastnosti jako kakaové máslo, řadí se mezi ně např. palmojadrový a kokosový tuk a jsou využívány zejména jako součást plev.
- CBR – náhrady kakaového másla jsou využívány při výrobě potažených sušenek a jejich trvanlivých náplní, zvyšují tepelnou stabilitu vzniklých směsí. Patří mezi ně např. sójový, řepkový olej a palmový olej (Gunstone 2006).

#### 1.4.5 Sacharóza a další sladidla

Čokoláda tradičně obsahuje okolo 45-55 % cukru, zejména ve formě sacharózy. Průměrné množství cukrů v čokoládě je relativně vysoké. Již konzumace 40 g hořké nebo mléčné čokolády představuje přibližně 18 g cukrů, což odpovídá, dle WHO, polovině doporučeného denního energetického příjmu z volných (přidaných) cukrů pro děti i dospělé. Je však nutné si uvědomit, že při cíleném snižování obsahu přidaného cukru se zvyšuje obsah tuků a stejně tak energetická hodnota výrobku. Výjimkou je čokoláda slazená cukernými alkoholy, která má energetickou hodnotu, ve srovnání s klasickými výrobky, obvykle nižší (Beckett 2008; Čopíková 2015; WHO 2015).

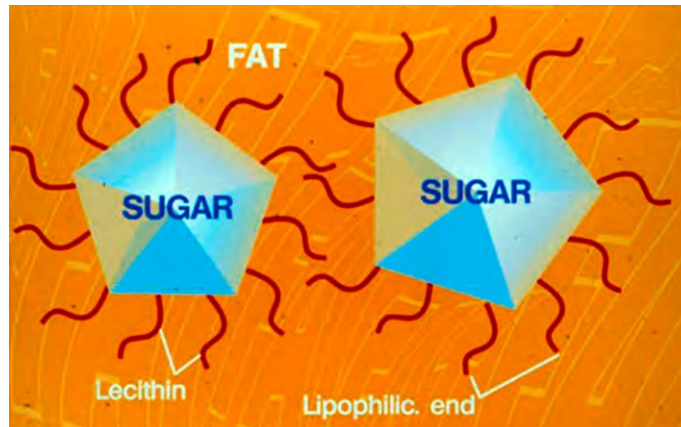
V případech, kdy jsou využívány i mléčné složky, obsahuje čokoláda i určité množství laktózy. Ke slazení se využívají i jiné cukry (fruktóza), polysacharidy nebo cukerné alkoholy (např. sorbitol, xylitol). Důvodem jejich využívání je vyslyšení nových trendů v potravinářství, ale také důvody dietetické. Ne všechny náhrady klasické sacharózy ale mají stejné fyzikální a chemické vlastnosti, což může ovlivnit samotný výrobní proces. (Beckett 2008; 2011b).

Disacharid sacharóza je při výrobě čokolády nejčastěji využívaným sladidlem, extrahován je buď z cukrové třtiny, nebo z cukrové řepy. Role cukrů v čokoládě je komplexní, mimo sladké chuti poskytuje sacharóza čokoládě i objem a texturu (ovlivňuje viskozitu, krystalizaci, sensorické vlastnosti), chuť a barvu prostřednictvím Maillardových reakcí,

ovlivňuje vodní aktivitu a tím i mikrobiální stabilitu výrobku (Beckett 2011b; Food and Drink Federation 2018).

### 1.4.6 Emulgátory

Ke konci konšovacího procesu se do čokolády mohou přidávat emulgující látky. Emulgátory jsou látky, které mají schopnost akumulovat se na rozhraní fází a snižovat tak povrchové napětí uvnitř čokoládové směsi. Tyto látky příznivě ovlivňují homogenizaci a reologické vlastnosti čokoládové směsi (snižují viskozitu a mez toku). Pozitivně ovlivňují také citlivost tekuté čokolády k vlhkosti, teplotě, dále její chování během temperace a celkově zkracují dobu konšování. Emulgátory mohou mít pozitivní vliv i na již tuhé výrobky – omezení migrace tuku, snížení tvorby tukového výkvětu a citlivosti vůči oxidaci. Uvnitř kakaových bobů je tuk rozptýlen ve formě emulze jak typu v/o, tak typu o/v. V samotné čokoládě je ale situace odlišná, čokoláda neobsahuje téměř žádnou vodu, nacházejí se v ní ale hydrofilní částice cukru, které však mají tendenci tuk odpuzovat (Čopíková 2015; Schantz a Rohm 2005; Beckett 2008). Mechanismus, kterým působí emulgátory v čokoládové směsi je ilustrován na Obrázku č. 3:



Obrázek 3 Působení lecitinu v čokoládě (Beckett 2008)

Jednotlivé molekuly emulgátoru se orientují svým lipofilním koncem (tzv. ocasem molekuly) směrem k molekulám tuku, naopak hydrofilní konec (tzv. hlava) je orientována k molekulám cukru (Beckett 2008).

Nejčastěji využívaným emulgátorem při výrobě čokolády je sójový nebo slunečnicový lecitin a polyglycerol polyricinoleát (PGPR). **Lecitin** je přírodní látka (fosfolipid – fosfatidylcholin) s amfipatickým charakterem předurčujícím jeho emulgační vlastnosti. Je běžně využíván při výrobě čokolády již od 30. let dvacátého století. Nejčastěji je využíván

lecitin sójový, který je obvykle přidáván v koncentracích 3-6 g na kilogram čokoládové směsi. Účinný je ale i při nižších koncentracích, již při přídatku 1-3 g/kg sníží lecitin viskozitu směsi tak, jako by snížilo asi desetinásobné množství kakaového másla. Vzhledem k vysoké ceně kakaového másla je proto užití lecitinu pro výrobce velmi výhodné. Mezi další emulgátory využívané k výrobě čokolády patří již zmíněný **PGRP**. Tento emulgátor byl vyroben původně pro využití v pekařském průmyslu, následně ale začalo být využíváno jeho vlastností i při výrobě cukrovinek. Na rozdíl od lecitinu nemá PGRP velký vliv na viskozitu, avšak významně snižuje mez kluzu, což vede k možnosti manipulovat s tekutou čokoládou při nižších teplotách nebo snazšímu vypuzování vzduchových bublin z čokoládových hmot nebo snazšímu potahování výrobků čokoládou. Lecitin a PGRP jsou někdy díky svým rozdílným vlastnostem používány společně, v poměrech 2-3:1. Mezi další emulgátory, které je možné při výrobě čokolády využít patří například estery sorbitanu, jiné fosfoglyceridy získané z neupraveného lecitinu, nebo amonné soli fosfatidové kyseliny. Nejčastěji je lze nalézt jako součást ochucených čokolád nebo jejich náplní (Beckett 2008; Čopíková 2015; Schantz a Rohm 2005).

#### 1.4.7 Mléčné složky

V mnoha zemích světa se nakupuje a konzumuje mnohem více mléčné čokolády než čokolády hořké a bílé dohromady. K výrobě mléčné čokolády je samozřejmě nezbytná mléčná složka. Samotné kravské mléko ale obsahuje velké množství vody, které narušuje tokové vlastnosti tekuté čokolády, a je tedy nutné využít bezvodých mléčných složek (Beckett 2008; 2011a; Liang a Hartel 2004).

Fyzikální a chemická povaha různých typů mléčných složek (velikost, tvar, hustota, množství volného mléčného tuku) ovlivňuje vlastní výrobní proces, stejně tak jako ovlivňuje chuť a texturu produkovaných čokolád. Typická krémovitost mléčných čokolád je do velké míry výsledkem rovnováhy vzniklé mezi proteiny mléčných složek a složek kakaových bobů, které do směsi přináší spíše kyselou chuť. Pokud je množství proteinů ve směsi sníženo, produkt se stává sensoricky méně krémovým (Beckett 2008; 2011a; Liang a Hartel 2004).

Podrobnější charakteristika běžně využívaných mléčných složek a jejich vlastností je popsána v Podkapitole 1.5.

## 1.5 Druhy mléčných složek a jejich vlastnosti

Mezi mléčné složky využívané při výrobě čokolády patří sušené kravské mléko plnotučné i odtučněné, sušená syrovátka, laktóza, sušené podmásli, smetana nebo bezvodý mléčný tuk (Beckett 2011a; Liang a Hartel 2004).

Přestože mají mléčné složky obdobné složení, jsou jejich vlastnosti odlišné. K vlastnostem, které jsou pro čokoládový průmysl důležité, patří množství volného tuku, velikost a tvar částic, množství obsaženého vzduchu, ale také barva nebo chuť. Složky, které obsahují velké množství tuku nebo volného tuku mohou přímo interagovat s kakaovým máslem, snižovat viskozitu směsi a snížit tak množství kakaového másla, které by bylo jinak nutné přidat, a tím tedy snižují i cenu produktu. Velikost částic také ovlivňuje viskozitu směsi, pokud jsou částice příliš malé, viskozita výsledné směsi je příliš vysoká. Tento jev se týká zejména sprejově sušených mléčných složek. Rovněž složky, které obsahují velké množství vzduchu výrazně zvyšují viskozitu, protože stejně jako v předešlém případě je potřeba relativně velkého množství tuku, které částici mléčné složky pokryje. Mléko (případně z něj vyráběné mléčné složky) představuje velice komplexní a složitou substanci. Mimo výše zmíněný mléčný tuk, mohou ovlivnit technologický proces výroby čokolády a vlastnosti výsledného produktu i další složky, jako jsou mléčné proteiny a mléčný cukr – laktóza (Liang a Hartel 2004; Beckett 2011b).

### 1.5.1 Sušené mléko

Vyhláška č. 397/2016 Sb. definuje sušené mléko jako mléčný výrobek v prášku získaný sušením mléka plnotučného, odtučněného nebo částečně odtučněného, s obsahem vody nejvýše 5 % hmotnostních (MZe 2016). Sušené mléko je nejčastěji využívanou mléčnou složkou při výrobě mléčné čokolády. Je využíváno jak sušené mléko plnotučné, tak odtučněné, které je sušeno sprejově i válcově. Produkty sprejového a válcového sušení se liší. Žádanou vlastností u sušených mléčných substancí je vysoké procento volného tuku, který může přímo a snadno reagovat s kakaovým máslem. Mléko sušené válcově má typicky více volného tuku ve srovnání s mlékem sušeným sprejově. V současné době se však nejvíce používá sušené mléko plnotučné, sušené speciálním sprejovým sušením, které díky řízenému procesu sušení obsahuje vyšší množství volného tuku. Odtučněná sušená mléka jsou obvykle používána v kombinaci s čistým mléčným tukem, což znamená, že všechny přidaný tuk je volný, a tedy viskozita vznikající hmoty je nižší a textura je měkčí ve srovnání s mléčnou čokoládou, která obsahuje sušené mléko plnotučné. Výrobky s nízkotučným

mlékem a tučným mlékem mají také odlišné sensorické vlastnosti (Beckett 2008; 2011a; Liang a Hartel 2004).

### 1.5.2 Sušená syrovátka

Syrovátka je vyhláškou MZe č. 397/2006 Sb. vymežována jako mléčný výrobek, který vznikl jako vedlejší produkt při výrobě sýrů, včetně tvarohů a potravinářských kaseinů, nebo také jako mléčná složka uvolňovaná po fermentaci při výrobě jiných mléčných výrobků, zejména jogurtů či mléčných dezertů. Syrovátka je tedy tekutý vedlejší produkt po vysrážení proteinů (kaseinů) mléka. Obsahuje 94 % vody, sušinu tvoří 4,5 % laktózy, 0,7 % minerálních látek a 0,8 % proteinů, zejména globulárních, které jsou rozpustné v širokém rozmezí pH. Složení se však může lišit dle způsobu, kterým byla syrovátka získána a také následně upravována po sušícím procesu (snížení obsahu laktózy nebo demineralizace) (Kilara a Vaghela 2018; MZe 2016).

K výrobě čokolád se využívá sušená syrovátka s cílem zvýšit její mléčnou chuť, či karamelovou chuť, a také představuje surovinu s relativně nízkou cenou. Obvykle je přidávána v množství do 5 hm. %. Nahrazení mléčných součástí syrovátkovými ingrediencemi v rozmezí 0-5 % může zapříčinit snížení nákladů na mléčnou složku až o 8-14 %. Ve vyšších koncentracích je běžně používána při výrobě čokoládových polev. Aby se zabránilo vývoji nechtěných pachutí výrobku zapříčiněných sušenou syrovátkou, používá se syrovátka demineralizovaná. Využívají se také syrovátkové proteinové koncentráty (Beckett 2008; 2011a; Bolenz et al. 2003; Kilara a Vaghela 2018).

### 1.5.3 Laktóza

Laktóza je disacharid s výrazně nižší sladivostí nežli sacharóza, její obsah v mléce je okolo 4,5 %. Běžně je získávána ze syrovátky s obsahem bezvodé laktózy ve výši nejméně 99,0 % hmotnostních v sušině. Samotná laktóza je běžnou součástí mléčných složek přidávaných do čokolád nebo může být využita jako alternativa sacharózy, aby se snížila přílišná sladkost výrobku. S cílem částečného nahrazení sacharózy se může přidávat do čokolád v maximálním množství 5 hm. % (Beckett 2011a; 2011b; Bolenz et al. 2003; MZe 2016).

### 1.5.4 Mléčný tuk

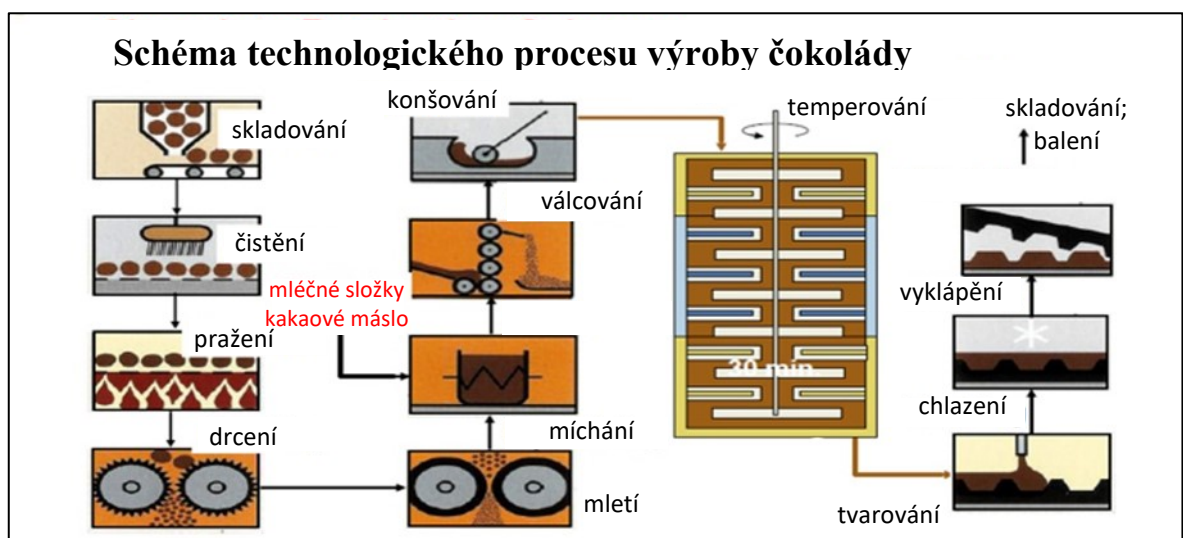
Mléčný tuk obsahuje 98 % triacylglycerolů, zbylá dvě procenta tvoří minoritní složky – diacylglyceroly, fosfolipidy a steroly. Z nutričního hlediska je mléčný tuk významný pro



svůj vysoký obsah nasycených mastných kyselin a obsahuje také relativně velké množství nasycených krátkých mastných kyselin, které dávají tuku typické aroma. Přídavek mléčného tuku samotného nebo jeho přídavek prostřednictvím mléčných složek, které mléčný tuk obsahují, zapříčiňuje měkčí texturu čokolád. Je rovněž známo, že přidání mléčného tuku vede ke snížení teplot temperace. Mléčný tuk má také schopnost zpomalit vývoj tukového výkvětu a i z tohoto důvodu je někdy využíván jako složka tmavých čokolád (Beckett 2011a; Liang a Hartel 2004).

## 2 TECHNOLOGICKÝ POSTUP VÝROBY ČOKOLÁDY

Proces výroby čokolády začíná zpracováním samotných kakaových bobů, které se fermentují, suší, čistí, třídí a praží. Následuje drcení upravených kakaových bobů, které se drtí a melou za vzniku kakaové hmoty. Lisováním se zároveň může vyrábět kakaové máslo a kakaový prášek. Suroviny k výrobě čokolád (kakaová hmota, cukr, kakaové máslo, případně mléčné složky) se promíchávají v mísicím zařízení. Vzniklá hmota se dále zjemňuje na válcových stolicích a následně je promíchávána a zušlechťována v procesu tzv. konšování. Po temperaci je čokoláda vhodná k formování, následnému chlazení, balení a expedici. Schématický postup výroby čokolády je vyobrazen na Obr. č. 4 (Cacao and chocolate 2012; Cacaoweb 2018; Čopíková 2015).



Obrázek 4 Schéma technologie výroby čokolády (Cacao and chocolate 2012)

### 2.1 Zpracování kakaových bobů

Po sklizni kakaových plodů jsou kakaové boby vyjmuty a ručně tříděny s cílem odstranit z nich vrstvu bílé dužniny. V tuto chvíli se boby označují jako *syrové* a mají světlou, nahnědlou barvu (Beckett 2011b; Čopíková 2015).

#### 2.1.1 Fermentace kakaových bobů

Prvním procesem úpravy kakaových bobů je fermentace. Fermentace bobů mikroorganismy je klíčová pro vývoj prekurzorů čokoládové chuti a je tudíž zásadní i pro celý výrobní proces (Beckett 2008; 2011b; Ho et al. 2015).

Syrové kakaové boby jsou umístěny do dřevěných perforovaných boxů (metoda využívaná zejména v Asii), nebo se fermentují v hromadách přikrytých banánovými listy (metoda

typická pro západní Afriku a menší pěstitele). Délka fermentace se pohybuje mezi 2-7 dny, výjimečně trvá i déle, nejčastěji však 5 dní. Během této doby dochází k růstu volně se vyskytujících mikroorganismů, které fermentují zkvasitelné sacharidy obsažené v dužnině ulpělé na kakaových bobech. Během fermentace dochází mimo vývoje prekurzorů aromat a odbourání přebytečné dužniny i k vývoji tmavě hnědé barvy a devitalizaci semen (Beckett 2011b; Cacaoweb 2018).

Mikrobiální fermentace bobů je komplexní proces, který zahrnuje postupný vývoj různých druhů kvasinek, bakterií mléčného kvašení, bakterií octového kvašení, případně i bakterií rodu *Bacillus*, některých dalších druhů bakterií nebo vláknitých hub. Fermentační proces probíhá: (a) za anaerobních podmínek; (b) aerobních podmínek:

- (a) Během anaerobní fáze dochází k reprodukci kvasinek, které zkvašují dostupné cukry na ethanol a oxid uhličitý. Pektolytické enzymy jsou aktivní a rozkládají zbytky dužniny. V průběhu prvních tří dnů dochází také k vývoji dostatečného tepla, které společně se změnou pH boby devitalizuje. Odtéká také fermentační šťáva.
- (b) Ethanol a aerobní prostředí umožňuje růst bakteriím mléčného a následně bakteriím octového kvašení, které produkují příslušné organické kyseliny a přispívají k charakteristickému aroma fermentovaných bobů a snížení pH. Ačkoli probíhá fermentace na povrchu kakaových bobů, které jsou stále chráněny skořápkou, mohou organické kyseliny a ethanol skrz skořáčku proniknout, čímž ovlivňují kvalitu zpracovávané suroviny.

Součástí fermentace je i řada dalších reakcí, které dávají za vznik hnědému zbarvení (reakce proteinů/peptidů s polyfenoly = vznik flobafenů), nebo formují další chuťové prekurzory (tvorba volných aminokyselin z proteinů; reakce sacharózy s proteiny/peptidy) (Beckett 2008; 2011b; Ho et al. 2015).

### 2.1.2 Sušení

Kakaové boby je nutné před transportem do výroben čokolády vysušit. Optimální vlhkost sušených bobů je mezi 6-8 %. Vlhké boby jsou lehce náchylné k plísním, což vede k nechtěným sensorickým změnám. Přesušení bobů pod 6 % vlhkosti je také nežádoucí, vede k přílišné křehkosti a náročnému zpracování. Pokud to klimatické podmínky dovolují, jsou kakaové boby sušeny na slunci. Jsou rozprostírány na síta nebo terasy a obvykle kryty přes noc (viz Obr. č. 5). Druhým způsobem je sušení bobů pomocí horkého vzduchu nad

otevřeným ohněm. Hrozí však, že boby získají trpkou a hořkou chuť po kontaktu s dehtovitými látkami. Zpracované, tedy fermentované a usušené boby, jsou tzv. *měkkou komoditou* a jsou v této podobě obchodovány na světových trzích (Čopíková 2015; Beckett 2008).



Obrázek 5 Sušení kakaových bobů na slunci (Cocoa Pod Shop nedatováno)

### 2.1.3 Skladování a transport

Kakaové boby se přepravují z pěstitelské země jako volně ložené ve velkoobjemových kontejnerech, nebo v pytlích. Pytle, do kterých jsou boby baleny, by měly být čisté, dostatečně pevné, vhodné pro použití ke styku s potravinami a být schopné zamezit zamoření škůdci. Sklady by měly být odolné vůči povětrnostním vlivům, dobře provzdušněny, vyčištěny, zbaveny přílišné vlhkosti (prostředí s 65-75 % relativní vlhkosti), opatřeny proti vniku hmyzích škůdců (případná fumigace) a chráněny před kouřem a jinými vonnými materiály. Pytle s kakaovými boby by měly být uloženy na paletách, neměly by se dotýkat stěn a neměly by být vystaveny přímému slunečnímu záření. Správné skladování je předpokladem pro udržení požadované kvality a také prevencí rozvoje plísní. Případný rozvoj plísní představuje riziko vývoje mykotoxinů. Mezi mykotoxiny ohrožující kakaové boby patří zejména ochratoxin A a aflatoxiny (Beckett 2011b; FAO 2013).

### 2.1.4 Třídění a čištění

Při příjezdu do zpracovatelských podniků musí být kakaové boby přetříděny a vyčištěny. Vyřazený musí být boby scvrklé, ploché, černé, zaplísňené, malé, klíčící nebo napadené hmyzem. Třídící zařízení by neměla boby nijak fyzicky poškodit, narušené boby jsou totiž více náchylné k mikrobiální kontaminaci a znehodnocení (Cadbury nedatováno; FAO 2013).

Dovážené boby obsahují mimo písku a prachových částic i větší cizí tělesa jako jsou kameny, dřevo nebo jutová vlákna. Odstranění cizích příměsí je důležité nejen z důvodu ochrany zdraví spotřebitele a ochrany zpracovatelských zařízení, ale zejména kvůli udržení kvality suroviny. V opačném případě by při pražení mohlo vznikat nepříjemné aroma, které by se mohlo přenést na kakaové boby a pozměnit tak jejich chuť a aroma. Kakaové boby proto procházejí několika čistícími stupni. Prvním krokem je čištění suchou cestou. Masa je prosévána různými druhy sít, nejprve hrubými, poté jemnými. Často jsou využívána síta vibrační. Dále prochází kakaové boby detektory kovů a aspirátory, které zachycují částice lehčí, nežli jsou standardní kakaové boby (prach, písek, listy, textilní vlákna). Mimo čištění suchou cestou se může provádět i mokré čištění v pračkách. Dochází při něm k odstranění přebytečných slizových látek (zejm. polysacharidů) na povrchu bobů. Zároveň částečně bobtnají samotná jádra, díky čemuž lze snadněji odstranit slupky během dalšího zpracovávání (Beckett 2008; 2011b; Ritter Sport nedatováno).

### 2.1.5 Pražení

Pražení je důležitým technologickým krokem při výrobě čokolády i kakaového prášku. Pražit se mohou: (a) celé vyčištěné kakaové boby včetně skořápek; (b) jádra zbavená slupek, která se následně drtí; (c) již rozdrcená kakaová hmota (Beckett 2008).

Nejčastěji využívaný postup je pražení celých, předpřipravených kakaových bobů včetně skořápky. Proces pražení usnadňuje následné odstranění skořápek, které pražením křehnou. Vyčištěné boby postupují do kontinuálního pražicího zařízení (nejčastěji bubnové pražičky), kde jsou upravovány horkým vzduchem při teplotě okolo 105-150 °C. Doba pražení se odvíjí obvykle od toho, zda je produkt využit pro výrobu kakaového prášku, nebo čokolády. Proces může dle požadovaného stupně pražení trvat od 10 do 35 minut. Při pražení dochází k celé řadě chemických a fyzikálních změn. Dochází k tvorbě aromatických látek, které jsou tvořeny ze svých prekurzorů vzniklých při fermentaci. Vznikají produkty Maillardovy reakce. Stabilizuje se barva na výrazně hnědou. Chuť se stává jemnější a méně kyselá. Zároveň klesá obsah vody na 2-3 % a destruuji se případné mikrobiální kontaminanty. Po vychladnutí jsou boby připraveny k dalšímu zpracování – drcení a odslupkování (Beckett 2008; Cadbury nedatováno; Čopíková 2015).

### 2.1.6 Drcení a odslupkování

Pražené boby jsou drceny na drticím stroji s cílem oddělit skořápky od jader včetně klíčku, a také obnažit buňky kakaových bobů obsahující jejich nejcennější součást – tuk. Žádoucí je zachovat jádra kakaových bobů co nejvíce intaktní. Jakékoli úlomky ulpělé na skořápce budou vyhozeny společně se slupkami. Drť se zbavuje uvolněných popraskaných slupek a klíčku v odslupkovacím stroji, ve kterém se oddělují slupky na principu specifické hmotnosti, případně proudy vzduchu v procesu tzv. *wirowizace*. V případě, že nebudou klíčky a skořápky řádně odděleny, zhoršují se technologické a organoleptické vlastnosti suroviny. Skořápky jsou považovány za odpadní materiál, mohou se ale využít například jako materiál mulčovacích směsí nebo palivo (Beckett 2008; Cadbury nedatováno; Čopíková 2015).

### 2.2 Mletí kakaových bobů

Kakaová drť zbavená slupek a klíčků se zjemňuje mletím. Při rozemílání drti se zmenšuje velikost částic, přitom se třením zvyšuje teplota suroviny. Z rostlinných buněk bobů se uvolňuje kakaové máslo, které za vyšší teploty taje. Vzniká kakaová hmota, která je tekutá a představuje suspenzi kakaového másla a kakaových součástí. Hmota obsahuje 53-58 % kakaového másla, je lehce zpracovatelná a snadno mísitelná se sacharózou a dalšími přísadami (Cadbury nedatováno; Čopíková 2015).

Uvolňovaný tuk tzv. obaluje pevné částice čokoládové hmoty. Nejprve se kakaová hmota ztekucuje, pokračující mletí zapříčiňuje další zmenšování částic, již se ale neuvolňuje další tuk, který by nové částice obaloval a hmota začne opět houstnout. Mezi mlýny, které jsou pro mletí kakaových bobů využívány patří mlýny diskové, kulové nebo rázové (Beckett 2008; 2011b).



Obrázek 6 Kulový mlýn (Cacao Cucina nedatováno)

### 2.3 Mísení čokoládové hmoty

Při mísení čokoládové hmoty v hnětacích strojích se homogenizuje kakaová hmota s dalšími ingrediencemi určenými pro výrobu dané čokolády. Jedná se zejména o cukr, kakaové máslo, tuky jiné než kakaové máslo, mléčné složky, případně aromatizující látky (vanilka). Vzniká tak hmota těstovité konzistence (Cacaoweb 2018; Čopíková 2015; ICCO 2013).

### 2.4 Válcování

Konečné mletí čokoládových hmot se provádí na válcových stolicích, které sestávají z pěti nad sebou horizontálně umístěných válců. Během válcování je možné zmenšovat mezery mezi jednotlivými válci anebo ovlivňovat rychlost jejich otáčení. Obvykle se jednotlivé válce otáčí se vzrůstající rychlostí. Válce mohou být zevnitř chlazeny nebo zahřívány vodou. Jejich velikost se ve velkokapacitních výrobnách pohybuje okolo 2 metrů. Čokoládová směs se během válcování mění z hmoty s polotuhou konzistencí do podoby sypkých vloček. Částice jsou během všech mlecích procesů zmenšovány z velikosti 0,5 cm na částice menší než 30  $\mu\text{m}$ . Tohoto výrazného zmenšení částic je docíleno při vícestupňovém mletí, proto i samotné válcování se neprovádí pouze v jedné fázi, ale hmota může procházet mezi válci opakovaně. Jednotlivé částice se zmenšují působením velkého tlaku a třecích sil. Částice čokoládové hmoty i dalších ingrediencí je nutné rozmělnit tak, aby je nebylo možné sensoricky registrovat. Hranice, při které jsou částice postřehnutelné se pohybuje v rozmezí 20-25  $\mu\text{m}$ . Finální velikost částic závisí na typu vyráběné čokolády, obvyklá je velikost 15-35  $\mu\text{m}$ . Samotný stupeň dezintegrace ovlivňuje mimo sensorických vlastností i tokové vlastnosti a texturu čokolády. Pocitu jemnosti pomáhá také dostatečné množství kakaového másla, které hmotě přidává její jemnost. Během válcování dochází mimo jiné i ke změně aromatických a chuťových charakteristik zpracovávaných čokoládových hmot (Beckett 2008; Čopíková 2015; Zoumas et al. 2012).

### 2.5 Konšování

Zásadním krokem pro výrobu čokolády vysoké kvality je konšování. Během tohoto kroku dochází k finálnímu vývoji chuti a textury konečného produktu. Konšování je proces, při kterém je čokoládová hmota intenzivně míchána, hnětena a provzdušňována. Nedochozí již k výraznému zmenšování jednotlivých částic, jako spíše k rozvolňování případných aglomerátů užitých surovin, a také se obrušují částice cukru. V důsledku vyšší teploty

původně sypká hmota opět taje a je tak možné ji dále technologicky zpracovávat (Čopíková 2015; ICCO 2013; Zoumas et al. 2012).

Proměnné, které ovlivňují výslednou chuť čokolády, jsou doba trvání konšovacího procesu, rychlost otáčení konšovacích zařízení a teplota. Teplota, při které se hmota míchá, je rozdílná dle typu konšované čokolády, pohybuje se mezi 55-85 °C pro tmavé čokolády a 45-55 °C pro čokolády mléčné. Vyšší teploty jsou u mléčné čokolády používány pouze v případě, že chce výrobce docílit karamelové chuti (>70-100 °C). Délka konšování se pohybuje od několika hodin po několik dní v případě vysoce kvalitních čokolád (24-48 h). V průběhu konšování jsou obvykle do hmoty přidávány aromatizující látky, emulgátory, kakaové máslo nebo jeho náhražky. Kakaové máslo je přidáváno kvůli úpravě viskozity hmoty, až do podoby vhodné pro další zpracování. Během konšování dochází k významným chemickým a fyzikálním změnám: snížení vlhkosti; snížení viskozity; zvýšení hodnoty pH; uvolnění těkavých látek, které vznikly již při fermentaci kakaových bobů (nižší organické kyseliny). Všechny zmíněné chemické změny vedou k požadovanému snížení trpkosti a zjemnění chuti (Beckett 2008; Čopíková 2015; ICCO 2013; Zoumas et al. 2012).

Konšovací proces probíhá v tzv. konšovacích strojích. První konšovací stroj vytvořil Rodolphe Lindt ke konci 19. století. Původní („dlouhý“) konš se skládal z nádoby s žulovým dnem, po kterém se pohyboval jeden žulový váleček z jedné strany na druhou. V současné době je možné se setkat častěji s rotačními konši, nízkokapacitními a velkokapacitními kontinuálními konšovacími stroji (Beckett 2008; Zoumas et al. 2012).



Obrázek 7 Původní typ konšovacího stroje (Lindt nedatováno)

## 2.6 Temperace

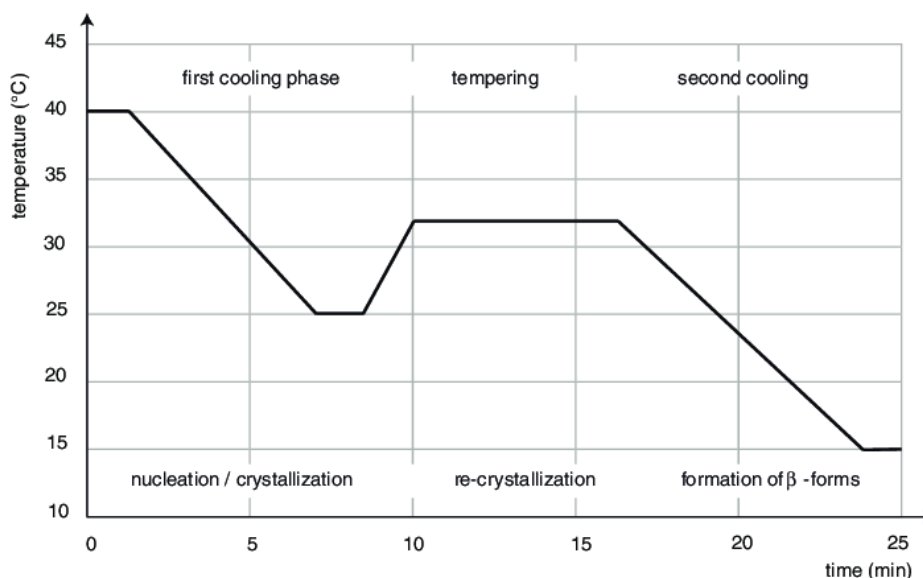
Dalším krokem při výrobě čokolády je temperace. Jedná se o klíčový bod celého technologického procesu. Řádný průběh temperace ovlivňuje výslednou sensorickou kvalitu



čokolády – její strukturu, lesk, konzistenci. Správně temperovaná čokoláda vykazuje požadované vlastnosti jako je jemná rozplývavá chuť, ale zároveň i tvrdá konzistence a lasturovitý lom při pokojové teplotě. Kakaové máslo, které je ponecháno samovolnému tuhnutí nebo je naopak chlazeno příliš rychle, krystalizuje v nestabilní (obsahuje malé množství krystalů), či naopak super stabilní formě (obsahuje velké množství krystalů), je náchylné ke změnám barvy a tvorbě tukového výkvětu během skladování (Čopíková 2015; ICCO 2013; Zoumas et al. 2012).

Během temperace dochází k zahájení tvorby krystalizačních jader a následnému růstu krystalů stabilní formy kakaového másla. Obvykle vedená temperace čokolády má tři stadia (viz Obrázek 8):

- 1) úplné roztání krystalů kakaového másla – 44-50 °C; hmota je zahřívána v nádobách s dvojitým pláštěm za stálého míchání,
- 2) zahájení tvorby krystalizačních jader (nukleace) – 26-29 °C; chlazení čokoládové hmoty za zvyšující se viskozity. Existují také postupy temperace, při kterých se do směsi přidávají již vytvořená krystalizační jádra v podobě tzv. čokoládových hoblin,
- 3) odstranění nestabilních forem krystalů – při 31-32 °C (Čopíková 2015; Zoumas et al. 2012).



Obrázek 8 Průběh procesu temperace v čase (Vilgis 2015)

Kakaové máslo může krystalizovat v šesti modifikacích, nejstabilnější je modifikace  $\beta$ . Cílem temperace je tedy během procesu zahřívání, chlazení a opětovného ohřevu vykristalizování tuku převážně v jeho stabilní formě. Stabilní beta forma krystalizuje za

teploty 31-32 °C, což odpovídá teplotě v konečné fázi temperace. Většina výrobců využívá k temperaci kontinuální tenkovrstvé výměníky tepla (Čopíková 2015; ICCO 2013; Zoumas et al. 2012).

Kontrola správného procesu krystalizace kakaového másla může být dále komplikována přítomností jiných tuků, jakým je například mléčný tuk. Bod tání směsi kakaového másla a mléčného tuku má nižší bod tání než samotné kakaové máslo. Čokoládová směs s mléčnými složkami má proto i rozdílné teploty vhodné pro správnou temperaci. Temperační teploty, uvedené výše, odpovídají zpracovávání tmavých čokolád. V případě mléčné čokolády jsou teploty temperací nižší zhruba o 1-2 °C, bílé čokolády mají temperační teploty zpravidla ještě nižší (Leffer nedatováno; Zoumas et al. 2012).

## 2.7 Formování

Správně vytemperovaná tekutá čokoláda je připravena ke konečné úpravě formováním. Existují 3 typy formování: lití do pevných forem (tabulkové čokolády), formované výrobky (pralinky) nebo duté výrobky (figurky). Poslední možností je potahování již předtvarovaných náplní výrobků (bonbony potahované). V současnosti se nejvíce využívají polykarbonátové formy. Obvykle je formování doplněno o vibrační dráhu, kde se z hmoty uvolňují bublinky vzduchu nebo přebytečná čokoláda. Čokoláda uvnitř forem, na potahovaném, či tvarovaném produktu prochází chladícím tunelem nebo je umístěna do chladících komor (10 °C). Vychlazený výrobek se snadno uvolňuje z formy, protože správně vytemperované kakaové máslo při tuhnutí zmenšuje svůj objem. Během temperace a chlazení vykrytalizuje hlavní podíl kakaového másla, k úplné krystalizaci dochází až během skladování (Čopíková 2015; ICCO 2013; Zoumas et al. 2012).

### 3 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ KVALITU ČOKOLÁDY

Kvalita čokolády a čokoládových výrobků je ovlivněna parametry celého výrobního procesu, kvalitou použitých surovin, samotnou surovinovou skladbou a podmínkami jejího skladování. Všechny tyto aspekty působí na reologické, fyzikální, chemické a senzorické vlastnosti výrobků a určují tak jejich konečnou jakost (Ruban et al. 2016).

#### 3.1 Vstupní suroviny

Pro výrobu vysoce kvalitní čokolády hraje klíčovou roli jakost jednotlivých surovin a také receptura produktu. Suroviny musí být zdravotně a hygienicky nezávadné a zároveň musí splňovat alespoň minimální jakostní požadavky (dané legislativou, či samotnými výrobci čokolád a čokoládových výrobků). Jakost vstupních surovin ovlivňuje nejen senzorické, ale také texturní vlastnosti čokolád. Kvalitní čokoláda by měla mít kompletně homogenní strukturu, lesklý povrch, příjemnou vůni, tuhou konzistenci při pokojové teplotě a schopnost se rozplývat v ústech (Čopíková 2015; Ruban et al. 2016).

Senzorické vlastnosti hotové čokolády jsou výsledkem mnoha faktorů. Velmi důležitý parametr pro výslednou jemnou texturu a chuť čokolády je velikost pevných částic obsažených v čokoládě (kakaové součásti, mléčné součásti, cukr atp.). Rozměry částic využívaných surovin musí být velmi malé. Velikost pevných částic se dále mění během zpracování, zejména během válcování a konšování, při kterých jsou jednotlivé částice dále zmenšovány a obrušovány na takovou velikost, aby je nebylo možné detekovat v ústech. Čokoláda představuje komplexní vícefázový systém tvořený částicemi kakaovými, případně mléčnými a cukru, které jsou rozptýleny v kontinuální tukové fázi (kakaové máslo, mléčný tuk, emulgátory). Významnou roli při tvorbě výsledné textury čokolády hraje také krystalická forma tukové fáze – kakaového másla, která by při správně provedené temperaci měla být přítomná zejména ve formě  $\beta$ . Správné podmínky krystalizace a kvalitní suroviny jsou rozhodující pro senzorické a texturní vlastnosti čokolády (El-kalyoubi et al. 2011; Prawira a Barringer 2009; Ruban et al. 2016).

Samotná surovinová skladba samozřejmě také rozhoduje o výsledné jakosti čokolády a jednotlivá množství využívaných surovin ovlivňují nejenom chuť vyráběných čokolád, ale také její fyzikální, chemické a reologické vlastnosti. Sacharóza dává čokoládě sladkou chuť, zároveň ale ovlivňuje i jiné chutě. Při vyšším přídávku sacharózy se snižuje hořkost. Přídavek lecitinu pozitivně ovlivňuje reologii čokoládové směsi, avšak jeho přílišný přídavek může zapříčinit nepříjemné pachutě. Kakaové máslo dodává čokoládě jemnou

konzistenci, vyšší množství tuku v čokoládě obecně způsobuje bohatší, plnější chuť v ústech. Přídavek kakaového másla snižuje také hořkou chuť směsi tím, že kakaový tuk pokrývá hořké kakaové součásti. Mléčné součásti dávají čokoládám mléčnou, případně karamelovou chuť, čokoláda se také s přidáváním mléčných složek stává měkčí (Beckett 2008; Prawira a Barringer 2009; Ruban et al. 2016).

### 3.2 Optimalizace technologického procesu

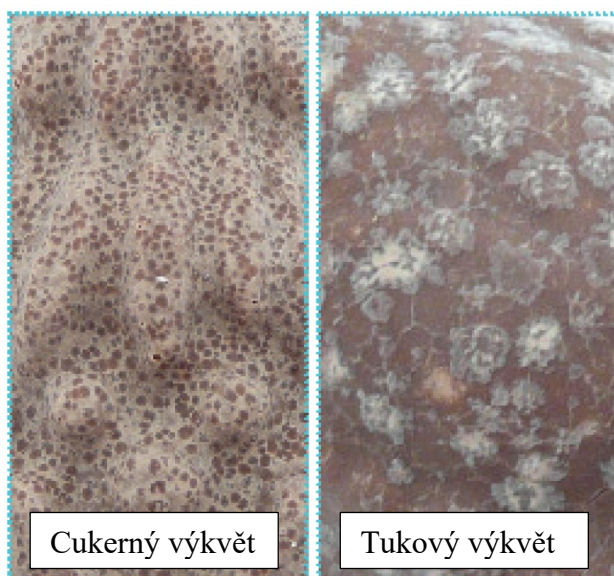
Všechny kroky výrobního procesu musí být pečlivě dodržovány. Je proto žádoucí implementovat v některých fázích výroby kontrolu kvality vyráběné suroviny a samotného výrobního procesu. Kontroly jsou prováděny v zájmu spotřebitele, s cílem vyrábět čokoládu s požadovaným a stálým chuťovým profilem, ale také v zájmu výrobce, kterého, mimo výrobku se standartními vlastnostmi, zajímají i ekonomické aspekty výrobního procesu (Čopíková 2015; Stauffer 1996).

Podstatou kvalitní čokolády jsou správně fermentované kakaové boby, které vytváří základ vůně, barvy a chuti. Proces fermentace probíhá obvykle v místě pěstitelské produkce. Správně vedená fermentace, ale zároveň i veškeré předchozí zemědělské činnosti a způsoby zpracování silně ovlivňují kvalitativních parametry hotové čokolády. Informace týkající se těchto postupů se však běžně k výrobcům čokolády dostávají jen těžko. Pro výrobce je tak mnohdy náročné vyrábět čokoládu ve standardizované kvalitě. Dalším důležitým procesem je pražení, které rozvíjí vůni i chuť kakaových bobů. Pro kontrolu správného průběhu pražení se ve velkokapacitních výrobnách běžně využívá automatizovaných, počítačem monitorovaných linek. V průběhu drcení, mletí a válcování kakaových bobů vzniká kakaová hmota, jejíž částice jsou zmenšovány na požadovanou velikost. Právě velikost jednotlivých částic je významným předmětem kontroly. Stupeň dezintegrace částic je obvykle měřen ručním mikrometrem. Další stanovení rozměrů částic kakaové hmoty může být prováděno laboratorně – pomocí analyzátoru velikosti částic. Zkoumá se také distribuce velikostí jednotlivých typů částic ve směsi. Kontrola jemnosti mletí je důležitá pro výrobce i z ekonomického hlediska (příliš jemné mletí v následujících krocích vyžaduje vyšší přídavek kakaového másla). Následuje konšování. Délka konšování, teplota a proudění vzduchu jsou pro každý typ čokolády a výrobní proces originální. Kontrolou těchto parametrů je možné významně ovlivnit chuť produktu. Během konšování se do směsi obvykle přidává další kakaové máslo, emulgátory, nebo aromatizující látky. Načasování jednotlivých přísadků nejenže může ovlivnit chuť produktu, ale může také ovlivnit jeho

fyzikální (reologické) vlastnosti. V rámci konšovačního procesu dochází ke standardizaci obsahu tuku a reologických vlastností dle typu výrobku. Posledním kritickým bodem ovlivňujícím zejména texturu a vzhled čokolády je temperace, u níž je důležité důsledné dodržení temperačních teplot a času (Beckett 2008; Čopíková 2015; Saltini et al. 2013; Stauffer 1996).

### 3.3 Vady čokolád

Při dlouhodobějším skladování čokolády a čokoládových výrobků mnohdy ztrácí čokoláda svůj lesk a pokrývá se bělošedavým povlakem. Příčina povlaku bývá dvojitá – výkvět cukerný a výkvět tukový. Oba tyto jevy výrazně ovlivňují senzorickou jakost výrobků (Anods Cocoa 2019; Čopíková 2015).



Obrázek 9 Porovnání cukerného a tukového výkvětu (Anods Cocoa 2019)

**Cukerný výkvět** je jev, který je oproti tukovému výkvětu, méně častý. Vzniká při nesprávném skladování, při kterém klesne teplota vzduchu nad povrchem pod rosný bod a na povrchu čokolády začne kondenzovat vodní pára. K tomu může dojít ve dvou případech: (a) čokoláda byla skladována při vysoké relativní vlhkosti; (b) produkt byl rychle přemístěn z místa s nízkou teplotou do místa s vysokou teplotou (Beckett 2008; Čopíková 2015; Machálková et al. 2015).

Do vysrážené vody následně začne difundovat rozpouštějící se cukr z čokolády. Pokud se voda z povrchu odpaří, cukr vykrytalizuje na povrchu výrobku a vytvoří šedavý film (viz. Obr. č. 9). Prevencí vzniku cukerného výkvětu jsou především správné skladovací podmínky

a vhodný obalový materiál. V případě, kdy se voda včas neodpaří, mohou být výrobky ohroženy a znehodnoceny rozvojem plísní (Beckett 2008; Čopíková 2015).

Druhou příčinou šedavého povlaku na povrchu čokolády je **výkvět tukový**. Jedná se o jev, k němuž dochází u kakaového másla za určitých podmínek vždy. Jeho přítomnost neznamena, že není čokoláda vhodná ke konzumaci, ovlivňuje však významně její senzorickou jakost (tzn. texturu i chuť). Výkvět může mít tři různé příčiny: (a) špatný průběh teploty; případně vůbec neproběhla teplota; (b) kolísání teplot během skladování; (c) vliv složitých tukových nebo alkoholických náplní (Anods Cocoa 2019; Čopíková 2015; Machálková et al. 2015).

- Ad (a): Pokud nebyl dodržen správný průběh teploty, nebo neproběhla teplota vůbec, krystalizuje kakaové máslo v podobě stabilní krystalické modifikace  $\beta$  jen omezeně. Při dalším skladování je přeměna na stabilní formu pozvolná a tvoří se velmi velké krystaly, mezi kterými vznikají skuliny vyplněné vzduchem. Trhliny umožňují světlu lom, což zapříčiňuje vznik bělavého zbarvení,
- Ad (b): Při vzestupu teploty skladovacího prostoru o několik stupňů nad 20 °C, dochází k tání stabilní krystalické modifikace kakaového másla. Roztátý podíl je vytlačován skulinkami na povrch, kde opětovně tuhne v podobě výkvětu,
- Ad (c): Mnoho složitých náplní čokoládových cukrovinek obsahuje oříškové pasty nebo ořechy. Ty samy o sobě obsahují oleje, které zapříčiňují rozpouštění kakaového másla v tekuté fázi náplně. Vznikají praskliny a póry, kterými může kakaové máslo putovat na povrch výrobku a krystalizovat jako tukový výkvět (Čopíková 2015; Ruban et al. 2016).

Prevenčí vzniku tukového výkvětu jsou mimo správně provedenou teplotu vhodné skladovací podmínky a celkový průběh teplotního režimu skladování. Zejména skladování čokolády při vyšších teplotách a na přímém slunečním světle je rizikové. Teploty by neměly v ideálním případě přesahovat 20 °C a neměly by razantně kolísat. Již vzniklý tukový výkvět lze napravit opakovanou teplotou (Anods Cocoa 2019; Machálková et al. 2015; Ruban et al. 2016).

Rozdíl mezi tukovým a cukerným výkvětem lze rozpoznat pomocí mikroskopu, nebo zvýšením teploty. V případě, že zahřejeme čokoládu na 38 °C a výkvět zmizí, jednalo se o tukový výkvět, pokud zůstává, jde o výkvět cukerný (Machálková et al. 2015).

### 3.4 Vliv přídavku mléčných složek

Mléčné složky jsou v čokoládě součástí jak tukové fáze v podobě mléčného tuku, tak jako součástí směsi suspendovaných pevných součástí. Mléčné součásti samozřejmě ovlivňují výslednou jakost výrobků. Mimo výsledné kvality však ovlivňují mléčné složky i vlastní výrobní proces. Jednotlivé výrobní kroky ovlivňují svými fyzikálními a chemickými charakteristikami (velikostí, tvarem, hustotou, množstvím volného mléčného tuku). Mléčné složky obecně ovlivňují organoleptické vlastnosti čokoládové směsi a čokoládových výrobků, dále také jejich fyzikální i chemické vlastnosti (Beckett 2011a; Glicerina et al. 2015; 2016; Liang a Hartel 2004).

#### 3.4.1 Vliv na senzorické vlastnosti

Mléčné součásti jsou klíčové v rozvoji chuti, barvy a textury mléčných i bílých čokolád. Přispívají k tvorbě požadovaného lesku a mohou prodlužovat jejich trvanlivost (Bouzas 1999).

Typická krémovistost mléčných čokolád je do velké míry výsledkem rovnováhy vzniklé mezi proteiny mléčných složek a složek kakaových bobů. Mléčné složky zjemňují kyselou chuť typickou pro kakaové boby, pokud je množství proteinů ve směsi nízké, produkt se stává senzoricky méně krémovým. Proteiny pocházející z mléčných ingrediencí jsou také důležité pro průběh Maillardovy reakce, během které reagují aminokyseliny s mono a disacharidy. Maillardova reakce probíhá během konšování a rozvíjí se během ní karamelová chuť, která je u mléčných čokolád žádoucí (Beckett 2008; 2011a; Bouzas 1999; Liang a Hartel 2004).

Pro senzorické vlastnosti čokolády je, mimo dispergovaných pevných částic (kakaové součásti, cukr, mléčné součásti), důležitá i kontinuální tuková fáze. Tuková fáze je tvořena zejména kakaovým máslem, v případě mléčné čokolády i mléčným tukem, nebo jinými tukovými náhradami rostlinného původu. Charakter a složení tukové fáze ovlivňuje tání a pocit a chuť čokolády v ústech při jejím rozpouštění. Pro příjemný pocit v ústech a jemnost čokolády je rozhodující zejména krystalická forma tukové fáze a velikost dispergovaných pevných částic (Liang a Hartel 2004; MZe 2005; Ostrowska-Ligęza et al. 2019).

Samotný mléčný tuk, nebo mléčný tuk, který je součástí mléčných složek, je jako součást mléčných čokolád využíván nejen kvůli své chuti. Ve srovnání s kakaovým máslem má mléčný tuk nižší cenu. Je také schopen prodloužit čokoládovým výrobkům trvanlivost a

vylepšit jejich senzoricou jakost. Mléčný tuk totiž napomáhá inhibovat rozvoj tukového výkvětu. Částečné nahrazení kakaového másla mléčným tukem má příznivý účinek na krystalizaci tuku v čokoládě. Mléčný tuk snižuje tvrdost čokolády a zpomaluje rychlost krystalizace tuku v čokoládové směsi. Čokoláda ho však musí obsahovat dostatečné množství, a to zejména volně vázaného mléčného tuku. Využití odtučněného sušeného mléka jako mléčné složky má ochranný efekt minimální. Ochranu proti tukovému výkvětu lze dále zvýšit využitím té frakce mléčného tuku, která taje při vysoké teplotě (Attaie et al. 2003; Bolenz et al. 2003; Liang a Hartel 2004; Machálková et al. 2015).

Velikost dispergovaných součástí, včetně těch mléčných, je vedle tvorby textury zásadní i pro vývoj barvy. Obecně se vzorky s jemnějšími částicemi jeví světlejší a více syté ve srovnání s výrobky obsahující částice hrubší (Glicerina et al. 2015). Bolenz a kol. (2003) hodnotili, které vlastnosti mléčných složek v čokoládách ovlivňují nejvíce preference konzumentů. Rozhodující se zdá být velikost částic (jemnost), pocit při tání v ústech a dostatečná mléčná chuť. Lépe jsou hodnoceny vzorky s vyšším obsahem volného mléčného tuku, (nebo případně ty čokolády, při jejichž výrobě bylo využito odtučněné sušené mléko v kombinaci se samotným mléčným tukem), než ty, které obsahují převážně mléčný tuk vázaný.

### 3.4.2 Vliv na fyzikální vlastnosti

Přídavek mléčné složky má významný vliv na texturu čokolády. Textura obecně je výsledkem fyzikálních vlastností materiálu, jeho mechanických a povrchových charakteristik. V případě čokolády je textura ovlivněna: zastoupením TAG; dispergovanými částicemi; distribucí velikostí částic; obsahem pevného tuku; poměrem pevného a kapalného tuku; mikrostrukturálními vlastnostmi. Textura čokolád je obvykle hodnocena, kromě senzoricke analýzy, instrumentálními metodami. Informace o textuře se získávají prostřednictvím měření mechanických a reologických vlastností produktu. K určení mechanických charakteristik, především tvrdosti, se provádí penetrační test pomocí tenké sondy, zároveň je možné použít kontaktní metodu akustické emise. Tato metoda zahrnuje nahrávání zvuku generovaného při deformaci výrobků (tj. při lámání, řezání, kompresi, penetraci) při specifické rychlosti texturometru. Vydávaný zvuk a jeho vlastnosti (akustická energie, spektrum, amplituda zvuku) jsou odvislé od složení, strukturních a mechanických vlastností čokolády. Zachycené zvuky jsou zaznamenány a vyhodnoceny pomocí vhodného počítačového softwaru (Ostrowska-Ligęza et al. 2019).



Texturní vlastnosti, jako je např. zmíněná tvrdost, jsou velmi důležité mechanické vlastnosti, protože jsou velmi úzce spjaté se senzoricou kvalitou výrobků. Dovolují také předvídat, jaké reologické vlastnosti bude hmota vykazovat během zpracování. Tvrdost čokolády je výsledkem interakcí mezi vykrytalizovanou pevnou tukovou fází a dispergovanými pevnými částicemi (cukr, mléčné součásti, kakaové součásti). Tvrdost mléčných čokolád je zpravidla vyšší ve srovnání s bílými čokoládami a nižší ve srovnání s tmavými. Nejvyšší tvrdosti tedy dosahují obvykle čokolády tmavé, což vede samozřejmě i k nejvyšší akustické emisi během deformace ve srovnání s čokoládou mléčnou a bílou (Glicerina et al. 2016; Liang a Hartel 2004; Ostrowska-Ligęza et al. 2019).

Tradičně užívané mléčné složky, jako je sušené mléko, obsahují určité množství mléčného tuku. Mléčný tuk významně ovlivňuje chování čokoládové hmoty při krystalizaci. Čokolády s určitým obsahem mléčného tuku jsou, ve srovnání s čokoládami pouze s obsahem kakaového másla, měkčí. Mléčný tuk snižuje tvrdost tím, že redukuje obsah pevných tukových součástí, a tak zpomaluje proces krystalizace. Změkčovací efekt mléčného tuku má omezené využití, lze jím nahradit maximálně 30 % kakaového másla, poté se výrobek stane nepřijatelným (Attaie et al. 2003; Liang a Hartel 2004; Machálková et al. 2015).

Důležitou vlastností mléčných složek, která ovlivňuje tvrdost čokolády, je obsah volného mléčného tuku. Množství volného mléčného tuku má ale zásadní vliv i na reologické vlastnosti tekuté čokoládové hmoty, dále na průběh krystalizace tuku, stabilitu vůči tvorbě tukového výkvětu a senzoricou jakost výrobků (viz také podkapitola 3.4.1). Neméně důležité jsou vlastnosti samotných mléčných složek – jejich velikost; tvar; povrch; množství obsaženého vzduchu, které také ovlivňují mechanické vlastnosti tuhých výrobků (Liang a Hartel 2004).

### **3.5 Faktory ovlivňující reologické vlastnosti**

Reologie je vědní obor zabývající se tokem a deformací materiálů, na které je působeno mechanickými silami. Měření reologických vlastností v průběhu technologického procesu může být užitečným nástrojem kontroly kvality, protože reologické chování může být odrazem samotné mikrostruktury čokoládových hmot. Čokoláda je složitý polydisperzní systém, jehož vlastnosti jsou silně ovlivněny vlastnostmi dispergovaných částic, ale také tukem a krystaly tuku, které jsou formovány během temperace a tuhnutí. Ve zcela tekutém stavu je suspenze tvořena rozptýlenými pevnými částicemi (kakaové součásti, mléčné součásti, cukr) a spojitou tukovou fází (kakaové máslo, mléčný tuk, případně rostlinné

náhrady kakaového másla). Díky obsahu pevných částic vykazuje čokoláda v tekutém stavu typicky neneutonské chování (tzn., že rychlost deformace není úměrná na ní vyvinutému napětí). Toto chování je běžně charakterizováno plastickou viskozitou a mezí toku (Beckett 2011b; Glicerina et al. 2016; Gonçalves a Lannes 2010).

Mez toku je veličina definovaná jako množství energie, která je potřebná k uvedení materiálu k toku. Plastická viskozita je rovna energii, kterou je nutno vyvinout, aby kapalina tekla konstantní rychlostí. Výše zmíněné reologické charakteristiky mohou být popsány pomocí mnoha matematických modelů, jako je model Binghamův, Herschel–Bulkleyův a nejvyužívanější model – Cassonův. Pokud je viskozita čokoládové směsi příliš vysoká, je velmi náročné ji formovat, v čokoládě mohou vznikat bubliny, které je velmi těžké z forem uvolnit. Viskozita také ovlivňuje výsledný sensorický vjem v ústech. Reologické vlastnosti čokoládové hmoty jsou ovlivněny obsahem tuku, velikostí pevných částic a jejich distribucí, obsahem vody, obsahem emulgátorů, dobou konšování a teplotou. (Beckett 2008; De Graef et al. 2011; Gonçalves a Lannes 2010).

Čokoládová hmota mění svoji strukturu během všech výrobních kroků. Dochází k redukci velikosti částic, agregaci nebo rozrušení shluků částic, mění se vzdálenosti mezi jednotlivými částicemi surovin. Všechny tyto aspekty společně se surovinovou skladbou ovlivňují reologii čokoládových hmot. Stanovení reologických vlastností čokolády je pro průběh výrobního procesu čokolády velmi důležité. Díky znalosti reologických vlastností tekuté čokoládové hmoty je možné vyrábět vysoce kvalitní výrobky definované kvalitou (Glicerina et al. 2015).

Reologické vlastnosti čokolády jsou ovlivněny samotnou recepturou. Mezi složky, které mají zásadní vliv na reologické vlastnosti, patří tuk (kakaové máslo, mléčný tuk, substituenty kakaového másla) a emulgátory. Množství tuku ve směsi významně ovlivňuje interakci mezi částicemi, jejich distribuci a vzdálenost mezi nimi. Nižší koncentrace kakaového másla společně s vysokým množstvím pevných částic zapříčiňuje vyšší množství interakcí mezi jednotlivými částicemi, které vedou k vyšší viskozitě. K úpravě viskozity je pak nutné přidat další množství tukové složky, aby bylo docíleno snížení viskozity i meze toku. Přídavek lecitinu snižuje mezifázové napětí, čímž snižuje mez toku a také viskozitu směsi (Glicerina et al. 2015; 2016; Liang a Hartel 2004).

Výsledné reologické vlastnosti čokoládové směsi jsou dále ovlivněny průběhem a parametry během celého výrobního procesu. Důležitá je i teplota, při vyšší teplotě plastická viskozita klesá. Zásadním technologickým krokem, která ovlivňuje reologické vlastnosti je konšování,

během něhož dochází k odparu vody, významně se snižuje viskozita i mez toku. Parametry technologického procesu ovlivňují výsledné vlastnosti suspendovaných pevných součástí. Velikost pevných částic hraje velmi důležitou roli pro viskozitu produktu. Pokud jsou částice příliš malé, viskozita je vysoká a je potřeba přidat další tuk, který obalí jemné částice a tím sníží viskozitu směsi. Vliv na reologii má také tvar pevných částic a množství v nich obsaženého vzduchu. Množství vzduchu v částicích je důležitou vlastností mléčných složek. Mléčné složky s velkým množstvím obsaženého vzduchu vedou ke zvýšení viskozity, částice se zpravidla rozpadají, a je pak nutné je obalit dalším tukem (kakaovým máslem) (Beckett 2008; Glicerina et al. 2015; Liang a Hartel 2004).

Využití mléčných součástí má na reologické vlastnosti čokoládových hmot velký vliv. Mléčné složky, zejména ty s vyšším množstvím volného mléčného tuku, snižují viskozitu čokoládových směsí. Hlavní vliv na reologické vlastnosti mléčných čokolád má již zmíněné množství volného mléčného tuku. Kromě rozvoje chuti a snížení viskozity, představuje mléčný tuk i ekonomickou výhodu. Díky jeho přidání není potřeba během konšování dodávat do směsi velké množství kakaového másla s cílem upravení (snížení) viskozity. (Attaie et al. 2003; Bolenz et al. 2003; Glicerina et al. 2015; 2016; Liang a Hartel 2004).

Dalšími doplňující faktory pro utváření výsledných reologických vlastností jsou povrchové vlastnosti mléčných složek a jejich velikost. Rozhodující je i způsob získávání mléčných součástí, proto by například nemělo být mléko sušené válcově nahrazováno mlékem sušeným standartní sprejovou metodou. Mléčné součásti, které jsou sušeny sprejově totiž nevykazují dostatečné tokové vlastnosti (nedostatek volného mléčného tuku). Jako možná alternativa s cílem zvýšit schopnost mléčné složky ovlivnit reologické vlastnosti čokolády se zdá být:

- 1) upravení parametrů sprejového sušení s cílem zvýšit množství volného mléčného tuku v sušeném mléčném produktu,
- 2) anebo přidavek samotného mléčného tuku ke standartně sprejově sušenému mléku.

V případě, kdy jsou do čokolády přidávány pouze určité frakce mléčného tuku, zejména s cílem vyšší ochrany čokolády proti tukovému výkvětu, je ovlivněno i reologické chování čokolády v průběhu výrobního procesu. Ačkoli se s vysoko tajícími frakcemi mléčného tuku v čokoládě téměř nemění reologické vlastnosti během konšování, může být významně ovlivněn proces temperace. Čokoládová hmota s vysoko tajícími frakcemi mléčného tuku má významně vyšší viskozitu během formování a je těžké ji za standartních podmínek

zpracovat. V případě těchto čokolád je proto doporučeno využít vyšších temperačních teplot (Attaie et al. 2003; Liang a Hartel 2004).

### 3.5.1 Cassonův model

Cassonův model je nejpoužívanějším modelem pro studium reologických vlastností čokoládových disperzí. Pomocí tohoto modelu lze popsat neneutonské chování kapalin a jejich mez toku. Model byl vytvořen pro viskózní suspenze s obsahem částic kulového charakteru. Původně byl vytvořen pro tiskařský inkoust, poté se však začal využívat i pro další potravinářské a nepotravinářské suspenze (Glicerina et al. 2016; Gonçalves a Lannes 2010). Cassonův model lze vyjádřit pomocí následujícího matematického vztahu:

$$\sqrt{\tau} = \sqrt{\tau_0} + \sqrt{\eta_c * \dot{\gamma}}$$

, kde  $\tau$  je rovno smykovému napětí;  $\tau_0$  představuje mez toku;  $\eta_c$  Cassonovu viskozitu,  $\dot{\gamma}$  pak smykovou rychlost (Glicerina et al. 2016; Gonçalves a Lannes 2010; Kumbár et al. 2018).

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 4 CÍL PRÁCE

Diplomová práce si klade za cíl zjistit vliv přídatku mléčné složky, tj. sušeného odtučněného mléka a sušené syrovátky, na vybrané vlastnosti čokolády.

Pro naplnění cílů bylo zapotřebí:

- Zpracovat literární rešerši týkající se: výroby a zpracování čokolády; jejich vlastností; vlivů ovlivňujících její kvalitu, a to zejména vlivů přídatku mléčné složky.
- Vyrobít modelové vzorky mléčné čokolády s různým přídatkem sušené syrovátky (0,0 %, 2,5 %, 5,0 %, 7,5 %, 10,0 %; w/w), který byl doplněn o přídatek sušeného odtučněného mléka. Obsah kakaových součástí zůstává vždy stejný, a to 40,5 % (w/w).
- Při výrobě modelových vzorků mléčné čokolády zachovávat stejné technologické postupy, tj. doba a parametry konšování, temperace, chlazení a skladování.
- Podrobit modelové vzorky základní reologické, chemické (stanovení obsahu sušiny, hodnoty pH), texturní analýze (určení tvrdosti produktu) a analýze akustické emise.
- Analýzu provést ihned po vytvoření vzorků, po 1 a 2 týdnech skladování.
- Zanalyzovat získané výsledky měření, vyhodnotit vliv přídatku mléčné složky na vybrané vlastnosti čokolády a vyvodit závěry.

## 5 METODIKA PRÁCE

### 5.1 Úvodní popis experimentu

Prvním krokem praktické části diplomové práce bylo vytvoření modelových vzorků mléčných čokolád. Hlavními surovinami pro výrobu modelových vzorků se stala kakaová hmota, kakaové máslo, cukr, lecitin a mléčné součásti v podobě sušeného odtučněného mléka a sušené syrovátky. Suroviny a jejich původ jsou dále charakterizovány v podkapitole 5.2. Zmíněné suroviny byly užity ve vzorcích v množstvích dle zamýšlené receptury. Veškerá recepturní množství jsou uvedena níže v Tabulce č. 4. Celkem bylo vyrobeno 5 druhů modelových vzorků mléčné čokolády, které obsahovaly rozdílná množství mléčných složek. Obsah kakaových součástí zůstal vždy zachován, a to 40,5 % (w/w).

Tabulka 4 Surovinová skladba modelových vzorků mléčné čokolády

Recepturní složky	Vzorek č. 1 Syravátka 0,0 %	Vzorek č. 2 Syravátka 2,5 %	Vzorek č. 3 Syravátka 5,0 %	Vzorek č.4 Syravátka 7,5 %	Vzorek č.5 Syravátka 10,0 %
Kakaová hmota (g)	130	130	130	130	130
Kakaové máslo (g)	275	275	275	275	275
Cukr (g)	330	330	330	330	330
Lecitin (g)	5	5	5	5	5
Sušené mléko odt. (g)	260	235	210	185	160
Sušená syrovátka (g)	0	25	50	75	100

Všechny vyráběné vzorky byly vytvořeny za stejných podmínek. Konšování trvalo vždy 7 hodin. Dále byla provedena temperace, formování do silikonových forem a chlazení. Vyrobené vzorky byly skladovány za chladírenských teplot a řádně zabaleny. Všechny druhy vzorků byly podrobeny analýze ihned po výrobě, následně po jednom a dvou týdnech. Byla provedena základní chemická analýza zahrnující stanovení obsahu vlhkosti a měření pH. Provedená texturní analýza zahrnovala měření tvrdosti prostřednictvím penetračního testu a testu akustické emise. V rámci analýzy reologických vlastností modelových vzorků čokolád byla posuzována zdánlivá viskozita, smykové napětí vyjádřené jako mez toku a hodnota tixotropie.

### 5.2 Výroba modelových vzorků mléčné čokolády

K výrobě modelových vzorků mléčné čokolády bylo využito těchto surovin:

- Kakaová hmota BIO ve formě zlomků; země původu – Peru; Svět plodů s.r.o, Břidličná, ČR
- Kakaové máslo 100%; země původu – Peru; Svět plodů s.r.o, Břidličná, ČR
- Cukr bílý krupice Castello; Lidl Česká republika v.o.s., Praha 5, ČR
- Lecitin sójový práškový bezolejový (bez GMO); Aditiva CZ s.r.o., Praha 5, ČR
- Sušené mléko odtučněné; sprejově sušené; Moravia lacto a.s., Jihlava
- Sušená syrovátka – syrovátkový nápoj v prášku; TOPNATUR s.r.o., Slušovice, ČR

Každý z pěti výrobních cyklů se skládal z těchto technologických kroků: míchání, konšování, temperace, chlazení a balení. Nejprve bylo rozpuštěno dané recepturní množství kakaového másla a kakaové hmoty na vodní lázni a společně s dalšími součástmi (cukr, mléčné složky) dávkováno do melanžéru. Po půl hodině konšování čokoládové směsi byl přidán sójový lecitin. Ke konšování byl využit melanžér SPECTRA 11 Stone Melanger (Indie). Konšovací proces probíhal u všech pěti druhů vzorků po dobu 7 hodin při 1000 ot./min.



Obrázek 10 Melanžér Spectra 11 Stone Melanger (Spectra 2020)

Čokoládová hmota měla bezprostředně po konšování teplotu průměrně  $45,8 \pm 0,15$  °C. Hmota byla dále temperována v temperovacím stroji (MINITEMPER; Pavoni, Itálie). Použité temperovací teploty byly 45°C, 26 °C a 31 °C, při výdrži 2 minut. Při každém výrobním cyklu bylo vyrobeno přibližně 1 kg čokoládové hmoty. Po temperaci se hmota vylévala do silikonových forem o rozměrech 1,5x10,0x2,5 cm. Následně byly vzorky chlazeny po dobu 14 hodin za chladírenských teplot  $6 \pm 2$  °C. Hotové výrobky pak byly vyklápěny, jednotlivě baleny do aluminiových folií a polyethylenových sáčků s vnitřním zipem. Takto byly vzorky uchovávány i v následujících dvou týdnech.



### 5.3 Chemická analýza

Provedená základní chemická analýza představovala stanovení vlhkosti modelových vzorků a stanovení jejich hodnoty pH.

#### 5.3.1 Stanovení vlhkosti

Vlhkost jednotlivých vzorků byla stanovena gravimetricky dle metodiky AOAC 931.04. Připravený vzorek byl sušen při teplotě  $100\pm 2$  °C až do konstantního úbytku hmotnosti. Naměřený úbytek hmotnosti je pak roven obsahu vody ve vzorku. Měření bylo v rámci experimentální části diplomové práce provedeno pro každý vzorek pouze jednou, vždy však ve třech opakováních. Výsledek byl vyjádřen jako průměr ze tří měření  $\pm$  směrodatná odchylka (AOAC 1931).

#### 5.3.2 Stanovení pH

Jednotlivá měření hodnot pH modelových vzorků mléčné čokolády probíhala vždy bezprostředně po výrobě, poté s týdenním a dvoutýdenním rozstupem. Každý vzorek byl změřen pokaždé ve třech opakováních a vyjádřen jako průměr ze tří měření  $\pm$  směrodatná odchylka. Stanovení hodnot pH bylo prováděno pomocí digitálního pH metru (Hanna Instruments HI99161). Měření probíhalo metodicky dle oficiální metody AOAC 970.21. Vzorek o hmotnosti 10 g byl rozpuštěn za stálého míchání v 90 ml vroucí destilované vody. Takto rozpuštěná suspenze, která byla prosta jakýchkoli hrudek, byla zfiltrována za horka přes filtrační papír (FILPAP KA3). Filtrát, zchlazený na 20-25 °C, byl změřen ponořením elektrody kalibrovaného pH metru (AOAC 1974).

### 5.4 Texturní analýza

Textura je souborem sensorických vlastností materiálu, které jsou výslednicí jeho struktur na mikro i makroskopické úrovni. Mezi texturní vlastnosti patří např. soudržnost, přilnavost, pružnost nebo tvrdost. V rámci texturní analýzy diplomové práce byla hodnocena tvrdost všech modelových vzorků instrumentální metodou penetrační analýzy. Tvrdost je jednou z mnoha texturních vlastností materiálů a je definována jako síla, která je potřebná k dosažení deformace daného materiálu (Szczeniak 2002).

### 5.4.1 Penetrační test

Pro stanovení tvrdosti modelových vzorků mléčných čokolád prostřednictvím penetračního testu byl využit přístroj TA.XT PlusC Texture Analyser (Stable Micro Systems; Surrey, Velká Británie).



Obrázek 11 Texturometr TA.XT PlusC (Stable Micro Systems nedatováno)

Analýza jednotlivých typů vzorků mléčných čokolád probíhala vždy den po výrobě, týden a dva týdny po výrobě. Měření jednoho typu vzorku probíhalo v devíti opakováních. Výsledek byl vyjádřen jako průměr  $\pm$  směrodatná odchylka. Parametry vlastního měření byly shodné s Lillah a kol. (2017): tvrdost čokolády byla stanovena pomocí penetrace tenké sondy o průměru 2 mm (P/2N); rychlost pohybu sondy 2 mm/s; sonda dosahovala do hloubky 5 mm vzorku (Lillah et al. 2017).

### 5.5 Analýza akustické emise

Metoda analýzy akustické emise představuje analýzu zvuku, který je generován při deformaci výrobků (tj. při lámání, řezání, kompresi, penetraci) za specifické rychlosti texturometru. Vydávaný zvuk a jeho vlastnosti jsou výsledkem složení, strukturních a mechanických vlastností čokolády. Zachycené zvuky jsou zaznamenávány a vyhodnoceny pomocí vhodného softwaru (Ostrowska-Ligęza et al. 2019).

V rámci praktické části diplomové práce byl k zachycení emitovaného zvuku při deformaci vzorků využit hlukoměr Volcraft SL-400. Hlukoměr byl umístěn ve vzdálenosti 3 cm od vzorků a úhel mezi vzorky a mikrofonom hlukoměru činil 45 stupňů. K deformaci vzorku

byl využit stejný deformační test jako při předchozím penetračním testu (kap. 5.4.1), který byl vykonán opět na texturometru TA.XT PlusC. Měření akustické emise bylo provedeno jednorázově po dvou týdnech skladování vzorků. Pro každý typ vzorku bylo provedeno šest opakování. Výsledek byl vyjádřen jako průměr z šesti opakování  $\pm$  směrodatná odchylka.



Obrázek 12 Hlukoměr Volcraft SL-400 (ÚFMI UTB nedatováno)

## 5.6 Reologické vlastnosti

Reologie je vědní obor zabývající se tokem a deformací materiálů, na které je působeno mechanickými silami. Reologické vlastnosti materiálu jsou odrazem samotného složení a mikrostruktury čokoládových hmot. Díky obsahu pevných částic vykazuje čokoláda v tekutém stavu typicky neneutonské chování (tzn., že rychlost deformace není úměrná na ní vyvinutému napětí). Toto chování je běžně charakterizováno plastickou viskozitou a mezí toku (Gonçalves a Lannes 2010; Beckett 2011b; Glicerina et al. 2016).

Reologické vlastnosti vzorků byly měřeny pomocí oscilačního reometru HAAKE RheoStress 1 (Thermo Fisher; USA).



Obrázek 13 Oscilační reometr HAAKE RheoStress 1 (Thermo Fisher nedatováno)

Měření bylo prováděno u všech typů modelových vzorků čokolády v den výroby, týden a dva týdny po výrobě. Měření bylo prováděno vždy ve třech opakováních. Výstupem měření byly tokové křivky informující o tokových vlastnostech mléčných čokolád. Plastická viskozita i mez toku (smykové napětí) zkoumaného materiálu byla měřena na zmíněném rotačním reometru s využitím geometrie deska-deska, při teplotě  $40 \pm 2$  °C.

Měření hodnot reologických proměnných probíhalo dle Glicerina a kol. (2016) a standardní metody IOCCC. Při měření byly získávány rovnovážné tokové křivky při kontrolované smykové rychlosti. Odchylkou byla využita geometrie a vyhodnocení získaných dat. K výpočtu meze toku a plastické viskozity byl v rámci diplomové práce aplikován Cassonův model. Hodnoty tixotropie byly vyhodnoceny také dle metodiky Glicerina a kol. (2016) (De Graef et al. 2011; Glicerina et al. 2016; Gonçalves a Lannes 2010; Servais et al. 2003).

## 5.7 Statistická analýza

Získané hodnoty zkoumaných parametrů byly vyjádřeny jako aritmetický průměr  $\pm$  směrodatná odchylka. Statistická analýza získaných dat byla provedena analýzou rozptylu – jednosměrná ANOVA s následným Tukeyho posttestem (hladina významnosti 0,05). K hodnocení bylo využito statistického softwaru SPSS Statistics.

## 6 VÝSLEDKY A DISKUZE

### 6.1 Základní chemická analýza

#### 6.1.1 Stanovení vlhkosti

Obsah vody v čokoládách je důležitým technologickým i mikrobiologickým parametrem. Zvýšená vlhkost představuje riziko rozvoje mikroorganismů a kratší trvanlivost čokoládových výrobků. Přílišná vlhkost také negativně ovlivňuje reologické vlastnosti čokoládové směsi a může způsobovat její přílišnou viskozitu. Vyšší viskozita způsobená vysokým obsahem vody má pro výrobce ekonomické důsledky. Výrobci totiž musí využít přísadku tuku (kakaového másla či jiných rostlinných náhrad kakaového másla), a tím viskozitu hmoty regulovat (Beckett 2008; 2011b; Gutiérrez 2017; Ostrowska-Ligęza et al. 2019).

Vzhledem k výše uvedeným negativním dopadům vysokého obsahu vody v čokoládě a čokoládových hmotách je její obsah požadován co nejnižší. Současné znění vyhlášky č. 76/2003 (MZe 2003) neupravuje požadovaná maximální množství vody v čokoládách. Beckett (2008) však uvádí, že by obsah vlhkosti hotových čokolád neměl přesahovat 1 % (w/w). Zatímco jiní autoři uvádí, že při svých měřeních běžně pozorovali i vyšší množství obsažené vody, např. Chire Fajardo a kol. (2017) uvádí tolerované rozmezí obsahu vody 0,8-2,3% (w/w). Dle Lillah a kol.(2017) se obvyklé množství vlhkosti čokolád pohybuje mezi 0,5-1,5 %. Pandey a Singh (2011) pozorovali u vzorků mléčné čokolády obsah vody ještě vyšší, a to okolo 5,0 % (w/w). (Beckett 2008; Chire Fajardo et al. 2017; MZe 2003, s. 200; Pandey a Singh 2011).

Vliv na obsah vody v čokoládě má její složení, využití suroviny, ale také průběh technologického procesu a skladování. Součástí mléčných čokolád bývá laktóza, která je přirozeně velmi hydrofilní. Další složkou s hydrofilními vlastnostmi, která je mnohdy součástí čokolád, jsou emulgátory. Tyto složky jsou schopné přítomnou vlhkost zachytit a zabránit tak rozvoji mikrobiální aktivity. Zároveň však mohou být samotné mléčné složky vektorem vlhkosti, kterou obsahují v případě jejich nevhodného skladování. Přídavek emulgátoru je zásadní nejen pro ovlivnění reologických vlastností čokoládové hmoty. Je obecně známo, že snižuje její citlivost k vodě. Například Lillah a kol. (2017) prokázali, že při přísadce PGPR do tmavé čokolády s obsahem substituentů kakaového másla vznikla stabilní suspenze s relativně vysokým obsahem vody (okolo 2,2 %). Jedním z důležitých

faktorů, který ovlivňuje obsah konečné vlhkosti ve výrobcích je i doba konšování. S délkou konšování se obecně snižuje obsah vody ve směsi. Dalším aspektem, který může ovlivnit aktuální obsah vlhkosti v čokoládě, je doba skladování. Během skladování dochází k pozvolnému úbytku obsahu vody, s čímž souvisí i současné tvrdnutí čokolád. Tento trend pozorovali například Pandey a Singh (2011), kteří sledovali změny vlhkosti v průběhu tří měsíců (Beckett 2011b; Gutiérrez 2017; Lillah et al. 2017; Ostrowska-Ligęza et al. 2019; Pandey a Singh 2011).

Následující tabulka (Tabulka 5) prezentuje výsledky stanovení vlhkosti modelových vzorků mléčné čokolády.

Tabulka 5 Vlhkost modelových vzorků mléčné čokolády s různým obsahem sušené syrovátky

Množství syrovátky	0,0 %	2,5 %	5,0 %	7,5 %	10,0 %
Vlhkost (% w/w)	1,43±0,10	1,60±0,02	1,59±0,01	1,64±0,01	1,62±0,01

Hodnoty obsahu vlhkosti vyrobených modelových vzorků mléčných čokolád se pohybovaly v rozmezí 1,43-1,64 %. Získané hodnoty byly získávány jedenkrát v závěru praktické části práce. Změny vlhkosti v čase nebyly a ani je nelze usuzovat vzhledem ke krátkému skladování některých modelových vzorků. Průměr získaných hodnot vlhkosti je roven 1,57 % (w/w). Tato hodnota neodpovídá doporučení autorů Lillah a kol. (2017) a Beckett (2008), ale je vyšší. Odpovídá však rozmezí uváděnému Chire Fajardo (2017): 0,8–2,3 % (w/w). Mléčné čokolády mnohdy obsahují více vody nežli čokolády tmavé (hořké). Důvodem může být obsah vlhkosti v samotných mléčných surovinách nebo hygroskopické vlastnosti těchto surovin. V případě tvorby modelových vzorků v rámci diplomové práce bylo využito lecitinu, který vykazuje hydrofilní vlastnosti také. Společně s mléčnými složkami mohl zapříčinit snížené unikání vlhkosti během konšování. Samotné konšování, během kterého dochází při výrobě čokolády ke snížení obsahu vody, bylo při výrobě modelových vzorků velmi krátké, což může být také příčinou relativně vysoké vlhkosti. Je nutno podotknout, že příčinou vyšší vlhkosti může být i nevhodné skladování v nedokonale utěsněných obalech při vysoké vzdušné vlhkosti, ke které jsou dle Chire Fajardo (2017) mléčné čokolády v porovnání s tmavými výrazně citlivější (Beckett 2008; Chire Fajardo et al. 2017; Lillah et al. 2017).

### 6.1.2 Stanovení pH

Čokoláda je výrobkem, který má zpravidla mírně kyselé pH. Výsledná hodnota pH má vliv na chuť i stabilitu čokolády. Důvodem, který zapříčiňuje kyselou povahu čokoládových výrobků jsou samotné kakaové součásti, jenž mají v důsledku obsažených organických kyselin nízké pH. Gutiérrez (2017) uvádí, že obvyklé pH čokolády se pohybuje okolo 5,5. Takto nízkou hodnotu pH je však možné pozorovat zejména u čokolád hořkých/čokolád s vysokým obsahem kakaových součástí a čokolád, jejichž kakaové součásti (kakaová hmota, příp. kakaový prášek) neprošly alkalizací. V případě, kdy prošly kakaové součásti procesem alkalizace, mohou mít čokoládové výrobky neutrální až mírně zásadité pH. Rozhodující je také množství kakaových součástí v čokoládě, s vyšším zastoupením kakaových součástí pH zpravidla klesá (Aharonian 2016; Beckett 2008; Čopíková 2015; Gutiérrez 2017; Prawira a Barringer 2009).

Vliv na výsledné pH čokolády mají samozřejmě všechny recepturní složky a důležitý je i průběh technologického procesu. Významným faktorem je délka konšování, během kterého dochází k vytěkání části organických kyselin, a tím ke zvýšení pH. S délkou konšování mírně stoupá i hodnota pH. Mezi suroviny, která může zvyšovat hodnotu pH výsledného produktu je dle Lillah a kol. (2017) emulgátor PGPR (polyglycerol polyricinoleát) mající bazický charakter. Dalšími surovinami, které mohou ovlivnit výsledné pH čokolády, jsou mléčné složky (Beckett 2008; Čopíková 2015; Lillah et al. 2017; Zoumas et al. 2012).

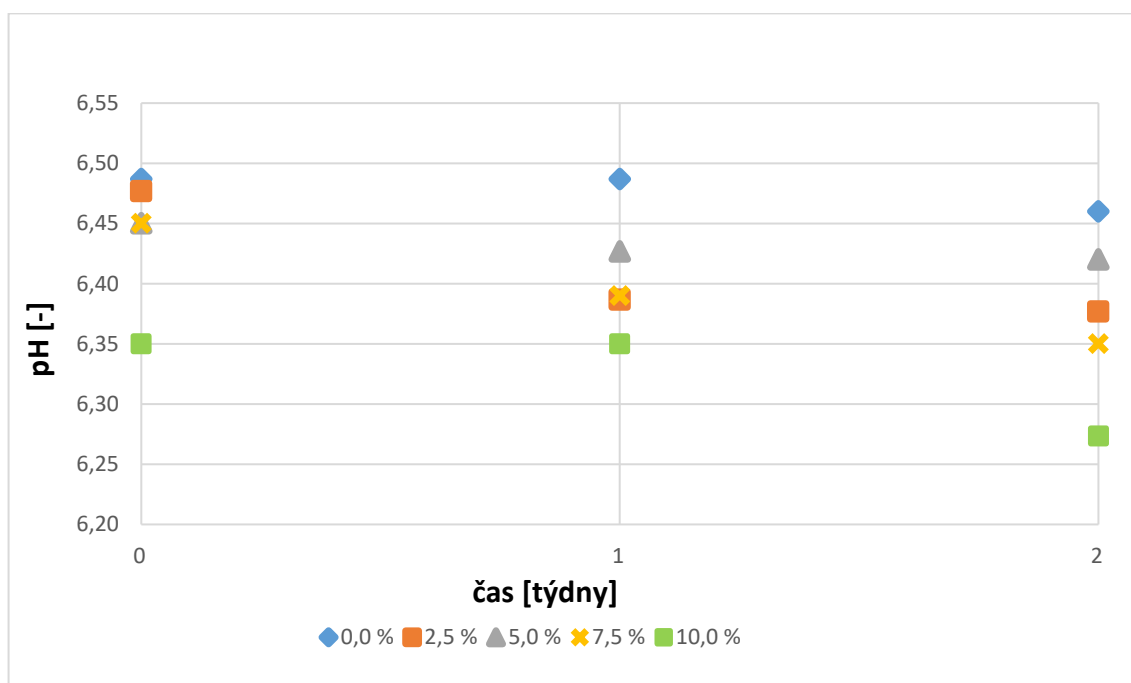
Aharonian (2016) uvádí, že hodnota pH mléčných čokolád se pohybuje okolo 6,5. Bracco (1978) pak uvádí rozmezí pH pro mléčné čokolády mezi 6,25-6,70. Vliv mléčných složek na výslednou hodnotu pH může být různý. Pandey a Singh (2011) pozorovali, že přídavek plnotučného sušeného mléka měl na pH čokolády neutralizační efekt a čokoláda s obsahem 26,5 g sušeného mléka/100 g čokolády vykazovala pH rovno 7,0 (42 % kakaových součástí). Rozhodující je druh a množství využitých mléčných součástí, případně poměr použitých mléčných součástí. Náhrada sušeného mléka (pH 6,5-6,8) sušenou syrovátkou může být příčinou změny pH (kyselá syrovátka pH <5,1; sladká syrovátka pH >5,6) (Aharonian 2016; Beckett 2008; Bracco 1978; Miller et al. 2010; Pandey a Singh 2011).

Skladování a jeho délka může hodnotu pH ovlivňovat také. Dle Nightingale a kol. (2012) klesá s délkou skladování obsah volatilních kyselin, což má za následek zvýšení hodnoty pH. Tento jev pozorovali u tmavé čokolády. Opačný jev, tedy zvyšování hodnoty pH s dobou skladování, pozorovali Pandey a Singh (2011) u mléčné čokolády a uvádí, že důvodem

mohou být glykolytické změny mléčných součástí. Rozdílné trendy ve změně pH v čase mohou být zapříčiněny rozdílným složením, rozdílným technologickým procesem nebo odlišným skladováním (Nightingale et al. 2012; Pandey a Singh 2011).

V rámci diplomové práce byla využita kakaová hmota, která neprošla procesem alkalizace, také nebylo využito emulgátorů s alkalickým charakterem. Dá se předpokládat, že ani během konšování, které trvalo pouze sedm hodin, nedošlo k významnému zvýšení pH v důsledku vytěkání velkého množství organických kyselin. Stejně tak nebude výsledné pH ovlivněno obsahem kakaových součástí, které u modelových vzorků zůstalo vždy stejné. Vliv na možnou změnu pH mohou mít využití mléčné součásti a délka skladování.

Následující graf (Obrázek 14) znázorňuje výsledky stanovení pH modelových vzorků ve všech dnech měření. Naměřené hodnoty pH modelových vzorků mléčné čokolády se pohybují v rozmezí mezi 6,27-6,49. Získané hodnoty pH vykazují mírně kyselý charakter, což odpovídá i tomu, že použité kakaové součásti nebyly alkalizovány. Výsledné pH je však ovlivněno přidavkem mléčných složek, které mají dle Pandey a Singh (2011) neutralizační schopnost. Všechny uvedené hodnoty spadají do rozmezí pH typického pro mléčné čokolády, které uvádí Bracco (1978) (pH 6,25-6,70).



Obrázek 14 pH modelových vzorků mléčné čokolády v závislosti na čase

Nejvyšší hodnoty pH vykazovaly vzorky bez přídavku syrovátky ihned po výrobě ( $6,49 \pm 0,02$ ) a v prvním týdnu skladování ( $6,49 \pm 0,01$ ). Naopak nejnižší hodnoty pH vykazovaly vzorky s 10%



přídavkem syrovátky po dvou týdnech skladování ( $6,27 \pm 0,02$ ). Obecně tedy pro všechny vzorky platí, že s dobou skladování se hodnota pH mírně zvyšuje. Tento jev pozorovali také Pandey a Singh (2011) a přisuzují ho možným glykolytickým změnám mléčných součástí. Také byl pozorován trend ve změně pH s přídavkem sušené syrovátky. S přídavkem syrovátky hodnota pH klesá, což napovídá, že hodnota pH použité syrovátky měla na čokoládovou hmotu acidifikující vliv. Hodnota pH samotné sušené syrovátky byla pravděpodobně nižší nežli pH sušeného mléka.

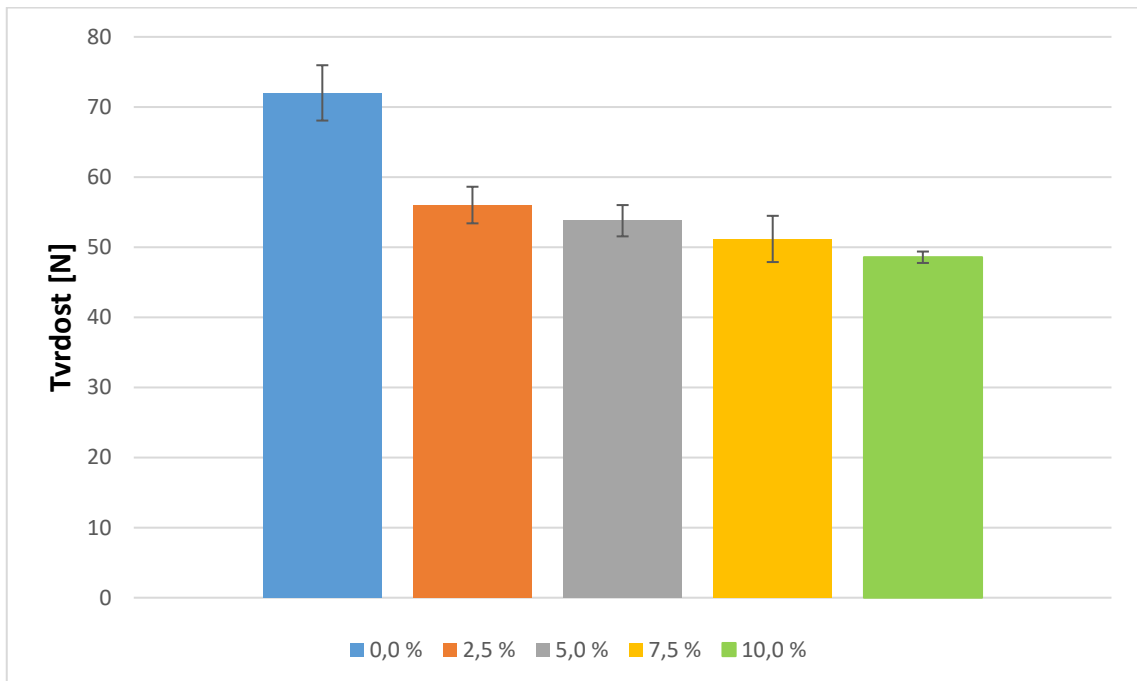
## 6.2 Výsledky texturní analýzy

V rámci texturní analýzy diplomové práce byla hodnocena tvrdost modelových vzorků mléčných čokolád. Tvrdost je důležitou vlastností čokolády, protože je velmi úzce spjata s její sensorickou kvalitou. Tvrdost čokolády je výsledkem interakcí mezi vykrystalizovanou spojitou tukovou fází a dispergovanými pevnými částicemi. Výsledná tvrdost čokolády je ovlivněna jejím výrobním procesem, vlastnostmi užitých surovin (velikost, tvar, povrch), ale i délkou a podmínkami skladování čokoládových výrobků. Tvrdost mléčných čokolád je zpravidla vyšší ve srovnání s bílými čokoládami a nižší ve srovnání s tmavými. Tvrdost se s přidáním mléčné složky snižuje v důsledku obsahu mléčného tuku, které mění zastoupení mastných kyselin ve spojitě fázi. Mléčný tuk změkčuje čokoládu, snižuje její bod tání a usnadňuje tak její rozpouštění v ústech (Attaie et al. 2003; Chire Fajardo et al. 2017; Glicerina et al. 2016; Liang a Hartel 2004; Machálková et al. 2015; Ostrowska-Ligęza et al. 2019).

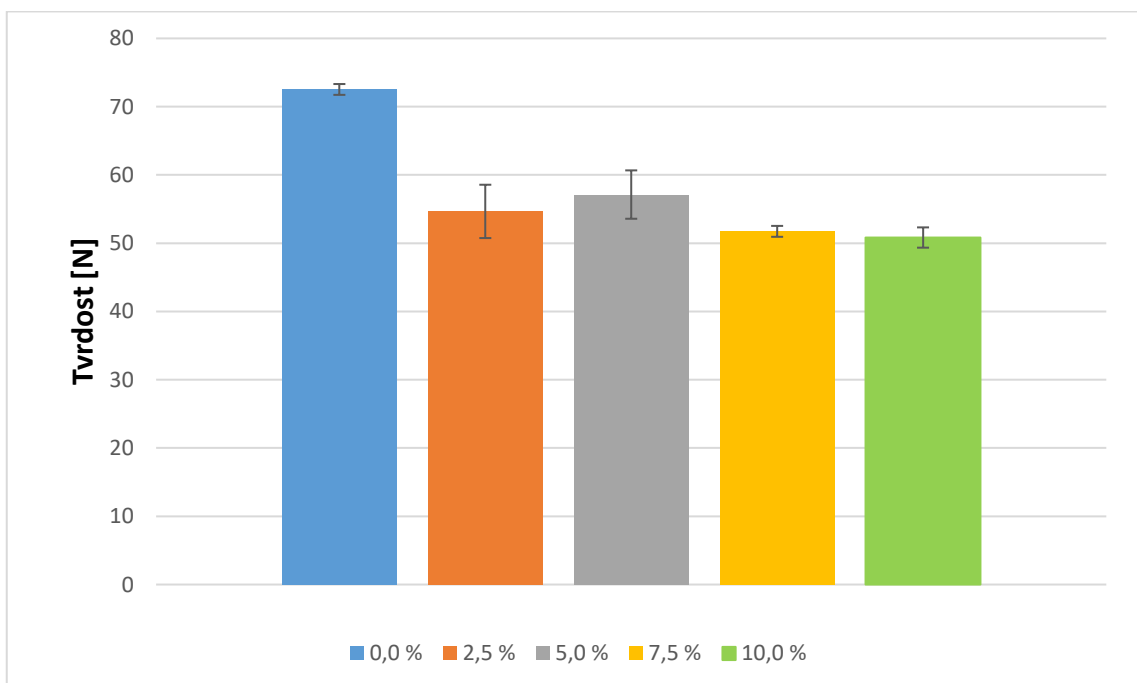
### 6.2.1 Penetrační test

Tvrdost čokolády je výsledkem recepturního složení čokolády, průběhem jejího zpracování a také způsobem a délkou jejího skladování. Jedním ze zásadních faktorů určující tvrdost čokolády je velikost částic. S klesající velikostí částic tvrdost čokolády zpravidla roste, v důsledku většího množství interakcí mezi jednotlivými částicemi. V průběhu výroby je pro výslednou tvrdost zásadní proces temperace. Výsledkem správné temperace je čokoláda s více agregovanou mikrostrukturou, a tedy i tvrdostí. Rozhodující je také obsah a zastoupení jednotlivých typů krystalických modifikací kakaového tuku. Tento efekt lze pozorovat při dlouhodobém skladování čokolády, s delším skladováním vzrůstá obsah stabilních krystalických modifikací, s kterými zároveň roste tvrdost. Tvrdost se naopak snižuje s vyšším přídavkem kakaového másla, přídavkem mléčného tuku nebo vyšší skladovací teplotou (Glicerina et al. 2016; Liang a Hartel 2004; Ostrowska-Ligęza et al. 2019).

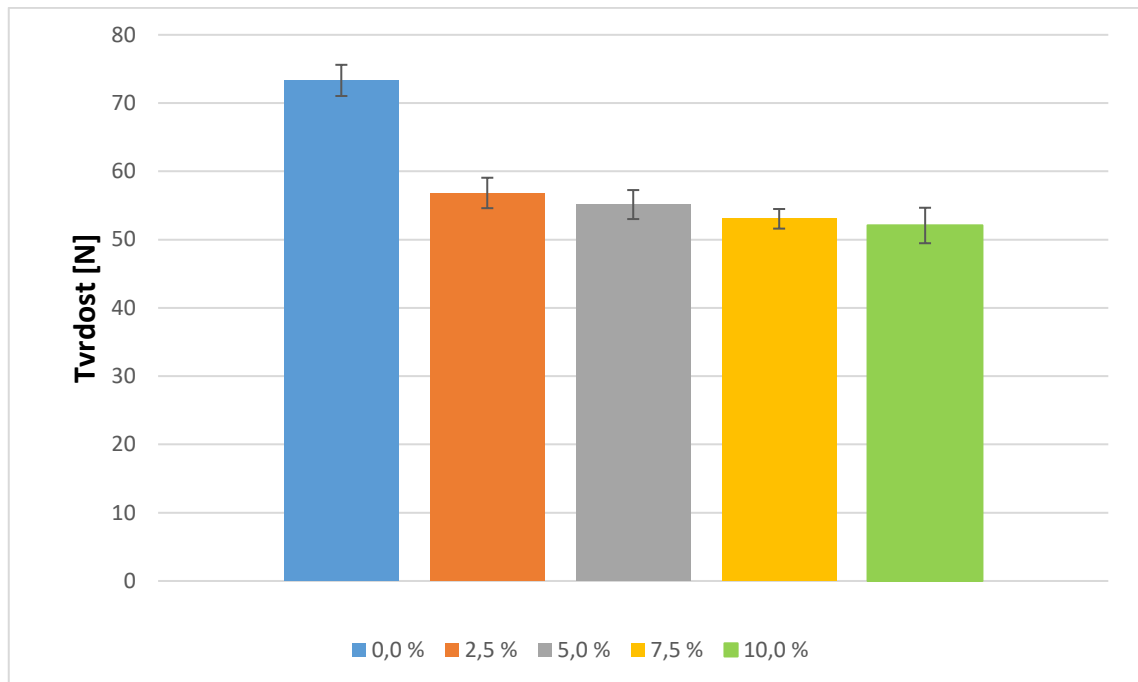
Následující grafy prezentují výsledky měření tvrdosti modelových vzorků v jednotlivých dnech analýzy, tedy v den výroby (Obrázek 15), týden po výrobě (Obrázek 16), dva týdny po výrobě (Obrázek 17).



Obrázek 15 Tvrdost modelových vzorků méčné čokolády ihned po výrobě



Obrázek 16 Tvrdost modelových vzorků méčné čokolády týden po výrobě



Obrázek 17 Tvrdość modelových vzorků mléčné čokolády dva týdny po výrobě

Vliv velikosti částic na tvrdość modelových vzorků nelze hodnotit, protože jejich velikost nebyla posuzována. Je ale nutné poznamenat, že každý typ modelových vzorků byl vyráběn zvlášť, čímž mohla být velikost částic mezi vzorky neplánovaně mírně odlišná. Rozdíly mohou být ovlivněny také rozdílným, neúmyslným, průběhem temperace, která má na utváření textury čokolády zásadní vliv. Vzhledem k tomu, že další postup výroby a skladování byl u všech typů modelových vzorků stejný, lze případné změny tvrdości přisuzovat změnám recepturního složení (změně mléčné složky) nebo době skladování.

Hodnoty tvrdości sledovaných vzorků mléčné čokolády se pohybovaly v rozmezí 48,57-73,33 N, z čehož nejnižších hodnot tvrdości dosahovaly vzorky s 10% přidavkem sušené syrovátky ihned po výrobě ( $48,57 \pm 0,82$  N) a naopak nejvyšších hodnot dosahovaly vzorky bez přidavku sušené syrovátky po dvoutýdenním skladování ( $73,33 \pm 2,28$  N). Byl pozorován změkčující efekt sušené syrovátky na modelové vzorky čokolády. Mezi hodnotami tvrdości modelových vzorků s 2,5 % a 5,0 % přidavkem lze pozorovat výkyv hodnot po týdnu skladování (Obrázek 16) ve srovnání s měřením ihned po výrobě a po dvoutýdenním skladování. Tuto změnu lze s přihlédnutím k relativně vysokým hodnotám směrodatných odchylek přisuzovat chybě měření.

Byl pozorován trend rostoucí tvrdości s dobou skladování. Změny však nejsou výrazné, což je vzhledem k velmi krátkému skladování pochopitelné. Vrstující tvrdość s dobou skladování popisují i Pandey a Singh (2011). Ti naměřili u mléčné čokolády s obsahem 36,7

% sušeného plnotučného mléka ihned po výrobě tvrdost 36,7 N (při skladovací a testovací teplotě  $16\pm 1$  °C). Během devadesáti dní se tvrdost pozorovaného vzorku zvýšila na 38,4 N. Tento trend přisuzují, mimo změny zastoupení krystalických modifikací kakaového másla, i změně obsahu vlhkosti, která s dobou skladování klesala. Hodnoty získané Pandey a Singh jsou výrazně nižší ve srovnání s tvrdostí modelových vzorků diplomové práce. Důvodem může být vyšší obsah mléčných součástí, které mají na čokoládu změkčující efekt. Příčinou mohou být také rozdílné skladovací podmínky. S vyšší skladovací teplotou tvrdost čokolády klesá. V případě Pandey a Singh byla čokoláda skladována a testována při vyšší teplotě (16,0 °C) ve srovnání s modelovými vzorky ( $6\pm 2$  °C). Vliv skladovací teploty popisují například Ruban a kol. (2016). Testovali tvrdost vzorku mléčné čokolády (kakaové součásti 35 %) při různých skladovacích teplotách. Tvrdost byla testována i při teplotě 6°C, což odpovídá teplotě, při které byly skladovány modelové vzorky čokolády diplomové práce. Ruban a kol. dospěli k hodnotám tvrdosti 46,0 N ihned po výrobě. Po měsíci skladování vykazovala shodná čokoláda tvrdost 60,0 N. Hodnoty tvrdosti se přibližují nejvíce hodnotám tvrdosti modelového vzorku s 10% přídavkem sušené syrovátky ihned po výrobě (48,6 N). Je však nemožné vzorky přímo porovnávat vzhledem k jejich rozdílným recepturním složením (Pandey a Singh 2011; Ruban et al. 2016).

Vyšší hodnoty tvrdosti ve srovnání s tvrdostí vzorků vyrobenými pro účely diplomové práce pozorovali Ostrowska-Ligęza a kol. (2019), kteří uvádí, že u mléčné čokolády s 25 % kakaových součástí naměřili hodnotu tvrdosti  $96,7\pm 10,5$  N. Vzorky byly skladovány a analyzovány při pokojové teplotě (24 °C). Bohužel neuvádí stáří pozorovaných vzorků a ani množství mléčných součástí, které bylo pro výrobu mléčné čokolády využito (Ostrowska-Ligęza et al. 2019).

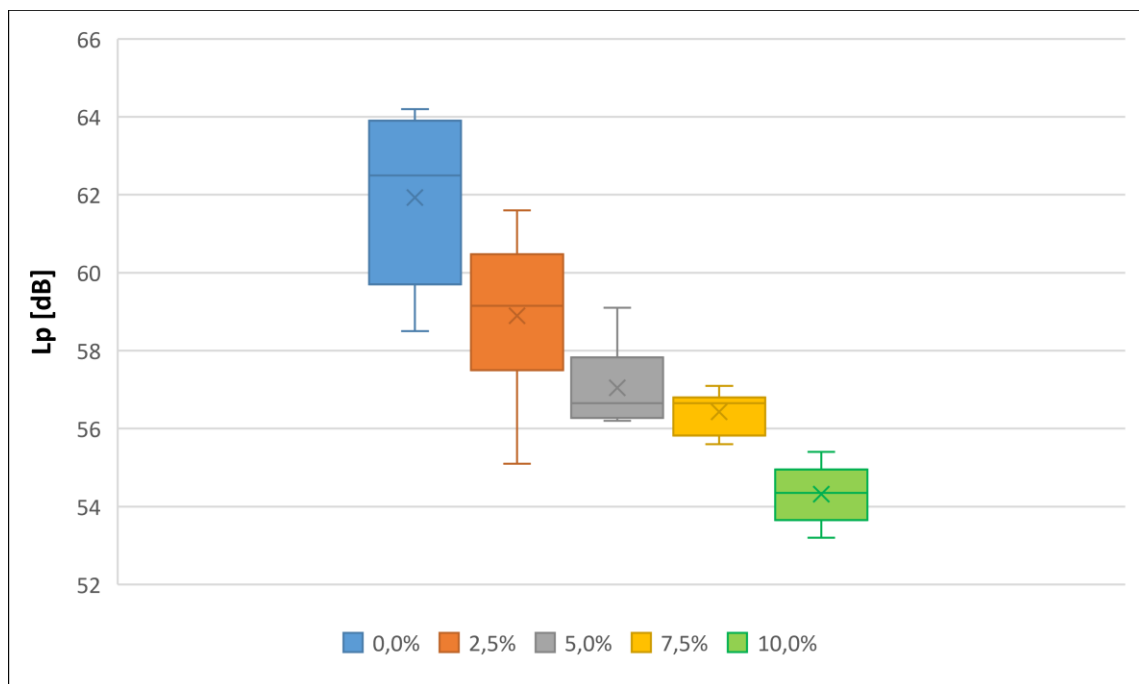
### 6.3 Analýza akustické emise

Charakteristický zvuk při lomu čokolády je její požadovanou sensorickou vlastností. Významný je zejména pro hodnocení sensorické jakosti tmavých čokolád a je výsledkem její textury. Pro správný zvuk při lomu je zásadní správný průběh temperace a dostatečné množství tuku přítomného ve stabilní  $\beta$  konformaci. Intenzita zvuku při deformaci čokolády je odrazem její tvrdosti. Nejvyšší tvrdosti dosahují obvykle čokolády tmavé, což vede samozřejmě k vyšší akustické emisi ve srovnání s čokoládou mléčnou a bílou. Přídavek mléčných složek typicky čokoládu změkčuje. Pro tento změkčující efekt je rozhodující zejména množství volného mléčného tuku v mléčných součástech, případně přídavek

samotného mléčného tuku do směsi (Beckett 2008; Liang a Hartel 2004; Ostrowska-Ligeża et al. 2019).

Ostrowska-Ligeża a kol. (2019) analyzovali akustickou emisi u mléčné, tmavé i bílé čokolády. Akustická emise byla zaznamenávána při penetraci vzorků. Bylo potvrzeno, že tmavé čokolády vykazovaly při deformaci vyšší hladiny akustického tlaku, než vykazovaly čokolády mléčné. Byla hodnocena hladina akustického tlaku u dvou vzorků mléčných čokolád. Jeho hodnoty se u těchto vzorků mléčné čokolády pohybovaly v rozmezí 47-52 dB.

Následující graf (Obrázek 18) znázorňuje výsledky měření hladin akustického tlaku modelových vzorků mléčné čokolády při deformaci, které byly získány v rámci praktické části diplomové práce.



Obrázek 18 Hodnoty hladin akustického tlaku modelových vzorků čokolády s různým přídatkem sušené syrovátky

Rozmezí naměřených hodnot akustického tlaku všech zkoumaných vzorků bylo 53,20-64,2 dB. Nejnižších hodnot akustického tlaku při deformaci dosahovaly vzorky s největším přídatkem syrovátky ( $54,32 \pm 0,82$  dB), naopak nejvyšších hodnot dosahoval vzorek obsahující pouze sušené odstředěné mléko ( $61,93 \pm 2,30$  dB). Tento trend odpovídal našemu předpokladu a odpovídá také předešlému měření tvrdosti (kap.6.2.1), při kterém bylo potvrzeno, že s přídatkem syrovátky tvrdost mléčné čokolády klesá. A tedy s klesající tvrdostí klesá i velikost akustické emise. Klesající tvrdost, která je pozorována s přídatkem

sušené syrovátky na úkor odtučněného sušeného mléka (1,0 % tuku), je pravděpodobně výsledkem rostoucího množství volného mléčného tuku, které bylo do hmoty dodáno prostřednictvím sušené syrovátky (1,5 % tuku) (Moravia lacto a.s. nedatováno; Topnatur s.r.o. nedatováno).

Získané hodnoty se orientačně přibližují hodnotám, které pozorovali Ostrowska-Ligeza a kol. (2019). Hodnoty získané v rámci diplomové práce jsou však vyšší, což může být důsledek několika faktorů. Modelové vzorky obsahovaly v porovnání s měřením Ostrowska-Ligeza a kol. více kakaových součástí. Dalším faktorem mohou být rozdílné skladovací podmínky. V případě Ostrowska-Ligeza a kol. probíhalo měření vzorků v pokojové teplotě a vzorky v ní také byly skladovány. V rámci diplomové práce však byly vzorky skladovány v chladírenských teplotách a přesunuty do pokojové teploty bezprostředně před měřením. Oba zmíněné faktory mohou mít za následek vyšší tvrdost, a tím i větší akustickou emisi modelových vzorků.

#### 6.4 Reologické vlastnosti

Reologické vlastnosti čokolády jsou pro čokoládu důležitým sledovaným parametrem. Měření reologických vlastností v průběhu technologického procesu může být užitečným nástrojem kontroly její kvality, jelikož reologické chování čokoládových hmot je odrazem jejich mikrostrukturních vlastností. Vhodné reologické vlastnosti jsou předpokladem pro snadnou manipulaci s čokoládou (čerpání, vylévání do forem), ale také předurčují konečný sensorický vjem v ústech (Beckett 2008; 2011b; Fernandes et al. 2013; Glicerina et al. 2015).

Čokoláda je složitý polydisperzní systém, v tekutém stavu vykazuje typicky neneutonské chování (tzn., že rychlost deformace není úměrná na ní vyvinutému napětí). Toto chování je běžně charakterizováno plastickou viskozitou a mezí toku. Zmíněné veličiny je možné vyjádřit pomocí mnoha matematických modelů, nejčastěji je možné se setkat s modelem Cassonovým. K vyhodnocení meze toku a plastické viskozity vzorků doporučovalo samotné IOCCC (International Office of Cocoa, Chocolate and Confectionery) až do roku 2000 využití Cassonova modelu. V rámci výzkumů se však ukázaly jeho možné odchylky a nízká reprodukovatelnost zejména při nízkých smykových rychlostech. V důsledku toho nemusí získaná data korelovat se skutečnými vlastnostmi čokolády, které se projevují právě při nižších hodnotách smykové rychlosti. Servais a kol. (2003) proto doporučil interpretovat mez toku ( $YS_5$ ) jako hodnotu, která je naměřena při  $5 \text{ s}^{-1}$  a viskozitu ( $\eta_{40}$ ) jako hodnotu měřenou při  $40 \text{ s}^{-1}$  (obě hodnoty by měly být měřeny při stoupání smykové rychlosti). Tento

postup byl poté podpořen i samotným IOCCC. I přesto je však Cassonův model využíván pro interpretaci reologických vlastností čokoládových substancí mnohými autory i v současnosti. Afoakwa a kol. (2009) porovnávali využití Cassonova modelu s novými doporučeními IOCCC. Na základě tohoto výzkumu byl učiněn závěr, že ačkoli dosahovaly výsledky získané novými postupy o něco vyšších korelačních a regresních koeficientů, tak oba modely dosahují vysoce obdobných výsledků a oba mohou být vypovídajícími nástroji pro popis reologických vlastností čokolád. V rámci diplomové práce bylo k vyhodnocení dat získaných během reologické analýzy využito zmíněného klasického Cassonova modelu (Afoakwa et al. 2009; Beckett 2011b; De Graef et al. 2011; Do et al. 2011; Gonçalves a Lannes 2010; New food magazine 2011; Servais et al. 2003).

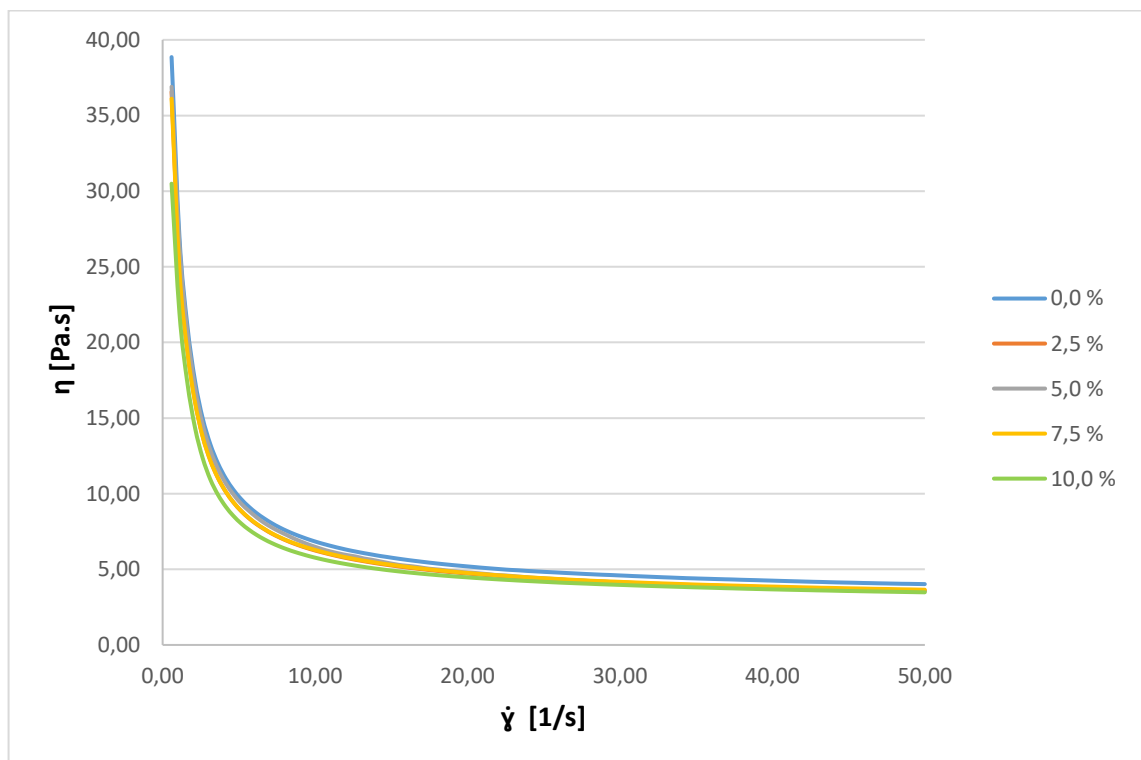
#### 6.4.1 Stanovení viskozity

Reologické chování čokoládových hmot je obvykle charakterizováno plastickou viskozitou a mezí toku. Plastická viskozita je definována jako energie nutná k udržení kapaliny v pohybu. Tekutá čokoláda vykazuje poměrně vysoký odpor k toku při nízkých hodnotách smykového napětí, který se snižuje se zvyšujícím se smykovým napětím v relativně úzkém rozmezí. Čokoláda je tedy newtonskou kapalinou, jejíž viskozita se spolu se smykovou rychlostí mění. Tokové vlastnosti tekuté čokolády obecně jsou ovlivněny průběhem technologického procesu (mletím, konšováním, temperováním, teplotou), stejně jako recepturním složením směsi (množství kakaového másla/tuků, množství a druh použitého emulgátoru, velikost rozptýlených částic, obsah vlhkosti) (Fernandes et al. 2013; Glicerina et al. 2015).

Množství tuku v čokoládových směsích rozhoduje o rozsahu interakcí mezi rozptýlenou pevnou fází a spojitou fází – tukovou. Při vyšším množství tuku (kakaového másla) ve směsi jsou pevné částice dostatečně obaleny tukem, klesá tak množství interakcí mezi nimi, a klesá tak i viskozita. Vyšší obsah vlhkosti, jenž zpravidla klesá s delší dobou konšování, naopak viskozitu čokolády zvyšuje. Další složkou, která významně ovlivňuje viskozitu čokolády jsou emulgátory. Emulgátory jsou schopny snížit viskozitu čokoládové hmoty, její viskozitu pak není potřeba regulovat tak velkým přídatkem kakaového másla. Použití emulgátorů tedy může pro výrobce představovat i ekonomickou výhodu. Reologické vlastnosti čokolád bývají zásadně ovlivněny využitím mléčných složek nebo mléčného tuku. Mléčné složky, obzvláště ty s vyšším množstvím volného mléčného tuku, viskozitu čokoládových hmot snižují. Rozhodující jsou ale i vlastnosti samotných mléčných složek – povrchové vlastnosti,

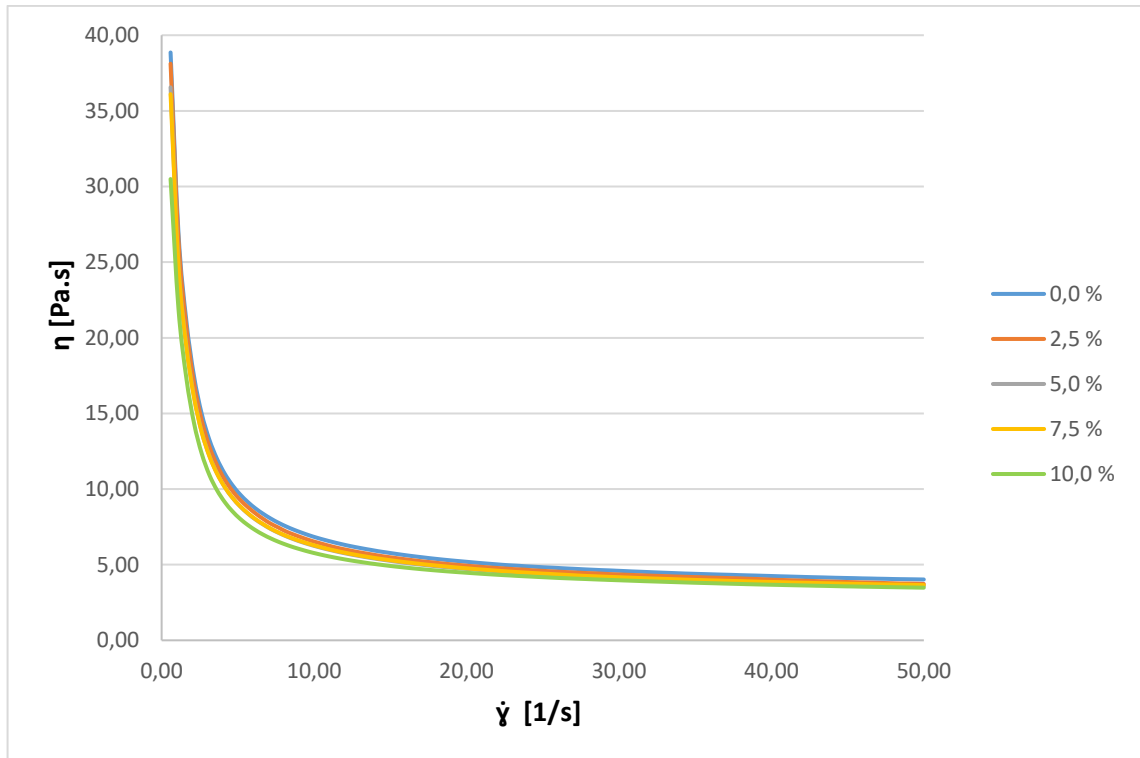
velikost a způsob získávání. Mléčné součásti získávané standartní sprejovou metodou vykazují oproti válcově získávaným složkám menší schopnost snižovat viskozitu v důsledku nižšího množství volného mléčného tuku. Nejenom vlastnosti mléčných složek ovlivňují reologické vlastnosti vyráběných hmot. Rozhodující je i povaha dalších pevných součástí (kakaových součástí, cukru). V případě, kdy jsou částice příliš malé, nestačí dané množství tuku ve směsi obalit dostatečně všechny částice a viskozita stoupá. Mez toku naopak v tomto případě klesne (Glicerina et al. 2015; Liang a Hartel 2004; Glicerina et al. 2016; Bolenz et al. 2003; Attaie et al. 2003; Beckett 2008).

Následující grafy prezentují závislost viskozity na smykové rychlosti (flow curves) pro vzorky s různým přídavkem sušené syrovátky v jednotlivých dnech měření, tedy ihned po výrobě (Obrázek 19), týden po výrobě (Obrázek 20) a dva týdny po výrobě (Obrázek 21).

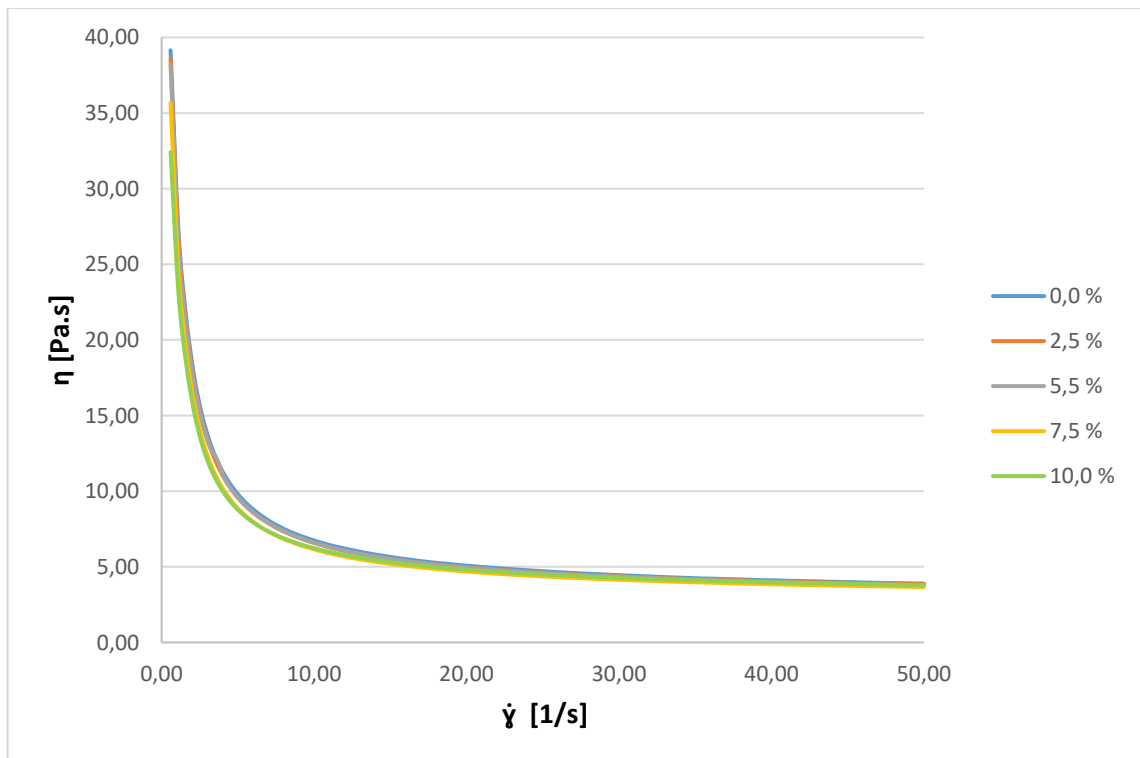


Obrázek 19 Graf závislosti viskozity na smykové rychlosti všech vzorků ihned po výrobě





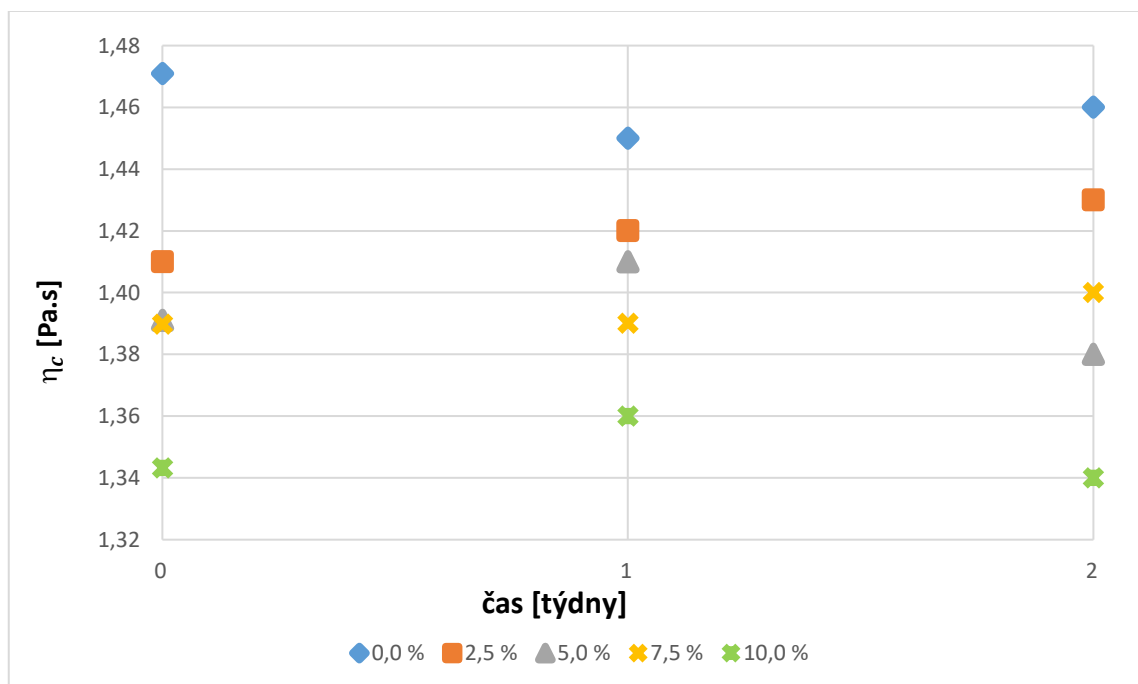
Obrázek 20 Graf závislosti viskozity na smykové rychlosti všech vzorků týden po výrobě



Obrázek 21 Graf závislosti viskozity na smykové rychlosti všech vzorků dva týdny po výrobě

V rámci diplomové práce byl zkoumán vliv přídatku sušené syrovátky na reologické vlastnosti čokolády. Všechny vzorky byly vyráběny ze stejného množství kakaových součástí, cukru a lecitinu za stejných výrobních podmínek, skladování i testování. Pozorované rozdíly ve viskozitě lze tedy přisuzovat zejména vlivu rozdílného přídatku mléčných složek. Výsledná viskozita modelových vzorků by tedy těmito faktory neměla být ovlivněna. Je ale možné zmínit, že jednotlivé typy modelových vzorků byly vyráběny zvlášť, což mohlo případně nepatrně ovlivnit velikost pevných částic, a tím i výslednou viskozitu.

Jak je z předcházejících tří grafů patrné, hodnoty zdánlivé viskozity se snižují se zvyšující se smykovou rychlostí u všech vzorků. Byl potvrzen předpoklad, že přídatek sušené syrovátky jako náhrada za sušené odtučněné mléko viskozitu ovlivňuje, ačkoli rozdíly mezi vzorky nejsou příliš velké. Přídatek syrovátky měl na modelové vzorky mléčné čokolády řídňovací efekt. Nejvyšší hodnoty viskozity vykazovaly vzorky bez přídatku syrovátky, a naopak nejnižší hodnoty byly pozorovány u vzorků s 10% přídatkem syrovátky. Tento trend byl pozorován ve všech třech dnech měření.



Obrázek 22 Plastická (Cassonova) viskozita modelových vzorků mléčné čokolády s různým přídatkem sušené syrovátky v závislosti na době skladování

Předcházející graf (Obrázek 22) předkládá výsledky plastické viskozity získané pomocí Cassonova modelu. Hodnoty plastické viskozity všech vzorků během všech dní měření se pohybovaly v rozmezí 1,34-1,47 Pa.s. Vzorky obsahující pouze sušené odtučněné mléko vykazovaly ve všech třech dnech plastickou viskozitu nejvyšší (1,45-1,47 Pa.s), naopak

nejnižší hodnoty vykazoval vzorek s 10% přidavkem syrovátky (1,34-1,36 Pa.s). Viskozita modelových vzorků se tedy s rostoucím přidavkem sušené syrovátky mírně zvyšuje. Naopak vliv doby skladování na viskozitu modelových vzorků mléčné čokolády nebyl prokázán.

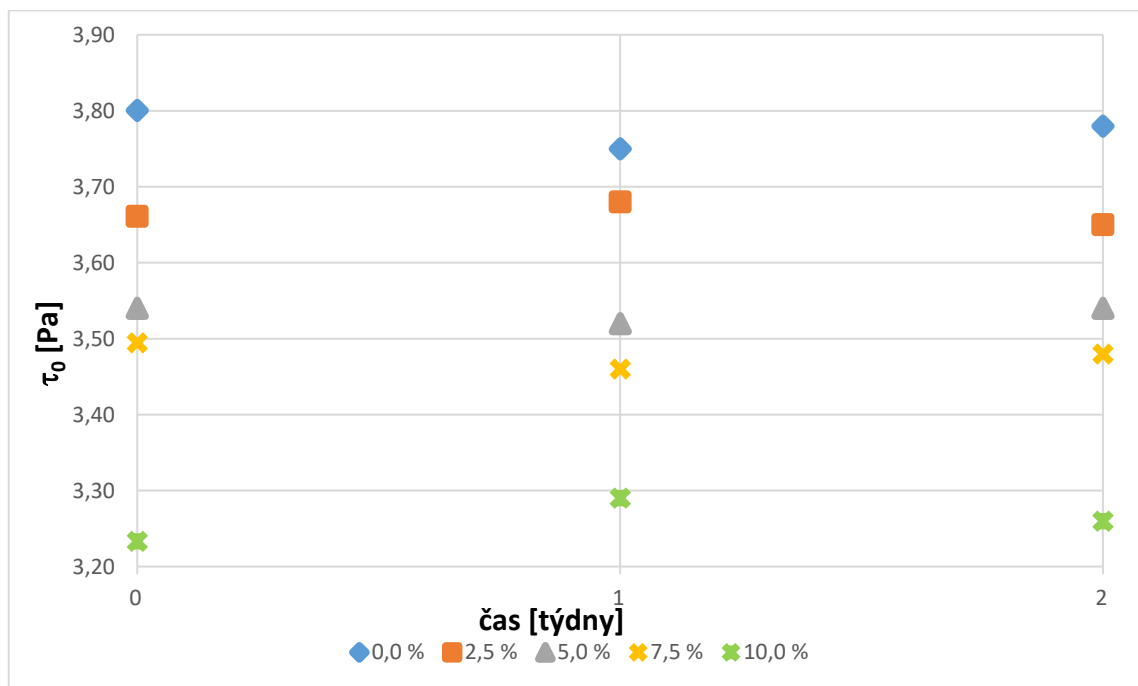
Glicerina a kol. (2016) pozorovali u mléčné čokolády hodnoty Cassonovy viskozity  $0,68 \pm 0,04$  Pa.s. Šlo o hodnotu zjištěnou u vzorku s 21 % sušené smetany a s 32 % kakaových součástí (modelové vzorky pro srovnání 40,5 % kakaových součástí, 26 % mléčných). Tato hodnota je výrazně nižší než hodnoty získané během praktické části diplomové práce. Důvodem může být významně vyšší obsah mléčného tuku, který byl dodán prostřednictvím sušené smetany. Případně také menší množství kakaové hmoty, které bylo do čokolády přidáno. Oba zmíněné faktory mohou mít za následek nižší viskozitu, nežli měly modelové vzorky diplomové práce. Naopak vyšší hodnoty Cassonovy viskozity mléčné čokolády pozorovali Ačkar a kol. (2015). Jimi naměřené hodnoty se rovnaly (pro mléčnou čokoládu s obsahem sprejově sušeného mléka a 0,4 % lecitinu)  $1,79 \pm 0,01$  Pa.s. Tato hodnota je ve srovnání s hodnotami plastické viskozity modelových vzorků vyšší, jejím důvodem ale může být celkově nižší množství tuku, které bylo k výrobě této čokolády použito (Ačkar et al. 2015; Glicerina et al. 2016).

Snížení viskozity jednotlivých typů modelových vzorků s rostoucím přidavkem syrovátky může být důsledkem navýšení množství volného mléčného tuku v čokoládové směsi. Dle výrobce obsahuje využitá syrovátka 1,5 % tuku. Mezi další možné důvody snížení viskozity po přidání sušené syrovátky je možné řadit rozdílnou strukturu použitých mléčných součástí, a tak i změnu celé mikrostruktury vzorků čokolády. Pozměnit se tak mohly vzájemné interakce mezi všemi pevnými součástmi (Beckett 2011b; Glicerina et al. 2016; Moravia lacto a.s. nedatováno; Topnatur s.r.o. nedatováno).

#### 6.4.2 Stanovení meze toku

Mez toku je rovna minimální energii, kterou je nutno dodat, aby tekutina začala téct. Hodnota meze toku může být ovlivněna, stejně jako viskozita čokoládových hmot, parametry technologického procesu, jejich recepturním složením a je významně ovlivněna interakcemi mezi pevnými součástmi čokolády. Tmavé čokolády vykazují obvykle vyšší mez toku ve srovnání s mléčnými. Přítomnost volného mléčného tuku mez toku snižuje. Vyšší hodnoty meze toku mohou také odrážet hrubou mikrostrukturu čokoládových hmot. S přidavkem tuku, (kakaového másla či jiných rostlinných tuků), dochází ke snížení viskozity, ale i meze toku, ačkoli jeho snížení není ve srovnání s viskozitou tak významné.

V případě, kdy je použit přírdek lecitinu mez toku nejprve klesá a po dosažení kritické koncentrace (okolo 0,3 %) opět stoupá, ačkoli viskozita směsi klesá i dále. Naproti tomu přírdek emulgátoru PGPR má schopnost mez toku snížit téměř k nulovým hodnotám, zatímco viskozita zůstává téměř neovlivněna (Fernandes et al. 2013; Glicerina et al. 2015; Beckett 2008; Glicerina et al. 2016; Beckett 2011a). Následující graf (Obrázek 23) prezentuje výsledky Cassonovy meze toku modelových vzorků mléčné čokolády s různým přírdkem sušené syrovátky v závislosti na čase.



Obrázek 23 Mez toku modelových vzorků mléčné čokolády s různým přírdkem sušené syrovátky v závislosti na době skladování

Získané hodnoty meze toku (Casson) se pohybovaly v rozmezí 3,23-3,80 Pa. Nejvyšších hodnot dosahovaly vzorky s obsahem samotného sušeného odtučněného mléka, naopak nejnižších hodnot dosahovaly vzorky s přírdkem 10 % sušené syrovátky. Vzhledem ke stejnému množství dalších pevných součástí, kakaového másla, lecitinu i průběhu technologického procesu, lze změnu přisuzovat změně mléčné složky. Byl tedy potvrzen vliv přírdku syrovátky, při jejíž vyšším množství mez toku klesala. Stejně jako v případě viskozity, může být tento trend přisuzován změně množství volného mléčného tuku v čokoládové směsi. Přičemž jeho obsah byl do směsi přidán prostřednictvím sušené syrovátky (1,5 % tuku) na úkor sušeného odtučněného mléka (1,0 %). Mez toku se také mohla snížit v důsledku změny povahy mléčných částic a množství interakcí mezi nimi a ostatními pevnými částicemi v čokoládové hmotě. Vliv doby skladování na mez toku modelových

vzorků mléčné čokolády prokázán nebyl (Beckett 2011b; De Graef et al. 2011; Glicerina et al. 2016; Moravia lacto a.s. nedatováno; Topnatur s.r.o. nedatováno).

Glicerina a kol. (2016) pozorovali u mléčné čokolády (21 % sušené smetany, 32 % kakaových součástí) hodnoty Cassonovy meze toku  $3,68 \pm 0,04$  Pa. Podobné hodnoty sledovali i De Graef a kol. (2011). Ti u vzorku mléčné čokolády s 0,4 % lecitinu naměřili hodnotu meze toku  $4,3 \pm 0,6$  Pa. Přibližně stejné množství (0,5 %) lecitinu bylo použito i pro přípravu modelových vzorků čokolády. Poněkud vyšší hodnoty Cassonovy meze toku u mléčné čokolády pozorovali Ačkar a kol. (2015) –  $14,15 \pm 0,08$  Pa. Různé hodnoty meze toku mohou být způsobeny rozdílným průběhem technologického procesu, ale i různým recepturním složením zkoumaných vzorků, zejména množstvím celkového množství tuku a množství lecitinu (Ačkar et al. 2015; De Graef et al. 2011; Glicerina et al. 2016).

### 6.4.3 Tixotropie

Tixotropie je reologická vlastnost mnoha pseudoplastických systémů. Lze jí pozorovat u některých typů potravin, jako je například jogurt nebo čokoláda. Ve chvíli, kdy je čokoláda vyrobena a ponechána v klidu, dochází k tvorbě trojrozměrné vnitřní struktury, pokud je však čokoláda opětovně vystavena smykovému tření, nově vzniklé trojrozměrné uspořádání se rozpadá. Zdánlivá viskozita se v důsledku působení tření s časem snižuje. Tento jev je možné pozorovat zejména při skladování tekuté čokolády. Tixotropie je jeden z parametrů, který lze využít ke kontrole kvality výrobního procesu. Hodnoty tixotropie poukazují na stupeň košování a nehomogenní strukturu směsi. Správně košovaná čokoláda by tedy neměla být významně tixotropní. Tixotropie tedy s délkou košování klesá, klesá také například při přidavku lecitinu (Afoakwa et al. 2009; Beckett 2011b; Cahyani et al. 2019; Glicerina et al. 2016). Následující tabulka (Tabulka 6) předkládá výsledky tixotropie modelových vzorků ve všech třech dnech měření.

Tabulka 6 Tixotropie modelových vzorků čokolády s různým obsahem sušené syrovátky

Tixotropie (Pa)	0,0 % syr.	2,5 % syr.	5,0 % syr.	7,5 % syr.	10,0 % syr.
Po výrobě	112,0	112,0	80,0	64,0	48,0
Po 1 týdnu	80,0	80,0	64,0	48,0	32,0
Po 2 týdnech	80,0	64,0	48,0	48,0	32,0

Hodnoty tixotropie se u modelových vzorků mléčné čokolády pohybovaly v rozmezí 32,0-112,0 Pa. Nejvyšších hodnot dosahovaly vzorky bez nebo s nejnižším přídatkem syrovátky (112,0 Pa) ihned po výrobě. Nejnižší hodnoty tixotropie naopak vykazovaly vzorky s 10% přídatkem syrovátky po dvoutýdenním skladování (32 Pa). Glicerina a kol. (2016) uvádí, že tixotropie tmavých čokolád je obvykle vyšší ve srovnání s čokoládami mléčnými a bílými. Důvodem je pravděpodobně vysoký stupeň agregace jednotlivých pevných součástí tmavých čokolád. V případě mléčných a bílých čokolád je jejich mikrostruktura ovlivněna přítomností mléčného tuku, nebo také vyšším celkovým obsahem tuku. Reologické vlastnosti těchto čokolád jsou odlišné, mají nižší viskozitu, pevné částice jsou méně agregované a jsou více pohyblivé ve spojitě tukové fázi. Glicerina a kol. (2015) naměřili u mléčné čokolády s obsahem 21 % plnotučného sušeného mléka a 43 % kakaových součástí hodnotu tixotropie  $17,91 \pm 3,73$  Pa. U jiného vzorku mléčné čokolády (21 % sušené smetany, 32 % kakaových součástí) naměřili Glicerina a kol. (2016) hodnotu tixotropie 48,0 Pa. Takto nízké hodnoty tixotropie byly pozorovány u vzorků s vyšším množstvím syrovátky (5,0%, 7,5%, 10,0%). Rozdíl mezi hodnotami zjištěnými z uvedených zdrojů a hodnotami zjištěnými v rámci diplomové práce může být způsoben odlišným recepturním složením anebo odlišným technologickým procesem. Relativně vysoké hodnoty tixotropie modelových vzorků mohou být důsledkem velmi krátkého konšování, případně také nerovnoměrnou distribucí velikostí pevných součástí. Byl pozorován klesající trend hodnot tixotropie s přídatkem sušené syrovátky. Tento trend může být stejně jako v případě ostatních reologických charakteristik důsledkem zvýšení množství volného mléčného tuku, který snížil množství interakcí mezi pevnými součástmi a ovlivnil mikrostrukturu vzorků obecně. Také byl zaznamenán klesající trend tixotropie modelových vzorků s dobou skladování. Tato změna může být způsobena změnou mikrostruktury v důsledku vykrytalizování kakaového másla do stabilních forem, nebo také snížením obsažené vlhkosti, která může mít také vliv na reologické vlastnosti čokoládových hmot (Beckett 2011b; Glicerina et al. 2015; 2016; Moravia lacto a.s. nedatováno; Topnatur s.r.o. nedatováno).

## ZÁVĚR

Cílem předkládané diplomové práce bylo posoudit vliv přídavku mléčné složky na vybrané vlastnosti čokolády. První část práce shrnuje současné teoretické poznatky týkající se výroby a zpracování čokolády a zaměřuje se na vlivy přídavku mléčných složek na její vlastnosti. V rámci praktické části práce bylo zhotoveno pět typů modelových vzorků mléčné čokolády s různým recepturním složením. Receptury se lišily různým procentuálním zastoupením sušené syrovátky (0,0 %, 2,5 %, 5,0 %, 7,5 %, 10,0 %), která vždy nahrazovala část sušeného odtučněného mléka. Vzorky byly podrobeny analýze vždy den po výrobě, po týdnu a po dvoutýdenním skladování. Analýza zahrnovala hodnocení reologických vlastností, hodnocení tvrdosti a stanovení hodnoty pH. Obsah vlhkosti a analýza akustické emise byla provedena na konci skladování pro všechny vzorky najednou.

Na základě získaných dat lze konstatovat, že:

- Obsah vlhkosti modelových vzorků mléčné čokolády se pohyboval v rozmezí 1,43–1,64 % (w/w).
- pH modelových vzorků se pohybovalo v intervalu 6,27– 6,49, přídavek syrovátky měl na pH mírně acidifikující vliv.
- V průběhu skladování pH mírně klesalo, zřejmě v důsledku glykolytických změn mléčných součástí.
- Tvrdost modelových vzorků čokolády se pohybovala v rozmezí 48,6–73,3 N.
- Byl pozorován klesající trend tvrdosti s přídavkem sušené syrovátky. Naopak byl pozorován stoupající trend hodnot tvrdosti s dobou skladování.
- S přídavkem sušené syrovátky se hladina akustického tlaku emitovaného při deformaci modelových vzorků snižovala, což souvisí i s jejich klesající tvrdostí.
- Viskozita vykazovala s přídavkem sušené syrovátky klesající trend. Pravděpodobně v důsledku změny interakcí mezi jednotlivými pevnými částicemi čokoládové hmoty a navýšení množství volného mléčného tuku.
- Obdobný trend jako v případě syrovátky, byl pozorován i pro mez toku. Vliv přídavku sušené syrovátky má tedy změkčující efekt.
- Hodnoty tixotropie se pohybovaly v rozmezí 32,0–12,0 Pa, relativně vysoké hodnoty tixotropie mohou být důsledkem krátké doby konšování.

- S přidavkem syrovátky byl pozorován klesající trend hodnot tixotropie. Rovněž bylo zjištěno, že hodnota tixotropie klesá s dobou skladování.

Závěrem je možno zmínit fakt, že přidavek jakýchkoli mléčných složek zásadně mění nejenom sensorické vlastnosti čokolády, ale také požadavky na její výrobní proces. I přesto, že přidavek různých typů mléčných složek může mít na technologické vlastnosti čokolády velký vliv, není tomuto tématu v rámci odborné literatury věnován dostatek pozornosti. V rámci dalšího rozšíření práce by bylo vhodné provést analýzu velikostí pevných částic, termální analýzu, prodloužit dobu sledování a případně provést i analýzu sensorickou.



## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

AČKAR, Đ., S. ŠKRABAL, D. ŠUBARIĆ, J. BABIĆ, B. MILIČEVIĆ a A. JOZINović, 2015. Rheological Properties of Milk Chocolates as Influenced by Milk Powder Type, Emulsifier, and Cocoa Butter Equivalent Additions. *International Journal of Food Properties* [online]. B.m.: Taylor & Francis, **18**(7), 1568–1574. ISSN 1094-2912. Dostupné z: doi:10.1080/10942912.2014.923440

AFOAKWA, E. O., A. PATERSON, M. FOWLER a J. VIEIRA, 2009. Comparison of rheological models for determining dark chocolate viscosity. *International Journal of Food Science & Technology* [online]. **44**(1), 162–167. ISSN 1365-2621. Dostupné z: doi:10.1111/j.1365-2621.2008.01710.x

AHARONIAN, G., 2016. Cacao – the acid test. *Kennedy's Confection* [online]. Dostupné z: <http://www.kukaxoco.org/DOCUMENTS/KukaXocoAcidBase.pdf>

ANODS COCOA, 2019. Fat Bloom and Sugar Bloom. *Anods Cocoa, Resource details* [online] [vid. 2020-03-23]. Dostupné z: <http://anodscocoa.com/resource-details/34/Fat-bloom-and-Sugar-Bloom-.html>

AOAC, 1931. Moisture in Cacao Products. *Official Method of Analysis* [online]. Dostupné z: <http://www.eoma.aoc.org/methods/info.asp?ID=25988>

AOAC, 1974. pH of Cacao Products. *Official Method of Analysis* [online]. Dostupné z: <http://www.eoma.aoc.org/methods/info.asp?ID=25988>

ATTAIE, H., B. BREITSCHUH, P. BRAUN a E. J. WINDHAB, 2003. The functionality of milk powder and its relationship to chocolate mass processing, in particular the effect of milk powder manufacturing and composition on the physical properties of chocolate masses. *International Journal of Food Science and Technology* [online]. **38**(3), 325–335. ISSN 0950-5423, 1365-2621. Dostupné z: doi:10.1046/j.1365-2621.2003.00678.x

BECKETT, S. T., 2008. *The science of chocolate*. 2. vyd. Cambridge, UK: RSC Publishing. ISBN 978-0-85404-970-7.

BECKETT, S. T., ed., 2011a. Chocolate, Milk chocolate. In: S. T. BECKETT, ed. *Encyclopedia of dairy sciences*. Amsterdam: Elsevier, s. 856–861. ISBN 978-0-12-374402-9.

BECKETT, S. T., 2011b. *Industrial Chocolate Manufacture and Use*. B.m.: John Wiley & Sons. ISBN 978-1-4443-5755-4.

BERTAZZO, A., S. COMAI, F. MANGIARINI a S. CHEN, 2013. Composition of Cacao Beans. In: *Chocolate in Health and Nutrition* [online]. s. 105–117. ISBN 978-1-61779-802-3. Dostupné z: doi:10.1007/978-1-61779-803-0\_8

BOLENZ, S., T. THIESSENHUSEN a R. SCHÄPE, 2003. Influence of milk components on properties and consumer acceptance of milk chocolate. *European Food Research and Technology* [online]. **216**(1), 28–33. ISSN 1438-2385. Dostupné z: doi:10.1007/s00217-002-0636-5

BOUZAS, J., 1999. Whey products and lactose in applications [online]. Applications monograph [vid. 2020-03-25]. Dostupné z: <https://docplayer.net/21435504-Whey-products-and-lactose-in-confectionery-applications.html>

BRACCO, U., 1978. Milk chocolate manufacturing [online]. US4081568A. [vid. 2020-04-16]. 28. březen 1978. Dostupné z: <https://patents.google.com/patent/US4081568A/en>

CACAO AND CHOCOLATE, 2012. Cocoa butter crystallization during the chocolate chocolate tempering process. *Cacao and chocolate* [online] [vid. 2020-03-03]. Dostupné z: <http://industrialchocolatemanufacturing.blogspot.com/2012/08/cocoa-butter-crystallisation-during.html>

CACAO CUCINA, nedatováno. Laboratory Ball Mill. *Cacao Cucina* [online] [vid. 2020-03-08]. Dostupné z: <https://cacaocucina.com/laboratory-ball-mill-atritor-mill/>

CACAOWEB, 2018. About Cacao Beans, Cocoa and Chocolate. *cacaoweb - cacao, cocoa, chocolate* [online] [vid. 2020-02-18]. Dostupné z: <http://www.cacaoweb.net/>

CADBURY, nedatováno. Harvesting and Processing Cocoa Beans. *Cadbury About Chocolate* [online] [vid. 2020-03-08]. Dostupné z: <https://www.cadbury.com.au/About-Chocolate/Harvesting-and-Processing-Cocoa-Beans.aspx>

CAHYANI, A., J. KURNIASARI, R. NAFINGAH, S. RAHAYOE, E. HARMAYANI a A. D. SAPUTRO, 2019. Determining casson yield value, casson viscosity and thixotropy of molten Chocolate using viscometer. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* [online]. **355**, 012041. ISSN 1755-1315. Dostupné z: doi:10.1088/1755-1315/355/1/012041

CALLEBAUT, B., 2020. Theobroma cacao, the food of the gods. *Barry Callebaut* [online] [vid. 2020-02-21]. Dostupné z: <https://www.barry-callebaut.com/en/group/media/press-kit/theobroma-cacao-food-gods>

CAOBISCO, 2020. Short history of chocolate. *Caobisco - Chocolate, biscuits & confectionery of Europe* [online] [vid. 2020-02-18]. Dostupné z: <http://caobisco.eu/caobisco-chocolate-biscuits-confectionery-europe-page-35-Short-history-of-chocolate.html#.XkxchSOLrIV>

COCOA POD SHOP, nedatováno. Cacao Beans Drying on the Patio. *The Cocoa Pod Shop* [online] [vid. 2020-03-05]. Dostupné z: <http://www.cocoapodshop.com/photos/cacao-beans-drying-on-the-patio/>

COOK, R., nedatováno. Cocoa butter. *Encyclopedia Britannica* [online] [vid. 2020-02-26]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/topic/cocoa-butter>

ČOPIKOVÁ, J., 2015. *Čokoláda, kakao a výrobky z nich*. 1.vyd. ISBN 978-80-87719-26-8.

DE GRAEF, V., F. DEPYPERE, M. MINNAERT a K. DEWETTINCK, 2011. Chocolate yield stress as measured by oscillatory rheology. *Food Research International* [online]. **44**(9), 2660–2665. ISSN 0963-9969. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodres.2011.05.009

DICCON BEWES, 2012. Uncovering the first milk chocolate. *Diccon Bewes* [online] [vid. 2020-02-21]. Dostupné z: <https://www.dicconbewes.com/fr/2012/09/18/uncovering-the-first-milk-chocolate/>

DO, T. A. L., J. VIEIRA, J. M. HARGREAVES, J. R. MITCHELL a B. WOLF, 2011. Structural characteristics of cocoa particles and their effect on the viscosity of reduced fat chocolate. *LWT – Food Science and Technology* [online]. **44**(4), 1207–1211. ISSN 0023-6438. Dostupné z: doi:10.1016/j.lwt.2010.10.006

EL-KALYOUBI, M., M. F. KHALLAF, A. ABDELRAHMAN a E. M. MOSTAFA, 2011. Quality characteristics of chocolate – Containing some fat replacer. *Annals of Agricultural Sciences* [online]. **56**(2), 89–96. ISSN 0570-1783. Dostupné z: doi:10.1016/j.aos.2011.05.009

ETSY, nedatováno. Cocoa Theobroma Cacao Botanical Art Print. *Meghanndrive* [online] [vid. 2020-02-20]. Dostupné z: <https://www.meghanndrive.com//listing/628625702/cocoa-theobroma-cacao-botanical-art>

FAO, 2013. *Codex Alimentarius – Code of Practice for the Prevention and Reduction of Ochratoxin A Contamination in Cocoa* [online]. 2013. [vid. 2020-02-25]. Dostupné z: <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/codes-of-practice/en/>

FAO, 2016. *Codex Alimentarius – Standard for Cocoa (Cacao) Mass (Cocoa/Chocolate Liquor) and Cocoa Cake* [online]. 2016. [vid. 2020-02-25]. Dostupné z: <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/all-standards/en/>

FERNANDES, V., A. MÜLLER a A. J. SANDOVAL, 2013. Thermal, structural and rheological characteristics of dark chocolate with different compositions. *Journal of Food Engineering* [online]. **116**(1), 97–108. ISSN 02608774. Dostupné z: doi:10.1016/j.jfoodeng.2012.12.002

FOOD AND DRINK FEDERATION, 2018. Sugars reduction in chocolate confectionery. *FDF* [online] [vid. 2020-03-01]. Dostupné z: <https://www.fdf.org.uk/search.aspx?menuid=3882&r=1&q=sugars+reduction+in+chocolate+confectionery>

GLICERINA, V., F. BALESTRA, M. DALLA ROSA a S. ROMANI, 2015. Effect of manufacturing process on the microstructural and rheological properties of milk chocolate. *Journal of Food Engineering* [online]. **145**, 45–50. ISSN 02608774. Dostupné z: doi:10.1016/j.jfoodeng.2014.06.039

GLICERINA, V., F. BALESTRA, M. DALLA ROSA a S. ROMANI, 2016. Microstructural and rheological characteristics of dark, milk and white chocolate: A comparative study. *Journal of Food Engineering* [online]. **169**, 165–171. ISSN 02608774. Dostupné z: doi:10.1016/j.jfoodeng.2015.08.011

GONÇALVES, E. V. a S. C. LANNES, 2010. Chocolate rheology. *Food Science and Technology* [online]. B.m.: SBCTA, **30**(4), 845–851. ISSN 0101-2061. Dostupné z: doi:10.1590/S0101-20612010000400002

GUNSTONE, F. D., 2006. *Modifying Lipids for Use in Food*. B.m.: Woodhead Publishing. ISBN 978-1-84569-168-4.

GUTIÉRREZ, T. J., 2017. State-of-the-Art Chocolate Manufacture: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* [online]. **16**(6), 1313–1344. ISSN 1541-4337. Dostupné z: doi:10.1111/1541-4337.12301

HO, V. T. T., J. ZHAO a G. FLEET, 2015. The effect of lactic acid bacteria on cocoa bean fermentation. *International Journal of Food Microbiology* [online]. **205**, 54–67. ISSN 0168-1605. Dostupné z: doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2015.03.031

HOFSTRA UNIVERSITY, nedatováno. Faculty Profile – Herman A. Berliner. *Hofstra university* [online] [vid. 2020-03-03]. Dostupné z: [https://www.hofstra.edu/faculty/fac\\_profiles.cfm?id=106](https://www.hofstra.edu/faculty/fac_profiles.cfm?id=106)

CHIRE FAJARDO, G. C., R. A. VALDIVIA ARRUNATEGUI, C. A. ORIHUELA RIVERA a M. O. UREÑA PERALTA, 2017. Assessment of physical and physicochemical quality of main chocolates traded in Peru. *Acta Agronómica* [online]. **66**(2) [vid. 2020-04-17]. ISSN 2323-0118, 0120-2812. Dostupné z: doi:10.15446/acag.v66n2.53779

CHOCOLATE CLASS, 2014. Nestlé's Milk Chocolate & its Fortuitous Beginnings. *Chocolate Class – Multimedia Essays on Chocolate* [online] [vid. 2020-02-19]. Dostupné z: <https://chocolateclass.wordpress.com/2014/03/14/nestles-milk-chocolate-its-fortuitous-beginnings/>

ICCO, 2012. Physical and chemical information on cocoa beans, butter, mass and powder. *International Cocoa Organization* [online] [vid. 2020-02-26]. Dostupné z: <https://www.icco.org/faq/61-physical-and-chemical-information-on-cocoa/106-physical-and-chemical-information-on-cocoa-beans-butter-mass-and-powder.html>

ICCO, 2013. Processing Cocoa. *International Cocoa Organization* [online] [vid. 2020-03-09]. Dostupné z: <https://www.icco.org/about-cocoa/processing-cocoa.html>

KILARA, A. a M. N. VAGHELA, 2018. Whey proteins. In: Rickey Y. YADA, ed. *Proteins in Food Processing (Second Edition)* [online]. B.m.: Woodhead Publishing, Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, s. 93–126 [vid. 2020-03-02]. ISBN 978-0-08-100722-8. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-08-100722-8.00005-X

KUMBÁR, V., Š. NEDOMOVÁ, S. ONDRUŠÍKOVÁ a A. POLCAR, 2018. Rheological behaviour of chocolate at different temperatures. *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences* [online]. **12**, 123–128. Dostupné z: doi:10.5219/876

LEFFER, S., nedatováno. About tempering chocolate - what it is, how to temper chocolate. *Chocoley.com* [online] [vid. 2020-03-11]. Dostupné z: <https://www.chocoley.com/blog/resources/about-tempering-chocolate/>

LIANG, B. a R.W. HARTEL, 2004. Effects of Milk Powders in Milk Chocolate. *Journal of Dairy Science* [online]. **87**(1), 20–31. ISSN 00220302. Dostupné z: doi:10.3168/jds.S0022-0302(04)73137-9

LILLAH, M., A. ASGHAR, I. PASHA, G. MURTAZA a M. ALI, 2017. Improving heat stability along with quality of compound dark chocolate by adding optimized cocoa butter substitute (hydrogenated palm kernel stearin) emulsion. *LWT* [online]. **80**, 531–536. ISSN 0023-6438. Dostupné z: doi:10.1016/j.lwt.2017.02.042

LINDT, nedatováno. The Lindt Invention. *Lindt Chocolate World* [online] [vid. 2020-03-09]. Dostupné z: <https://www.chocolate.lindt.com/world-of-lindt/the-lindt-difference/the-lindt-differencethe-lindt-invention-conching/>

MACHÁLKOVÁ, L., L. HŘIVNA, Š. NEDOMOVÁ a M. JŮZL, 2015. The effect of storage temperature on the quality and formation of blooming defects in chocolate confectionery. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences* [online]. **9**(1), 39–47. ISSN 1337-0960. Dostupné z: doi:10.5219/425

MÍKOVÁ, K., 2014. *Příklady označování: Čokoláda* [online] [vid. 2020-02-18]. Dostupné z: <https://www.potravinyinfo.cz/33/priklady-oznacovani-cokolada-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EtI668NLI3LvsOLjlvUcGf6kukZUzLWmsA/?query=ozna%E8ov%E1n%E1D%20%E8okol%E1da&serp=1>

MILLER, G. D., J. K. JARVIS a L. D. MCBEAN, 2010. *Handbook of dairy foods and nutrition*. S.l.: Taylor & Francis/CRC Press. ISBN 978-1-4200-0431-1.

MORAVIA LACTO A.S., nedatováno. *Sušené mléko* [online] [vid. 2020-04-18]. Dostupné z: <https://mleko.cz/produkt/susene-mleko/>

MZE, 2003. *Vyhláška č. 76/2003 Sb., kterou se stanoví požadavky pro přírodní sladidla, med, cukrovinky, kakaový prášek a směsi kakaa s cukrem, čokoládu a čokoládové bonbony*. 2003.

MZE, 2005. *Vyhláška č. 43/2005 Sb., kterou se mění vyhláška č. 76/2003 Sb., kterou se stanoví požadavky pro přírodní sladidla, med, cukrovinky, kakaový prášek a směsi kakaa s cukrem, čokoládu a čokoládové bonbony*. 2005.

MZE, 2016. *Vyhláška č. 397/2016 Sb. o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje* [online]. 2016. [vid. 2020-03-01]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-397>

NEW FOOD MAGAZINE, 2011. Rheological properties of chocolate. *New Food Magazine* [online] [vid. 2020-04-11]. Dostupné z: <https://www.newfoodmagazine.com/article/4459/rheological-properties-of-chocolate/>

NIGHTINGALE, L. M., K. R. CADWALLADER a N. J. ENGESETH, 2012. Changes in Dark Chocolate Volatiles during Storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. B.m.: American Chemical Society, **60**(18), 4500–4507. ISSN 0021-8561. Dostupné z: doi:10.1021/jf204718z

NUTRIDATABAZE, nedatováno. Boby kakaové nepražené. *Nutridatabaze.cz* [online] [vid. 2020-03-03]. Dostupné z: <https://www.nutridatabaze.cz/potraviny/?id=953&fbclid=IwAR0F1R8Y7RNMMyeMV9Q14XdBR0cEpWnG-0rW0O5WuynFCY4WWHD3jkHhEPeI>

OSTROWSKA-LIGEŻA, E., A. MARZEC, A. GÓRSKA, M. WIRKOWSKA-WOJDYŁA, J. BRYŚ, A. REJCH a K. CZARKOWSKA, 2019. A comparative study of thermal and textural properties of milk, white and dark chocolates. *Thermochimica Acta* [online]. **671**, 60–69. ISSN 00406031. Dostupné z: doi:10.1016/j.tca.2018.11.005

- PANDEY, A. a G. SINGH, 2011. Development and storage study of reduced sugar soy containing compound chocolate. *Journal of food science and technology* [online]. **48**(1), 76–82. ISSN 0022-1155. Dostupné z: doi:10.1007/s13197-010-0136-8
- PENCE, V. C., 1989. Cacao. In: *Biotechnology in Agriculture and Forestry* [online]. Berlin, Heidelberg: Springer, s. 203–221 [vid. 2020-02-21]. ISBN 978-3-642-61535-1. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-642-61535-1\_11
- PRAWIRA, M. a S.A. BARRINGER, 2009. Effects of conching time and ingredients on preference of milk chocolate. *Journal of Food Processing and Preservation* [online]. **33**(5), 571–589. ISSN 01458892, 17454549. Dostupné z: doi:10.1111/j.1745-4549.2008.00272.x
- RITTER SPORT, nedatováno. Cleaning the cocoa beans. *Ritter Sport* [online] [vid. 2020-03-08]. Dostupné z: [http://www.ritter-sport.de/en\\_US/cultivation\\_preparation/Cultivation-preparation-Cleaning-the-cocoa-beans-RITTER-SPORT-00003/](http://www.ritter-sport.de/en_US/cultivation_preparation/Cultivation-preparation-Cleaning-the-cocoa-beans-RITTER-SPORT-00003/)
- RUBAN, A., L. HRIVNA, L. MACHALKOVA, Š. NEDOMOVA a V. SOTTNIKOVA, 2016. Effect of storage regime on texture and other sensory properties of chocolate. B.m.: MendelNet, **23**(1), 645–650. ISSN 12345678, 12345678.
- SALTINI, R., R. AKKERMAN a S. FROSCH, 2013. Optimizing chocolate production through traceability: A review of the influence of farming practices on cocoa bean quality. *Food Control* [online]. **29**(1), 167–187. ISSN 09567135. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodcont.2012.05.054
- SERVAIS, C., H. RANC a I. D. ROBERTS, 2003. Determination of Chocolate Viscosity. *Journal of Texture Studies* [online]. **34**(5–6), 467–497. ISSN 1745-4603. Dostupné z: doi:10.1111/j.1745-4603.2003.tb01077.x
- SCHANTZ, B. a H. ROHM, 2005. Influence of lecithin–PGPR blends on the rheological properties of chocolate. *LWT – Food Science and Technology* [online]. **38**(1), 41–45. ISSN 0023-6438. Dostupné z: doi:10.1016/j.lwt.2004.03.014
- SPECTRA, 2020. Spectra 11 Stone Melanger Machine – Spectra Melangers. *Spectra* [online] [vid. 2020-04-08]. Dostupné z: <https://www.spectraplaza.com/melanger.html?spectra-11-stone-melanger-2>
- STABLE MICRO SYSTEMS, nedatováno. TA.XT Plus Texture Analyser. *Stable Micro Systems* [online] [vid. 2020-04-09]. Dostupné z: <https://www.stablemicrosystems.com/TAXTplus.html>
- STAUFFER, M., 1996. Chocolate Processing Overview. *The Manufacturing Confectioner* [online]. [vid. 2020-03-22]. Dostupné z: <https://www.scribd.com/document/213327922/Chocolate-Processing-Overview>
- SZCZESNIAK, A. S., 2002. Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference* [online]. **13**(4), 215–225. ISSN 0950-3293. Dostupné z: doi:10.1016/S0950-3293(01)00039-8
- THERMO FISHER, nedatováno. HAAKE RheoStress 1 Rheometer. *Thermo Fisher Scientific* [online] [vid. 2020-04-09]. Dostupné z: <http://www.thermofisher.com/order/catalog/product/379-0001>

TOPNATUR S.R.O., nedatováno. *Sušená syrovátka na vaření a pečení* | *Topnatur.cz* [online] [vid. 2020-04-18]. Dostupné z: <https://www.topnatur.cz/produkt/susena-syrovatka-topnatur>

ÚFMI UTB, nedatováno. Měření hlukových map – laboratorní cvičení. *Environmentální fyzika* [online] [vid. 2020-04-09]. Dostupné z: [http://ufmi.ft.utb.cz/index.php?page=env\\_fyzika](http://ufmi.ft.utb.cz/index.php?page=env_fyzika)

ÚZEI, 2010. Spotřeba čokolády ve světě. *Agris* [online] [vid. 2020-02-19]. Dostupné z: <http://www.agris.cz/clanek/166223>

VENTER, M. J., N. SCHOUTEN, R. HINK, N. J. M. KUIPERS a A. B. DE HAAN, 2007. Expression of cocoa butter from cocoa nibs. *Separation and Purification Technology* [online]. **55**(2), 256–264. ISSN 1383-5866. Dostupné z: doi:10.1016/j.seppur.2006.12.003

VILGIS, T., 2015. Typical cooling and tempering phases of cacao butter. *ResearchGate* [online] [vid. 2020-03-11]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/figure/Typical-cooling-and-tempering-phases-of-cacao-butter-chocolates-Three-different-phases\\_fig18\\_283500188](https://www.researchgate.net/figure/Typical-cooling-and-tempering-phases-of-cacao-butter-chocolates-Three-different-phases_fig18_283500188)

WHO, 2015. *Sugars intake for adults and children* [online]. Geneva: World Health Organization [vid. 2020-03-01]. ISBN 978-92-4-069422-4. Dostupné z: <https://public.ebookcentral.proquest.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=2033879>

WISE OLD SAYINGS, nedatováno. Chocolate Sayings and Quotes. *Wise Old Sayings* [online] [vid. 2020-03-03]. Dostupné z: <https://www.wiseoldsayings.com/chocolate-quotes/#ixzz6FdgyGGyG>

ZOUMAS, B. L., C. D. AZZARA a J. BOUZAS, 2012. Chocolate and Cocoa. In: *Encyclopedia of Chemical Technology* [online]. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc., s. 0308150326152113.a01.pub3 [vid. 2020-03-09]. ISBN 978-0-471-23896-6. Dostupné z: doi:10.1002/0471238961.0308150326152113.a01.pub3

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

AOAC	Association of Analytical Communities
CBE	ekvivalenty kakaového másla
CBR	náhrady kakaového másla
CBS	substituenty kakaového másla
EU	Evropská unie
IOCCC	International Office of Cocoa, Chocolate and Confectionery
KTJ	Kolonie tvořící jednotka
MZe	Ministerstvo zemědělství
o/v	emulze typu olej ve vodě
PGPR	polyglycerol polyricinoleát
TAG	trialcylglyceroly
ÚZEI	Ústav zemědělské ekonomiky a informací
v/o	emulze typu voda v oleji
w/w	<i>weight to weight</i>
WHO	Světová zdravotnická organizace



**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1 První mléčná čokoláda (Diccon Bewes 2012) .....	14
Obrázek 2 Plod kakaovníku a kakaové boby (Etsy, nedatováno).....	15
Obrázek 3 Působení lecitinu v čokoládě (Beckett 2008).....	21
Obrázek 4 Schéma technologie výroby čokolády (Cacao and chocolate 2012).....	26
Obrázek 5 Sušení kakaových bobů na slunci (Cocoa Pod Shop nedatováno).....	28
Obrázek 6 Kulový mlýn (Cacao Cucina nedatováno) .....	30
Obrázek 7 Původní typ konšovacího stroje (Lindt nedatováno).....	32
Obrázek 8 Průběh procesu temperace v čase (Vilgis 2015) .....	33
Obrázek 9 Porovnání cukerného a tukového výkvětu (Anods Cocoa 2019).....	37
Obrázek 10 Melanžér Spectra 11 Stone Melanger (Spectra 2020).....	48
Obrázek 11 Texturometr TA.XT PlusC (Stable Micro Systems nedatováno) .....	50
Obrázek 12 Hlukoměr Volcraft SL-400 (ÚFMI UTB nedatováno) .....	51
Obrázek 13 Oscilační reometr HAAKE RheoStress 1 (Thermo Fisher nedatováno).....	51
Obrázek 14 pH modelových vzorků mléčné čokolády v závislosti na čase .....	56
Obrázek 15 Tvrdost modelových vzorků mléčné čokolády ihned po výrobě .....	58
Obrázek 16 Tvrdost modelových vzorků mléčné čokolády týden po výrobě .....	58
Obrázek 17 Tvrdost modelových vzorků mléčné čokolády dva týdny po výrobě .....	59
Obrázek 18 Hodnoty hladin akustického tlaku modelových vzorků čokolády s různým přídavkem sušené syrovátky .....	61
Obrázek 19 Graf závislosti viskozity na smykové rychlosti všech vzorků ihned po výrobě .....	64
Obrázek 20 Graf závislosti viskozity na smykové rychlosti všech vzorků týden po výrobě .....	65
Obrázek 21 Graf závislosti viskozity na smykové rychlosti všech vzorků dva týdny po výrobě .....	65
Obrázek 22 Plastická (Cassonova) viskozita modelových vzorků mléčné čokolády s různým přídavkem sušené syrovátky v závislosti na době skladování.....	66
Obrázek 23 Mez toku modelových vzorků mléčné čokolády s různým přídavkem sušené syravátky v závislosti na době skladování.....	68

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1 Chemické složení sušených kakaových bobů (Beckett 2011b).....	17
Tabulka 2 Požadavky kladené na kakaovou hmotu (Beckett 2011b).....	18
Tabulka 3 Složení kakaového másla (ICCO 2012) .....	19
Tabulka 4 Surovinová skladba modelových vzorků mléčné čokolády.....	47
Tabulka 5 Vlhkost modelových vzorků mléčné čokolády s různým obsahem sušené syrovátky.....	54
Tabulka 6 Tixotropie modelových vzorků čokolády s různým obsahem sušené syrovátky	69

