

# Vliv podmínek skladování na kvalitu čokolády

Bc. Alžběta Klůzová

---

Diplomová práce  
2019



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

akademický rok: 2018/2019

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Alžběta Klůzová**  
Osobní číslo: **T17236**  
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**  
Studijní obor: **Technologie potravin**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Vliv podmínek skladování na kvalitu čokolády**

Zásady pro vypracování:

### I. Teoretická část

1. Suroviny pro výrobu čokolády.
2. Technologie výroby čokolády.
3. Zásady skladování čokolády.
4. Vady čokolády.

### II. Praktická část

1. Charakteristika surovin pro výrobu čokolády.
2. Postup výroby čokolády.
3. Metody stanovení kvality čokolády.
4. Popis získaných výsledků a jejich diskuse.
5. Formulování závěrů práce.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] AFOAKWA, E. O. *Chocolate science and technology*, 2016. John Wiley Sons.

[2] BRICKNELL, J., HARTEL, R. W. Relation of fat bloom in chocolate to polymorphic transition of cocoa butter, 1998. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 75 (11), 1609–1615.

[3] CHANG, M. K., ABRAHAM, G., JOHN, V. T. Production of cocoa butter-like fat from interesterification of vegetable oils, 1990. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 67 (11), 832–834.

[4] WILLE, R. L., LUTTON, E. S. Polymorphism of cocoa butter, 1966. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 43 (8), 491–496.

Vedoucí diplomové práce: **doc. RNDr. Iva Burešová, Ph.D.**  
Ústav technologie potravin

Datum zadání diplomové práce: **2. února 2019**

Termín odevzdání diplomové práce: **3. května 2019**

Ve Zlíně dne 2. února 2019

L.S.

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

doc. Ing. Jiří Mlček, Ph.D.  
*ředitel ústavu*

Příjmení a jméno: ALŽBĚTA KLÚŽOVÁ

Obor: TECHNOLOGIE PSTRAVIN

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby <sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou 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 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou 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);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské 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.

Ve Zlíně 22.4.2019

<sup>1)</sup> zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

<sup>2)</sup> 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, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

<sup>3)</sup> 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, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídí k větší výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce se zaměřuje na výrobu hořké čokolády o dvou různých surovinových skladbách. Zkoumají se následné dopady při třech různých skladovacích teplotách po dobu pěti měsíců. Analyzuje se obsah vlhkosti, pH, tvrdost, viskozita a vady. Je rozebrán obecný postup výroby čokolády, jednotlivé suroviny potřebné pro výrobu a nejčastější vady. Jsou zde stručně shrnuty skladovací podmínky.

Klíčová slova: čokoláda, hořká, skladování, kakaová hmota, kakaové máslo, výrobní postup, kakaové boby, tukový výkvět, cukerný výkvět

## **ABSTRACT**

The thesis is focused on the production of dark chocolate about two different raw material compositions. Subsequent impacts at three different storage temperatures for five months are examined. Moisture content, pH, hardness, viscosity and defects are analyzed. The general procedure of chocolate production, individual raw materials needed for production and the most common defects are discussed. The storage conditions are briefly summarized as well.

Keywords: chocolate, dark, storage, cocoa mass, cocoa butter, manufacturing process, cocoa beans, fat bloom, sugar bloom

Tímto bych chtěla poděkovat paní doc. RNDr. Ivě Burešové, Ph.D. za odborné vedení, trpělivost, čas a rady, které mi poskytla při zpracování mé diplomové práce. Moje poděkování patří také mojí rodině a blízkým za podporu a pevné nervy během celého mého studia.

*"K tomu, abychom jasně viděli, často stačí jen změnit úhel pohledu."*

*Antoine de Saint Exupéry*

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

# OBSAH

ÚVOD.....	10
I TEORETICKÁ ČÁST.....	11
1 SUROVINY PRO VÝROBU ČOKOLÁDY .....	12
1.1 KAKAOVÉ BOBY .....	12
1.1.1 Pěstování .....	12
1.1.2 Strom .....	12
1.1.3 Plody .....	13
1.1.4 Fermentace .....	14
1.1.4.1 Mikroorganismy.....	15
1.1.4.2 Vývoj prekurzorů.....	16
1.1.5 Sušení .....	16
1.2 KAKAOVÉ MÁSLA.....	17
1.2.1 Polymorfismus kakaového másla.....	18
1.3 SLADIDLA.....	19
1.3.1 Cukr.....	19
1.3.2 Glukóza .....	19
1.3.3 Fruktóza.....	20
1.3.4 Maltitol.....	20
1.4 EMULGÁTORY .....	20
1.4.1 Lecitin .....	20
1.4.2 Polyglycerolpolyricinoleát (PGPR) .....	21
2 TECHNOLOGIE VÝROBY ČOKOLÁDY.....	22
2.1 ČIŠTĚNÍ KAKAOVÝCH BOBŮ .....	22
2.2 DRCENÍ A ODSTRANĚNÍ SKOŘÁPKY.....	22
2.3 ALKALIZACE .....	23
2.4 PRAŽENÍ.....	23
2.5 MLETÍ .....	24
2.6 LISOVÁNÍ .....	25
2.7 VÝROBA KAKAA.....	25
2.8 VÝROBA KAKAOVÉ HMOTY .....	25
2.9 VÝROBA ČOKOLÁDY .....	25
2.9.1 Míchání .....	26
2.9.2 Válcování .....	26
2.9.3 Konšování .....	27
2.9.4 Temperace .....	29
2.9.5 Formování .....	31
2.9.6 Chlazení.....	31
2.9.7 Balení .....	32
3 SKLADOVÁNÍ ČOKOLÁDY .....	33
4 VADY ČOKOLÁDY .....	34



4.1	TUKOVÝ VÝKVĚT .....	34
4.2	ČUKERNÝ VÝKVĚT .....	35
4.3	MIKROBIOLOGICKÉ VADY .....	35
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>		<b>37</b>
<b>5</b>	<b>CÍL PRÁCE .....</b>	<b>38</b>
<b>6</b>	<b>METODIKA .....</b>	<b>39</b>
6.1	VÝROBA VZORKŮ .....	39
6.1.1	Surovinová skladba .....	39
6.1.2	Výroba .....	39
6.1.3	Skladování .....	40
6.2	STANOVENÍ VLHKOSTI .....	40
6.3	STANOVENÍ PH .....	40
6.4	STANOVENÍ TVRDOSTI .....	40
6.5	STANOVENÍ REOLOGICKÝCH VLASTNOSTÍ .....	41
6.6	STANOVENÍ VAD .....	41
6.7	STATISTIKA .....	41
<b>7</b>	<b>VÝSLEDKY A DISKUZE .....</b>	<b>42</b>
7.1	STANOVENÍ VLHKOSTI .....	42
7.2	STANOVENÍ PH .....	43
7.3	STANOVENÍ TVRDOSTI .....	45
7.4	STANOVENÍ VISKOZITY .....	47
7.5	STANOVENÍ VAD .....	52
<b>ZÁVĚR .....</b>		<b>57</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>		<b>58</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>		<b>70</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>		<b>71</b>
<b>SEZNAM TABULEK .....</b>		<b>73</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>		<b>74</b>

## ÚVOD

Dobrá surovinová skladba, kvalita surovin, správný výrobní postup a dodržování skladovacích podmínek jsou základní kroky k zachování jakosti konečného výrobku. V případě čokolády jsou největším jakostním problémem cukerný a tukový výkvět. Obě tyto vady jsou zdravotně nezávadné, nicméně pro spotřebitele nejsou esteticky přípustné. Dalším možným problémem může být změna chuti, vůně a také snížení minimální trvanlivosti (díky oxidaci tuku, který se dostal na povrch). K těmto vadám dochází především v případě nesprávného postupu při výrobě nebo výkyvů teplot při přepravě a skladování u výrobce či prodejce. Nicméně nejčastěji k tomu dochází u konečného spotřebitele, který má tendenci podmínky skladování nedodržovat. Naše vzorky byly tedy skladovány při 6 °C, při pokojové teplotě a při 33 °C, aby se simulovaly možné podmínky skladování, které by mohly nastat. Ihned po výrobě a každý následující měsíc, po dobu pěti měsíců po výrobě byly vzorky analyzovány a bylo zjišťováno pH, obsah vlhkosti, viskozita a tvrdost a vizuální výskyt vad, aby se potvrdil vliv skladovacích teplot na finální výrobek.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 SUROVINY PRO VÝROBU ČOKOLÁDY

Budeme-li se bavit o výrobě hořké čokolády, výchozími surovinami jsou: kakaové máslo, kakaová hmota, sladidlo, emulgační činidlo a popřípadě ochucující složka.

### 1.1 Kakaové boby

#### 1.1.1 Pěstování

Kakaovník je pěstován převážně malými pěstiteli, a to hlavně na Pobřeží slonoviny, ve Ghaně, Indonésii, Nigérii, Kamerunu, Brazílii a Ekvádoru (z těchto zemí pochází asi 90 % celkové produkce kakaových bobů). Asi 70 % produkce je z oblasti západní Afriky, z čehož jen Pobřeží slonoviny dává kolem 40 % světové produkce. Velký objem produkce v jedné oblasti je sice výhodný pro přepravu a technologické operace, nicméně může být rizikový z hlediska šíření škůdců a chorob, nebo se zde může výrazněji projevit negativní dopad nepříznivých klimatických podmínek. Dále je třeba zmínit, že kakaové boby čelí v současné době konkurenci palmy olejně, kávy, kaučuku nebo hřebíčku. Kakaovník potřebuje pro růst velký roční objem srážek a to pokud možno rovnoměrných. Dále je nezbytná vysoká vzdušná vlhkost, optimálně kolem 70-100 % a teplotu mezi 18 až 32 °C [1, 2, 3, 4].

#### 1.1.2 Strom

Kakaovník pravý (*Theobroma cacao, L.*) má původ na jihu střední Ameriky. Jde o strom dorůstající výšky 12-15 metrů, který přirozeně roste ve spodních patrech flóry deštného pralesa. Je třeba zmínit, že při zemědělském pěstování se stromy udržují vysoké 3-5 metrů (obrázek č. 1). Je charakteristický svými 30 cm dlouhými stálezelenými listy a kakaovými plody, rostoucími přímo z kmene nebo z větví. Největší výtěžnost mají od šesti let a hojně plodí 25-30 let [1, 5].



Obrázek č. 1: Strom kakaovníku [6].

### 1.1.3 Plody

Nejstarší zmínky o pěstování kakaovníku jsou z roku 600 našeho letopočtu. Criollo je nejstarší dodnes pěstovaná odrůda. Považuje se za nejkvalitnější, nicméně také nejvíce náchylnou k nemocem. Další nevýhodou jsou její poměrně nízké výnosy v porovnání s ostatními pěstovanými odrůdami. To jsou hlavní důvody, proč je tato odrůda v současné době pěstována jen ve velmi malém měřítku. Odrůda, které je pěstována v největší míře je Forastero. V současné době se stále intenzivně pracuje na šlechtění nových odrůd, které by zajistily lepší výnosy a byly odolnější vůči škůdcům a chorobám. Je to ovšem velmi zdoluhavý a složitý proces. Mezi hojně pěstované odrůdy patří dále Trinitario, což je kříženec Forastero a Criollo. Tento typ je na pomezí těchto dvou odrůd. Má poměrně vysokou výnosnost i kvalitu kakaových plodů [1, 3, 7].

Barva plodů je obvykle zelená, žlutá, červená nebo oranžová, záleží na odrůdě (obrázek č. 2). Sklízí se ručně mačetou nebo speciálními noži připevněnými na dlouhé tyči. Sklízí se pravidelně podle toho, jak plody dozrávají, zhruba každé 2-4 týdny. Takto časté sklízě umožňují nejen vybírat plody v nejvyšší fázi zralosti, ale také se tím předchází ztrátám, které by způsobila zvířata (veverky, opice, krysy...) nebo nemoci. Hlavní sklizeň s nejvyšším objemem sklizených plodů je od října do prosince [1, 3].



Obrázek č. 2: Kakaové plody po sklizni [8].

Plody se opatrně otevrou pomocí mačety, nože nebo dřevěné paličky. Uvnitř se nachází 30-45 kakaových bobů, uložených v měkkém oplodí (obrázek č. 3) [1, 2].



Obrázek č. 3: Rozříznutý kakaový plod [9].

#### 1.1.4 Fermentace

Běžně se první dvě posklizňové procedury (fermentace a sušení) vykonávají přímo na farmě. Tyto dva kroky významně ovlivňují další produkty, které se z kakaových bobů vyrábí [1, 5]. Fermentace probíhá buď na hromádách, anebo v bednách a trvá většinou 5 dní. Na fermentaci se podílí kvasinky a bakterie mléčného kvašení, které se přirozeně vyskytují na plodině. Jako substrát jim slouží dužnina kakaového plodu, která je bohatá na sacharidy (10-15 %). Stupeň fermentace závisí mimo jiné na produktu, který se bude následně z bobů vyrábět. Čokoláda vyrobená z nefermentovaných bobů, by měla nepříjemně šedivou barvu a velmi hořkou chuť [1, 7].



Obrázek č. 4: Fermentace v bednách [10].

Probíhá-li fermentace na hromadách (obrázek č. 5), jsou boby (25-2500 kg) přikryty banánovými listy. Konec fermentace se určuje dle zkušeností. V současné době častějším způsobem je fermentace v dřevěných bednách (obrázek č. 4) o obsahu asi 1-2 tuny. Ve spodních částech beden jsou otvory, kudy odchází přebytečná voda a teplo. Na začátku fermentace se doporučuje boby provzdušňovat přesypáváním. Doba fermentace je opět hodnocena empiricky [1, 11].



Obrázek č. 5: Fermentace na hromadách [12].

#### 1.1.4.1 Mikroorganismy

Mikroorganismy rozkládají dužninu, jejich činnost vede k usmrcení kakaového bobu a dochází k vytváření chuťových a vonných prekurzorů. Fermentaci lze rozdělit na tři etapy: 1. fáze je činnost anaerobních kvasinek. Počátečních 24-36 hodin přeměňují cukr na alkohol a

snižují pH, a to vše za anaerobních podmínek. Díky vysokému obsahu kyseliny octové a alkoholu dojde k usmrcení bobu. 2. fáze je působení bakterií mléčného kvašení. Jsou zde sice přítomny již od začátku fermentace, ale převažují mezi 48 a 96 hodinou. Tyto bakterie mění cukry a organické kyseliny na kyselinu mléčnou. 3. fáze je charakteristická především bakteriemi octového kvašení. Jsou zde opět po celou dobu, ale nejvíce aktivní jsou na konci fermentace. Přeměňují alkohol na kyselinu octovou za vzniku vysoké teploty, která může přesáhnout i 50 °C [1, 3, 5].

#### **1.1.4.2 Vývoj prekurzorů**

Dvě nejdůležitější látky, které se přeměňují na budoucí chuťové prekurzory jsou polyfenoly (barva, antioxidační aktivita) a methylxantiny (hořkost). Vznikají reakcí enzymů (které se uvolnily z buněk díky buněčné smrti) s dalšími látkami [1, 13].

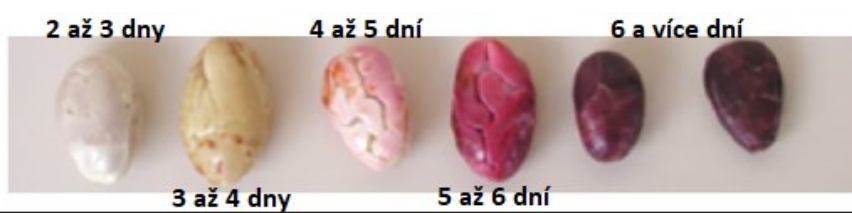
#### **1.1.5 Sušení**

Následuje krok sušení, při kterém dochází mimo jiné k vývoji chuťově aktivních látek a ke změně barvy (obrázek č. 7). Boby se rozloží v tenké vrstvě na rohožích (obrázek č. 6), podnosech nebo na zemi a suší se na slunci. Výhoda rohoží je ta, že je lze snadno schovat před případným deštěm. Sušení trvá asi týden za neustálého slunečního svitu a dosahuje se vlhkosti 7-8 %. Když nelze použít metodu sušení na slunci, využívají se alternativní metody umělého sušení. Využívá se solární sušení, které je ovšem mnohem nákladnější a náročnější, ale efektivnější. Dále lze sušit nad ohněm, což je rizikové pro výslednou surovinu, protože boby nesmí přijít do styku se spalinami (to by mohlo negativně ovlivnit chuť výsledných produktů, včetně čokolády). Mohou se také využít bezpečnější vysoušeče vzduchu. Je ovšem třeba dbát na to, aby boby nebyly sušeny příliš rychle (hrozila by vysoká kyselost). Boby jsou během sušení přebírány, zbavovány mechanických nečistot a zlomů, po vysušení zabaleny do jutových pytlů a nachystány k přepravě. Cena bobů je následně určována na otevřených trzích v New Yorku a Londýně. Jedná se o důležitou surovinu na trhu [1, 3, 11, 14].





Obrázek č. 6: Sušení bobů na rohožích [15].



Obrázek č. 7: Rozdíly v barvě během sušení [16].

## 1.2 Kakaové máslo

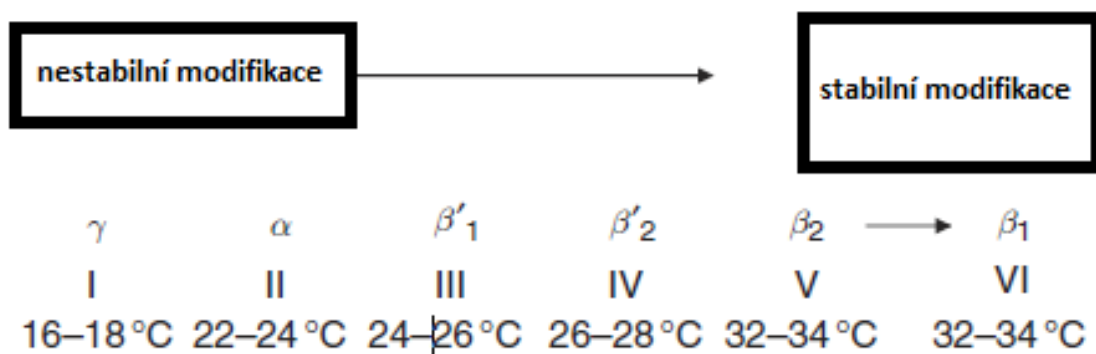
Kakaové máslo se získává lisováním z kakaových bobů, které ho obsahují 50-58 %. Barva je nažloutlá (obrázek č. 8) a vůně příjemně kakaová. Kakaové máslo obsahuje 3 typy triacylglycerolů: 1,3-dipalmito-2-olein, 1-palmito-3-stearo-2-olein a 1,3-distearo-2-olein v poměru 22:46:31. Obecně mají tedy triacylglyceroly v poloze 1,3 nasycenou mastnou kyselinu (palmitová, stearová) a v poloze 2 vždy kyselinu olejovou. Poměry se příliš nemění ani v závislosti na druhu a způsobu pěstování kakaovníku. Dále se v kakaovém másle vyskytují také polární lipidy, steroly a tokoferoly. Výsledná čokoláda pak obsahuje většinou kolem 30 % kakaového másla (pokud nejsou použity náhražky). Obsah náhražek kakaového másla je v Evropské unii povolen maximálně do 5 %. Kdyby byl obsah vyšší výrobek již nesmí být distribuován pod názvem čokoláda [3, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23].



Obrázek č. 8: Kakaové máslo [24].

### 1.2.1 Polymorfismus kakaového másla

Kakaové máslo je polymorfní, což znamená, že může krystalizovat v různých modifikacích (obrázek č. 9). Je to schopnost látky existovat v různých krystalických strukturách v důsledku změn prostorového uspořádání molekul, které utváří krystal. Každý polymorf bude vykazovat jiné fyzikální a chemické vlastnosti v pevné fázi, díky své jedinečné struktuře. Pro dobře temperovanou čokoládu je žádoucí převaha lipidových krystalů v  $\beta_2$  formě. Celkově má kakaové máslo 6 různých krystalických forem. Forma I je vytvořena rychlým zchlazením při nízké teplotě a velmi rychle se díky své nestabilitě přeměňuje na formu II. Tato forma se následně pozvolna mění na formy III a IV, které se tvoří v netemperované nebo extrémně špatně temperované čokoládě. Modifikace V a VI jsou považovány za nejvíce stabilní. Forma V se nachází ve správně temperované čokoládě. Během delšího skladování se pomalu mění na formu VI, což může být doprovázeno vystoupením tuku [1, 5, 18, 25].



Obrázek č. 9: Krystalové modifikace kakaového másla a jejich teploty tání [21].

### 1.3 Sladidla

Obsah cukru je důležitý po sensorické, ale i po reologické a texturní stránce. Nejvíce se používá se sacharóza v jemné krystalické podobě, a to až do 50 %, dle druhu a požadované chuti konečného produktu. Velmi málo využívané jsou monosacharidy glukóza a fruktóza, z důvodu větší schopnosti vázat vodu. Následná vlhkost ve finálním výrobku zvyšuje viskozitu. V případě čokolád bez cukru je možno využít cukerné alkoholy (sorbitol, xylitol, manitol, maltitol...). Je ovšem nutné zohlednit riziko laxativních účinků a spotřebitel by měl dbát na doporučené denní množství, které je stanoveno do 20 gramů. Jak bylo zjištěno dříve, maltitol je pro nahrazení sacharózy ideální, protože má podobné reologické vlastnosti. Přiměřené množství cukru, které by se mělo pohybovat mezi 30-40 %, přispívá ke kvalitě čokolády, protože pomáhá vyvažovat její hořkost. Na trhu se ovšem velmi často setkáváme s větším obsahem cukru v čokoládách. Jedním z hlavních důvodů je zlevnění finálního výrobku. Většina výrobců preferuje zrnitost cukru 0,5-1,25 mm. Je třeba zajistit cukr se stejnou velikostí krystalů, aby nedocházelo k technologickým problémům [1, 3, 18, 26].

#### 1.3.1 Cukr

Cukr je charakteristický svojí sladkou chutí a je považována za inertní přísadu s ohledem na svoji jemnou chuť. Je to látka vykrystalizovaná z cukrové řepy nebo z cukrové třtiny. Tyto dvě plodiny produkují chemicky totožnou látku zvanou sacharóza. Čistota všech druhů krystalické sacharózy je vyšší než 99,9 %. Zbylá procenta připadají na necukry a vodu, které jsou zde ovšem obsaženy v tak malém množství, že nedokáží výrobu čokolády významně ovlivnit. Obsah vody je legislativou dán maximálně do 0,06 %, ale většinou nepřekročí 0,03 % [1, 3, 13].

#### 1.3.2 Glukóza

Obvyklý způsob výroby je v současné době hydrolyzou škrobu a následnou krystalizací do formy monohydrátu glukózy. Pro výrobu čokolády je po technologické stránce vhodná pouze její bezvodá forma. Ale i přes mnohé pokusy vyrábět glukózovou čokoládu se u spotřebitelů nestala oblíbenou díky její netypické chuti. Nicméně je možno jí úspěšně využít v kombinaci se sacharózou [1].

### 1.3.3 Fruktóza

Takzvaný ovocný cukr. Má o něco vyšší sladivost oproti sacharóze. Využívá se při výrobě čokolád vhodných pro diabetiky, protože vyvolá pouze malé zvýšení hladiny cukru v krvi po jejím požití a metabolizuje se se v játrech (což na rozdíl od sacharózy a glukózy neovlivní vyplavování inzulínu do krve). Je ovšem nutné dodržovat teplotu do 40 °C, protože fruktóza velmi snadno karamelizuje a účastní se maillardových reakcí [1].

### 1.3.4 Maltitol

Jde o disacharidový alkohol, který se vyrábí hydrogenací sladového cukru. Jde o nehydro-skopickou látku, jen o něco málo sladší než sacharóza [1].

## 1.4 Emulgátory

Dva nejvíce používané emulgátory při výrobě čokolády je lecitin a PGPR. Ve výrobní praxi se velmi často používá kombinace těchto dvou emulgátorů, díky jejich výsledným vlastnos-tem [27].

### 1.4.1 Lecitin

Významnou roli při přípravě emulzí hraje právě lecitin, který zde působí jako povrchově aktivní látka. Nejvíce využívaný je lecitin izolovaný ze sóji (vedlejší produkt při přípravě sójového oleje) a druhý nevíce využívaný je lecitin z vaječného žloutku. Jedná se o komplexní směs lipidů s fosfatidylcholinem, ethanolaminy a inositoly. Jedná-li se o čistý lecitin, patří do skupiny emulgátorů W/O a má hodnotu HLB okolo 3. Pokud proběhne hydrolyza lecitinu (na lyzofosfatidylcholin; O/W), stoupne hodnota HLB na 8-11. Hydrolyza proběhne za sníženého pH. Je-li frakce nerozpustná v ethanolu, je využitelná ke stabilizaci emulzí W/O a jeli naopak rozpustná v ethanolu, je vhodná ke stabilizaci emulze O/W [17, 18, 27].

Přídavek lecitinu má dopad na viskozitu a výrobní náklady čokolády. Při přídavku 0,1-0,3 % se viskozita snižuje a má na ní stejný účinek jako asi desetinásobné množství přidaného kakaového másla. Při přídavku nad 0,5 % se snižuje mez toku, viskozita se dále snižuje. Mez toku je ovlivňována tvorbou micel kolem částic cukru, s nimiž interagují, dochází k menšímu tření mezi krystaly cukru a tukovou fází a tím se hodnota viskozity snižuje. Dále díky obalení cukerných krystalů dochází k lepšímu rozptylu ve hmotě a nižšímu riziku hetero-genní nukleace, která by vedla k technologickým a senzorickým problémům [18, 21, 27, 28].

Množství přidaného lecitinu závisí na velikosti částic, protože menší částice vyžadují více lecitinu pro své zakrytí. Maximální přídavek lecitinu by se měl pohybovat do 1 %, s tím že jeho stopy se v čokoládě budou objevovat vždy, protože je přítomen v kakaové hmotě (kakaových bobech) a přidává-li se mléko, tak i z něho. Příliš vysoký přídavek lecitinu by mohl působit opačným způsobem a mohl by viskozitu zvyšovat [18, 29].

#### 1.4.2 Polyglycerolpolyricinoleát (PGPR)

Jde o látku získanou polykondenzací glycerolu a ricinového oleje. Na viskozitu přímo žádný dopad nemá, ale snižuje mez toku, a to až o 50 % při přidání 0,2 % a při přídavku 0,8 % se čokoláda mění na newtonovskou kapalinu. To umožňuje zpracování při nižších teplotách, usnadňuje vylévání do forem a odstraňování vzduchových bublin. Přidáním většího množství kakaového másla lze tohoto výsledku dosáhnout také, ale tato varianta je o mnoho dražší. PGPR funguje tak, že potáhne pevné částice a kakaové máslo (kterým byly pevné částice obaleny) vytlačí do kontinuální fáze a tímto způsobem zlevňuje výrobu. Pro porovnání čokoláda může pro stejný výsledek obsahovat buď 35 % kakaového másla nebo 32 % kakaového másla a 0,1 % PGPR. V současné době využívá velké množství výrobců kombinaci lecitinu i PGPR pro získání ideální hodnoty viskozity a meze toku. Smí být ovšem používán do cukrářských výrobků v obsahu do 0,5 % [3, 18, 27].

## 2 TECHNOLOGIE VÝROBY ČOKOLÁDY

Dle vyhlášky č. 76/2003 Sb. v platném znění, kterou se stanoví požadavky pro přírodní sladidla, med, cukrovinky, kakaový prášek a směsi kakaa s cukrem, čokoládu a čokoládové bonbony, se čokoládou, respektive hořkou čokoládou, rozumí potravina vyrobená z kakaových součástí, přírodních sladidel, sladidel nebo jejich kombinací, přídatných látek nebo látek určených k aromatizaci, popřípadě z dalších složek, a která musí obsahovat minimálně 18 % kakaového másla, 14 % tukuprosté kakaové sušiny a 35 % celkové kakaové sušiny. Schéma výrobního postupu j v příloze P III [30].

V kapitole 1.1 jsme skončili ve fázi, kdy usušené kakaové boby opouští plantáže, jsou prodány na burze a převáženy na různá místa po celém světě. Kakaové boby jsou následně posuzovány podle: stupně fermentace, obsahu vlhkosti (max 6 %), počtu zlomených a nevyvinutých bobů, chuti, barvy, obsahu tuku (min 52 %), obsahu nečistot a zamoření hmyzem. Dle těchto parametrů se odvíjí cena bobů. Další způsoby hodnocení jsou buď počet bobů na 100 g nebo hmotnost 100 ks bobů [18, 29].

### 2.1 Čištění kakaových bobů

Prvním krokem je pečlivé vyčištění bobů od všech nežádoucích složek, jako jsou kameny nebo kusy kovu, aby se předešlo nežádoucímu poškození zařízení. Čištění se provádí proséváním, odstraněním kovových nečistot pomocí magnetu, usazováním částí s vysokou hustotou, odfukováním částic s nízkou hustotou a sběrem prachových částic [1, 5, 18].

### 2.2 Drcení a odstranění skořápky

Tento krok je důležitý kvůli zabránění kontaminace a nežádoucích příchutí, a také jako prevence nadměrného opotřebení zařízení. Dalším důležitým faktorem je zvýšení výtěžnosti.

Jedná-li se o dokonalé oddělení skořápek od kakaového bobu (obrázek č. 10), je tento proces poměrně náročný. Bob se vystavený tepelnému záhřevu, při kterém dojde ke zkřehnutí skořepiny a k jejímu snadnějšímu odstranění. Následně se využije odstředivé síly, která rozbíjí boby nárazem proti desce a následně odděluje skořápky od bobů. Následně dojde k odstranění skořápek od bobů pomocí sít a proudu vzduchu. Pokud se skořápka v této fázi neoddělila, proces se opakuje. Oddělené skořápky lze využít ke krmení zvířat, na spalování nebo jako hnojivo [1, 13, 18].



Obrázek č. 10: Rozdrcené kakaové boby [31].

### 2.3 Alkalizace

Alkalizace se používá především pro výrobu kakaá, kterou se zde nebudu dopodrobna zabývat. Nicméně může být v ojedinělých případech využita i při výrobě kakaové hmoty. Alkalizace může být provedena v bubnu, reakční nádobě nebo ve šnekovém dopravníku. Případně může být prováděna i pod tlakem. Tento proces je prováděn za přítomnosti horkého alkalického roztoku (například uhličitán draselný) po dobu potřebnou k žádoucí změně barvy. Nadrcené boby se po skončení procesu vysuší a následně praží [1, 18].

Při alkalizaci kakaové hmoty dochází pouze k omezené změně barvy a celý proces je velmi náročný. Po přidání alkalizačních činidel může být hmota velmi viskózní a lepivá, což znesnadňuje další postup a pro odstranění přebytečné vlhkosti je třeba další speciální vybavení. Další nevýhoda je riziko tvorby nežádoucích příchutí díky dlouhé době ohřevu [1, 18].

Dále může alkalizace probíhat přidáním suché alkalické látky ke kakaovému koláči. Ale tato metoda nepřináší tak dobré výsledky, jako použití tekutých alkalizačních činidel, takže se také příliš nevyužívá [1, 5, 18].

### 2.4 Pražení

Pražení je proces, při kterém se rozvíjejí chutě a vůně v kakaových bobech (tyto byly vytvořeny již dříve, při fermentaci a sušení). Výsledný obsah vody by měl být nižší než 3 %. Bylo zjištěno, že když je před pražením zvýšena vlhkost kakaových bobů na 15 %, je výsledná chuť a vůně intenzivnější. Nejčastěji se k pražení používají bubnové pekáče. Kakaové boby se vloží do bubnu (případně se může přidat voda) a zadá se program pražení. Stěny bubnu



se zahřívají a buben se otáčí, aby nedošlo k lokalizovanému přehřátí a ke spálení kakaových bobů (obrázek č. 11). Teplota, čas a množství přidané vody záleží na požadavcích na výsledný produkt a na zařízení. Obecně by však měla být konečná teplota 90-170 °C. Následně se boby ochladí v chladiči. Existují i vertikální pražicí zařízení, kde v horní části dochází k pražení a v dolních sekcích dochází k ochlazování bobů. U každé šarže se provedou mikrobiologické testy, aby se prokázala zdravotní nezávadnost. Pražení se může provádět v této fázi nebo ještě před drcením kakaových bobů [1, 3].



Obrázek č. 11: Pražení kakaových bobů [32].

## 2.5 Mletí

Nadrcené kakaové boby je třeba pomlet, aby se kakaové máslo (kterého je zde asi 55 %) uvolnilo z buněk. K mletí se nejčastěji využívají kamenné mlýny, kotoučové mlýny, kladívkové mlýny nebo kulové mlýny. Mletí se provádí ve více krocích a hmota dosahuje teploty 90-100 °C [1, 17, 18].



## 2.6 Lisování

Běžně se lisováním (obrázek č. 12) získá 78-90 % kakaového másla (zbytek zůstává v kakaových koláčích nebo ho lze odstranit extrakcí). Jedná se o vysokotlaké hydraulické lisy (520 kg/cm<sup>2</sup>). Kakaové máslo se odvádí do sběrných nádob a jde k dalšímu zpracování [1, 3, 18, 33, 34].



Obrázek č. 12: Lisování kakaového másla [35].

## 2.7 Výroba kakaa

Kakaové koláče se dále dělí na menší kusy, aby se s nimi lépe pracovalo, a dále se melou na kakaový prášek o požadované zrnitosti. K tomuto účelu se nejčastěji využívají kladivové či kotoučové mlýny. Následně je prášek ochlazen tak, aby zbytek kakaového másla vykrystalizoval ve stabilní modifikaci a nedocházelo k výkvětům tuku či vzniku větších kusů během skladování. Prášek na závěr projde přes síta a většinou i přes magnety a následně je plněn do velkoobjemových kontejnerů, pytlů či spotřebitelských balení [1, 13, 18].

## 2.8 Výroba kakaové hmoty

Kakaová hmota se vyrábí rozemletím již opražených kakaových bobů a je buď přímo dále zpracována nebo chlazená a skladována [1].

## 2.9 Výroba čokolády

Tmavá čokoláda má strukturu, která obsahuje krystaly cukru a částice kakaa, které jsou obklopeny kontinuální fází krystalického i kapalného podílu kakaového másla. Homogenní strukturu pomáhá utvářet přídavek emulgátoru, který zajistí lepší kompatibilitu hydrofilních cukrových krystalů s hydrofobním kakaovým máslem [25, 36].

Čokoláda se vyrábí v několika fázích: 1) míchání, 2) válcování, 3) konšování, 4) temperace a skladování, 5) tvarování. Výsledkem těchto procesů je hladká, hmota o požadovaných vlastnostech pro konkrétní finální produkt. Je nutno podotknout, že každá výroba je specifická, a ne každý výrobní proces musí obsahovat všechny popsané kroky [1, 19, 36, 37].

### 2.9.1 Míchání

V tomto kroku se kombinuje ve vhodném poměru čas a teplota. Zvolí se vhodná surovinová skladba, která obsahuje kakaovou hmotu, cukr, kakaové máslo a případně další složky jako je mléčný tuk, sušené mléko aj. Tato směs se důkladně promíchá 12-15 minut při teplotě 40-50 °C v diskontinuálním mísiči nebo v kontinuálním (při velké produkci). Vzniklá směs má těstovitou konzistenci [5, 17, 18].

### 2.9.2 Válcování

Válcováním (obrázek č. 13) je dosaženo hladké struktury finální čokolády. Směs je válcována na horizontálně uložených válcích (většinou 2 až 5 válců), které jsou uloženy tak blízko u sebe, aby výsledná velikost částic byla menší než 30 mikrometrů. V podstatě jde o to získat tak malou velikost všech částic, aby nebyla rozpoznatelná v ústech. Válce jsou zároveň zevnitř chlazeny vodou, aby nedocházelo k přehřívání čokoládové hmoty. Výsledná velikost částic je důležitá pro reologické i senzorické vlastnosti výrobku. Takto zmenšené částice již mají tak velký výsledný povrch, že je kakaové máslo nestačí pokrýt, a tak je výsledná čokoládová hmota na konci procesu v sypkém stavu [3, 18, 29, 37].



Obrázek č. 13: Válcování čokoládové hmoty [38].

### 2.9.3 Konšování

Konšováním (obrázek č. 14 a č. 15) se sypká směs stává tekutou. Viskozita se snižuje a čokoládová hmota získává optimální vlastnosti, požadovanou strukturu, chuť a vůni. Teplota se pohybuje kolem 50 °C, která je ovšem dosažena pouze pomocí smykových sil v melanžeru. Časové rozpětí tohoto procesu se velmi liší dle druhu a finální kvality výrobku. Dochází ke snižování vlhkosti, odstranění nežádoucích těkavých kyselin (např. octová) a propojení disperzní a kontinuální fáze. Rovněž zde může docházet k částečné karamelizaci přítomné sacharózy, což opět přispívá k výsledné chuti a vůni. Dále zde dochází k dalšímu snižování velikosti částic a jejich obrušování, což je důležité po sensorické stránce. Konšování můžeme rozdělit do tří fází: v první fázi dochází k zahřátí a provzdušnění směsi. Začne se odpařovat voda a těkavé kyseliny (hlavně octová), které by měly negativní dopad na chuť a vůni konečného produktu. Druhá fáze je tzv. pastovitá fáze. Zde se přidává kakaové máslo a vytváří se typická chuť. V poslední (kapalně) fázi jsou všechny částice pokryty tenkou vrstvou rozehrátého kakaového másla, což vede ve výsledku k celkovému snížení viskozity. V této fázi je také možno přidávat lecitin, pro zajištění dokonalého propojení a jemnost čokoládové hmoty. Melanžer, který se většinou používá v čokoládovém průmyslu, se skládá z velké nádrže se třemi výkonnými otáčejícími se lopatkami, které zajišťují míchání hmoty a zároveň střížnou sílu pro zajištění požadovaných vlastností [14, 17, 18, 20, 29, 39].



Obrázek č. 14: Začátek konšovacího procesu (pastovitá konzistence) [40].



Obrázek č. 15: Konec konšovacího procesu (tekutá konzistence) [41].

Teploty a čas se mohou značně lišit, ale obecně platí, že u hořkých čokolád je teplota a čas delší, než u čokolád mléčných nebo bílých. U hořkých se se teplota pohybuje kolem 70-82 °C a konšování může trvat i několik dní [3, 18, 39].

Při špatně provedeném konšování může docházet k nedokonalému pokrytí částic kakaovým máslem, k migracím tuku a cukru na povrch, vytváření výkvětů a k negativním dopadům na chuť [18, 37].

V současné době zavádí některé firmy do výroby tzv. „nekonvenční výrobu v kulových mlýnech“ (obrázek č. 16), která je ekonomicky výhodnější a méně náročná a nahrazuje proces válcování a konšování. Jedná se o horizontálně či vertikálně umístěný válec, který má dvojitou stěnu, mezi kterou proudí voda, a tím je zajištěna teplota. Ve válci je umístěno pádlové míchadlo a obsah válce je naplněn z 60-80 % nerezovými kuličkami přes které čokoládová hmota protéká a podléhá tak smykovým a třecím silám. Celková doba proto procesu se pohybuje 90-120 minut v závislosti na druhu a množství čokoládové hmoty [42, 43].



Obrázek č. 16: Konšování pomocí kulového mlýnu [44].

#### 2.9.4 Temperace

Temperace čokoládové hmoty slouží k získání stabilních modifikací kakaového másla, což je důležité pro finální produkt jak po stránce sensorické, tak i po technologické. Kakaové máslo může krystalizovat v šesti modifikacích. Tato schopnost se nazývá polymorfismus a kakaové máslo ji má díky svému specifickému složení triacylglycerolů, respektive díky mastným kyselinám, které se v triacylglycerolech nachází ve specifických poměrech a na specifických polohách. Kakaové máslo obsahuje 38 % kyseliny olejové, 35 % kyseliny palmitové, 4 % kyseliny linolové, 4,3 % glycerolu a 0,3 % dalších látek [3, 18, 20, 45].

Klíčovou vlastností polymorfů kakaového másla je odlišný stupeň tání, čehož se využívá právě u temperace čokolády. Kakaové máslo může krystalizovat v šesti formách a to I – VI, a každá z nich má jiný bod tání. Hlavními formami kakaového másla jsou  $\alpha$  (II),  $\beta_1'$  (IV) a  $\beta_2$  (V).  $\beta_2$  je nejžádanější forma, které chceme dosáhnout správnou temperací. Taková čokoláda má pak lesklý vzhled, dobrou přilnavost, žádanou tvrdost a barvu, hladký lom, dlouhou životnost a je odolná vůči tukovému výkvětu. Pokud je ovšem čokoláda vytemperována nesprávně, je zde převaha formy  $\beta_1'$ , která se velmi rychle mění na formu  $\beta_2$ . Tyto krystaly jsou ovšem nestabilní a neorganizované, a to ovlivňuje barvu díky špatně se odrážejícímu světlu a texturu čokolády, která je měkká. Forma  $\beta_2'$  (III) je nestabilní a rychle se mění na formu  $\alpha$ , která se pak o něco pomaleji mění na formu kombinovanou, nebo na formu  $\beta_1$  (VI). Forma  $\beta_1$  má velké a zrnité krystaly, které nepříjemně drhnou na jazyku, a je doprovázena tukovým výkvětem, způsobeným dlouhým skladováním. Nejméně stabilní je forma  $\gamma$  (I), která se téměř okamžitě přeměňuje na formu  $\alpha$  [5, 18, 25, 46, 47].



Temperace je založena na rekrystalizaci triacylglycerolů, které tvoří jádra krystalů do žádané formy ( $\beta_2$ ), aby lipid vykrytalizoval v této správné formě. Tato forma totiž taje při teplotě lidského těla, a to je důležité pro správný sensorický vjem při konzumaci. Nejprve se musí roztavit všechny formy při teplotě kolem 50 °C, následně se hmota ochladí na asi 27 °C a pak se hmota opět zahřeje na asi 30 °C (viz. příloha P IV). Teploty jsou pouze orientační a vždy záleží na konkrétním složení, vybavení a na konečném účelu. Tento proces je možno provádět ručně (roztírám čokolády na mramorové desce), což je ovšem velmi náročné, a je to možné pouze v malých provozech (obrázek č. 18). Daleko běžnější je využití temperovačného stroje, který se skládá z vícestupňových výměníků tepla (obrázek č. 17). Teploty tání jednotlivých modifikací kakaového másla jsou: 17 °C (I), 22 °C (II), 26 °C (III), 28 °C (IV), 32 °C (V) a 36 °C (VI) [3, 5, 18, 25, 28, 46].



Obrázek č. 17: Temperace pro velkovýroby čokolády [48].



Obrázek č. 18: Temperace na mramorové desce [49].

Čokoláda může být také temperována za pomoci vysokého tlaku (20 kPa). Tímto způsobem se zvýší bod tání čokolády, všechny polymorfní formy kakaového másla vykrystalizují, následně se tlak vyrovná a formy s nižším bodem tání se roztaví. Tímto způsobem pak vzniká vytemperovaná čokoláda. Nicméně tento způsob není moc využíván [3].

### 2.9.5 Formování

Čokoládová hmota je po temperaci nalita do forem požadovaného tvaru (obrázek č. 19), pomocí vibrací jsou odstraněny nežádoucí vzduchové bublinky a dále výrobky postupují do chladicího tunelu. Jako další krok následuje vyklepávání z forem. Kakaové máslo má schopnost zmenšit svůj objem při snižující se teplotě, což vede při správné výrobě ke snadnému vyklepnutí výrobků z forem [33, 34].



Obrázek č. 19: Vylévání čokolády do forem [50].

### 2.9.6 Chlazení

Tento krok je velmi důležitý při výrobním procesu a probíhá v chladicím tunelu (obrázek č. 20). Stejně jako při temperaci prochází čokoláda různými teplotními fázemi, což vede ke kvalitnímu finálnímu výrobku, který má správnou konzistenci, lesk, trvanlivost, stálost a nedochází zde tak snadno k tukovému i cukernému výkvětu a mikrobiologickým vadám [33, 51, 52].

Počáteční fáze chlazení je pozvolná, při asi 16 °C. Doposud nevykrystalizovaný tuk obsažený ve výrobku zůstává převážně tekutý, nicméně je zchlazen na takovou teplotu, která je optimální pro jeho následnou krystalizaci. Při druhé fázi chladicího procesu je nastavena teplota 3-10 °C, což je nejnižší teplota při tomto procesu. Kakaové máslo utváří krystaly ve vhodné modifikaci. Velmi důležitá je zde již dříve probraná teplota. Když je provedena

nesprávně, je v čokoláda malý počet krystalizačních jader a vzniká menší množství velkých krystalů, což se negativně odráží na výsledné struktuře a jemnosti finálního výrobku. Teplota v poslední fázi je kolem 13 °C. Záleží však na teplotě okolního vzduchu, která by měla optimálně být 18-20 °C s relativní vlhkostí do 50 %, aby se zabránilo kondenzaci vody, když čokoláda opouští chladicí tunel. V tomto kroku se dotváří krystaly kakaového másla, které je ovšem stále z 25 % v kapalném stavu, a proto se nedoporučuje výrobky hned balit. Ideálně je třeba nechat výrobky dalších 24 hodin v chladném prostředí, aby se dokončil rozptýl krystalizačního tepla, a i zbytek kakaového másla ztuhl [5, 20, 33, 52, 53].



*Obrázek č. 20: Výstup hotové čokolády z chladicího tunelu [54].*

### **2.9.7 Balení**

Teplota v balírně by měla být udržována mezi 18-20 °C. Zchlazená a vyklepnutá čokoláda je na dopravníkových pásech přepravena k balicímu zařízení. Při balení je využívání různých obalových materiálů, jako je celofán, papír, plastové a metalizované fólie nebo jejich kombinace. V současné době je tlak na využívání recyklovatelných nebo biologicky rozložitelných obalových materiálů [1, 5, 33].



### 3 SKLADOVÁNÍ ČOKOLÁDY

Tmavá čokoláda bez příchuti a bez náplně má obecně trvanlivost 12 měsíců. Je ovšem třeba dodržet pravidla správného skladování, aby nedocházelo k vadám výrobků. Obecně bývá problém se skladováním v obchodních řetězcích a především u konečného spotřebitele. Dalším problémem může být teplota během přepravy (čokoládu je třeba přepravovat v temperovaných chladících skříních nebo v autech s temperovanými boxy). Teplota skladování u čokolády by měla být 12-18 °C bez výrazných tepelných výkyvů. Teplota vyšší by mohla mít za následek rozpuštění stabilních tukových modifikací a vznikající tukový výkvět. Dále by měla být čokoláda skladována bez přístupu světla (především slunečního záření), bez přístupu kyslíku a odděleně od surovin s výrazným aroma. Dále je důležité udržovat vzdušnou vlhkost do 70 %, aby nedocházelo k cukerným výkvětům, které jsou způsobeny rozpuštěním sacharózy a její následnou migrací a opětovnou krystalizací na povrchu výrobku [5, 55, 56, 57, 58, 59].

## 4 VADY ČOKOLÁDY

Vady čokolády (obrázek č. 21) mohou způsobit sensorickou nepříjemnost výrobku, ale mohou také způsobit zdravotní závadnost. Jedná-li se pouze o vizuální nepříjemnost, může být výrobek přepracován. Ovšem celkově je snaha, aby k jakýmkoliv vadám nedocházelo [1, 18].

Dvě nejčastější vady, které jsou způsobeny především chybným technologickým postupem při výrobě, chybným skladováním nebo distribucí, jsou tukové a cukerné výkvěty.



Obrázek č. 21: Nalevo-správně temperovaná čokoláda bez výkvětu, napravo-čokoláda s výkvětem [60].

### 4.1 Tukový výkvět

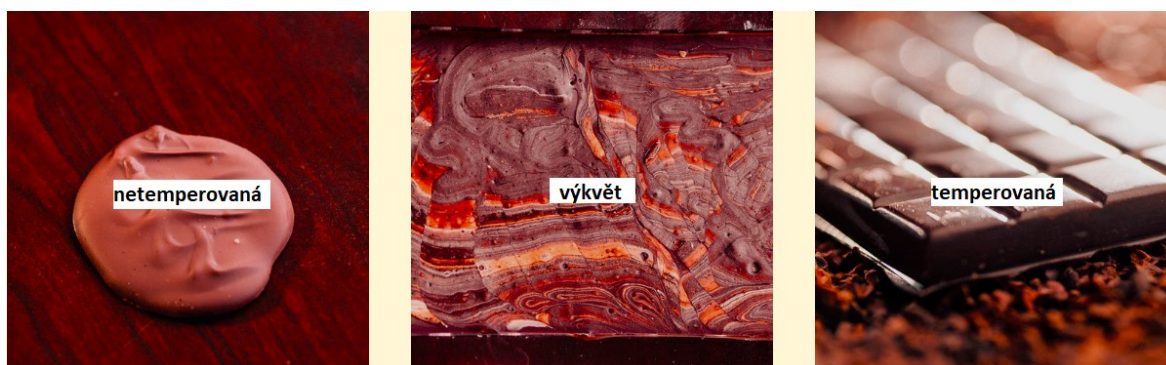
Tukový výkvět je důsledkem vystoupení tuku na povrch čokolády a je viditelný jako bělavý tenký film pokrývající povrch výrobku. Rozdíl mezi správně temperovanou, netemperovanou a špatně temperovanou čokoládou je vidět na obrázku č. 22. Tato vada je základním technologickým problémem a činí výrobky nepříjemné pro zákazníka. Je nutno však říci, že neohrožuje zdraví spotřebitele. Výkvět může být způsoben mnoha faktory, mezi které patří: nedostatečná krystalizace během temperování, nedostatečná homogenizace čokolády, rekrystalizace do nestabilních forem kakaového másla, špatné podmínky při chlazení, nevhodné podmínky skladování, migrace tuku aj. [18, 61, 62, 63].

Během špatné temperace dochází k vytvoření nestabilních forem krystalů, ty se poté postupně mění na stabilnější formy, ale část tuku zůstane v kapalném stavu a tento tuk poté migruje na povrch čokolády, kde tvoří bělavý film [18, 63].

Když jsou produkty správně temperované, ale jsou uloženy při příliš vysoké teplotě, dochází k rozpuštění požadovaných modifikací kakaového másla a k následné rekrytalizaci, což opět vede k tukovému výkvětu [18, 45].

Další možnost vzniku výkvětu je za nepřítomnosti krystalizačních jader kakaového másla. V tomto případě pak dochází k migraci tekutého tuku z center a jeho následovnému vystoupení na povrch [18].

Kromě klasické temperace lze dosáhnout správné krystalové modifikace (V) kakaového másla zaočkováním 0,2-2 % (w/w) krystalků ve správné modifikaci do předchlazené čokolády. V tomto případě se čokoláda pouze zahřeje na 50 °C, zchladí na okolní teplotu a zaočkuje [46, 64, 65].



Obrázek č. 22: Rozdíl mezi netemperovanou, špatně temperovanou a správně temperovanou čokoládou [66].

## 4.2 Cukerný výkvět

Cukerné výkvěty se objevují vlivem nevhodných skladovacích podmínek (vysoká relativní vzdušná vlhkost) nebo rychlým přechodem výrobků z vyšších do nižších teplot. V obou případech dojde k orosení výrobků vysráženou vodou, která má za následek rozpuštění sacharózy v čokoládě. Následně se tato voda z povrchu odpaří a cukr na povrchu čokolády vykrytalizuje a vytvoří bělavý povlak. Tato vada se často zaměňuje s tukovým výkvětem. Rozdíl se pozná buď mikroskopicky nebo zahřátím čokolády na 38 °C, přičemž tukový výkvět se rozpouští a cukerný zůstává viditelný [18, 53].

## 4.3 Mikrobiologické vady

Je důležité dbát na mikrobiologickou nezávadnost jak jednotlivých surovin, meziproduktů tak i finálního výrobku. Také je nutno dbát na čistotu zařízení. Největším mikrobiologickým

nebezpečím při výrobě čokolády je *Salmonella*. Všeobecně nemají v čokoládě bakterie příznivé podmínky pro růst, protože je zde nízká aktivita vody (0,4-0,5), ale salmonela zde může velmi dlouho přežít. Riziko pak spočívá ve faktu, že velké množství tuku obalí buňky a chrání je před kyselým prostředím žaludku a ty se pak mohou množit níže v gastrointestinálním traktu. Důsledky bývají často nepříjemné, ale málokdy smrtelné. Prevencí je dostatečná hygienická praxe [1, 18].

Dalším možným nebezpečím mohou být plísně, které by produkt mohly činit jednak zdravotně závadným díky možné produkci mykotoxinů, ale také by ho činily vizuálně nepříjemným. Plísně se poměrně snadno přenáší vzduchem, a proto je nutno dbát především na vhodnou vzduchotechniku. Další riziko je, že jim pro růst stačí nízká vodní aktivita a nevadí jim často ani vyšší obsah cukru [1].

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 5 CÍL PRÁCE

V praktické části této práce byly vyrobeny vzorky hořké čokolády se 45% a 55% obsahem kakaové hmoty a tyto byly skladovány při teplotách 6 °C v chladícím zařízení; při pokojové teplotě a při 33 °C v termostatu, aby byly simulovány možné skladovací podmínky, které by mohly reálně nastat v domácnostech. Vzorky byly takto uchovány v průběhu pěti měsíců od výroby a každý měsíc pravidelně analyzovány (včetně vzorku bezprostředně po výrobě). Bylo zde měřeno pH, obsah vlhkosti, viskozita a tvrdost, následně byly výsledné hodnoty zpracovány a byl vyhodnocen výsledný vliv na kvalitu čokolády.

## 6 METODIKA

### 6.1 Výroba vzorků

#### 6.1.1 Surovinová skladba

Surovinová skladba pro výrobu dvou odlišných sad vzorků je uvedena v tabulce č. 1, kde jsou uvedeny poměry surovin v procentech. Obě skladby byly vyrobeny v množství 1500 g. Pro výrobu vzorků hořké čokolády byla použita kakaové hmota ve formě zlomků (Svět plodů s.r.o., Břidličná, ČR, původ: Peru), která byla spolu s kakaovým máslem (Svět plodů s.r.o., Břidličná, ČR, původ: Peru) rozpuštěna pro zlepšení procesu konšování, řepný cukr (cukrovar Vrbátky a.s., Vrbátky, ČR), který byl desintegrovan v mixéru a sójový lecitin v prášku (Aditiva CZ s.r.o., Praha, ČR), který byl přidán v průběhu konšování. V přílohách P I a P II jsou specifikace kakaového másla a kakaové hmoty.

Tabulka č. 1: Surovinová skladba vzorků v procentech (%)

Kakaová hmota	Kakaové máslo	Sójový lecitin	Sacharóza
45	20	1	34
55	20	1	24

#### 6.1.2 Výroba

Jako první byly vyrobeny vzorky v rámci testovací výroby, aby mohla být doladěna surovinová skladba a optimalizovány metody měření. Dále byly již vyráběny vzorky samotné v množství 1500 g pro každou surovinovou skladbu (45 % a 55 % kakaové hmoty). Nejprve byl cukr desintegrovan na jemnější částice pomocí mixéru, kakaové máslo a kakaová hmota byly rozpuštěny a postupně přidávány k cukru do melanžéru (Spectra 11, USA). Po hodině byl přidán sójový lecitin. Tato směs byla konšována po dobu 10 hodin. Následně byl proveden proces temperace čokoládové hmoty pomocí temperovacího zařízení (Minitemper Pavoni Professional, Itálie). Hmota byla zahřívána na  $51,0 \pm 0,5$  °C, zchlazena na  $27,0 \pm 0,5$  °C a opět zahřívána na  $32,0 \pm 0,5$  °C, a to vše za stálého míchání. Dále byla čokoláda nalita do silikonových formiček obdélníkového tvaru o (rozměrech 25x100x15 mm) a umístěna do chladicího zařízení při teplotě 6 °C po dobu 12 hodin. Jednotlivé vzorky čokolády byly zabaleny do hliníkové fólie, sáčku z PP, označeny a skladovány.

### 6.1.3 Skladování

Jednotlivé vzorky byly skladovány při teplotách 6 °C, pokojové teplotě a 33 °C po dobu 5 měsíců. První měření proběhlo ihned po výrobě (respektive po 12 hodinách chlazení, což je nutné pro dokonalou krystalizaci kakaového másla) a každé další vždy po 30 dnech.

## 6.2 Stanovení vlhkosti

Misky s křemičitým pískem se sklenými tyčinkami byly vysušeny při 105±3 °C po dobu jedné hodiny v sušárně a ponechány vychladnout v exikátoru. Následně byly zváženy na analytických vahách s přesností na 0,0001 g, a byl do nich navážen a s pískem důkladně homogenizován vzorek čokolády. Takto připravené misky se vzorkem byly vysušeny při 105±3 °C do konstantní vlhkosti. Po vychladnutí byly misky se vzorkem i tyčinkami zváženy na analytických vahách s přesností na 0,0001 g. Pro každý vzorek byla provedena 3 opakování z nichž byl vypočten průměr v procentech (%) a směrodatná odchylka [67].

Výpočet obsahu vlhkosti v %:

$$W = 100 \cdot \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1}$$

$m_1$  – hmotnost prázdné misky po vysušení (g)

$m_2$  – hmotnost misky a vzorku před sušením (g)

$m_3$  – hmotnost misky a vzorku po sušení (g).

## 6.3 Stanovení pH

Do skleněné kádinky bylo naváženo 10,00±0,01 g vzorku a přidáno 90,00±0,01 g destilované vody o teplotě 90 °C. Tento vodný roztok byl důkladně promíchán a ihned přefiltrován přes filtrační papír (FILPAP KA 4; filtrační rychlost: 130 s; pro částice větší než 4 μm). Roztok byl nechán zchladnout na pokojovou teplotu (25 °C) a bylo měřeno pH pomocí vpičového pH-metru (Spear Eutech, Malajsie). U každého vzorku byly připraveny 3 tyto vodné roztoky a každý byl změřen třikrát. Byl stanoven průměr a směrodatná odchylka [68].

## 6.4 Stanovení tvrdosti

Texturometr TA.XT plus (Stable Micro Systém Ltd., UK) byl nejprve nakalibrován pomocí 5 kg závaží a byl nastaven předvolený program. Velikost vzorků byla 25x100 mm a hloubka



15 mm. Hodnoty nastavení přístroje byly: hloubka proniknutí sondy 4 mm; rychlost průniku sondy při zkoušce 1,0 mm/s. Na tento typ vzorku byla použita válcová penetrační sonda P/2. Měření bylo provedeno šestkrát pro každý vzorek. Hodnoty tvrdosti vzorků v newtonech (N) byly zprůměrovány a byla vypočtena směrodatná odchylka [69,70].

## 6.5 Stanovení reologických vlastností

Vzorek byl rozpuštěn a vytemperován v ultrazvukové lázni při 40 °C. Na reometru (Thermo scientific Haake RheoStress 1, USA) byl nastaven vhodný program pro tento typ vzorku. Byla použita soustava deska-deska. Měření probíhalo při otáčkách 0,1 až 50 otáček za sekundu (ot/s) a při teplotě 40±5 °C (aby se zabránilo tuhnutí kakaového másla během měření). Potřebné množství vzorku bylo nadávkováno do nakalibrovaného přístroje. Měření bylo provedeno třikrát pro každý vzorek a data byla způměrována a data byla vyhodnocena pomocí grafů, kde byla hodnocena viskozita v pascal sekundě (Pa.s) v závislosti na smykové rychlosti v pascalech (Pa). Mezi každým měřením byla soustava vždy vyčištěna a připravena na další měření [71, 72].

## 6.6 Stanovení vad

Jednotlivé vzorky byly od 2. měsíce skladování foceny a byl sensoricky hodnocen výskyt vad v průběhu skladování.

## 6.7 Statistika

Bylo provedeno statistické vyhodnocení pomocí analýzy rozptylu (ANOVA). Průkaznost rozdílnosti byla stanovena LSD (least significant difference) testem. Hladina významnosti byla 0,05. Pro tento postup byl použit program Statistica 13.3 Tibco Software Inc. [73].

## 7 VÝSLEDKY A DISKUZE

### 7.1 Stanovení vlhkosti

Vlhkost je základní parametr, který se u čokolády stanovuje, protože při vyšších hodnotách by mohla mít vliv na údržnost výrobku, na jeho mikrobiologickou bezpečnost, a v neposlední řadě by mohla být příčinou technologických problémů při výrobě. Měl by být splněn požadavek na obsah vlhkosti do 0,7 %. Dá se stanovit různými metodami, v tomto případě byla použita metoda sušení v sušárně do konstantní hmotnosti. Obsah vody může negativně ovlivnit například texturu nebo reologické vlastnosti čokolády, což má pak negativní efekt na technologické zpracování [11, 69, 74].

Zvýšená vlhkost by mohla znamenat negativní mikrobiologické dopady. Pravděpodobnost u tohoto typu výrobku ovšem stále není příliš vysoká, protože je zde obsažen vysoký podíl látek, které vytvářejí nepříznivé prostředí pro růst mikroorganismů [5].

Dle tabulky č. 2 je zřejmé, že problematický obsah vlhkosti je pouze u vzorků skladovaných při pokojové teplotě. Celkově je možné vidět, že vlhkost je u vzorků skladovaných při pokojové teplotě vyšší než u jiných teplot. Nicméně dvě naměřené hodnoty přímo překračují doporučenou hodnotu 0,7 %. U výrobku s obsahem kakaové sušiny 45 % byla hodnota na začátku pokusu 0,75 % a u výrobku s obsahem 55 % byla hodnota na konci pokusu 0,76 %. U vzorku s obsahem kakaové hmoty 45 % je ovšem třeba přihlídnout ke směrodatné odchylce, která je poměrně vysoká. To může znamenat, že výsledná vlhkost nemusí být nutně problematická. Tomu nasvědčuje i fakt, že při konečném měření již byla vlhkost ve vzorku v pořádku. U vzorku s obsahem kakaové sušiny 55 % se ovšem vlhkost během skladování zvýšila. To by reálně mohlo naznačovat, že zde došlo například ke špatnému utěsnění obalu během skladování a výrobek pohltit vzdušnou vlhkost.

Tabulka č. 2: Počáteční a konečná vlhkost ve vzorcích čokolády v procentech při různých režimech skladování (% $\pm$ SD)

	45%			55%		
	6 °C	Pokojová teplota	33 °C	6 °C	Pokojová teplota	33 °C
<b>Začátek skladování</b>	0,20 $\pm$ 0,11 <sup>a</sup>	0,75 $\pm$ 0,04 <sup>b</sup>	0,16 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>	0,32 $\pm$ 0,19 <sup>a,b</sup>	0,39 $\pm$ 0,14 <sup>b</sup>	0,03 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>
<b>Konec skladování</b>	0,20 $\pm$ 0,11 <sup>a</sup>	0,58 $\pm$ 0,22 <sup>b,c</sup>	0,30 $\pm$ 0,06 <sup>a,b</sup>	0,50 $\pm$ 0,04 <sup>a,b,c</sup>	0,76 $\pm$ 0,28 <sup>c</sup>	0,20 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>

Hodnoty ve tabulce, které mají stejné písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ).

Vzhledem k výsledkům lze říci, že není vhodné balit konečné výrobky určené pro trh například do papírových obalů, které nezabraňují přístupu vzduchu a tím i vlhkosti. Dále je nutné dodržovat skladovací podmínky, které byly popsány v kapitole č. 3 [1].

## 7.2 Stanovení pH

Hodnota pH určuje, do jaké míry je výrobek kyselý nebo zásaditý. V případě čokolády se jedná spíše o první případ. Pokud by však výrobek obsahoval kakaovou hmotu, která prošla alkalizací, pak by pH mohlo nabývat hodnot nad 7. Další surovina, která by pH čokolády mohla zvyšovat, by byl emulgátor PGPR (polyglycerol polyricinoleát), který výrobci poměrně hojně využívají [5, 18, 75, 68].

U vzorků vyrobených v rámci této práce byla použita kakaová hmota, která alkalizací neprošla, což má charakteristický dopad na výsledky pH. V tabulce č. 3 je vidět, že pH vzorků je ve všech případech mírně kyselého charakteru.

Tabulka č. 3: Hodnoty pH vzorků při různých režimech a délce skladování ( $pH \pm SD$ )

	45%			55%		
	6 °C	Pokožová teplota	33 °C	6 °C	Pokožová teplota	33 °C
<b>Ihned po výrobě</b>	Nebylo měřeno	5,63±0,01 <sup>k</sup>	Nebylo měřeno	Nebylo měřeno	5,41±0,02 <sup>c</sup>	Nebylo měřeno
<b>1. měsíc</b>	5,73±0,01 <sup>n</sup>	5,91±0,02 <sup>s</sup>	5,72±0,03 <sup>m</sup>	5,52±0,03 <sup>e,f</sup>	5,59±0,02 <sup>i</sup>	5,57±0,02 <sup>h</sup>
<b>2. měsíc</b>	6,06±0,01 <sup>t</sup>	5,82±0,01 <sup>r</sup>	5,71±0,01 <sup>m</sup>	5,63±0,01 <sup>k</sup>	5,52±0,01 <sup>e</sup>	5,26±0,01 <sup>b</sup>
<b>3. měsíc</b>	5,75±0,01 <sup>o</sup>	6,08±0,03 <sup>u</sup>	5,82±0,01 <sup>q,r</sup>	5,55±0,01 <sup>g</sup>	5,62±0,01 <sup>j</sup>	5,55±0,01 <sup>g</sup>
<b>4. měsíc</b>	6,08±0,01 <sup>u</sup>	5,77±0,01 <sup>p</sup>	5,69±0,01 <sup>l</sup>	5,71±0,01 <sup>m</sup>	5,49±0,01 <sup>d</sup>	5,22±0,01 <sup>a</sup>
<b>5. měsíc</b>	5,81±0,01 <sup>q</sup>	5,82±0,01 <sup>r</sup>	5,82±0,01 <sup>r</sup>	5,53±0,01 <sup>f</sup>	5,52±0,01 <sup>e,f</sup>	5,51±0,01 <sup>e</sup>

Hodnoty ve tabulce, které mají stejné písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ).

Tabulka č. 4 ukazuje závislost pH na teplotě skladování. Můžeme pozorovat, že při teplotě skladování 33 °C je pH nejnižší, což by mohlo být způsobeno vyšším odparem vody díky

vyšší teplotě. Důsledkem by bylo zkoncentrování kyselých látek, které byly ve výrobku obsaženy. Tuto skutečnost potvrzuje i fakt, že obsah vody je skutečně nejnižší právě ve výrobcích skladových při 33 °C [37].

Tabulka č. 4: Hodnoty pH vzorků v závislosti na teplotě skladování

Teplota skladování	pH
6	5,70±0,20 <sup>b</sup>
25	5,71±0,19 <sup>c</sup>
33	5,59±0,20 <sup>a</sup>

Hodnoty ve tabulce, které mají stejné písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ).

Tabulka č. 5 ukazuje, jak pH závisí na době skladování. V tomto případě by se obsah těkavých látek měl s dobou skladování snižovat, což by znamenalo růst pH [59].

U analyzovaných vzorků se pH zvýšilo po prvním měsíci skladování. Důvodem může být skutečnost, že většina těkavých látek, která zde po výrobě zůstala z výrobku vyprchala během prvního měsíce skladování a pak již k výrazným změnám pH nedocházelo.

Tabulka č. 5: Hodnoty pH vzorků v závislosti na době skladování

Doba skladování (měsíce)	pH
0	5,52±0,12 <sup>c</sup>
1	5,67±0,13 <sup>d</sup>
2	5,67±0,25 <sup>a,b</sup>
3	5,73±0,19 <sup>e</sup>
4	5,66±0,26 <sup>a</sup>
5	5,67±0,15 <sup>b</sup>

Hodnoty ve tabulce, které mají stejné písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ).

Tabulka č. 6 ukazuje závislost pH na obsahu kakaové hmoty. Zde je jasně vidět fakt, že pH klesá se zvyšujícím se obsahem kakaové hmoty.

Došlo k tomu proto, že použitá kakaová hmota nebyla alkalizována. Vezmeme-li v potaz fakt, že tato surovina zaujímá ve výrobcích největší podíl, má její poměrně nízké pH vliv na kyselost finálního výrobku. Čím je tedy množství kakaové hmoty v surovinové skladbě vyšší, tím kyselejší je pak finální výrobek [5, 37].

Tabulka č. 6: Hodnoty pH vzorků v závislosti na obsahu kakaové hmoty

Obsah kakaové hmoty v %	pH
45	5,83±0,14 <sup>b</sup>
55	5,51±0,12 <sup>a</sup>

Hodnoty ve tabulce, které mají stejné písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ).

### 7.3 Stanovení tvrdosti

Tvrдость je u tohoto typu produktu důležitou vlastností, je odvozena od textury a velmi úzce souvisí se smyslovými vlastnostmi. Spotřebitel ji hodnotí při konzumaci v rámci senzorickeho vnímání produktu. Čokoláda by měla mít při pokojové teplotě pevnou texturu a při lomu by měla křupnout. Měla by být příjemná na skus a při vložení do úst by se měla snadno rozpouštět. Zásadní vliv na tvrdost čokolády má velikost částic. Čím menší částice, tím tvrdší je výsledný produkt, neboť jednotlivé částice jsou ve větším kontaktu mezi sebou a tím se hmota zpevňuje [18, 70, 72, 76, 77, 78].

Tvrдость jednotlivých vzorků ve všech režimech skladování je vidět v tabulce č. 7. Vliv velikosti částic na tvrdost nelze v této práci potvrdit, protože nebyla měřena. Nicméně fakt, že každá surovinová skladba byla vyráběna zvlášť a tím mohlo neplánovaně dojít k určitým odlišnostem při výrobě, je možnou příčinou odlišné velikosti částic a tím i tvrdosti vzorků.

Tabulka č. 7: Hodnoty tvrdosti vzorků v newtonech při různých režimech a délce skladování ( $N \pm SD$ )

	45%			55%		
	6 °C	Pokojová teplota	33 °C	6 °C	Pokojová teplota	33 °C
<b>Ihned po výrobě</b>	Nebylo měřeno	20,0±1,0 <sup>f,g,h</sup>	Nebylo měřeno	Nebylo měřeno	31,0±8,0 <sup>m,n,o</sup>	Nebylo měřeno
<b>1. měsíc</b>	23,0±1,0 <sup>h,i,j</sup>	19,0±2,0 <sup>f,g</sup>	0,10±0,02 <sup>a</sup>	25,0±6,0 <sup>i,j,k</sup>	16,0±2,0 <sup>d,e</sup>	0,17±0,04 <sup>a</sup>
<b>2. měsíc</b>	43,1±0,9 <sup>p</sup>	23,0±4,0 <sup>h,i,j</sup>	7,9±0,7 <sup>c</sup>	51,0±6,0 <sup>q</sup>	22,1±0,6 <sup>g,h,i</sup>	4,4±0,4 <sup>b</sup>
<b>3. měsíc</b>	33,0±3,0 <sup>o</sup>	28,0±1,0 <sup>k,l,m</sup>	7,4±0,9 <sup>b,c</sup>	26,0±2,0 <sup>j,k,l</sup>	29,0±2,0 <sup>l,m,n</sup>	14,5±0,4 <sup>d</sup>
<b>4. měsíc</b>	60,0±1,0 <sup>f</sup>	32,0±5,0 <sup>n,o</sup>	5,0±2,0 <sup>b,c</sup>	64,0±3,0 <sup>s</sup>	30,0±2,0 <sup>m,n,o</sup>	8,3±0,3 <sup>c</sup>
<b>5. měsíc</b>	20,2±0,3 <sup>f,g,h</sup>	33,0±2,0 <sup>o</sup>	19,0±2,0 <sup>e,f</sup>	19,0±5,0 <sup>f,g</sup>	29,0±3,0 <sup>l,m,n</sup>	25,0±4,0 <sup>i,j,k</sup>

Hodnoty ve tabulce, které mají stejné písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ).

Tabulka č. 8 ukazuje závislost tvrdosti na teplotě skladování. Předpokladem bylo, že tvrdost bude s rostoucí teplotou klesat, protože se bude zvyšovat množství tekutého tuku ve výrobku [68, 70].

Jelikož byly hodnoceny možné dopady reálných skladovacích podmínek, nebyly vzorky před měřením temperovány všechny na stejnou teplotu, ale měřeny bezprostředně po odebrání ze skladované teplotě (6 °C, pokojová teplota, 33 °C). Byl potvrzen předpoklad, že se bude tvrdost snižovat s rostoucí teplotou skladování. Výrobky skladované při teplotě 6 °C měly průměrnou tvrdost 34,6 N, při pokojové teplotě 26,1 N a při 33 °C 9,1 N. Při nejvyšší

teplotě byla tvrdost nízká, avšak textura zůstala pevná, neroztékavá. Nicméně byla mírně lepkavá na povrchu.

Tabulka č. 8: Hodnoty tvrdosti vzorků v závislosti na teplotě skladování

Teplota skladování (°C)	Tvrdost (N)
6	34,6±15,8 <sup>c</sup>
25	26,1±6,1 <sup>b</sup>
33	9,1±7,7 <sup>a</sup>

Hodnoty ve tabulce, které mají stejné písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ).

Dle výsledků v tabulce č. 9 nelze prokázat, že by doba skladování měla dopad na výslednou tvrdost čokolády.

Tabulka č. 9: Hodnoty tvrdosti vzorků v závislosti na době skladování

Doba skladování (měsíce)	Tvrdost (N)
0	25,6±7,8 <sup>a</sup>
1	13,9±10,6 <sup>c</sup>
2	25,2±17,4 <sup>a</sup>
3	23,0±9,3 <sup>b</sup>
4	33,2±23,1 <sup>d</sup>
5	24,2±6,2 <sup>a,b</sup>

Hodnoty ve tabulce, které mají stejné písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ).

Tvrdost je ovlivněna také obsahem kakaového másla a také jeho modifikacemi. Čím vyšší obsah kakaové hmoty ve výrobku (a tím i kakaového másla, které je v kakaové hmotě obsaženo), tím je výrobek měkčí. Je to tím, že tuk snižuje interakce mezi částicemi a způsobuje tak měknutí. Obsah jednotlivých modifikací kakaového másla úzce souvisí se skladovacími podmínkami a délkou skladování. Je tedy možné konstatovat, že jejich obsah byl ve výrobcích odlišný. Nicméně jejich dopad na texturu není možné ohodnotit, protože jednotlivé modifikace kakaového másla nebyly měřeny [70, 76, 78, 79].

Dle výsledků v tabulce č. 10 je u vzorku s 45% obsahem kakaové hmoty tvrdost 23,4 N a u 55% obsahu kakaové hmoty 24,6 N.

Tabulka č. 10: Hodnoty tvrdosti vzorků v závislosti na obsahu kakaové sušiny

Obsah kakaové hmoty %	Tvrdost (N)
45	23,4±14,8 <sup>a</sup>
55	24,6±15,9 <sup>b</sup>

Hodnoty ve tabulce, které mají stejné písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ( $p \geq 0,05$ ).

Dále je třeba poznamenat, že významný vliv na tvrdost má obsah vody v čokoládě. Kdyby během výroby došlo ke zvýšení obsahu vody, výsledná tvrdost by se snížila. Je to dáno agregací částic cukru. Mezi nově vzniklými velkými částicemi je pak nižší interakce a tím pádem se snižuje výsledná tvrdost výrobku. Pro potvrzení tohoto faktu by bylo třeba vzorky před měřením vytemperovat na stejnou teplotu. Rozdílná skladovací teplota má totiž na tvrdost čokolády mnohem větší vliv [18, 68, 80, 81, 82].

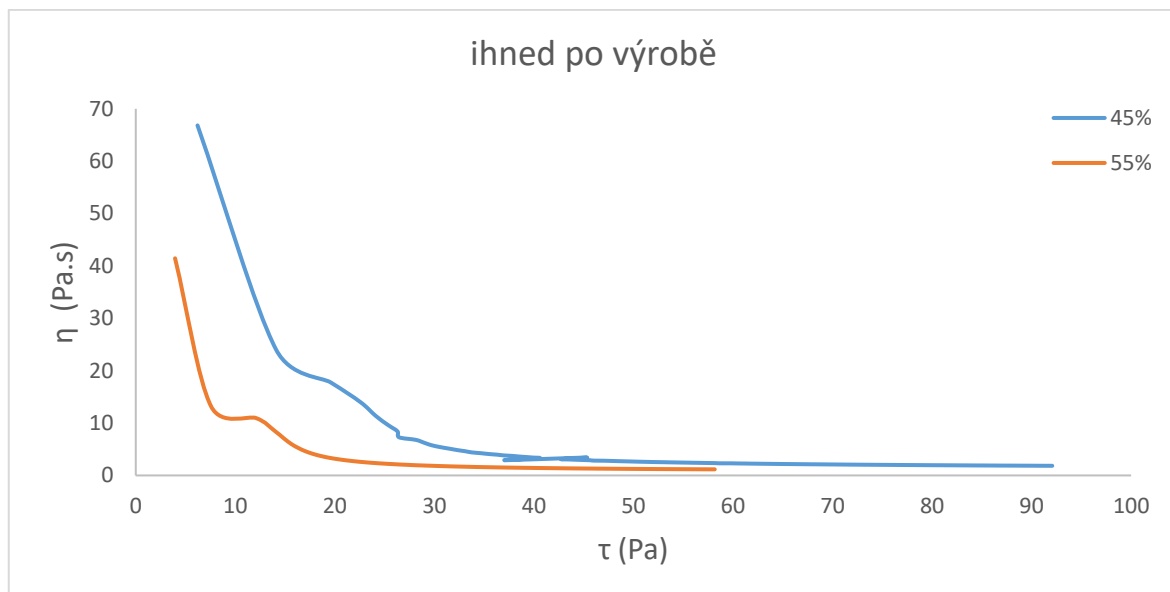
#### 7.4 Stanovení viskozity

Viskozita a mez toku jsou důležité reologické vlastnosti při technologii výroby čokolády a pro její výslednou kvalitu. Je důležitá při čerpání čokolády, při jejím míchání a vylévání do forem. Viskozita je dále důležitá pro sensorické vnímání konečného výrobku při konzumaci spotřebitelem [70, 77, 82].

Viskozita je definována jako odpor kapaliny vůči tečení (energie potřebná k udržení kapaliny v pohybu) a mez toku jako minimální množství energie, které je třeba k tomu, aby kapalina začala téct. Pro kapaliny jako je například voda nebo kakaové máslo je viskozita po celou dobu tečení stejná bez ohledu na smykovou rychlost. Tyto kapaliny se nazývají newtonské. Naprostá většina všech kapalin je ovšem neneutonských, což znamená, že viskozita se se smykovou rychlostí mění. Do této skupiny patří i čokoláda, která patří do podskupiny pseudoplastických kapalin. To znamená, že se její viskozita snižuje se zvyšováním smykové rychlosti [70, 77, 80, 82, 83].

Mezi faktory, které mohou ovlivnit viskozitu a mez toku patří: technologie zpracování, teplota roztavené čokolády (kdyby nebyla dostatečně zahřáta, nemusely by se roztavit všechny modifikace kakaového másla a viskozita i mez toku by se mohly zvyšovat), dále může ale viskozitu zvyšovat i zvyšování teploty jako takové. Ovlivňuje ji i teplota chladicí vody během procesu temperace. Čím nižší tato teplota je, tím vyšší je viskozita a mez toku čokolády. Bylo zjištěno, že ideální teplota k chlazení je 15-18 °C. Dále je prokázán vliv vlhkosti obsažené v čokoládě [71, 82, 83].

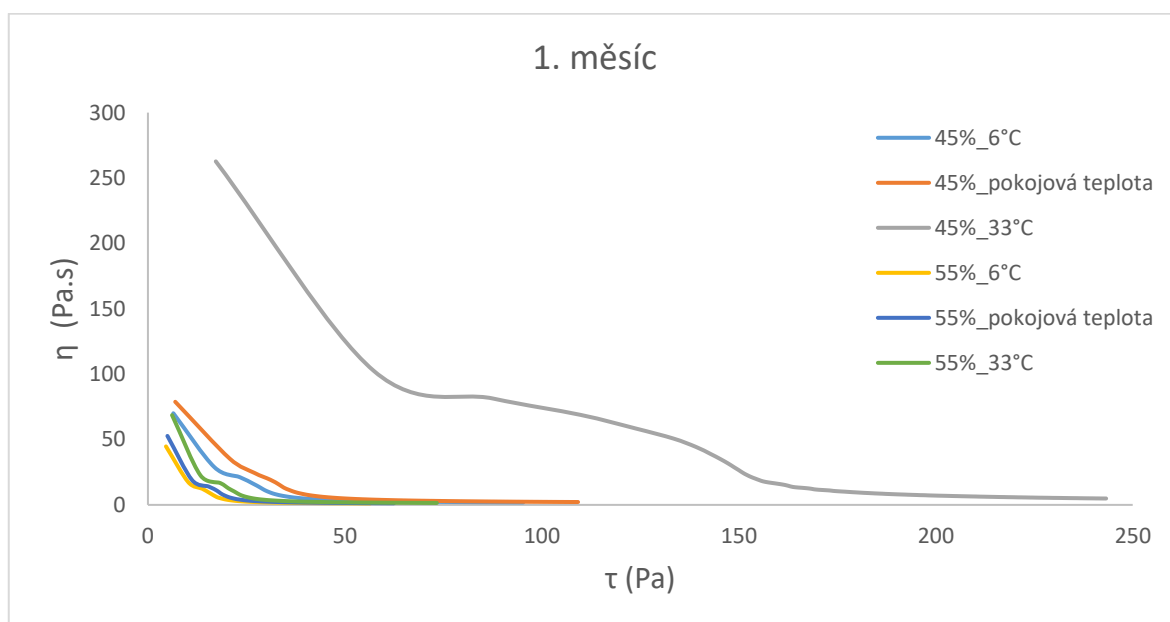
Dle obrázku č. 23-28 je vidět, že když je porovnána každá surovinová skladba zvlášť, má viskozita tendenci být nejvyšší u vzorků skladovaných při pokojové teplotě.



Obrázek č. 23: Graf závislost viskozity na smykovém napětí u obou vzorků čokolády ihned po výrobě

U vzorku s obsahem kakaové hmoty 45 %, skladovaném při 33 °C a měřeném 1 měsíc po výrobě (obrázek č. 24) došlo pravděpodobně k chybě při měření. Tento předpoklad vychází z faktu, že hodnoty pro tento vzorek v prvním měsíci jsou asi dvojnásobné bez zjevné příčiny. Tento vzorek tedy nelze adekvátně hodnotit.

Dalo by se předpokládat, že příčinou je, že vzorek při teplotě nedosáhl teploty 40 °C, a tak nebylo dostatečně rozpuštěno kakaové máslo [47].

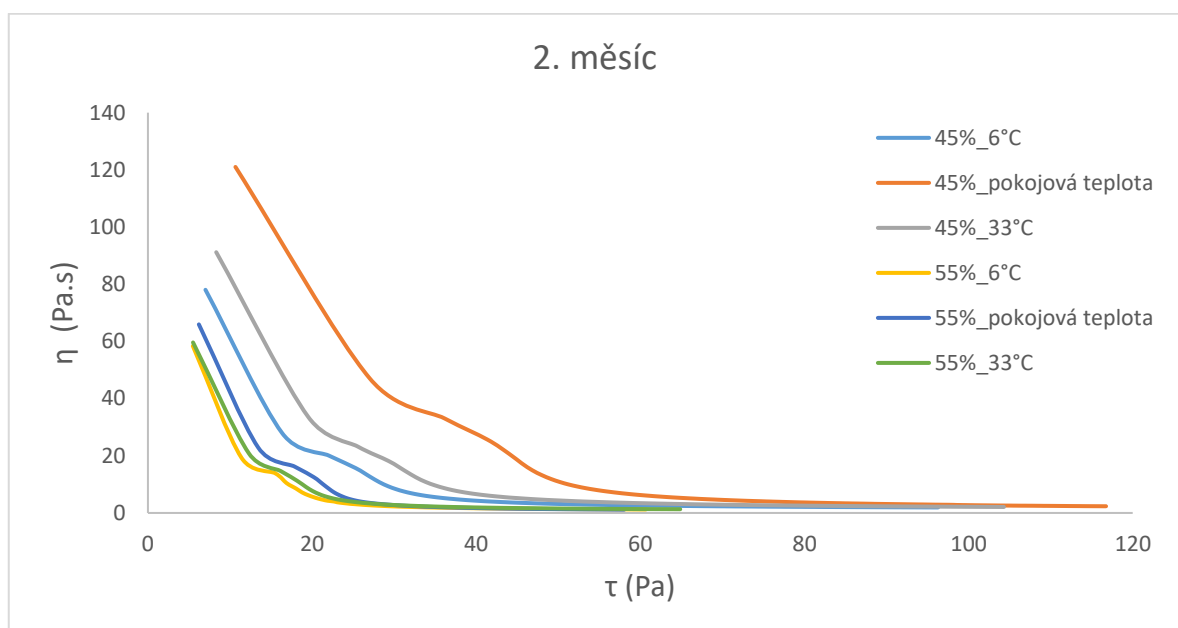


Obrázek č. 24: Graf závislost viskozity na smykovém napětí u všech vzorků čokolády po prvním měsíci skladování



Přídavek lecitinu do surovinové skladby dokáže dramaticky změnit reologické vlastnosti. Většinou se přidává do tohoto druhu výrobku v množství 0,1-0,3 %, maximálně však do 1 %. Jeho další účinek je, že dokáže zvýšit toleranci čokolády vůči vyššímu obsahu vlhkosti a zabránit tak jejímu negativnímu působení při výrobě a skladování. Princip účinku lecitinu v čokoládě je popsán v kapitole 1.4. Nicméně je třeba podotknout, že obecné pravidlo zní, že čím menší částice se v čokoládě nachází, tím větší množství lecitinu je třeba na jejich pokrytí, v důsledku zvětšující se plochy [3, 82, 84, 85].

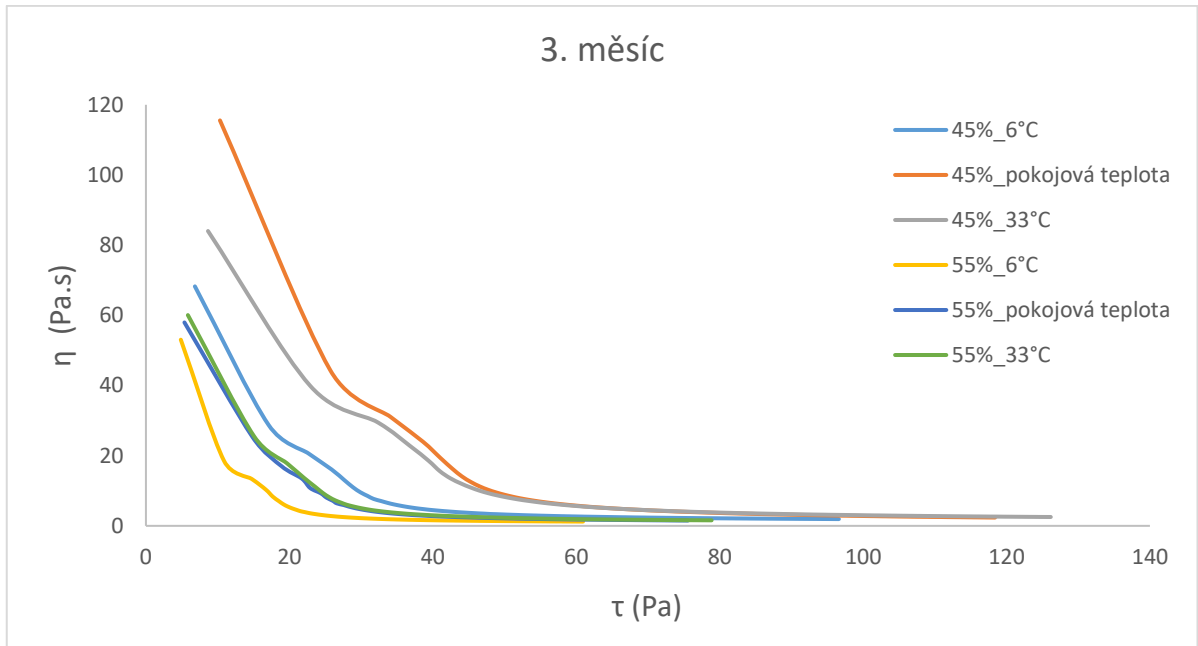
V tomto případě byl přídavek lecitinu do surovinových skladeb stejný, takže viskozita by se měla snižovat stejně u všech vzorků.



Obrázek č. 25: Graf závislosti viskozity na smykovém napětí u všech vzorků čokolády po druhém měsíci skladování

S rostoucím obsahem kakaového másla se viskozita a mez toku snižuje a příznivě tak ovlivňuje technologické procesy při výrobě. Je to způsobeno tím, že tuk usnadňuje proudění částic kolem sebe. Obaluje je a také vyplňuje mezery mezi nimi. Nicméně je třeba vždy najít kompromis mezi cenou konečného výrobku a obsahem kakaového másla, protože cena této suroviny je velmi vysoká. Konečný dopad přidaného tuku velmi ovlivňují další přidané suroviny a také množství tuku, který je již obsažen v použité kakaové hmotě [3, 34, 77, 78, 83, 85].

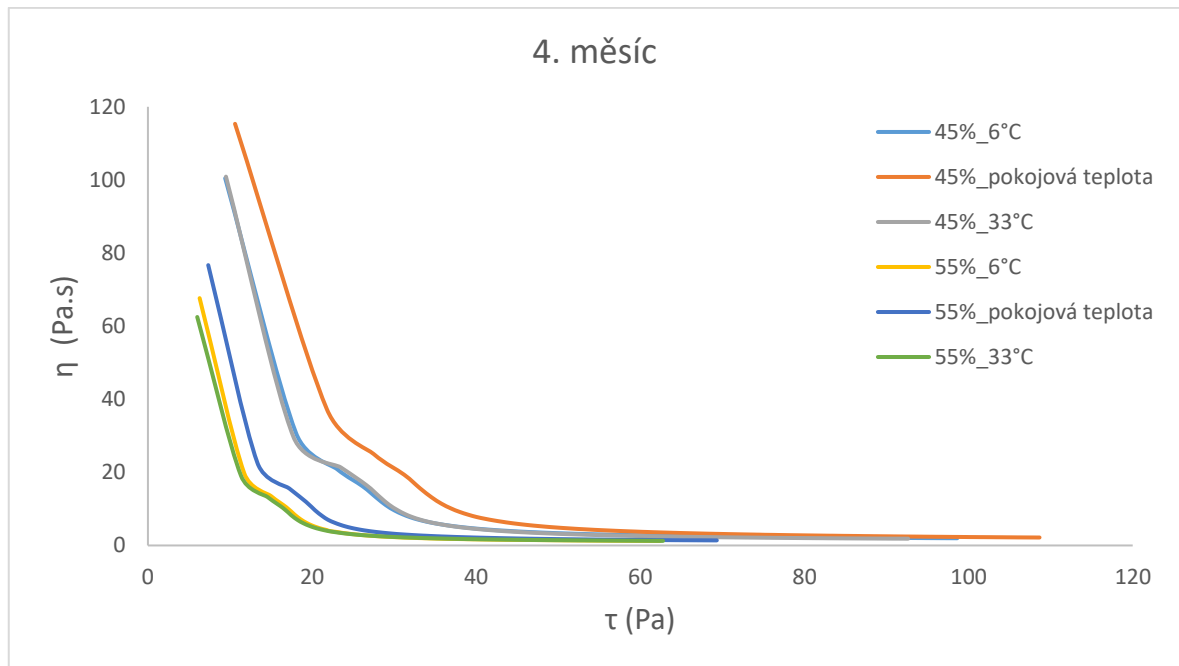
Jak můžeme vidět na obrázcích č. 23-28, kde je zobrazena závislost viskozity na smykové rychlosti, vliv kakaového másla se potvrdil a viskozita se skutečně snížila u vzorků obsahující 55 % kakaové hmoty (kde je větší obsah kakaového másla).



Obrázek č. 26: Graf závislosti viskozity na smykovém napětí u všech vzorků čokolády po třetím měsíci skladování

Velikost částic a jejich distribuce neovlivňuje pouze tvrdost, ale také reologické chování. Čím větší je totiž velikost částic, tím je jejich celkový povrch menší. Proto je mnohem více pravděpodobné, že obsah kakaového másla je dostatečný na obalení tohoto povrchu. Čím lépe jsou částice obaleny tukem, tím je tření mezi nimi menší a viskozita i mez toku se snižují. Pro ideální vlastnosti čokolády jak po sensorické stránce, tak i po stránce technologické, by měly být částice menší než 20  $\mu\text{m}$ . Tradičně mívá čokoláda určená pro evropský trh mezi 15-22  $\mu\text{m}$  [3, 39, 70, 77, 82, 85].

Jak již bylo zmíněno výše, v rámci této práce nebyla provedena analýza velikosti částic, a proto tento vliv nemohl být zhodnocen.

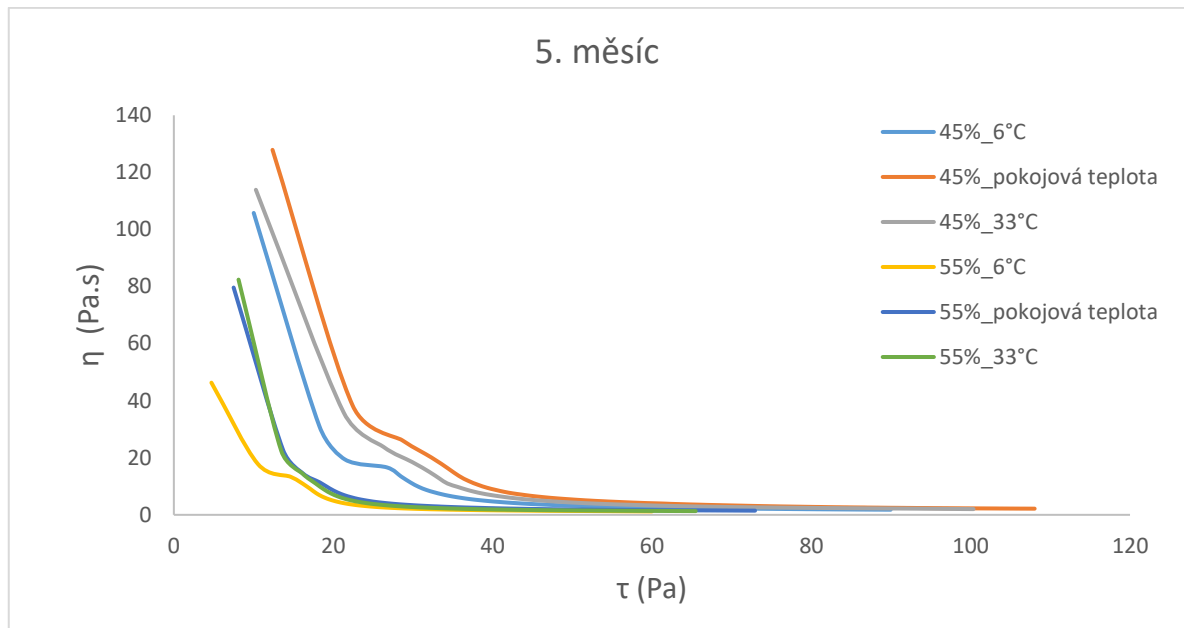


Obrázek č. 27: Graf závislosti viskozity na smykovém napětí u všech vzorků čokolády po čtvrtém měsíci skladování

Viskozitu a mez toku také ovlivňuje obsah sacharózy v důsledku interakce mezi jejími částicemi. Díky těmto interakcím se tedy se zvyšujícím obsahem sacharózy viskozita a mez toku zvyšují. Obě tyto hodnoty se ovšem zvyšují nejen s rostoucím obsahem sacharózy, ale se zvětšujícím se obsahem všech pevných frakcí ve hmotě [70, 77, 85, 86].

Obsah cukru byl u čokolády s 55% obsahem kakaové hmoty menší a jeho obsah nahradilo adekvátní množství kakaové hmoty. Kakaová hmota ovšem na rozdíl od sacharózy obsahuje kromě pevných frakcí i část tekutých (kakaové máslo). Vezmeme-li tedy v potaz obsah pevných frakcí celkově, viskozita se sníží, což se dle obrázků č. 23-28 skutečně potvrdilo.

Vliv doby skladování na reologické vlastnosti nebyl prokázán. Jediný trend, který je možno na obrázcích č. 23-28 zaznamenat je ten, že nejnižší viskozitu měla čokoláda ihned po výrobě.



Obrázek č. 28: Graf závislost viskozity na smykovém napětí u všech vzorků čokolády po pátém měsíci skladování

Doplňující grafy pro porovnání vlivu doby skladování u jednotlivých vzorků jsou v příloze P V.

## 7.5 Stanovení vad

Po vizuální stránce jsou barva a lesk čokolády dvě zásadní vlastnosti. Kvalitní výrobek by měl mít lesklý povrch a světle až tmavě hnědou barvu. Barvu ovlivňuje především typ použitých surovin, velikost částic a teplota. Lesk ovlivňuje teplota, chlazení, doba a způsob skladování. Změny v těchto dvou vlastnostech mohou znamenat zhoršenou kvalitu výrobku a mohou být indikátory začátku vývoje výkvětů, pro který je pak typickým identifikačním znakem zešednutí povrchu. Vyšší teploty zhoršují počáteční fáze (lesk a barvu) a urychlují další vývoj vad [18, 83, 87].

Na tukový výkvět má tedy vliv především špatná teplota, rekrystalizace tuků během skladování, špatný teplotní režim chlazení nebo kolísání teploty během skladování. Na cukerný výkvět mají vliv hlavně nevhodné podmínky při chlazení nebo při skladování. Nežádoucí jsou v tomto případě rychlé přechody z vyšších teplot do nižších a vysoká relativní vlhkost vzduchu. V důsledku toho dojde k rozpuštění sacharózy a její zpětné krystalizaci na povrchu [18, 61, 63, 72].

Krystalizační procesy v netemperovaných nebo špatně temperovaných čokoládách vedou ke vzniku nestabilní formy IV, která se následně mění na formu V. Během skladování se pak tato forma mění na stabilnější formu VI, která je spojena s tukovým výkvětem. VI forma je navíc spojována s velkými a hrubými krystalky, které drhnou na jazyku a jsou nepříjemné po sensorické stránce. Při nedostatečné temperaci se vady začnou projevovat i při vhodné teplotě skladování, nicméně s rostoucí teplotou se tyto změny urychlují [26, 76, 83].

Z obrázků č.29-32 můžeme usoudit, že během procesu pravděpodobně došlo ke špatné temperaci, jelikož vady se projeví u všech vzorků. Nejméně rozvinuté byly vady u čokolády skladované při 6 °C, což je pravděpodobně způsobeno pomalejší přeměnou modifikace IV na modifikaci VI.

Jako jistá prevence vzniku výkvětů slouží přídavek emulgátorů, které zpomalují krystalizaci a znemožňují přechod formy V na formu VI [22, 88].

Ve správně temperované čokoládě je vznikající forma V žádaná, avšak při skladování vzniká forma V s neuspořádanou krystalickou strukturou. Dopadající světlo se pak láme takovým způsobem, který způsobuje žluto-hnědé zbarvení výrobku [47].

Na obrázku č. 29-32 si lze všimnout barevných změn u vzorků skladovaných při pokojové teplotě a při teplotě 33 °C. To je pravděpodobně způsobeno vzniklou modifikací V.

Aby se předešlo vzniku výkvětů, mělo by chlazení probíhat pozvolna za teplot 10-15 °C. Tím dojde ke správnému vývoji modifikací kakaového másla a předejde se následnému rozpouštění sacharózy. Vývoj správné modifikace kakaového másla je důležitý nejen pro zabránění tukovým výkvětům, ale také pro správnou objemovou redukci, která je nezbytná pro snadné vyklepnutí produktů z forem [53].

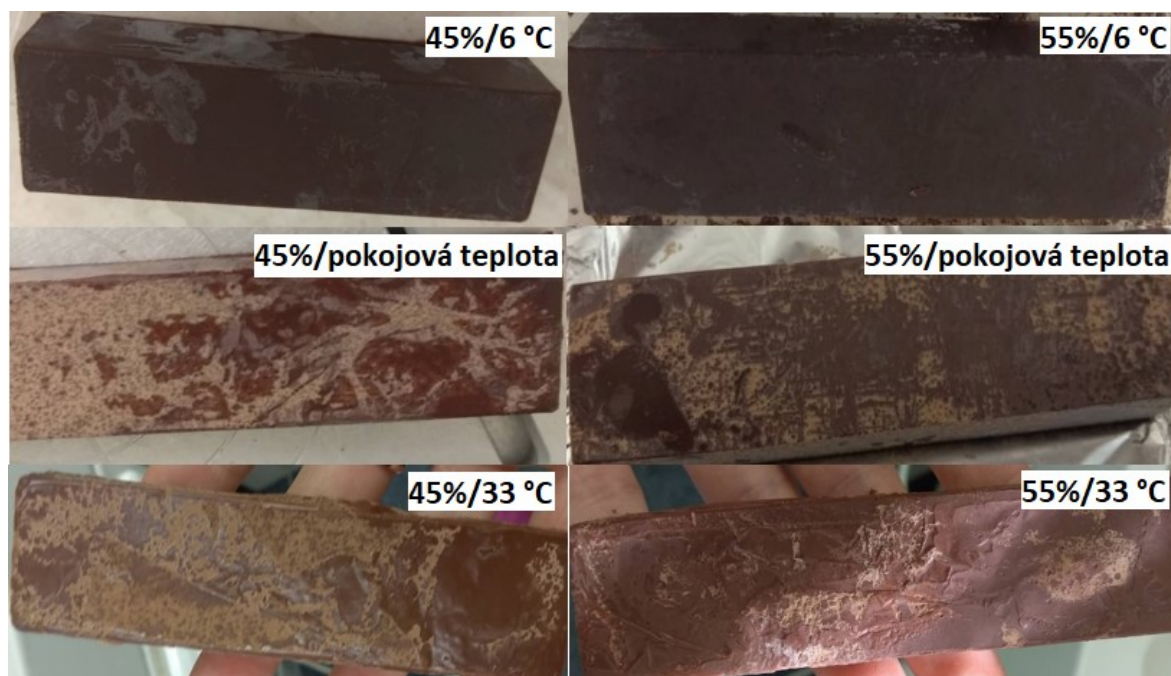
Lze odhadnout, že u vzorků skladovaných při teplotě 6 °C (obrázek č. 29-32) se pravděpodobně vyskytuje kromě tukového také cukerný výkvět, protože při každoměsíčním měření byly opakovaně vyjímány z chladicího zařízení a následně tam opětovně vraceny. Tímto došlo k teplotním výkyvům. To je jednak jednou z příčin vzniku tukového výkvětu, ale mohlo to způsobit i orosení vzorků a následný cukerný výkvět [18, 87].

Je patrné, že čím déle byly vzorky skladovány, tím výraznější vady se na nich vyskytovaly (obrázek č. 29-32). Nejvíce jsou vady znatelné u výrobků skladovaných při pokojové teplotě. Výkvěty by sice měly rychleji vznikat a měly by být výrazněji pozorovatelné s rostoucí teplotou, ale jsou zde dva možné důvody, proč tomu tak není.

První je ten, že teplota skladování 33 °C je již v rozmezí, ve kterém se rozpouští i nejvíce stabilní modifikace kakaového másla VI (obr. č. 9). Při této teplotě pravděpodobně většina kakaového másla vůbec neztuhla, a tak se ani nemohl vytvořit příliš výrazný tukový výkvět. Druhým důvodem je, že při skladování při pokojové teplotě nebyla místnost temperována, a proto docházelo k velmi výrazným teplotním výkyvům, což mělo za následek tukový výkvět [47, 87].

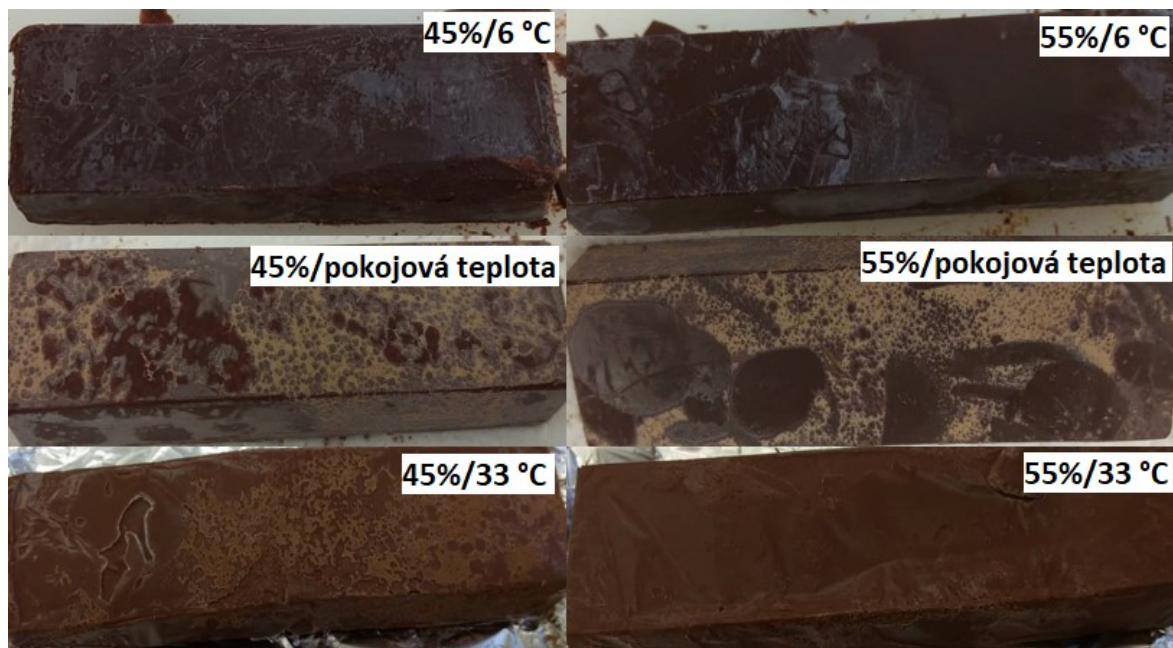
Při dlouhodobém skladování dochází k výkvětům i u správně temperované čokolády. Podobný dopad má také nesprávné skladování při vysokých teplotách. Při vysoké teplotě migrují frakce kakaového másla s nižším bodem tání na povrch ve větším množství a rychleji. Při skladování čokolády za správné teploty (kolem 20 °C a nižší) k tomuto jevu nedochází [87].

Je nutno poznamenat, že v této práci byly zhodnoceny vady, respektive vizuální změny jako takové. Nebylo konkrétně zkoumáno, o jakou vadu se jedná. K tomu by bylo třeba doplnit další podrobné analýzy. Rozdíl mezi tukovým s cukerným výkvětem by bylo možné zjistit mikroskopicky. Další používaná metoda je zahřátí čokolády na 35 °C s tím, že tukový výkvět se při této teplotě rozpouští a cukerný výkvět zůstává na povrchu čokolády [18].

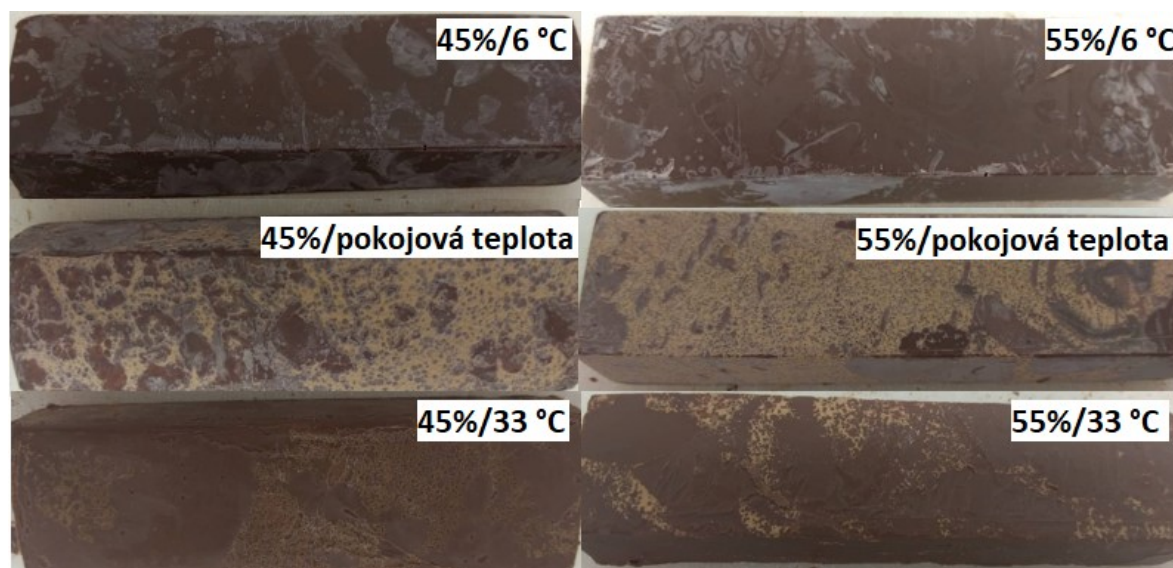


Obrázek č. 29: Vzorčky čokolády po 2. měsíci skladování

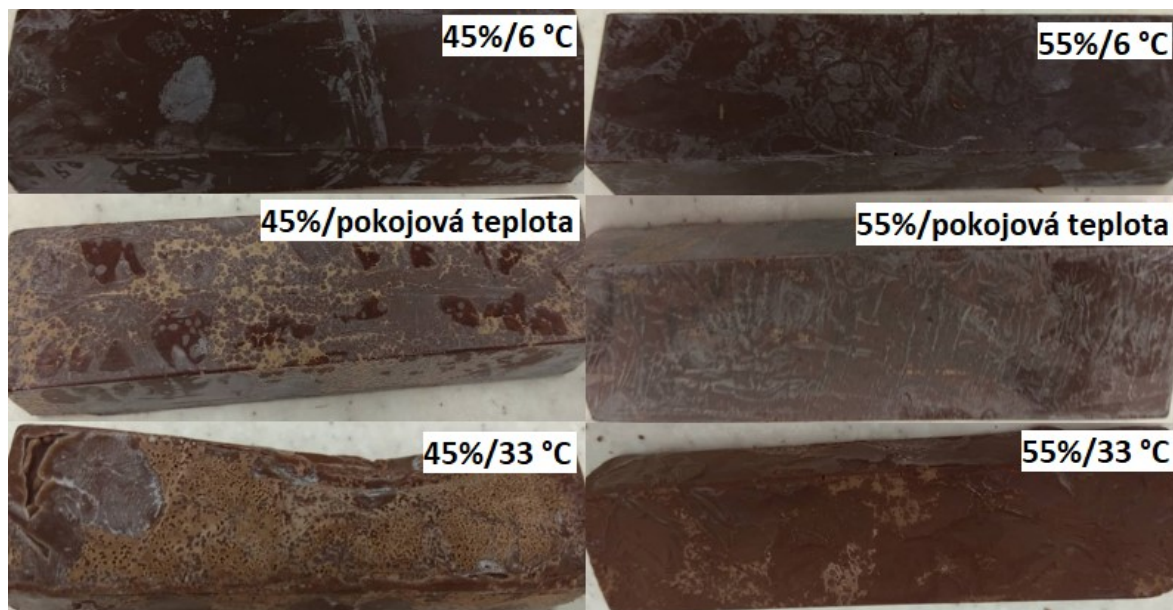




Obrázek č. 30: Vzorky čokolády po 3. měsíci skladování



Obrázek č. 31: Vzorky čokolády po 4. měsíci skladování



Obrázek č. 32: Vzorky čokolády po 5. měsíci skladování



## ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo vyrobit hořkou čokoládu s různou surovinovou skladbou a zaměřit se na to, jaký má vliv rozdílné složení a odlišná skladovací teplota na reologické a texturní vlastnosti a na pH výrobku. Dále bylo zkoumáno, zda se u vzorků objeví v průběhu skladování nějaké vady. Vzorky byly vyrobeny v poloprovozu. Surovinová skladba obsahovala kakaovou hmotu a sacharózu, jejichž obsah se lišil v rámci dvou surovinových skladeb, a dále lecitin a kakaové máslo. Vzorky byly rozděleny do třech skladovacích režimů (6 °C, pokojová teplota a 33 °C) a pravidelně každý měsíc podrobeny analýze (reologické vlastnosti, tvrdost, pH). První vzorky byly měřeny ihned po výrobě a poslední vzorky 5 měsíců po výrobě. Sušina byla měřena pro porovnání na začátku a na konci skladování a vady výrobků byly sledovány od druhého měsíce skladování.

Bylo zjištěno, že nejvhodnější teplota skladování pro čokoládu je 6 °C. Pokud by ale byla čokoláda bezchybně temperována, dalo by se předpokládat, že by byla stabilní i za pokojové teploty. Je zde ovšem třeba dodržet pokud možno stabilní teplotu, bez výrazných výkyvů, což by mohl být při pokojové teplotě problém. Nejvýznamnější změny byly ovšem zaznamenány vlivem surovinové skladby, kde největší roli hrál obsah kakaové hmoty, respektive kakaového másla, které je ve hmotě obsažené. Dá se tedy usuzovat, že to je nejvýznamnější faktor při výrobě čokolády, který má vliv nejen na výslednou kvalitu, ale i na senzorické vnímání spotřebitele.

Pro další doplnění práce by bylo vhodné udělat analýzu velikostí částic, obsah jednotlivých modifikací kakaového másla, analýzu mikroskopické struktury pro rozlišení tukového a cukerného výkvětu a senzorické hodnocení.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BECKETT, S. T., 2009. *Industrial chocolate manufacture and use*. 4th ed. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell. ISBN 1405139498.
- [2] ALBERTS, Heike C.; CIDELL, Julie L. Chocolate Consumption Manufacturing and Quality in Western Europe the United States. *Geography*, 2006, 218-226.
- [3] AFOAKWA, Emmanuel Ohene, Alistair PATERSON a Mark FOWLER. Factors influencing rheological and textural qualities in chocolate – a review. *Trends in Food Science & Technology* [online]. 2007, **18**(6), 290-298 [cit. 2019-04-14]. DOI: 10.1016/j.tifs.2007.02.002. ISSN 09242244. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0924224407000489>
- [4] RECANATI, Francesca, Davide MARVEGGIO a Giovanni DOTELLI. From beans to bar: A life cycle assessment towards sustainable chocolate supply chain. *Science of The Total Environment* [online]. 2018, **613-614**, 1013-1023 [cit. 2019-04-14]. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.09.187. ISSN 00489697. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969717325378>
- [5] GUTIÉRREZ, Tomy J. State-of-the-Art Chocolate Manufacture: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* [online]. 2017, **16**(6), 1313-1344 [cit. 2019-04-29]. DOI: 10.1111/1541-4337.12301. ISSN 15414337. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/1541-4337.12301>
- [6] Sweetest way to be good with nature - to have your own cacao tree! (online). [cit. 27.3. 2019]. Dostupné z: <http://www.treeowners.club/cacao-trees.html>
- [7] ENGESETH, Nicki J a Marlon Fernando AC PANGAN. Current context on chocolate flavor development — a review. *Current Opinion in Food Science* [online]. 2018, **21**, 84-91 [cit. 2019-04-14]. DOI: 10.1016/j.cofs.2018.07.002. ISSN 22147993. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S221479931730231X>
- [8] INSPIRATION BEHIND OUR NEW COLLECTION ‘THE COCOA POD’ (online). [cit. 24.3.2019]. Dostupné z: <http://juvidesigns.com/blog/index.php/2016/01/25/inspiration-behind-our-new-collection-the-cocoa-pod/>

- [9] Seeing cacao at the source (online). [cit. 12.4. 2019]. Dostupné z: <https://www.candyindustry.com/blogs/14-candy-industry-blog/post/88171-seeing-cacao-at-the-source>
- [10] To me chocolate is my favorite food (online). [cit. 10.4. 2019]. Dostupné z: <http://co-coaskiss.blogspot.com/2016/11/how-does-fermentation-process-work-on.html>
- [11] ČOPÍKOVÁ, Jana, 1999. *Technologie čokolády a cukrovinek*. Praha: VŠCHT. ISBN 80-7080-365-7.
- [12] Has Mars found a way around cocoa bean fermentation? (online). [cit. 10.4. 2019]. Dostupné z: <https://www.confectionerynews.com/Article/2014/09/11/Mars-patent-for-processing-unfermented-cocoa-beans>
- [13] MINIFIE, Bernard W. *Chocolate, Cocoa and Confectionery: Science and Technology* [online]. Dordrecht: Springer Netherlands, 1989 [cit. 2019-04-28]. DOI: 10.1007/978-94-011-7924-9. ISBN 978-94-011-7926-3.
- [14] TAN, Juzhong a Balu M. BALASUBRAMANIAN. Particle size measurements and scanning electron microscopy (SEM) of cocoa particles refined/conched by conical and cylindrical roller stone melangers. *Journal of Food Engineering* [online]. 2017, **212**, 146-153 [cit. 2019-04-28]. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2017.05.033. ISSN 02608774. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0260877417302455>
- [15] Cocoa beans drying, Ghana (online). [cit. 13.4. 2019]. Dostupné z: <https://www.alamy.com/stock-photo-cocoa-beans-drying-ghana-13640983.html>
- [16] From cacao tree to bean: the beginning of fermentation. "And then the day came when the risk to remain tight in a bud was greater than the risk it took to bloom". Anais Nin (online). [cit. 13.4. 2019]. Dostupné z: <https://ontheco-coatrail.com/2012/06/20/from-tree-to-bean-the-beginning-of-fermentation/>
- [17] BELITZ, Hans-Dieter, Werner GROSCHE a Peter SCHIEBERLE, c2009. *Food chemistry*. 4th, rev. and extended ed. Berlin: Springer. ISBN 978-3-540-69933-0.
- [18] AFOAKWA, Emmanuel Ohene, 2016. *Chocolate science and technology*. Second edition. Chichester, West Sussex, United Kingdom: Wiley Blackwell. ISBN 9781118913789.

- [19] COULTATE, T. P.: Food- the Chemistry of Its Components. 2. vyd. Cambridge: The Royal Society of Chemistry, 1989. 325 s. ISBN 0-85186-433-3.
- [20] FRYER, Peter a Kerstin PINSCHOWER. The Materials Science of Chocolate. *MRS Bulletin* [online]. 2000, **25**(12), 25-29 [cit. 2019-04-28]. DOI: 10.1557/mrs2000.250. ISSN 0883-7694. Dostupné z: [http://www.journals.cambridge.org/abstract\\_S0883769400028165](http://www.journals.cambridge.org/abstract_S0883769400028165)
- [21] BECKETT, S.T. CHOCOLATE: Milk Chocolate. In: Formerly Nestlé Product Technology Centre York 2011 [online]. [cit. 24.4.2019]. Dostupné z: <https://kundoc.com/pdf-chocolate-milk-chocolate-.html>
- [22] BAHARI, Adiguna a Casimir C. AKOH. Texture, rheology and fat bloom study of 'chocolates' made from cocoa butter equivalent synthesized from illipe butter and palm mid-fraction. *LWT* [online]. 2018, **97**, 349-354 [cit. 2019-04-14]. DOI: 10.1016/j.lwt.2018.07.013. ISSN 00236438. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0023643818305966>
- [23] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/36/ES ze dne 23. června 2000 o kakaových a čokoládových výrobcích určených k lidské spotřebě. In: EUR-Lex [právní informační systém]. Úřad pro publikace Evropské unie [cit. 27. 4. 2019]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX:32000L0036>
- [24] Organic Cacao Butter - Natural Pure Prime Pressed (online). [cit. 10.4. 2019]. Dostupné z: <http://www.cocoasupply.com/organic-cacao-butter-natural-pure-prime-pressed/>
- [25] SVANBERG, L. et al., 2013. Impact of pre-crystallization process on structure and product properties in dark chocolate. *Journal of Food Engineering* [online]. **114**(1), 90-98 [cit. 2019-04-12]. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2012.06.016. ISSN 02608774. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0260877412003123>
- [26] KADLEC, Pavel, Karel MELZOCH a Michal VOLDŘICH. *Co byste měli vědět o výrobě potravin?: technologie potravin*. Ostrava: Key Publishing, 2009. Monografie (Key Publishing). ISBN 978-80-7418-051-4.
- [27] SCHANTZ, Birgit a Harald ROHM, 2005. Influence of lecithin-PGPR blends on the rheological properties of chocolate. *LWT - Food Science and Technology* [online]. **38**(1), 41-45 [cit. 2019-04-12]. DOI: 10.1016/j.lwt.2004.03.014. ISSN

00236438. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S002364380400115X>
- [28] DHONSI, D. a A.G.F. STAPLEY, 2006. The effect of shear rate, temperature, sugar and emulsifier on the tempering of cocoa butter. *Journal of Food Engineering* [online]. 77(4), 936-942 [cit. 2019-04-12]. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2005.08.022. ISSN 02608774. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S026087740500573X>
- [29] STAUFFER, Marlene. Chocolate Processing Overview. In: The Manufacturing Confectioner 1996: Blommer Chocolate Company [online]. [cit. 27.4.2019]. Dostupné z: [http://www.blommer.com/\\_documents/chocolate-processing-overview.pdf](http://www.blommer.com/_documents/chocolate-processing-overview.pdf)
- [30] ČESKO. Vyhláška č. 76 ze dne 6. března 2003, kterou se stanoví požadavky pro přírodní sladidla, med, cukrovinky, kakaový prášek a směsi kakaa s cukrem, čokoládu a čokoládové bonbony. [cit. 27. 4. 2019]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2003-76>
- [31] Cooking with cocoa nibs (online). [cit. 10.4. 2019]. Dostupné z: <https://www.sheknows.com/food-and-recipes/articles/952169/cooking-with-cocoa-nibs/>
- [32] Ruling the Roast: Chocolate Craftsmanship (online). [cit. 10.4. 2019]. Dostupné z: <https://www.ice.edu/blog/ruling-roast-chocolate-craftsmanship>
- [33] BECKETT, S. T., c2008. *The science of chocolate*. 2nd ed. Cambridge, UK: RSC Publishing. ISBN 0854049703.
- [34] ARDAKANI, Hesam Anvari, Evan MITSOULIS a Savvas G. HATZIKIRIAKOS. Capillary flow of milk chocolate. *Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics* [online]. 2014, 210, 56-65 [cit. 2019-04-14]. DOI: 10.1016/j.jnnfm.2014.06.001. ISSN 03770257. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0377025714000901>
- [35] Sesame seed press, Flaxseed press, Cacao butter press, oil press (online). [cit. 10.4. 2019]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=6Kkaclh7bf0>
- [36] GLICERINA, Virginia et al., 2014. The Influence of Different Processing Stages on Particle Size, Microstructure, and Appearance of Dark Chocolate. *Journal of Food Science* [online]. 79(7), E1359-E1365 [cit. 2019-04-28]. DOI: 10.1111/1750-3841.12508. ISSN 00221147. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/1750-3841.12508>

- [37] BORDIN SCHUMACHER, Andrea, Adriano BRANDELLI, Erwino Wulf SCHUMACHER, Fernanda CARRION MACEDO, Luiza PIETA, Tâmmila VENZKE KLUG a Erna VOGT DE JONG. Development and evaluation of a laboratory scale conch for chocolate production. *International Journal of Food Science & Technology* [online]. 2009, **44**(3), 616-622 [cit. 2019-04-14]. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2008.01877.x. ISSN 09505423. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2621.2008.01877.x>
- [38] Chocolate refining cylinder with 5 rolls Hermann (online). [cit. 10.4. 2019]. Dostupné z: [https://en.maquinaindustrial.com.br/used-machinery/?e=Chocolate+refining+cylinder+with+5+rolls+Hermann\\_525-537](https://en.maquinaindustrial.com.br/used-machinery/?e=Chocolate+refining+cylinder+with+5+rolls+Hermann_525-537)
- [39] AIDOO, Roger P., Nathalie De CLERCQ, Emmanuel O. AFOAKWA a Koen DEWETTINCK. Optimisation of processing conditions and rheological properties using stephan mixer as conche in small-scale chocolate processing. *International Journal of Food Science & Technology* [online]. 2014, **49**(3), 740-746 [cit. 2019-04-14]. DOI: 10.1111/ijfs.12360. ISSN 09505423. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/ijfs.12360>
- [40] Chocolate alchemy (online). [cit. 4.4. 2019]. Dostupné z: <http://chocolatealchemy.com/conching-and-refining>
- [41] The perfect line for Bean-to-Bar chocolate! (online). [cit. 10.4. 2019]. Dostupné z: <http://www.nemisto.com/>
- [42] ZARIC, Danica, Biljana PAJIN, Ivana LONCAREVIC, Dragana SORONJA-SIMOVIC a Zita SERES. The impact of the manufacturing process on the hardness and sensory properties of milk chocolate. *Acta periodica technologica* [online]. 2012, (43), 139-148 [cit. 2019-04-28]. DOI: 10.2298/APT1243139Z. ISSN 1450-7188. Dostupné z: <http://www.doiserbia.nb.rs/Article.aspx?ID=1450-71881243139Z>
- [43] ROHM, Harald, Birgit BÖHME a Jakob SKORKA. The impact of grinding intensity on particle properties and rheology of dark chocolate. *LWT* [online]. 2018, **92**, 564-568 [cit. 2019-04-14]. DOI: 10.1016/j.lwt.2018.03.006. ISSN 00236438. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0023643818302214>
- [44] Refining and the Ball Mill Method (online). [cit. 10.4. 2019]. Dostupné z: <https://domori.com/low-impact-process>

- [45] SILVA, Thais Lomonaco Teodoro da, Renato GRIMALDI a Lireny Aparecida Guaraldo GONÇALVES, 2017. Temperature, time and fat composition effect on fat bloom formation in dark chocolate. *Food Structure* [online]. **14**, 68-75 [cit. 2019-04-12]. DOI: 10.1016/j.foostr.2017.06.006. ISSN 22133291. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2213329116300776>
- [46] DEBASTE, F. et al., 2008. Contribution to the modelling of chocolate tempering process. *Journal of Food Engineering* [online]. **88**(4), 568-575 [cit. 2019-04-12]. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2008.03.019. ISSN 02608774. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0260877408001477>
- [47] ZHAO, Huanhuan a Bryony J. JAMES. Fat bloom formation on model chocolate stored under steady and cycling temperatures. *Journal of Food Engineering* [online]. 2019, **249**, 9-14 [cit. 2019-04-14]. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2018.12.008. ISSN 02608774. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0260877418305272>
- [48] TOP 6 TEMPERING CHOCOLATE METHODS EVERYONE SHOULD KNOW (online). [cit. 10.4. 2019]. Dostupné z: <https://www.bakerykart.com/baking-world-blog/blog-detail/tutorials/top-6-tempering-chocolate-methods-everyone-should-know>
- [49] Tempering Chocolate (online). [cit. 10.4. 2019]. Dostupné z: <http://scibosnian.com/recipe/tempering-chocolate/>
- [50] TEMPERING AND MOLDING (online). [cit. 10.4. 2019]. Dostupné z: <https://www.grenadachocolate.com/tour/tempering-and-molding/>
- [51] ABDUL HALIM, Halimatun Sa'adiah et al., 2018. Sensory preference and bloom stability of chocolate containing cocoa butter substitute from coconut oil. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences* [online]. [cit. 2019-04-28]. DOI: 10.1016/j.jssas.2018.02.005. ISSN 1658077X. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1658077X17303387>
- [52] LE RÉVÉREND, B.J.D., I. SMART, P.J. FRYER a S. BAKALIS. Modelling the rapid cooling and casting of chocolate to predict phase behaviour. *Chemical Engineering Science* [online]. 2011, **66**(6), 1077-1086 [cit. 2019-04-14]. DOI:

- 10.1016/j.ces.2010.12.007. ISSN 00092509. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S000925091000720>
- [53] KEIJBETS, Esther L., Jianshe CHEN a Joselio VIEIRA. Chocolate demoulding and effects of processing conditions. *Journal of Food Engineering* [online]. 2010, **98**(1), 133-140 [cit. 2019-04-14]. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2009.12.019. ISSN 02608774. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0260877409006128>
- [54] MINICONBAR (online). [cit. 10.4. 2019]. Dostupné z: <http://www.sollichna.com/products/product-lines-by-sollich/bar-manufacturing/miniconbar>
- [55] Lake champlain chocolates (online). [cit. 7.3. 2019]. Dostupné z: <https://www.lakechamplainchocolates.com/how-to-store-chocolate>
- [56] How to store chocolate products (online). [cit. 7.3. 2019]. Dostupné z: <https://www.callebaut.com/cs-CZ/video-s-cokoladou/technika/jak-skladovat>
- [57] Jak skladovat (online). [cit. 7.3. 2019]. Dostupné z: <http://www.passionchocolate.cz/cs/jak-skladovat>
- [58] ČOPIKOVÁ, Jana. *Jak poznáme kvalitu? ČOKOLÁDA, KAKAO A VÝROBKY Z NICH.* [online]. Praha: Sdružení českých spotřebitelů, 2015. [cit. 7.3.2019]. Dostupné z: <https://www.konzument.cz/users/publications/4-publikace/164-cokolada-kakao-a-vyrobky-z-nich.pdf>
- [59] NIGHTINGALE, Lia M., Keith R. CADWALLADER a Nicki J. ENGESETH. Changes in Dark Chocolate Volatiles during Storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. 2012, **60**(18), 4500-4507 [cit. 2019-04-14]. DOI: 10.1021/jf204718z. ISSN 0021-8561. Dostupné z: <http://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf204718z>
- [60] Nestlé-sponsored research provides answers on chocolate fat bloom (online). [cit. 10.4. 2019]. Dostupné z: <https://www.confectionerynews.com/Article/2015/05/21/Chocolate-fat-bloom-causes-identified-Nestle-backed-study>
- [61] BRIONES, Vilbett, Christopher A. BROWN a José M. AGUILERA. Scale-sensitive Fractal Analysis of the Surface Roughness of Bloomed Chocolate. *JAOCS, Journal of the American Oil Chemists' Society* [online]. 2006, vol. 83, no. 3, s. 193-199. ISSN 0003021X.



- [62] PEDRESCHI, Franco, Jose AGUILERA a Christopher BROWN. CHARACTERIZATION OF THE SURFACE PROPERTIES OF CHOCOLATE USING SCALE-SENSITIVE FRACTAL ANALYSIS. *International Journal of Food Properties* [online]. 2002, **5**(3), 523-535 [cit. 2019-04-28]. DOI: 10.1081/JFP-120015489. ISSN 1094-2912. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1081/JFP-120015489>
- [63] KINTA, Yasuyoshi a Richard W. HARTEL. Bloom Formation on Poorly-Tempered Chocolate and Effects of Seed Addition. *Journal of the American Oil Chemists' Society* [online]. 2010, **87**(1), 19-27 [cit. 2019-04-14]. DOI: 10.1007/s11746-009-1473-5. ISSN 0003-021X. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1007/s11746-009-1473-5>
- [64] SVANBERG, Lina, Lilia AHRNÉ, Niklas LORÉN a Erich WINDHAB. Effect of Pre-Crystallization Process and Solid Particle Addition on Cocoa Butter Crystallization and Resulting Microstructure in Chocolate Model Systems. *Procedia Food Science* [online]. 2011, **1**, 1910-1917 [cit. 2019-04-14]. DOI: 10.1016/j.profoo.2011.09.281. ISSN 2211601X. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2211601X11002823>
- [65] SVANBERG, L., L. AHRNÉ, N. LORÉN a E. WINDHAB. Effect of sugar, cocoa particles and lecithin on cocoa butter crystallisation in seeded and non-seeded chocolate model systems. *Journal of Food Engineering* [online]. 2011, **104**(1), 70-80 [cit. 2019-04-14]. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2010.09.023. ISSN 02608774. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0260877410005777>
- [66] TEMPERING AND MOLDING (online). [cit. 4.4. 2019]. Dostupné z: <http://chocolatealchemy.com/how-to-make-chocolate-the-complete-text-guide#tempering-and-molding>
- [67] ČSN 56 0146-3. Metody zkoušení cukrovinkářských výrobků a trvanlivého pečiva - Stanovení vlhkosti. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1985. Třídící znak (560146).
- [68] LILLAH, Ali ASGHAR, Imran PASHA, Ghulam MURTAZA a Maratab ALI. Improving heat stability along with quality of compound dark chocolate by adding optimized cocoa butter substitute (hydrogenated palm kernel stearin)

- emulsion. *LWT* [online]. 2017, **80**, 531-536 [cit. 2019-04-14]. DOI: 10.1016/j.lwt.2017.02.042. ISSN 00236438. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0023643817301433>
- [69] AFOAKWA, Emmanuel Ohene, Alistair PATERSON, Mark FOWLER a Joselio VIEIRA. Fat bloom development and structure-appearance relationships during storage of under-tempered dark chocolates. *Journal of Food Engineering* [online]. 2009, **91**(4), 571-581 [cit. 2019-04-14]. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2008.10.011. ISSN 02608774. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0260877408004998>
- [70] AFOAKWA, Emmanuel Ohene, Alistair PATERSON, Mark FOWLER a Joselio VIEIRA. Relationship between rheological, textural and melting properties of dark chocolate as influenced by particle size distribution and composition. *European Food Research and Technology* [online]. 2008, **227**(4), 1215-1223 [cit. 2019-04-28]. DOI: 10.1007/s00217-008-0839-5. ISSN 1438-2377. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00217-008-0839-5>
- [71] BOURNE, Malcolm C., c2002. *Food texture and viscosity: concept and measurement*. 2nd ed. San Diego: Academic Press. ISBN 9780121190620.
- [72] BISWAS, Nirupam et al., 2017. Physical, rheological and sensorial properties, and bloom formation of dark chocolate made with cocoa butter substitute (CBS). *LWT - Food Science and Technology* [online]. 82, 420-428 [cit. 2019-04-29]. DOI: 10.1016/j.lwt.2017.04.039. ISSN 00236438. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0023643817302657>
- [73] HENDL, Jan. *Přehled statistických metod zpracování dat: analýza a metaanalýza dat*. Praha: Portál, 2004. ISBN 8071788201.
- [74] MOHOS, Ferenc Á, 2017. *Confectionery and chocolate engineering: principles and applications*. Hoboken, New Jersey: John Wiley. ISBN 978-1-118-93975-8.
- [75] MAZO RIVAS, Juan Camilo et al., 2018. Diversity of sensory profiles and physicochemical characteristics of commercial hot chocolate drinks from cocoa powders and block chocolates. *European Food Research and Technology* [online]. **244**(8), 1407-1414 [cit. 2019-04-28]. DOI: 10.1007/s00217-018-3054-z. ISSN 1438-2377. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00217-018-3054-z>

- [76] AFOAKWA, Emmanuel Ohene, Alistair PATERSON, Mark FOWLER a Joselio VIEIRA. Effects of tempering and fat crystallisation behaviour on microstructure, mechanical properties and appearance in dark chocolate systems. *Journal of Food Engineering*[online]. 2008, **89**(2), 128-136 [cit. 2019-04-14]. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2008.04.021. ISSN 02608774. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0260877408001829>
- [77] CIKRIKCI, Sevil, Mutlu YUCEKUTLU, Behic MERT a Mecit Halil OZTOP. Physical characterization of low-calorie chocolate formulations. *Journal of Food Measurement and Characterization* [online]. 2017, **11**(1), 41-49 [cit. 2019-04-28]. DOI: 10.1007/s11694-016-9369-1. ISSN 2193-4126. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s11694-016-9369-1>
- [78] AFOAKWA, Emmanuel Ohene et al., 2008. Particle size distribution and compositional effects on textural properties and appearance of dark chocolates. *Journal of Food Engineering* [online]. **87**(2), 181-190 [cit. 2019-04-28]. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2007.11.025. ISSN 02608774. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0260877407005973>
- [79] OSTROWSKA-LIGEZA, Ewa, Agata MARZEC, Agata GÓRSKA, Magdalena WIRKOWSKA-WOJDYŁA, Joanna BRYŚ, Ada REJCH a Kinga CZARKOWSKA. A comparative study of thermal and textural properties of milk, white and dark chocolates. *Thermochimica Acta*[online]. 2019, **671**, 60-69 [cit. 2019-04-14]. DOI: 10.1016/j.tca.2018.11.005. ISSN 00406031. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0040603118305793>
- [80] GLICERINA, Virginia, Federica BALESTRA, Marco Dalla ROSA a Santina ROMANI. Rheological, textural and calorimetric modifications of dark chocolate during process. *Journal of Food Engineering* [online]. 2013, **119**(1), 173-179 [cit. 2019-04-14]. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2013.05.012. ISSN 02608774. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0260877413002410>
- [81] GLICERINA, Virginia, Federica BALESTRA, Marco DALLA ROSA a Santina ROMANI. Microstructural and rheological characteristics of dark, milk and white chocolate: A comparative study. *Journal of Food Engineering* [online]. 2016, **169**, 165-171 [cit. 2019-04-14]. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2015.08.011. ISSN 02608774. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0260877415003647>

- [82] PANDEY, Alka a Gurmukh SINGH. Development and storage study of reduced sugar soy containing compound chocolate. *Journal of Food Science and Technology* [online]. 2011, **48**(1), 76-82 [cit. 2019-04-28]. DOI: 10.1007/s13197-010-0136-8. ISSN 0022-1155. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s13197-010-0136-8>
- [83] TALBOT, Geoff. Introduction. *Science and Technology of Enrobed and Filled Chocolate, Confectionery and Bakery Products*[online]. Elsevier, 2009, 2009, s. 1-7 [cit. 2019-04-14]. DOI: 10.1533/9781845696436.1. ISBN 9781845693909. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9781845693909500011>
- [84] KINDLEIN, Moritz, Ekaterina ELTS a Heiko BRIESEN. Phospholipids in chocolate: Structural insights and mechanistic explanations of rheological behavior by coarse-grained molecular dynamics simulations. *Journal of Food Engineering* [online]. 2018, **228**, 118-127 [cit. 2019-04-14]. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2018.02.014. ISSN 02608774. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0260877418300694>
- [85] AFOAKWA, Emmanuel Ohene, Alistair PATERSON a Mark FOWLER, 2008. Effects of particle size distribution and composition on rheological properties of dark chocolate. *European Food Research and Technology* [online]. **226**(6), 1259-1268 [cit. 2019-04-29]. DOI: 10.1007/s00217-007-0652-6. ISSN 1438-2377. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00217-007-0652-6>
- [86] FERNANDES, Vanessa A., Alejandro J. MÜLLER a Aleida J. SANDOVAL. Thermal, structural and rheological characteristics of dark chocolate with different compositions. *Journal of Food Engineering* [online]. 2013, **116**(1), 97-108 [cit. 2019-04-14]. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2012.12.002. ISSN 02608774. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0260877412005869>
- [87] RUBAN, A., HŘIVNA, L., MACHÁLKOVÁ, L., NEDOMOVÁ, Š., ŠOTTNÍKOVÁ, V. Effect of Storage Regime on Texture and Other Sensory Properties of Chocolate. In *MendelNet 2016: Proceedings of International PhD Students Conference*. 1st ed. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2016, p. 645--650. ISBN 978-80-7509-443-8. Dostupné z: [https://mnet.mendelu.cz/mendelnet2016/mnet\\_2016\\_full.pdf](https://mnet.mendelu.cz/mendelnet2016/mnet_2016_full.pdf)

- [88] ZHAO, Huanhuan, Gokhan BINGOL a Bryony J. JAMES. Influence of non-fat particulate network on fat bloom development in a model chocolate. *Journal of Food Engineering* [online]. 2018, 225, 12-17 [cit. 2019-04-21]. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2018.01.006. ISSN 02608774. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0260877418300128>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

HLB Hydrofilně-lipofilní rovnováha.

W/O Voda v oleji.

O/W Olej ve vodě.

PGPR Polyglycerolpolyricinoleat.

Max Maximálně.

Min Minimálně.

Ks Kusy.

PP Polypropylen.

Aj. A jiné.

SD Směrodatná odchylka.

ČSN Česká státní norma.

w/w Hmotnostní zlomek.

č Číslo.

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek č. 1: Strom kakaovníku.....	13
Obrázek č. 2: Kakaové plody po sklizni.....	14
Obrázek č. 3: Rozříznutý kakaový plod.....	14
Obrázek č. 4: Fermentace v bednách.....	15
Obrázek č. 5: Fermentace na hromadách.....	15
Obrázek č. 6: Sušení bobů na rohožích.....	17
Obrázek č. 7: Rozdíly v barvě během sušení.....	17
Obrázek č. 8: Kakaové máslo.....	18
Obrázek č. 9: Krystalové modifikace kakaového másla a jejich teploty tání.....	18
Obrázek č. 10: Rozdrcené kakaové boby.....	23
Obrázek č. 11: Lisování kakaového másla.....	24
Obrázek č. 12: Pražení kakaových bobů.....	25
Obrázek č. 13: Válcování čokoládové hmoty.....	27
Obrázek č. 14: Začátek konšovacího procesu (pastovitá konzistence).....	28
Obrázek č. 15: Konec konšovacího procesu (tekutá konzistence).....	28
Obrázek č. 16: Konšování pomocí kulového mlýnu.....	29
Obrázek č. 17: Temperace pro velkovýroby čokolády.....	30
Obrázek č. 18: Temperace na mramorové desce.....	30
Obrázek č. 19: Vylévání čokolády do forem.....	31
Obrázek č. 20: Výstup hotové čokolády z chladicího tunelu.....	32
Obrázek č. 21: Nalevo-správně temperovaná čokoláda bez výkvětu, napravo-čokoláda s výkvětem.....	34
Obrázek č. 22: Rozdíl mezi netemperovanou, špatně temperovanou a správně temperovanou čokoládou.....	35
Obrázek č. 23: Graf závislosti viskozity na smykovém napětí u obou vzorků čokolády ihned po výrobě.....	48

Obrázek č. 24: Graf závislosti viskozity na smykovém napětí u všech vzorků čokolády po prvním měsíci skladování.....	48
Obrázek č. 25: Graf závislosti viskozity na smykovém napětí u všech vzorků čokolády po druhém měsíci skladování.....	49
Obrázek č. 26: Graf závislosti viskozity na smykovém napětí u všech vzorků čokolády po třetím měsíci skladování.....	50
Obrázek č. 27: Graf závislosti viskozity na smykovém napětí u všech vzorků čokolády po čtvrtém měsíci skladování.....	51
Obrázek č. 28: Graf závislosti viskozity na smykovém napětí u všech vzorků čokolády po pátém měsíci skladování.....	52
Obrázek č. 29: Vzorky čokolády po 2. měsíci skladování.....	54
Obrázek č. 30: Vzorky čokolády po 3. měsíci skladování.....	55
Obrázek č. 31: Vzorky čokolády po 4. měsíci skladování.....	55
Obrázek č. 32: Vzorky čokolády po 5. měsíci skladování.....	56



**SEZNAM TABULEK**

Tabulka č. 1: Surovinová skladba vzorků v procentech (%).....	39
Tabulka č. 2: Počáteční a konečná vlhkost ve vzorcích čokolády v procentech při různých režimech skladování (%±SD) .....	42
Tabulka č. 3: Hodnoty pH vzorků při různých režimech s délkou skladování (pH±SD).....	43
Tabulka č. 4: Hodnoty pH vzorků v závislosti na teplotě skladování.....	44
Tabulka č. 5: Hodnoty pH vzorků v závislosti na době skladování.....	44
Tabulka č. 6: Hodnoty pH vzorků v závislosti na obsahu kakaové hmoty.....	44
Tabulka č. 7: Hodnoty tvrdosti vzorků v newtonech při různých režimech a délkou skladování (N±SD) .....	45
Tabulka č. 8: Hodnoty tvrdosti vzorků v závislosti na teplotě skladování.....	46
Tabulka č. 9: Hodnoty tvrdosti vzorků v závislosti na době skladování.....	46
Tabulka č. 10: Hodnoty tvrdosti vzorků v závislosti na obsahu kakaové hmoty.....	46

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Specifikace kakaové hmoty

Příloha P II: Specifikace kakaového másla

Příloha P III: Schéma výroby čokolády

Příloha P IV: Schéma teplotního režimu temperace čokolády

Příloha P V: Doplnující grafy k reologickým vlastnostem

# PŘÍLOHA P I: SPECIFIKACE KAKAOVÉ HMOTY

Svět plodů s.r.o, Školní 87, 793 51 Břidličná, IČ: 05236428



## SPECIFIKACE PRODUKTU

### 1. Obecné informace o výrobku:

Název výrobku	BIO Kakaová hmota
Druh	Kakaová hmota v BIO kvalitě

### 2. Informace o společnostech:

Název společnosti	Svět plodů s.r.o.
Kontakt	Tomáš Hofman
E-Mail	<a href="mailto:obchod@svetplodu.cz">obchod@svetplodu.cz</a>
Adresa sídla společnosti	Školní 87, 79351 Břidličná
Telefonní číslo	774 515 047
Webové stránky	<a href="http://www.svetplodu.cz">www.svetplodu.cz</a>

### 3. Smyslové vlastnosti:

Vzhled	Zlomky
Barva	Tmavě hnědá.
Chuť a vůně	Charakteristická

### 4. Suroviny a složení dle klesajícího obsahu:

Surovina:	Procentuelní zastoupení:	Země původu:
BIO Kakaová hmota	100%	Peru
Celkem	100%	

### 5. Informace o alergenech:

<b>Přítomnost / nepřítomnost alergenů ve výrobku</b>
Vysvětlivky: + obsahuje / - neobsahuje

	ANO / NE	Z procesu	Ze složení
Obiloviny obsahující lepek	-	-	-
Korýši a výrobky z nich	-	-	-
Večce a výrobky z nich	-	-	-
Ryby a výrobky z nich	-	-	-
Jádra podzemnice olejné a výrobky z nich	-	-	-
Měkkýši a výrobky z nich	-	-	-
Vlčí bob a výrobky z něj	-	-	-
Sojové boby a výrobky z nich	-	-	-
Mléko a výrobky z něj	-	-	-
Suché skořápkové plody	-	-	-
Celer a výrobky z něj	-	-	-
Sezamová semena a výrobky z nich	-	-	-
Huřčice a výrobky z ní	-	-	-
Oxis siřičitý a siřičitany (>10mg/kg SO <sub>2</sub> )			

<b>Konzervanty</b>	
Výrobek neobsahuje konzervanty.	
<b>Geneticky modifikované organismy (GMO) a produkty z nich pocházející</b>	
Výrobce zaručuje, že produkty neobsahuje žádné složky, které se musí značit dle nařízení (ES) č. 1830/2003	ANO

## 6. Fyzikální, chemické a mikrobiologické vlastnosti

Celkový počet mikroorganismů	5x10 <sup>5</sup>
Salmonella	0/25
Enterobacteriaceae	5x10 <sup>2</sup>
Koliformní bakterie	5x10 <sup>3</sup>
Koagulázopozitivní stafylokoky	5x10 <sup>2</sup>
Plísně	10 <sup>3</sup>

Dle 2073/2005 ES, mikrobiologická kritéria pro potraviny

## 7. Nutriční hodnoty na 100 gramů hotového výrobku:

	Hodnota	Jednotky
Energetická hodnota	656,4	Kcal
	2748	kJ
Bílkoviny (celkem)	13,7	g
Sacharidy	25,2	g
- z toho cukry	<0,7	g
Tuky (celkem)	55,6	g
- z toho nasycené mastné kyseliny	36,2	G
Vláknina	15	G
Sůl	0,15	G

## 8. Přepavní podmínky

Přepava pouze ve schválených dopravních prostředcích pro přepavu potravin. Překročení teploty v průběhu přepavy nemá vliv na kvalitu výrobku.

## 9. Doba trvanlivosti a skladování

Minimální doba trvanlivosti	24 měsíců v neporušeném obalu
Skladovací podmínky	Skladujte v suchu při relativní vlhkosti do 60% v uzavřeném obalu. Chraňte před přímým slunečním zářením.

# PŘÍLOHA P II: SPECIFIKACE KAKAOVÉHO MÁSLA

Svět plodů s.r.o, Školní 87, 793 51 Břidličná, IČ: 05236428



## SPECIFIKACE PRODUKTU

### 1. Obecné informace o výrobku:

Název výrobku	BIO Kakaové máslo
Druh	Kakaové máslo v BIO kvalitě

### 2. Informace o společnostech:

Název společnosti	Svět plodů s.r.o.
Kontakt	Tomáš Hofman
E-Mail	<a href="mailto:obchod@svetplodu.cz">obchod@svetplodu.cz</a>
Adresa sídla společnosti	Školní 87, 79351 Břidličná
Telefonní číslo	774 515 047
Webové stránky	<a href="http://www.svetplodu.cz">www.svetplodu.cz</a>

### 3. Smyslové vlastnosti:

Vzhled	Zlomky
Barva	Krémová až světle žlutá
Chuť a vůně	Charakteristická

### 4. Suroviny a složení dle klesajícího obsahu:

Surovina:	Procentuelní zastoupení:	Země původu:
BIO Kakaové máslo	100%	Peru
Celkem	100%	

## 5. Informace o alergenech:

<b>Přítomnost / nepřítomnost alergenů ve výrobku</b>
Vysvětlivky: + obsahuje / - neobsahuje

	ANO / NE	Z procesu	Ze složení
Obiloviny obsahující lepek	-	-	-
Korýši a výrobky z nich	-	-	-
Vejce a výrobky z nich	-	-	-
Ryby a výrobky z nich	-	-	-
Jádra podzemnice olejné a výrobky z nich	-	-	-
Měkkýši a výrobky z nich	-	-	-
Vlčí bob a výrobky z něj	-	-	-
Sojové boby a výrobky z nich	-	-	-
Mléko a výrobky z něj	-	-	-
Suché skořápkové plody	-	-	-
Celer a výrobky z něj	-	-	-
Sezamová semena a výrobky z nich	-	-	-
Hořčice a výrobky z ní	-	-	-
Oxis siřičitý a siřičitany (>10mg/kg SO <sup>2</sup> )	-	-	-

<b>Konzervanty</b>	
Výrobek neobsahuje konzervanty.	
<b>Geneticky modifikované organismy (GMO) a produkty z nich pocházející</b>	
Výrobce zaručuje, že produkty neobsahuje žádné složky, které se musí značit dle nařízení (ES) č. 1830/2003	ANO

## 6. Fyzikální, chemické a mikrobiologické vlastnosti

Celkový počet mikroorganismů	5x10 <sup>5</sup>
Salmonella	0/25
Enterobacteriaceae	5x10 <sup>2</sup>
Koliformní bakterie	5x10 <sup>3</sup>
Koagulázopozitivní stafylokoky	5x10 <sup>2</sup>
Plísně	10 <sup>3</sup>

Dle 2073/2005 ES, mikrobiologická kritéria pro potraviny

## 7. Nutriční hodnoty na 100 gramů hotového výrobku:

	Hodnota	Jednotky
Energetická hodnota	895,7	Kcal
	3750	kJ
Bílkoviny (celkem)	0,17	g
Sacharidy	0,1	g
- z toho cukry	0	g
Tuky (celkem)	99,4	g
- z toho nasycené mastné kyseliny	65,23	g
Vláknina	<0,10	g
Sůl	0,1	g

## 8. Převážní podmínky

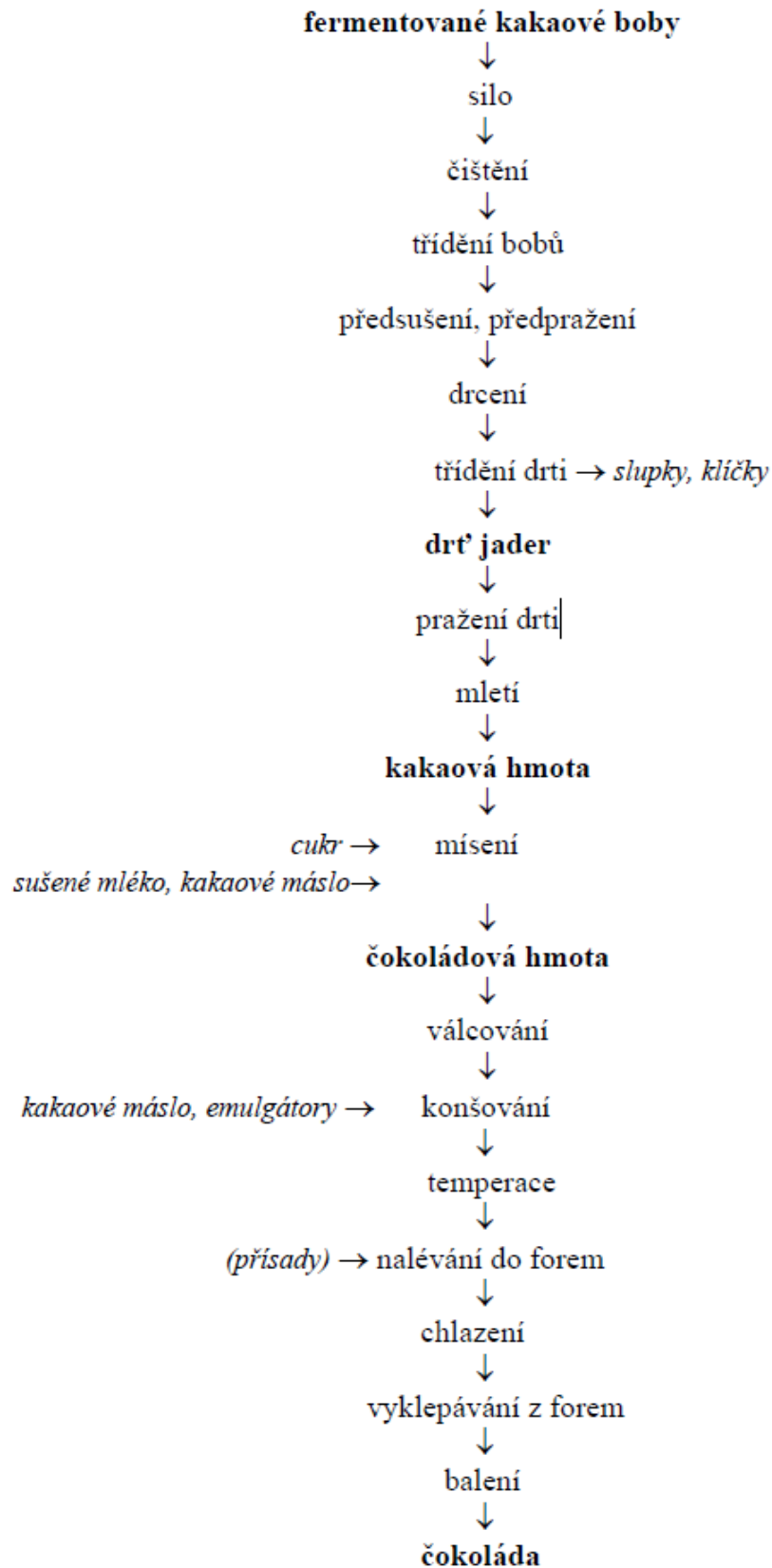
Přepava pouze ve schválených dopravních prostředcích pro přepravu potravin. Překročení teploty v průběhu přepravy nemá vliv na kvalitu výrobku.

## 9. Doba trvanlivosti a skladování

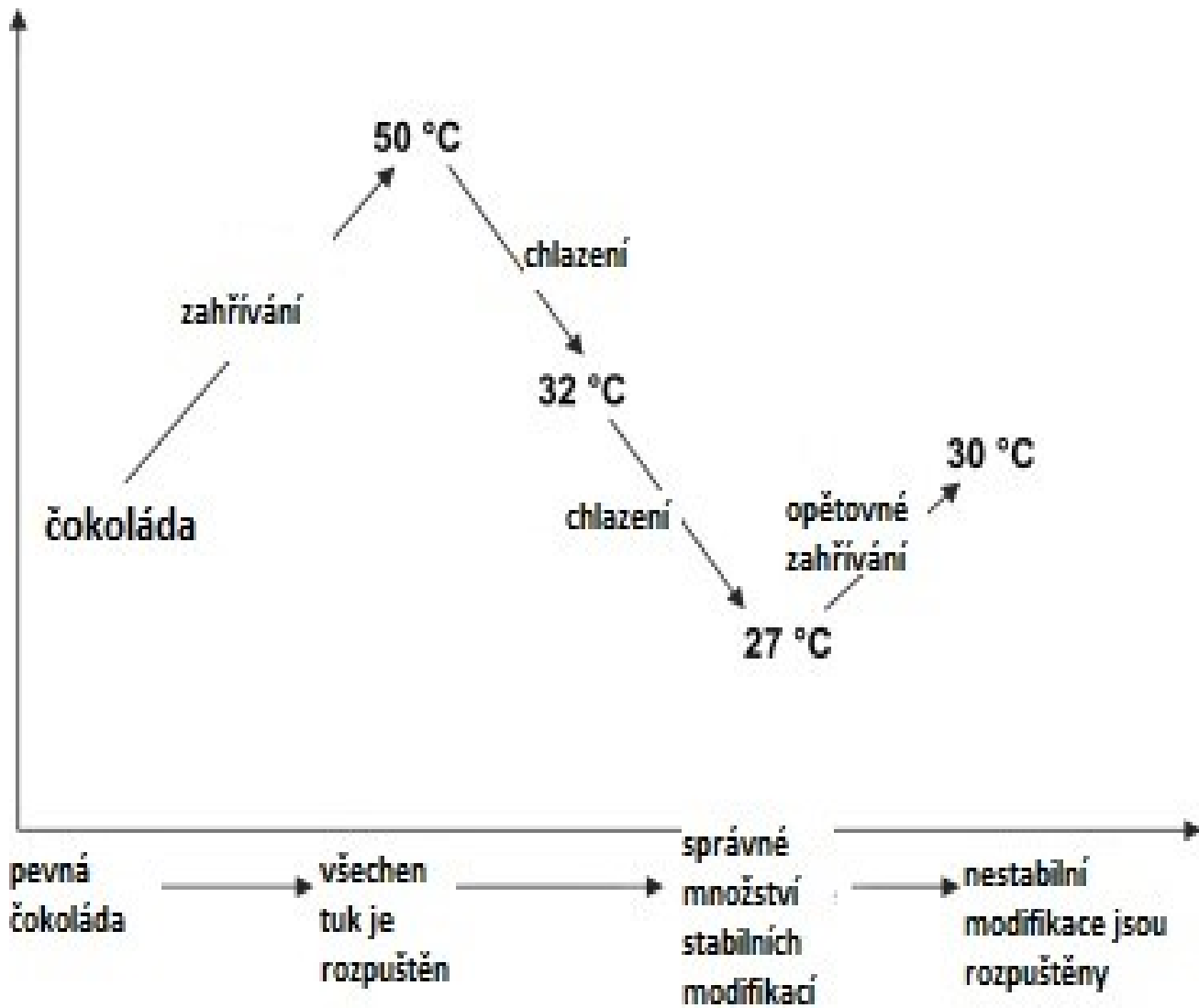
Minimální doba trvanlivosti	24 měsíců v neporušeném obalu
Skladovací podmínky	Skladujte v suchu při relativní vlhkosti do 60% v uzavřeném obalu. Chraňte před přímým slunečním zářením.



## PŘÍLOHA P III: SCHÉMA VÝROBY ČOKOLÁDY (14)



## PŘÍLOHA P IV: SCHÉMA TEPLOTNÍHO REŽIMU TEMPERACE ČOKOLÁDY (24)



## PŘÍLOHA P V: DOPLŇUJÍCÍ GRAFY K REOLOGICKÝM VLASTNOSTEM

