

Vliv konšování na vybrané vlastnosti hořké čokolády

Bc. Kateřina Ďuricová

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. Kateřina Ďuricová**
Osobní číslo: **T17231**
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie potravin**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Vliv konšování na vybrané vlastnosti hořké čokolády**

Zásady pro vypracování:

1. Charakteristika základních surovin pro výrobu čokolády.
2. Technologický postup výroby čokolády.
3. Faktory ovlivňující reologické vlastnosti čokolády.
4. Vytvořte modelové vzorky čokolády.
5. Proveďte vybrané analýzy u vyrobených modelových vzorků.
6. Vyhodnoťte získané výsledky a zformulujte závěry.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

- [1] ROHM, Harald, Birgit BÖHME a Jakob SKORKA. Impact of grinding intensity on particle properties and rheology of dark chocolate. LWT [online]. Elsevier, 2018, 92, 564-568 [cit. 2018-06-25]. DOI: 10.1016/j.lwt.2018.03.006. ISSN 00236438.
- [2] ILVA, Thais Lomonaco Teodoro da, Renato GRIMALDI a Lireny Aparecida Guaraldo GONCALVES. Temperature, time and fat composition effect on fat bloom formation in dark chocolate. Food Structure [online]. Elsevier, 2017, 14, 68-75 [cit. 2018-06-25]. DOI: 10.1016/j.foostr.2017.06.006. ISSN 22133291.
- [3] ISWAS, Nirupam, Yuen Lin CHEOW, Chin Ping TAN a Lee Fong SLOW. Physical, rheological and sensorial properties, and bloom formation of dark chocolate made with cocoa butter substitute (CBS). LWT - Food Science and Technology [online]. Elsevier, 2017, 82, 420-428 [cit. 2018-06-25]. DOI: 10.1016/j.lwt.2017.04.039. ISSN 00236438.
- [4] GLICERINA, Virginia, Federica BALESTRA, Marco DALLA ROSA a Santina ROMANI. Microstructural and rheological characteristics of dark, milk and white chocolate. Journal of Food Engineering [online]. Elsevier, 2016, 169, 165-171 [cit. 2018-06-25]. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2015.08.011. ISSN 02608774.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Richardos Nikolaos Salek, 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 Miček, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno:ĐURICOVÁ KATEŘINA.....Obor:CHTP.....

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 ¹⁾;
- 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 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ 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 ³⁾ 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 Zlíně3. 5. 2019.....

¹⁾ 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.

²⁾ 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).

³⁾ 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 přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá vlivem konšování na vybrané vlastnosti hořké čokolády. Výroba hořké čokolády je popsána od pěstování kakaových bobů přes dílčí kroky, které zahrnují míchání, válcování, konšování, temperaci, formování, chlazení a balení výrobku. Práce zahrnuje i legislativní vymezení jednotlivých druhů čokolád.

V praktické části jsou zaznamenány výsledky analyticko-senzorických měření, a to pH, textura a reologické vlastnosti. V experimentální části byl pozorován rostoucí trend tvrdosti modelových vzorků hořké čokolády v průběhu skladování. Trend meze toku a viskozity byl velmi obdobný, kdy s dobou skladování veličiny rostly a poté klesaly.

Klíčová slova: čokoláda, doba konšování, reologické vlastnosti, tvrdost, doba skladování

ABSTRACT

The thesis deals with the influence of conching parameters on selected properties of chocolate. Production of chocolate is described by cultivation cocoa beans through the partial steps which include mixing, refining, conching, tempering, forming, cooling and packaging. The thesis also includes legislative definition of types of chocolate.

In the practical part, there are marked analytical-sensory results, namely pH, hardness analysis and rheological properties. The hardness of all observed model samples increased with the increasing storage period. The trend of yield stress and viscosity was very similar, with the time of storage increasing and then decreasing.

Keywords: chocolate, conching time, rheological properties, hardness, storage period

Chtěla bych poděkovat vedoucímu mé diplomové práce Ing. Richardosovi Nikolaosovi Salekovi, Ph.D. za odborné vedení, konzultace, cenné rady a trpělivost. Dále svým rodičům a příteli, kteří mě po dobu studia podporovali a měli se mnou velkou trpělivost.

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

OBSAH

ÚVOD.....	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 ČOKOLÁDA	12
1.1 HISTORIE ČOKOLÁDY A KAKAA	12
1.2 DRUHY ČOKOLÁDY.....	13
2 PĚSTOVÁNÍ A ODRŮDY KAKAOVNÍKU.....	16
2.1 PĚSTOVÁNÍ.....	16
2.2 ODRŮDY.....	17
2.1.1 Criollo.....	17
2.1.2 Forastero.....	17
2.1.3 Trinitario.....	18
2.3 CHEMICKÉ SLOŽENÍ KAKAOVÝCH BOBŮ	18
3 SUROVINY PRO VÝROBU ČOKOLÁDY	20
3.1 KAKAOVÁ HMOTA	20
3.2 KAKAOVÉ MÁSLA.....	20
3.3 NÁHRAŽKY KAKAOVÉHO MÁSLA.....	21
3.4 SACHARÓZA	22
3.5 MLÉČNÉ SLOŽKY V ČOKOLÁDĚ	22
3.6 EMULGÁTORY	23
4 ZPRACOVÁNÍ KAKAOVÝCH BOBŮ A VÝROBA ČOKOLÁDY.....	24
4.1 FERMENTACE	24
4.2 SUŠENÍ	25
4.3 ČIŠTĚNÍ A TŘÍDĚNÍ.....	25
4.4 SUŠENÍ NEBO PRAŽENÍ KAKAOVÝCH JADER.....	26
4.5 DRCENÍ KAKAOVÝCH BOBŮ.....	26
4.6 MLETÍ.....	27
4.7 MÍCHÁNÍ ČOKOLÁDOVÉ HMOTY	27
4.8 VÁLCOVÁNÍ.....	27
4.9 KONŠOVÁNÍ.....	28
4.10 TEMPERACE A FORMOVÁNÍ.....	29
5 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ REOLOGICKÉ VLASTNOSTI.....	31
5.1 MODEL DLE CASSONA.....	33
II PRAKTICKÁ ČÁST	34
6 CÍL PRÁCE	35

7	METODIKA PRÁCE.....	36
7.1	POPIS EXPERIMENTU.....	36
7.2	VÝROBA MODELOVÝCH VZORKŮ HOŘKÉ ČOKOLÁDY	36
7.3	ZÁKLADNÍ CHEMICKÁ ANALÝZA	37
7.4	STANOVENÍ TVRDOSTI.....	38
7.5	REOLOGICKÉ VLASTNOSTI.....	38
7.6	STATISTICKÁ ANALÝZA DAT.....	39
8	VÝSLEDKY A DISKUZE.....	40
8.1	ZÁKLADNÍ CHEMICKÁ ANALÝZA	40
8.1.1	Stanovení obsahu vlhkosti.....	40
8.1.2	Stanovení hodnot pH.....	41
8.2	STANOVENÍ TVRDOSTI.....	43
8.3	REOLOGICKÉ VLASTNOSTI.....	45
8.3.1	Mez toku.....	45
8.3.2	Viskozita.....	47
	ZÁVĚR	50
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	51
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	55
	SEZNAM OBRÁZKŮ	56
	SEZNAM TABULEK.....	57

ÚVOD

Čokoládou se rozumí potravina vyrobená z kakaových součástí, přírodních sladidel, náhradních sladidel nebo jejich kombinací, mléčných složek, přídatných látek nebo látek určených k aromatizaci, popřípadě dalších složek (skořápkové plody, ovoce apod.) [1].

Základní složkou k výrobě čokolády jsou kakaové boby. Další nezbytné suroviny jsou kakaová hmota, cukr, kakaové máslo, emulgátory a sušené mléko, které se využívá pro výrobu mléčných čokolád a polev. Pro výrobu čokolády je nezbytná úprava kakaových bobů, následné smíchání jednotlivých komponent, vícenásobné válcování čokoládové hmoty, konšování, temperace, formování a chlazení [4, 3].

Čokoláda má mnoho příznivých účinků na zdraví, jako je prevence kardiovaskulárních chorob, redukce vzniku trombózy, pozitivně zvyšuje hladinu serotoninů, endorfinů a snižuje hladinu cholesterolu. Další vlastností čokolády je její vysokoenergetická hodnota, která může mít i negativní dopad. Čokoláda je velmi oblíbená potravina pro svou typickou chuť a výborné antioxidační účinky, díky kterým je organismus chráněn před nebezpečnými účinky volných radikálů [6, 7, 8].

Čokoláda se stala každodenní součástí našeho života, pro svou oblíbenost v celém světě se vyrábí v mnoha variantách. Velmi podstatnou část tvoří kakaové máslo, které se v recepturách částečně nahrazuje za rostlinný tuk, protože je velmi nákladné. Chemické složení závisí na druhu čokolády a na receptuře výroby. Hlavními chemickými pochody při zpracování kakaových bobů jsou např. Maillardova reakce, karamelizace, hydrolýza aj. Tyto reakce hrají hlavní roli při vývoji typické vůně a chuti [6, 7].

Hořký čokoládový nápoj byl objeven ve 4. století Mayi. Výroba skýtala mletí kakaových bobů, přidání vody, kukuřičné mouky, vanilky a chilli papričky. V této době byl tento nápoj považován za nápoj bohů. Dokonce kakaové boby sloužili dlouho dobu jako naturální platidlo. Do Evropy byly kakaové boby dovezeny díky dobyvateli Hernandu Cortésovi [4].

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ČOKOLÁDA

Dle vyhlášky č. 43/2005 Sb. se čokoládou rozumí potravina vyrobená z kakaových součástí, přírodních sladidel, náhradních sladidel nebo jejich kombinací, přídatných látek nebo látek určených k aromatizaci, popřípadě z dalších složek (např. oříšky, mandle, kokos, sušené ovoce) [1].

1.1 Historie čokolády a kakaa

První zmínky o kakaovníku byly objeveny před 3000 lety u Olméků, kteří žili na území dnešního Mexika. Tato civilizace využívala kakaové boby jako naturální platidlo. Poté se další zmínky objevovaly u Májů, a ti jako první civilizace pěstovali kakaovník na plantážích. Velmi významně rozšířili pěstování i do dalších koutů Střední Ameriky. Z kakaových bobů vyráběli typicky hořké nápoje, které nesly název xocolatl. Tento název byl přeložen jako hořká voda. Tento typický nápoj byl vyráběn z rozmělněných kakaových bobů, vody, kukuřičné mouky, vanilkového lusku a chilli papriček. Tento pěnivý nápoj byl využíván vyššími vrstvami a především u příležitosti rituálů. V této tradici dále pokračovali Tolkové a Aztékové [2, 3, 4].

Počátkem 15. století měli Aztékové ve své moci většinu území dnešního Mexika. Ti velmi významně přispěli k rozvoji pěstování kakaovníku. Aztékové i Mayové považovali kakaový nápoj za afrodiziakum a symbol plodnosti. Tyto civilizace vyvinuly základní technologické operace pro úpravu kakaových bobů, které se dodnes používají. Nejprve se vysušené kakaové boby upražily v nádobách, odstranila se slupka a kakaové jádra se rozdrtily pomocí kamenných mlýnů. Vytvořila se kakaová hmota, která se posléze dochucovala různými surovinami. Poté se vytvořená hmota smíchala s vodou a uvařila do oddělení tuku. Vytvořená vrstva tuku se odebrala a později se opět přidala. Vzniklá hmota se přelávala z jedné nádoby do druhé, čím se provzdušňovala a lehce šlehala. Tímto krokem vznikala pevná pěna, která se v dutině ústní lehce rozplývala [2, 3].

Mnoho lidí se domnívá, že za dovezení kakaových bobů do Evropy vděčíme Kryštofu Kolumbovi, ovšem opak je pravdou. Za kakaové boby vděčíme španělskému objeviteli a dobyvateli Hernandu Cortésovi, který dobyl Mexiko a tím získal i kakaové boby. Dovážené kakaové boby si v Evropě našel obrovskou oblibu a stal se populárním, především u vyšších panských vrstev. Časem si Evropané vytvořili vlastní výrobní postup, aby zamezili

přílišné hořkosti nápoje. Začali přidávat cukr, obměňovali a vylepšovali technologické postup [4].

V období kolonizace Ameriky začali Španělé vytvářet plantáže na území Střední a Jižní Ameriky. Pěstování kakaovníku se postupně rozšiřovalo až do Afriky a Asie. Ovšem nejdélejší tradici mají země Jižní a Střední Ameriky [2].

S největším objevem přišel v roce 1828 Conrad van Houten, kterému se podařilo oddělit kakaové máslo od kakaového prášku. Díky tomuto objevu se čokoládové výrobky staly přístupnější pro nižší vrstvu. V roce 1847 se podařilo vyrobit první pevnou čokoládu, která vznikla spojením kakaového másla, kakaového prášku a cukru. O rok později byla vytvořena čokoláda mléčná, do které se přidávalo zahuštěné, slazené mléko [2, 4].

Díky průmyslové revoluci v 18. a 19. století se vývoj výroby čokolády významně posunul. V této době vzniklo velké množství továren, které se výrobou čokolády zabývaly. Byla to například firma Houten, které vznikla v roce 1815, firma Suchard 1830 a, nebo firma Stollwerck 1839. Tyto značky vyráběly čokoládu v tekutém stavu, která byla velmi těžko stravitelná kvůli vysokému obsahu tuku. První kakaový prášek vznikl díky firmě Houten v Holandsku. Vzápětí se našlo i uplatnění pro kakaové máslo, které zbylo z lisování kakaových bobů. První tuhou, hořkou čokoládu uvedla na trh firma Fry and Sons v roce 1847. První mléčnou čokoládu se podařilo vyrobit ve Švýcarsku v roce 1866 [2].

V ČR pražila kakaové boby firma Zora Olomouc. Bohužel cena těchto upražených bobů byla několikanásobně dražší než z dovozu. Proto s touto výrobou skoncovala. Ovšem velmi schopně se ujala výroby čokolády. Dalšími významnými výrobci je Rüger, Maršner apod. Od roku 1923 se výroba čokolády uskutečňovala ve 35 továrnách. Později byl vytvořen Spolek továren na čokoládu a cukrovinky, ten hájil zájmy těchto firem [2, 4].

V dnešní době se na území ČR nachází velké množství firem vyrábějící čokoládové výrobky. Například nejznámější producent čokolád Milka je v současné době zahrnutý do korporace Kraft Foods Česká republika. Zora Olomouc patří pod společnost Nestlé Česko s.r.o., je producentem čokoládových tyčinek, tabulek a dezertů pod značkou Orion. Slovenská čokoládovna Figaro patří pod korporaci Mondelez International [4].

1.2 Druhy čokolády

Čokoláda se člení na hořkou, mléčnou, bílou, plněnou, čokoládu a la taza a čokoládu familiar a la taza. Toto rozdělení je dle využitých surovin, receptur a technologických postupů.

Dále existují dia-čokolády (čokolády se sladidly), čokolády s přidanými ingrediencemi a také plněné.

Hořká čokoláda se vyrábí z jednotlivých surovin, jako je kakaová hmota, kakaové máslo a cukr. Obsah kakaové sušiny (celkový obsah sušiny kakaových součástí vyjádřený v procentech k celkové hmotnosti výrobku) v hořké čokoládě musí být nejméně 35 % (w/w). Ovšem za kvalitní čokoládu je považována ta, která obsahuje minimálně 50 % (w/w) kakaových surovin. Hořká čokoláda je typicky hořká a má výraznou kakaovou vůni po použitých surovinách [5].

Suroviny pro výrobu mléčné čokolády jsou kakaová hmota, kakaové máslo, cukr a sušené mléčné produkty. Minimální obsah kakaové sušiny musí být 25 % (w/w). Za kvalitní mléčnou čokoládu považujeme takovou, která má minimálně 30 % (w/w) kakaových surovin a 14 - 25 % (w/w) mléčných surovin. Dle nařízení Evropské unie musí být v mléčné čokoládě minimálně 35 % (w/w) pevných složek kaka. Tato čokoláda je typická svou mléčnou, sladkou až lehce hořkou chutí [5, 6].

První výroba bílé čokolády proběhla v roce 1930 z mléka, cukru a kakaového másla. Bílá čokoláda obsahuje pouze kakaové máslo bez pevných kakaových přísad, kondenzované, či sušené mléko a cukr. Obsah kakaového másla má být nejméně 20 %. Chuť bílé čokolády je typicky sladká po cukru a mléku [5, 7].

Čokoláda bez cukru je typická tím, že se v receptuře zaměňuje sacharóza za fruktózu, či alditoly. Bohužel tyto náhražky cukru mají za následek změnu typické chuti čokolády a mají laxativní účinky při zvýšené konzumaci [5].

Čokoláda s ingrediencemi je typická tím, že se kromě obvyklých surovin dodávají kousky jiných ingrediencí. Tyto netypické ingredience dodávají svou typickou chuť a vůni a tím ozvláštňují chuť a složení čokolády. Může to být např. kandované, či sušené ovoce, rozinky, skořápkové plody, želé, chilli a jiné. První oříšková čokoláda byla vyrobena ve Švýcarsku. [5, 7].

Dalším typickým technologickým postupem je plnění čokolád. Náplně mohou být různé, např. likérové, ovocné, mléčné, oříškové apod. První plněnou čokoládu vyrobila rakouská firma Zotter, která má ve svém portfoliu více než 70 druhů plněných čokolád [5].

Modernějším druhem je takzvaná porézní čokoláda, může být hořká, mléčná i bílá. Tato čokoláda je při výrobě naplněna vzduchovými bublinkami, které při vytuhnutí vytvoří ty-

pické kaverny. První čokoláda tohoto druhu byla Aero, která pochází z anglické firmy Rowntree [5, 6, 7].



Obr. 1 – Druhy čokolád s různými ingrediencemi [3].

2 PĚSTOVÁNÍ A ODRŮDY KAKAOVNÍKU

Pěstování kakaovníku (*Theobroma cacao*) je známo už od 15. století. K vývoji zemědělské produkce velmi pozitivně přispěli Aztékové. Ve 21. století je toto pěstování o něco modernější a typické pro rovníkové oblasti [2, 3].



Obr. 2 – Plody kakaovníku [3].

2.1 Pěstování

Kakaovník, botanickým názvem *Theobroma cacao* je základním nositelem semen (kakaových bobů), které jsou základní, vstupní surovinou pro výrobu čokolády [8].

Kakaovník obsahující kakaové boby, je stálezelený strom s vysokými nároky na podmínky pěstování. Zemědělská produkce se vyskytuje v oblastech rovníku do 60 m.n.m. Kakaovník je velmi náchylný k škodlivým chorobám, nesmí se vystavovat přímému slunečnímu světlu a musí být zajištěna ochrana kakaových bobů, protože je velmi ráda pojídá zvěř. Pro správný vývin semen je nutná teplota 20 – 35 °C. Divoký kakaovník dorůstá délky až 15 m, ovšem pěstitelské odrůdy bývají veliké 6 – 8 m. Výška pěstitelského kakaovníku se udržuje v nižších rozměrech kvůli snadnější sklizni. Kakaovníky se nesklízejí šplháním. Díky jeho hladkému kmeni je nebezpečné jakékoliv lezení. Květenství kakaovníku má žlutou, bílou, či červenou barvu a vyrůstá z výběžků na větvích nebo kmenech. Jejich počet za rok mohou být až 100 000. Hmyz takové množství květů není schopen opylovat, proto se květy opylují ručně. Po opylení se květy metamorfují v plody obsahující semena (kakaové boby). Plody váží 300 – 500 g a mají tvar cukrového melounu, mohou mít až 30

cm na délku a 15 cm na šířku. Plody mají ze začátku zbarvení zelené, ale po dobu dozrávání se mění na žlutou a nakonec na hnědou. Dužina plodu obsahuje 20 – 50 bobů v 5 řadách [8, 9, 10, 11, 12].

V ideálních podmínkách kakaovník kvete a plodí celý rok. Stromy ovšem začínají plodit až po 3 – 5 letech vysazení. Nejvyšší výnosy mají stromy v 10 – 12 letech. Dozrávání plodů trvá 5 – 6 měsíců. Sběrači musí dostatečně bezpečně poznat, zda je plod zralý, poznávají to podle barvy a zvuku. Kakaové boby se sklízí opatrným odsekáváním mačetou. Mezi největší producenty kakaových bobů patří země Africké, jako je Pobřeží slonoviny, Nigérie, Kamerun a Ghana. V jihovýchodní Asii a Oceánii jsou to například Indonésie, Sumatra, Papua – Nová Guinea a Jáva. V Jižní a Střední Americe jsou to především Brazílie, Venezuela, Mexiko, Ekvádor a Kolumbie. A Karibské země jako je Dominikánská republika a Trinidad [8, 9, 10].

2.2 Odrůdy

Existuje asi 20 botanických druhů kakaovníků, ale zemědělský význam mají pouze 2 základní odrůdy, a to Forastero a Criollo. Existuje ještě odrůda Trinitario, ta je křížencem odrůd Forastero a Criollo. Někdy se uvádí do základních druhů i odrůda Nacional. Každá odrůda má svou typickou specifikaci [11].

2.2.1 Criollo

Tato odrůda kakaovníku je typická tím, že má nejjemnější aroma a chuť. Tyto boby se využívají pro výrobu nejkvalitnějších čokolád. Plody mají velmi tenkou slupku, semena jsou oblá až mírně plochá a slabě hořká. Čerstvá jádra mají na řezu červené zbarvení. Tato odrůda obsahuje vysoké množství theobrominu, oproti jiným odrůdám kakaovníku. Pěstitelské oblasti této odrůdy jsou například Venezuela, Jáva, Cejlon a Maracaibo. Odrůda Criollo je nejdražší na trhu díky nízkým výnosům. Je velmi citlivá na změny teplot a onemocnění [8, 11].

2.2.2 Forastero

Forastero odrůda vznikla hybridizací několika druhů kakaovníků. Tato odrůda má o poznání větší výnosy než odrůda Criollo, hlavně díky vyšší obranyschopnosti vůči onemocněním. Boby jsou zploštělé, mají tvrdší slupku a uvnitř jsou fialovohnědé zbarvení. Chuť

a vůně je výrazně hořká a kyselá, proto se při použití této odrůdy musí do výroby přidávat větší množství sladidel. Tato odrůda je výrazně levnější než odrůda Criollo a je ekonomicky výhodnější. Tato odrůda se pěstuje v oblastech jako je například Brazílie, a západní Afrika [8, 11].

2.2.3 Trinitario

Tato odrůda vznikla hybridizací Criollo a Forastero a proto je nositelem vlastností obou odrůd. Název Trinitario nese podle ostrova Trinidad, kde byla vyšlechtěna. Výnosy jsou vyšší, díky vyšší odolnosti vůči nemocem. Odrůda Trinitario je typická svým výjimečným aroma a chutí, proto je v dnešní době používána do kvalitních čokolád. Její ovocná chuť a jemná kyselost s kořeněnou příchutí je velmi raritní [8, 11].



Obr. 3 – Odrůdy kakaových bobů (Criollo, Forastero a Trinitario) [3].

2.3 Chemické složení kakaových bobů

Chemické složení kakaových bobů je závislé na druhu kakaovníku a na životním prostředí, ve kterém kakaovník vyrostl. Hlavními složkami v bobech jsou voda, proteiny, lipidy, polysacharidy, vláknina, vápník, beta – karoten, železo aj. Podstatná je také přítomnost methylxantinů, jako je kofein a theobromin. Kofein patří mezi alkaloidy, který stimuluje nervovou soustavu a činnost srdce. Theobromin je také látka patřící do skupiny alkaloidů a má hořkou chuť. Procentuální zastoupení všech látek je vypsáno v tabulce 1 [5].

Tab. 1 – Chemické složení kakaového bobu [7].

Hlavní složky	Obsah v % (w/w)	
	Dužina	Slupka
Voda	2 – 5	4 – 11
Tuky (kakaové máslo + tuk ve slupce)	48 – 57	2 – 6
Bílkoviny	11 – 24	13 – 16
Škrob	6 – 9	-
Vláknina	2 – 3	13 – 19
Minerální látky	2,5 – 4	6 – 21
Theobromin	0,8 – 1,4	0,2 – 1,3
Kofein	0,1 – 0,7	0,05 – 0,3

Energetická hodnota ve 100 g kakaových bobů je asi 1900 kJ. Kakaové boby obsahují zhruba 300 těkavých látek, které jsou nositeli chuťových vlastností [5, 6].

Mezi hlavní složky čokolády patří sacharidy, bílkoviny, tuky, vitamíny (A, E a D) a minerální látky (železo, hořčík a vápník). Obsah těchto složek je rozmanitý a závisí na druhu čokolády. Optimální hodnota vlhkosti je u hořkých čokolád asi 0,7 % (w/w), u mléčných čokolád je tato hodnota vyšší. Podle studií je 100 g hořké čokolády schopno dodat až 24 % (w/w) mědi, naproti tomu mléčná čokoláda je výborným zdrojem vápníku [3, 4, 7].

3 SUROVINY PRO VÝROBU ČOKOLÁDY

Pro výrobu čokolády jsou nezbytné tyto suroviny: kakaová hmota, cukr, kakaové máslo a emulgátory. Mohou být dodávány i ochucující suroviny, jako je sušené mléko, aromata a náhražky kakaového másla. [6]

3.1 Kakaová hmota

Kakaová hmota je vyrobena z rozdrcených, pražených, kakaových bobů s odstraněnou slupkou a klíčkem. Základní podmínkou jsou pečlivě vyčištěné a roztríděné kakaové boby. Podmínky skladování jsou velmi jednoduché. Kakaovou hmotu lze skladovat a dopravovat v tekutém, či tuhém skupenství. Delší dobu trvanlivosti zajišťuje vysoký obsah kakaových součástí (nízký obsah vody), které působí antioxidačně. Požadavky na kvalitu kakaové hmoty jsou uvedeny v tabulce 2. [6]

Tab. 2 – Požadavky na kakaovou hmotu [7].

Obsah tuku (% w/w)	50 – 58
Obsah vody (% w/w)	Max. 2,5
pH	5,2 – 5,8
CPM (CFU v 1g)	Max. 5000
Plísně (CFU v 1g)	Max. 50
Kvasinky (CFU v 1g)	Max. 50
<i>Enterobacteriaceae</i> (CFU v 1g)	0
<i>E. coli</i> (CFU v 1g)	0
<i>Salmonella</i> (CFU ve 100g)	0

3.2 Kakaové máslo

Kakaové máslo nebo-li kakaový tuk je nepostradatelnou součástí kakaových bobů. Obsah kakaového másla v bobech se pohybuje od 45 % – 55 % (w/w). Konzistence kakaového másla při pokojové teplotě je tvrdá ale křehká. Tento tuk je bělavý, místy až světle žlutý a jeho bod tání je 32 – 34 °C. Bod tání je nižší než teplota lidského těla, proto se na jazyku rozplývá. Mezi další velké výhody řadíme vysokou odolnost proti žluknutí, díky ideálnímu zastoupení mastných kyselin. Má dlouhou dobu trvanlivosti a může se skladovat při vhodných podmínkách i řadu let [3, 12].

Složení kakaového másla je primárně z glyceridů mastných kyselin. Vyskytují se tu mastné kyseliny jako stearová, palmitová a olejová. Proto je kakaové máslo schopno krystalizovat v několika modifikacích. Každá krystalická modifikace se od sebe liší svými fyzikálně-chemickými vlastnostmi, např. bod tání. Kakaové máslo krystalizuje ve 4 krystalických modifikacích, a to α , β , β' a γ . Nejstabilnější modifikace je β , ostatní jsou nestabilní, ovšem nakonec vždy přejdou do modifikace β . Změna to stabilní modifikace může trvat pár minut až několik měsíců, to záleží na způsobu chlazení [6, 13].

Technologie výroby kakaového másla není složitá, ale je potřeba kvalitní technologické zařízení. Získává se lisováním kakaové hmoty v hydraulickém lisu při 50 MPa. Nejvyšší stupeň výtěžnosti je při 100 °C. Kvalitní kakaové máslo má výrazné aroma. Dalším krokem může být dezodorace, která dopomůže technologickým vlastnostem kakaového másla pro zpracování do mléčných čokolád a polev [6, 12, 13].

Kakaové máslo na rozdíl od jiných tuků nereaguje se vzdušným kyslíkem, vodou a je stále při vysokých teplotách. Rozkládá se pouze při vystavení slunečním paprskům [6, 12].

3.3 Náhražky kakaového másla

Vedle kakaového másla se také používají jeho náhražky. Je to hlavně z důvodu vysoké ceny. Místo kakaového másla používají jiné rostlinné tuky, které jsou povolené vyhláškou (č. 76/2003 Sb.) např. palmový olej, olej z manga, bambucký tuk, bornejský tuk, sal a kokum gurgi. Vyhláška také stanovuje jejich maximální přípustné množství, a to do 5 % (w/w), ovšem zároveň nesmí být snížen minimální obsah kakaových součástí. Výrobci jsou povinni náhražku kakaového másla uvést na obale, aby nedošlo ke klamání spotřebitele. [6]

Náhražky kakaového másla je velmi těžké nalézt, je náročné najít rostlinný tuk, který by se přiblížil vlastnostem kakaového másla. Tyto náhražky se označují jako CBS (cocoa butter substitutes), CBE (cocoa butter equivalents) a CBR (cocoa butter replacers).

Cocoa Butter Substitutes jsou tuky, které se používají jako příměsi ke kakaovému máslu, nemají podobné vlastnosti, ale mohou spolu tvořit ideální směs tuků. Patří zde především kokosový, palmojádrový a palmový tuk. Jak už bylo zmíněno, chemické složení se liší od kakaového másla. V mnoha zemích je použití těchto látek omezeno zákony, vyskytují se v produktech, jako je poleva cukrovinek a zmrzlin.

Cocoe Butter Equivalent jsou tuky, jejichž vlastnosti jsou velmi obdobné kakaovému máslu. Mají podobně chemické i fyzikální vlastnosti. Tyto ekvivalenty kakaového másla nepochází z kakaových bobů ale jiných hospodářských plodin. Použití těchto tuků v čokoládě je v České republice omezeno na max. 5 % (w/w). CBE je možné smíchat s kakaovým máslem v různých poměrech, aniž by se měnily vlastnosti čokolády [6, 14, 15, 16, 17].

3.4 Sacharóza

Nejznámější a nevyužívanější sacharid při výrobě sladkých pochutin je sacharóza. Tento sacharid spadá do zákona o potravinách č. 110/1997 Sb. Dle vyhlášky č. 344 patří sacharóza spolu s fruktózou a glukózou do skupiny přírodní sladidla. Tato předloha se zabývá cukrem bílým a cukrem extra bílým. V České republice je tradiční výroba spojena s pěstováním cukrové řepy [4, 27].

Běžná čokoláda má ve svém obsahu průměrně 50 % (w/w) sacharidů. Největší podíl tvoří sacharóza a v mléčné čokoládě je to i laktóza. Pro lidi trpící cukrovkou jsou vyráběny čokolády s umělými sladidly (jako je například sorbitol a xylitol). Pro výrobu čokolády je zásadní výběr kvalitního cukru bez přítomnosti invertního cukru. Malé procento vlhkosti či invertního cukru by mohlo způsobit ztížené válcování a konšování [7, 17].

3.5 Mléčné složky v čokoládě

K výrobě mléčné čokolády je nezbytná mléčná složka. Jako mléčná složka se nejhojněji využívá sušené, odtučněné nebo plnotučné mléko. Každá tato složka má jiné organoleptické a fyzikální vlastnosti, je to způsobeno rozdílným obsahem tuku a způsobem sušení. Odtučněné mléko se využívá v kombinaci s čistým, mléčným tukem, aby tukové částice reagovaly s pevnými částicemi kakaové složky a kakaovým máslem. Oproti tomu plnotučné mléko hůře reaguje s pevnými částicemi z důvodu pevně vázaného tuku [7].

Při výrobě čokolády se také hojně využívá sušená syrovátka, která je cenově přijatelnější než sušené mléko [6].

Musíme brát v potaz, že přidáním mléčné složky dodáváme čokoládě sladkou chuť, kterou nese laktóza. Obsah laktózy v mléce se pohybuje okolo 4,5 % (w/w). Čistá laktóza se v moderních technologiích získává ultrafiltrací zahuštěné syrovátky, která je také nazývána laktózový sirup. Takto získaná laktóza se dodává do mléčné čokolády jako součást plnotučného či odtučněného mléka. Sladivost laktózy je oproti sacharóze mnohem nižší [6, 15].

3.6 Emulgátory

Nebo-li emulgační činidla jsou organické látky, které umožňují mísení dvou nemísitelných látek. Emulgátory snižují povrchové napětí a mají schopnost adsorbovat se na přechod dvou fází. Tyto aditiva se využívají především v potravinářství při výrobě čokolád, margarínů, cukrovinek a dalších potravin. Při výrobě čokolád se nejběžněji využívá lecitin a PGPR (polyglycerol polyricinoleát). Přídavek emulgačních činidel do čokolád má za následek změnu reologických vlastností. Mnoho studií prokázalo, že nejefektivnější využití emulgátorů ve výrobě čokolád je v poměru lecitin a PGPR 3:7 [16, 17].

Fosfatidylcholin, nebo-li lecitin je fosfolipid obsahující glycerin, mastné kyseliny, zbytek kyseliny fosforečné a cholin. Lecitin patří do skupiny emulgačních činidel a do výroby čokolády byl vnesen už v roce 1930. Tato látka je přírodní a vyskytuje se ve vejcích a v sóji, ze které se nejběžněji získává [7, 12].

Lecitin ve svém chemickém vzorci nese mnoho mastných kyselin (30 – 50 %) a dalších látek jako jsou sacharidy, aminokyseliny, kovové ionty a barviva. Velmi dobře se rozpouští ve všech tucích a snadno váže vodu, díky tomu mohou vznikat emulze. Při použití lecitinu se snižuje viskozita vzniklé emulze [12,15].

Při výrobě čokolády má lecitin velmi významnou roli. Dopomáhá emulgaci kakaového másla v čokoládové hmotě a snižuje její viskozitu a snižuje dobu konšování. Díky vzniku emulze se čokoláda stává odolnější vůči vysokým teplotám, má prodlouženou trvanlivost, povrch se stává lesklejší a zabraňuje se časnému šedivění [3].

Dle vědeckých studií se zjistilo, že lecitin velmi dobře reaguje s potravinami, kde je přítomný cukr. Velmi pozitivně ovlivňuje viskozitu cukernatých směsí a tuku. [3,12]

Dalším, hojně využívaným emulgátorem při výrobě čokolády je PGPR (polyglycerol polyricinoleát). Tento emulgátor byl primárně vyvinut pro pekařské účely. Avšak byly objeveny jeho pozitivní vlastnosti na reologické vlastnosti čokolády. V 60. letech 20. století se zjišťoval vliv tohoto emulgátoru na lidské zdraví. Po testech byl shledán neškodným [7, 12, 18].

4 ZPRACOVÁNÍ KAKAOVÝCH BOBŮ A VÝROBA ČOKOLÁDY

Nasbírané plody kakaovníku se nejprve oddělí od dužiny a poté se upravují fermentací a sušením.

4.1 Fermentace

První proces po sklizni plodů kakaovníků je fermentace. Při tomto důležitém procesu vznikají u kakaových bobů prekurzory aromatických látek, které jsou zásadní pro další technologické postupy [4].

K zahájení fermentace jsou nezbytné části dužiny, které na bobech ulpěly. Ta obsahuje ideální množství zkvasitelných sacharidů, které jsou volně přístupné mikroorganismům mléčného kvašení, octového kvašení a kvasinkám. Fermentace je podstatná část technologického postupu, provádí se z důvodu devitalizace kakaových bobů. Zamezí se klíčivosti a odstraní se přebytečná dužina. Během tohoto procesu se díky biochemickým změnám v bobech aktivují potřebné enzymy. Ty jsou potřebné pro katalytické reakce, které snižují svíravou chuť bobů a podporují vývoj barvy [4].

Nejprve probíhá anaerobní fermentace, kdy se reprodukuje ve zvýšeném množství kvasinky. Ty metabolizují zkvasitelné cukry na etanol a oxid uhličitý. Zároveň jsou aktivovány pektolytické enzymy, které „destruují“ ulpělou dužinu. Tento proces trvá 24 – 36 hodin. Během anaerobního kvašení se zvyšuje pH a obsah etanolu. Díky odtékající fermentační šťávě dochází k přechodu na aerobní fermentaci [4, 19].

Při procesu aerobní fermentace jsou přítomny bakterie mléčného kvašení, které se postupným oteplováním na 45 °C inaktivují, a nastává fáze octového kvašení. Jsou zde přítomny bakterie octového kvašení, které metabolizují přítomný etanol na kyselinu octovou. Po těchto dvou procesech jsou přítomny dvě zásadní organické látky, a to kyselina mléčná a octová. Tyto dvě kyseliny přispívají k charakteristickému aroma fermentovaných kakaových bobů [19].

Po fermentaci dochází k devitalizaci kakaového bobu, a to díky zvýšené teplotě a sníženému pH. Mění se také barva na hnědou. Po správné fermentaci obsahují kakaové boby cca 35 % (w/w) vody, což je nežádoucí kvůli možnému výskytu plísní, proto se obsah vody snižuje sušením na 6 – 8 % (w/w). Sušení probíhá buď přirozeně na slunci, nebo uměle v sušárnách [4].

4.2 Sušení

Boby po fermentaci obsahují cca 35 % (w/w) vody, aby bylo zabráněno vývoji plísní, musí se obsah vody snížit na 6 – 8 % (w/w). K snížení vlhkosti se využívá sušení na slunci nebo v sušárnách. Při sušení na slunci se boby rozprostřou do tenké vrstvy za neustálého obracení, poté se přebírají. Při snižování obsahu vody dochází k zakoncentrování aromatických látek a chuťových látek. Po sušení se kakaové boby plní do jutových pytlů [4, 8].

Tab. 3 – Složení fermentovaných kakaových bobů [19].

Složka	Průměrná hodnota (% w/w)
Voda	5,0
Kakaové máslo	53,0
Popel	2,65
Bílkoviny	13,1
Sacharidy	5,6
Polyfenolové látky	5,5
Organické kyseliny	2,5
Extrakční látky	7,35
Vláknina	2,4
Theobromin	1,4
Pentosany	1,5

4.3 Čištění a třídění

Kakaové boby se skladují ve skladištích, či silech. Pro další technologické kroky je třeba surovinu přetřídít a vyčistit. Kakaové boby jsou proto dopravovány do čistících zařízení, ve kterých jsou nejčastěji vibrační síta. Na vibračních sítích se surovina oddělí od příměsí a prachových částic. Vyčištěná surovina dále putuje na třídící pás, na kterém se odstraňují úlomky a nevhodné kakaové boby pro další zpracování [4].

Další čištění je mokrou cestou, kdy se využívá voda. Výhodou této metody je odstranění slizotvorných látek (makromolekulárních sacharidů), které nepříznivě ovlivňují chuť pražených bobů. Namáčení zrna ve vodních pračkách má za následek lepší oddělení slupky při sušení nebo pražení [3, 21].

4.4 Sušení nebo pražení kakaových jader

Pražení jader už je známo za dob Indiánu, kteří kakaové boby pražili v hliněných nádobách. Díky tomuto procesu se změnila konzistence kakaových bobů, a proto se boby lépe oddělovaly od slupky. Také byly o poznání křehčí, čím se snadněji drtily a zjemňovaly svou konzistencí [3].

Sušení a pražení jsou rozdílné procesy, které se liší především výškou teploty působící na jádro. Jakmile teplota není vyšší než 100 °C, pak jde o sušení. Ale dosáhne-li teplota vyšší hodnoty než je 100 °C, jde o pražení. Sušení nemá významný vliv na změnu aroma, což neplatí u pražení, kdy se aromatické látky stávají intenzivnější [22].

Pražení jader se uskutečňuje v kontinuálním pražiči. Při pražení dochází k řadě chemických a fyzikálních reakcí, které podporují vývoj barvy, chuti a vůně. Díky pražení dostávají kakaové boby charakteristické kakaové aroma. Vývoj kakaového aroma je spojeno se vzniklými metabolity při fermentaci, které se při pražení zintenzivní a reagují s dalšími látkami. Po správném pražení je obsah vody 2 – 3 %. Díky nízkému obsahu vody je upražené jádro křehčí a tím se lépe drtí a rozmělnuje [21].

Doba pražení je různá dle technologických postupů firem se může pohybovat kolem 15 – 70 minut. Kakaové boby určené k výrobě kakaového prášku se praží při vyšších teplotách (116 – 121 °C). Za to boby k výrobě čokolády se praží při teplotách 99 – 104 °C [22].

4.5 Drcení kakaových bobů

Upražené kakaové boby se musí upravit odslupkováním a odstraněním klíčku. Tyto části nejsou nezbytné k výrobě čokolády a zhoršují organoleptické a technologické vlastnosti kakaových výrobků. Tyto části obsahují větší množství theobrominu, zapáchajících látek a celulozy, která snižuje její stravitelnost [22].

Odstranění slupky se provádí po rozdrcení upražených, kakaových jader. Po rozdrcení se slupka a rozdrcené kakaové jádro oddělují pomocí různé specifické hmotnosti. Slupka je potenciální, mikrobiologická hrozba, které se musíme zbavit. Odstranění klíčku je možné díky jeho typickému tvaru. Tyto procesy se dějí v jednom strojním zařízení [6].

4.6 Mletí

Drcením vzniklá kakaová drť se mletím rozmělnuje na kakaovou hmotu. Mletím kakaové drti se uvolní z pletiva potřebný buněčný obsah (kakaové máslo). Při tomto procesu se kakaová hmota zahřívá a stává se polotekutou. Mletím vzniká suspenze kakaového másla, kdy tekutou fází je kakaové máslo a dispergovanou fází jsou kakaové částice [6,15].

Velikost částic v pomleté, kakaové hmotě má zásadní vliv pro další zpracování. Jemněji pomletá kakaová hmota má řadu výhod, snadněji se odděluje kakaové máslo, lehčeji se melou pokrutiny na kakaový prášek, zároveň to umožňuje snadnější mixování čokoládových hmot. Jemnost mletí také ovlivňuje míru rozpustnosti kakaového másla s cukrem a jinými surovinami [22].

4.7 Míchání čokoládové hmoty

Míchání je homogenizační proces, kterým se spojí kakaová hmota, kakaové máslo, tuky, cukry a další látky. Správná surovinová skladba je základním předpokladem pro bezproblémové válcování. Mísení všech surovin probíhá v míchacích strojích, nebo-li v hnětacím stroji [6, 23].

4.8 Válcování

Až při válcování se hmota změní z polotekuté formy na práškovou. Ve formě kakaa jsou částice rozptýlené a mají velikost několika málo milimetrů. Válcování je důležitý proces, při kterém se přítomné částice kakaa, cukru a mléčné složky zmenšují na požadovanou velikost. Rozměry částic musí být tak malé, aby se při dotyku s jazykem rozpustily. Velikost částic je různá dle technologických postupů firem a druhů čokolády ale všeobecně se udává velikost menší než 40 μm [6].

Smícháním všech potřebných surovin nám vzniklá čokoládová hmota představuje suspenzi. V kapalně fázi (tuku) jsou rozptýleny pevné kakaové částice a cukerné částice. Válcování připravené čokoládové hmoty se děje na válcovacích stolicích [3].

Při procesu válcování dochází k roztírání vzniklé směsi. Hmota prochází přes jednotlivé válce, kde tvoří tenký povlak a dochází ke zjemňování všech částic. Pro maximální účinnost všech válců se stolice otáčejí se vzrůstající rychlostí. Na hmotu působí základní dvě veličiny a to tlak a tření. Všechny částice větších rozměrů se při průchodu šterbinami drtí

vysokým tlakem, hnětením a třením. Tento krok je důležitý pro zjemnění kakaových součástí, cukru a dalších komponent [22].

Pro maximální účinnost všech válců se změnila parametry válcování. Válce rotují vyšší rychlostí s vyšším výkonem a mezera mezi válci je umístěna, tak aby všechny částice byly zjemněny na konstantní velikost [23].

Válcování má další pozitivní vlastnost, a to jsou chemické změny, které jsou nezbytné pro výslednou chuť a vůni čokolády. Při procesu válcování dochází k odparu vody, cca o 0,2 %. Dále probíhají důležité oxidační procesy, kterými vznikají důležité aromatické látky, které dopomáhají intenzivní kakaové chuti [3].

4.9 Konšování

Za dob Mayů a Aztéků se využívali k míchání kakaové směsi brusné kameny. Tento proces byl zcela nedokonalý, až v roce 1878 byla použita první kontinuální konše, kterou vynalezl Rudi Lindt [6].

Konšování je časově náročný proces, který může trvat až jeden den. Při tomto technologickém kroku dochází k míchání kakaového másla a kakaového prášku. Díky tomuto mechanickému procesu vzniká tekutá forma čokoládové hmoty, která se zušlechťuje. Při konšování dochází k mnoha biochemickým procesům, které jsou nezbytné pro ideální technologické a chuťové vlastnosti čokolády. Konšování probíhá ve specializovaných strojích různého druhu. Tyto stroje nesou název konše, původní název je ze španělského slova concha, což znamená mušle [22].

Díky konšování probíhá několik důležitých dějů, které určují kvalitu výsledného produktu, např. emulgace všech částic hmoty, mechanické zjemnění všech částic, obroušení částic cukru, zvyšuje se obsah sušiny, vyvíjí se typické aroma (odpařují se těkavé organické kyseliny) a snižuje se trpkost, kterou nese kakaová hmota [3].

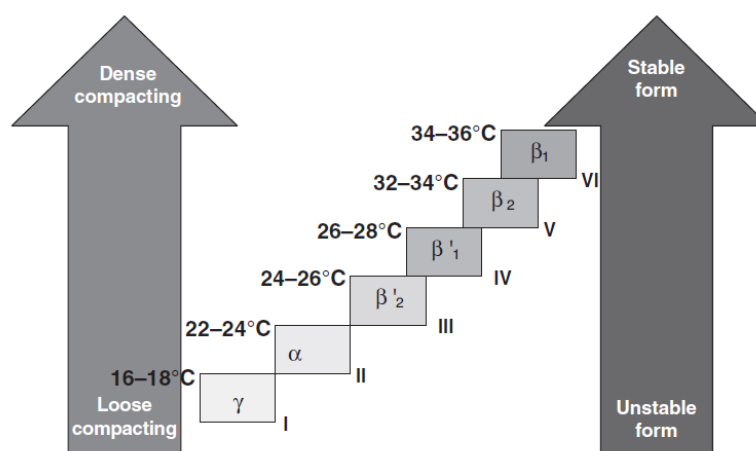
Proces konšování lze dělit na tři důležité fáze a to: suché konšování, tekuté konšování a homogenizace. Při suchém konšování se zpracovává suchá hmota, která se provzdušňuje, nakypřuje a mísí. Také se odpařuje voda a další těkavé sloučeniny. Tekuté konšování je fáze kde se utvářejí důležité organoleptické vlastnosti. A fáze homogenizace důležitá pro ideální rozptýlení kakaového másla na povrchu pevných částic. Zde se přidává emulgátor, nejčastěji lecitin, který dopomáhá ke stabilitě čokolády. Homogenizace je zprostředkovávána smykovými a třecími silami [3].

Při konšování je podstatný mechanismus odvětrávání. Tímto způsobem se odstraňují těkavé látky vzniklé při fermentaci kakaových bobů a také voda. Po skončení konšování má čokoládová hmota teplotu okolo 60 – 90 °C, mléčná čokoláda má tuto teplotu nižší. Takto upravená čokoládová hmota se nemusí ihned zpracovat ale nutno ji adekvátně skladovat, a to nejlépe při 45 – 50 °C [3].

4.10 Temperace a formování

Po konšování probíhá důležitý proces temperace, který ovlivňuje výslednou stabilitu čokolády. Při tomto kroku probíhá krystalizace kakaového másla, přičemž nejideálnější krystalickou modifikací je β . Principem temperace je rychlé míchání čokoládové hmoty, čímž se ochlazuje. Temperování má obrovský vliv na strukturu, konzistenci, viskozitu a lesk čokolády. Důležité je vytvoření, co největšího množství krystalových center v stabilní krystalové modifikaci kakaového másla. Existují čtyři krystalové modifikace kakaového másla, přičemž β je nejstabilnější, bod tání má 36,3 °C [3].

Proces temperace hořké čokolády má tři kroky: tání a ohřev (47 - 49 °C), ochlazení (26 – 28 °C) a pomalé ohřátí (30 – 32 °C). Čokoládová hmota se za rychlého míchání ochlazuje na teplotu 25 °C, což je teplota tání kakaového másla. Poté se hmota ohřeje na teplotu formování. Tento proces se dvakrát opakuje. Podruhé se teplota chlazení sníží pod 30 °C, aby vzniklo, co největší množství krystalů v β modifikaci. Při temperaci se teplota pohybuje okolo 29 – 36 °C. U mléčných čokolád se využívá teplota nižší o 1 – 2 °C než u čokolád hořkých. Správně vytemperovaná čokoláda by měla mít v krystalické formě 3 – 5 % tuku.



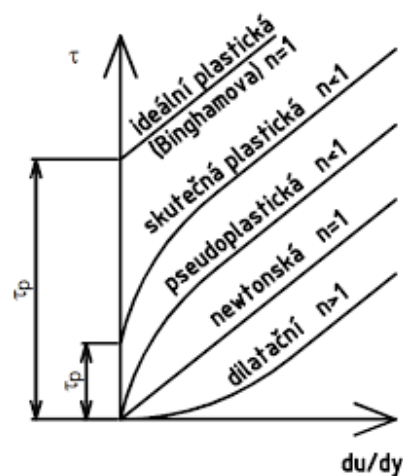
Obr. 4 - Teplotní rozmezí a stabilita krystalických forem kakaového másla [7].

Přetemperováním čokoládové hmoty vzniká mnoho krystalů, čímž se zvyšuje viskozita. Tento jev je nežádoucí kvůli špatné movilitě čokoládové hmoty. Naopak při podtemperování je množství krystalů nízké a tím roste i doba tuhnutí čokoládové hmoty. Po temperaci se čokoládová hmota formuje a chladí. K temperaci nám slouží šnekový temperační stroj, který má kuželovitou nádrž s dvojitým pláštěm a dnem [24, 25].

Vytemperovaná čokoláda se nalévá do tabulkových forem a prochází přes natřásadla do chladicího tunelu. V chladícím tunelu čokoláda tuhne a dostává tabulkový tvar. Po tuhnutí se čokoládová forma lehce nahřeje a výsledný produkt se vyklepne z formy. Tím získáváme čokoládu ve finální podobě. Finálními fázemi už je pouze chlazení, balení, skladování a expedice [24, 25, 26].

5 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ REOLOGICKÉ VLASTNOSTI

Reologie je obor zabývající se chováním neneutonských a newtonských kapalin při toku a deformaci. Čokoláda v tekutém stavu je složitý polydisperzní systém složený z částic cukru, kakaových a mléčných částic ve spojitě tukové fázi. Díky těmto pevným částicím se čokoláda nechová jako pravá kapalina, ale je typická neneutonská kapalina. Reologické vztahy týkající se chování čokolády popsal Casson. Na obrázku č. 5 lze vidět reologické křivky různých typů kapalin, v grafu je zobrazena závislost smykového napětí na gradientu rychlosti [4, 6].



Obr. 5 – Závislost smykového napětí na gradientu rychlosti a typy kapalin [4].

Důležitými veličinami v oblasti reologie je mez toku a koeficient plastické viskozity. Mez toku je veličina popisující velikost napětí, které je potřebné k uvedení kapaliny do pohybu. A plastická viskozita popisuje napětí, které je potřebné vyvinout, aby kapalina tekla konstantní rychlostí. Důležitý vliv na reologii čokolády má především obsah emulgátorů, tuku a vody. Dalšími faktory jsou teplota, konšování, velikost částic a tixotropické vlastnosti [3, 4, 7].

Reologické vlastnosti čokolády jsou dány především recepturním množstvím složek. Například při vyšším množství tuku bez emulgátorů, klesá mez toku i plastická viskozita čokolády. Dále přidavek sójového lecitinu dopomáhá emulgačním vlastnostem a tím se snižuje viskozita čokolády. Lecitin je povrchově aktivní látka, která se usazuje na rozhraní dvou fází a tím usnadňuje smáčení pevné fáze. Je prokázáno, že přidavek lecitinu do 0,3 % na množství čokoládové hmoty je nejefektivnější, větší množství nemá téměř žádný účinek. Čokoláda v tekutém stavu je emulze voda v oleji. Vyšší množství vody v čokoládové hmotě prokazatelně zvyšuje viskozitu hmoty. Taktéž velikost částic ovlivňuje reologické

vlastnosti čokolády. Dojde-li k špatnému pokrytí povrchu pevných částic tukem, pak se zvyšuje koeficient tření a tím i viskozita. Čím vyšší je množství malých částic, tím více stoupá viskozita a mez toku klesá. Důležitá je také teplota, která zásadně ovlivňuje reologické veličiny. Při vyšší teplotě klesá hladina plastické viskozity a zvyšuje se mez toku. Při přidavku lecitinu lze tomuto jevu zabránit. Konšování je významný proces především ve vztahu k viskozitě. U konšované hmoty bez lecitinu dochází k významnému snížení viskozity až po několika hodinách. Při dodání lecitinu na počátku konšování lze pozorovat nízkou viskozitu ihned. Při konšování dochází k významnému snížení meze toku oproti plastické viskozitě, a to především díky odparu vody [3,4,7].

Tixotropie je reologická vlastnost pseudoplastických a plastických systémů, které jsou vystaveny smykovému tření. Tyto systémy mají ze začátku vyšší viskozitu, která se postupem času snižuje. V čokoládové hmotě, která byla v klidu, se utváří vnitřní struktura, která se v závislosti střížné síly rozpadá. Tento jev je nutno znát hlavně při skladování čokolády. Důležitý je také vliv vibrací na čokoládovou hmotu. Tento proces se využívá při formování čokolády, kdy se vlivem vibrací snižuje viskozita. Čím vyšší je odchylka vibrací, tím větší je pokles viskozity [4].

Vztahy mezi všemi složkami, které jsou v disperzním prostředí nebo v disperzní fázi mají významný vliv na mikrostrukturní vlastnosti výsledné matrice. Tyto vztahy ovlivňují především reologické a texturní vlastnosti (mez toku, zdánlivá viskozita, tixotropie, tvrdost a konzistence). Dle studií je hustší čokoládová struktura získaná temperací ideálnější a zlepšuje kvalitu produktu (snižuje výskyt tukového výkvětu). Optimální temperace významně přispívá k nižší tvrdosti čokolády a k lepšímu lesku [27].

Při zkoumání reologických vlastností (viskozity a smykové rychlosti) mléčné čokolády byl zjištěn vliv na pseudoplasticitu čokolády. Při zvyšující se smykové rychlosti se viskozita snižovala, což tento vliv potvrzuje. Podle Juszczak et al., (2004) je toto chování přisuzováno rozpadu vnitřní, disperzní struktury. Podle literatury Afoakwa et al., (2008) by dobře temperovaná čokoláda neměla být tixotropní, a proto by neměla mít příliš agregovanou strukturu [28, 29].

Konvenčně vyráběné čokolády jsou náchylné k rychlému tání, tím je náročnější přeprava a skladování hlavně v letním období. Tento problém mohou vyřešit různé technologické postupy. První je přidavek polymeru, který na sebe naváže tuk a tím zvýší bod tání tuku. Ovšem přidavek polymeru zvyšuje viskozitu čokoládové hmoty, což ztěžuje přepravu čo-

koládové hmoty a formování. Druhou variantou je přidání polyolů a hydratačního gelu pro zvýšení mikrostruktury, bohužel přidavkem těchto látek se prodlužuje doba tuhnutí čokolád. Další možností je využití enzymů, které jsou ekonomicky náročné. Proto byla vyvinuta optimalizovaná emulze, která obsahuje CBS (cocoa butter substitute), polyglycerol polyricinoleát, vodu, arabskou gumu a cukrový sirup. Bylo prokázáno, že emulze CBS zvyšuje obsah vlhkosti a tuku, ale snižuje množství vyrobených, čokoládových tabulek. Přidání emulze do 60 ml/l vede ke snížení viskozity čokoládové hmoty, toto množství bylo prokazatelně neoptimálnější. U přidavku 80 ml/l byla prokázána maximální tvrdost, avšak při působení vyšších teplot došlo k tukovému výkvětu a k snížení organoleptických vlastností čokolád [30].

Technologické postupy a receptury výrobců se musí přizpůsobovat požadavkům veřejnosti. Aktuální požadavek spotřebitelů je čokoláda se sníženým obsahem tuku, což může být problematické v reologických vlastnostech čokolády. Pro výrobu této čokolády byla nahrazena kakaová hmota kakaovým práškem a přidáno malé množství kakaového másla. Výsledky výzkumu prokázali rozdílné reologické vlastnosti mezi čokoládou z kakaové hmoty a z kakaového prášku. Čokoládová hmota z kakaové hmoty měla vyšší viskozitu než čokoládová hmota z kakaového prášku. Použitý, kakaový prášek standartní, odtučněný, obsahující 11 g/100 g tuku způsoboval nižší viskozitu čokoládové hmoty než kakaový prášek vysoce odtučněný (<1 g/100 g). Z důkladné analýzy vyplynulo, že nejlepším kompromisem je standartní, odtučněný, kakaový, prášek, který je v průmyslu nejvíce využíván [31].

5.1 Model dle Cassona

Cassonův model je velmi blízká alternativa k Binghamově modelu. Tento model je sice založen na Binghamově modelu, avšak všechny proměnné jsou zvýšeny o konstantu 0,5. Díky tomu je výraznější přechod mezi toku a Newtonovou oblastí. Cassonův model je velmi spolehlivý pro řadu materiálu a lze s ním vypočítat mez toku. Oproti Binghamově modelu má širší využití. Tento model lze využít pro popis reologických vlastností inkoustu, čokolády či jiných látek. Cassonův model lze vyjádřit dle následujícího matematického vztahu:

$$\sqrt{\sigma} = \sqrt{\sigma_0} + \sqrt{\eta_c \dot{\gamma}}$$

Kde η_c představuje Cassonovu viskozitu, která ovlivňuje smykovou rychlost a viskozitu [33].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 CÍL PRÁCE

Cílem této diplomové práce bylo zjistit vliv doby konšování (8, 10 a 12 h.) a obsahu kakaových součástí (65 %, 75 %; w/w) na vybrané vlastnosti hořké čokolády.

Pro dosažení cílů bylo potřeba:

- zpracovat literární rešerši, která se týkala vlivu doby konšování na vybrané vlastnosti hořké čokolády,
- zaměřit se především na dobu konšování u modelových vzorků hořké čokolády

Pro zpracování praktické části bylo třeba naplnit tyto cíle:

- vyrobit modelové vzorky hořké čokolády s různou dobou konšování (8, 10 a 12 h.) a s různým obsahem kakaových součástí (65 %, 75 %; w/w),
- modelové vzorky skladovat při stabilní teplotě 25 ± 2 °C,
- modelové vzorky podrobit základní chemické, reologické a texturní analýze,
- všechny analýzy provést ihned po výrobě modelových vzorků a po 1, 2, 3, 4 a 5 měsících skladování,
- výsledky vyhodnotit a vyhodnotit závěry.

7 METODIKA PRÁCE

7.1 Popis experimentu

Praktická část diplomové práce byla zahájena výrobou modelových vzorků hořkých čokolád. Jako hlavní suroviny byly použity kakaová hmota, kakaové máslo, cukr a lecitin. Tyto suroviny byly použity v daném recepturním množství, které je uvedeno v tabulce 4. Obě recepturní množství byly podrobeny třem konšovacím režimům, a to 8, 10 a 12 hodinám. Po konšování byla provedena temperace, která je podstatnou součástí výroby čokolády. Všechny modelové vzorky hořké čokolády byly následně tvarovány a chlazeny ve formách.

Tab. 4 – Surovinová skladba použitá při výrobě modelových vzorků hořkých čokolád

<u>Recepturní množství</u>	Kakaové součásti 65 % (w/w)	Kakaové součásti 75 % (w/w)
Kakaová hmota (g)	675	825
Kakaové máslo (g)	300	300
Cukr (g)	510	360
Lecitin (g)	15	15

Vyrobené vzorky byly dále skladovány při teplotě 25 ± 2 °C a podrobeny následným analýzám ihned po výrobě a každý další měsíc po dobu 6 měsíců. Byla provedena základní chemická analýza, která zahrnovala měření pH vzorků a stanovení vlhkosti. Dále byla provedena texturní analýza zaměřená na sledování texturních vlastností vzorků a to především tvrdosti. Následovala reologická analýza zaměřená na zdánlivou viskozitu a smykové napětí vyjádřené jako mez toku.

7.2 Výroba modelových vzorků hořké čokolády

Experimentální část diplomové práce byla započata výrobou modelových vzorků hořkých čokolád s obsahem kakaových součástí 65 % a 75 % (w/w).

Základní použité suroviny pro výrobu čokolád:

- kakaová hmota v BIO kvalitě ve formě zlomků, země původu Peru, od firmy Svět plodů s.r.o., Břidličná, ČR

- kakaové máslo v BIO kvalitě ve formě zlomků, země původu Peru, od firmy Svět plodů s.r.o., Břidličná, ČR
- cukr krystal s obchodním názvem „Korunní“, od výrobce Moravskoslezské cukrovary, a. s., Hrušovany nad Jevišovkou, ČR
- Lecitin sojový bez GMO (v prášku), země původu Indie, od výrobce Monaco Int. s.r.o., Praha 9, ČR

Pro výrobu modelových vzorků byl použit melanžér (SPECTRA 11 Stone Melanger, Coimbatore, Indie) při 1000 ot./min. Každý výrobní cyklus měl pod sebou tyto technologické kroky: míchání, konšování, temperaci, chlazení, krystalizaci a balení. Dané recepturní množství kakaové hmoty a kakaového másla bylo rozpuštěno a nadávkováno do melanžéru. Dále byl přidán cukr a v poslední hodině konšování byl přidán sójový lecitin. Byly použity tři doby konšování a to 8, 10 a 12 hodin. Po uplynulé době konšování byla čokoládová hmota temperována v temperovacím stroji (MINITEMPER, Pavoni, Itálie). Použité temperovací teploty byly 51 °C, 27 °C a následně 32 °C, výdrž těchto teplot byla 2 minuty. Za každý výrobní cyklus bylo vyrobeno 1,5 kg čokoládové hmoty. Po temperaci se vzorky formovaly ve formách o rozměrech 25 x 100 x 15 mm. Poté byly vzorky chlazeny na 6 ± 2 °C po dobu 12 hodin. Po ukončení procesu výroby byly vzniklé vzorky baleny do aluminiových fólií a následně do polyethylenových sáčků s vnitřním zipem. Tyto vzorky byly dále skladovány při teplotě 25 ± 2 °C po dobu 5 měsíců.

7.3 Základní chemická analýza

Základní chemická analýza zahrnovala stanovení pH a stanovení vlhkosti modelových vzorků hořké čokolády. Jednotlivé měření bylo prováděno digitálním pH metrem (pH Spear, Eutech Instruments, Oakton, Malaysia). Měření probíhalo dle metod popsanych v AOAC (2005) [33]. Nejprve byl pH metr zkalibrován. Poté bylo 10 g vzorku hořké čokolády rozpuštěno v 90 ml vroucí vody. Takto rozpuštěná suspenze byla zfiltrována za horka přes filtrační papír. Vzniklý filtrát byl vychlazen na 25 °C a bylo změřeno pH ponořením elektrody. Každý vzorek byl proměřen třikrát. Gravimetrické stanovení vlhkosti modelových vzorků bylo provedeno dle AOAC 931.04 [42] sušením při teplotě 100 ± 2 °C do konstantního úbytku hmotnosti [30, 33, 42].

7.4 Stanovení tvrdosti

Pro stanovení tvrdosti modelových vzorků hořkých čokolád byl použit přístroj TA.XT Plus (Stable Micro Systems Ltd., Godalming, Velká Británie), který je zobrazen na obrázku 6. Analýza tvrdosti probíhala podle Lillah et. al. [30] za využití texturního analyzátoru. Tvrdost čokolády byla stanovena pomocí penetrace sondy o průměru 2 mm do hloubky 5 mm, pohybující se rychlostí 2 mm/s.

Tvrdost (pevnost) vzorku je definována jako síla potřebná k dosažení deformace výrobku. Čím vyšší je hodnota maximálního píku, tím tvrdší je výrobek a tím více síly je nutno dodat k deformaci čokolády [30, 34].



Obr. 6 – Texturní analyzátor TA.XT Plus

7.5 Reologické vlastnosti

Reologie se zabývá měřením viskoelastických vlastností celé řady materiálů. Předmětem zkoumání jsou především projevy viskózního a elastického chování a jejich proměnlivost v závislosti na tepelném a mechanickém zatížení vzorku [31].

Pevný materiál vykazuje elastické chování. To znamená, že při působení daného napětí vzniká energie, která je využita k navrácení změn vzniklých deformací do původního stavu. Na rozdíl od pevných materiálů kapaliny vykazují viskózní chování, tedy jedná se o

nezvratné změny vyvolané napětím. Zjednodušeně lze říci, že viskózní materiál je ten, který vykazuje známky tečení [35].

Reologické vlastnosti materiálů byly měřeny na oscilačním reometru (Thermo Scientific HAAKE RheoStress 1) s geometrií deska – deska, tento reometr je zobrazen na obrázku 7. Viskozita a smykové napětí modelových vzorků čokolád bylo měřeno při 40 ± 2 °C. Dle standardní metody IOC [43] se porovnály hodnoty meze toku (YS_5) v 5 s^{-1} a viskozity (η_{40}) v 40 s^{-1} . Tato metoda byla použita dle Do et. al. [31]. Výstupem měření byly tokové křivky, které informují o tokových vlastnostech vzorků. Vzorky čokolád vykazovaly nenevtonské chování, v průběhu měření docházelo ke změně viskozity a viskoelastických vlastností [31, 36].



Obr. 7 – Rotační reometr Thermo Scientific HAAKE RheoStress 1

7.6 Statistická analýza dat

Zkoumané fyzikálně-chemické parametry byly porovnány analýzou rozptylu (jednosměrná ANOVA) a následným posttestem (Tukey test) s 95 % spolehlivostí. Statistická hladina významnosti byla 0,05. Získaná data byla vyjádřena jako průměr \pm standardní odchylka. Statistické analýzy byly provedeny pomocí softwaru Minitab 16 (Minitab, Ltd., UK).

8 VÝSLEDKY A DISKUZE

Skladovací pokus sloužil ke sledování vybraných vlastností hořké čokolády v čase a porovnání těchto vlastností u třech různých časů konšování (8, 10 a 12 hodin). V následujícím textu budou vyhodnoceny jednotlivé intervaly měření a závislost jednotlivých vlastností modelových vzorků hořké čokolády. Poté budou tyto výsledky shrnuty a vyhodnoceny v závěrečné kapitole.

Dle Aidoo et. al. [37] je konšování důležitou technologickou operací při které se odstraňuje vlhkost, kyseliny a vyvíjí se konečná čokoládová chuť a struktura. Doba konšování a recepturní množství má největší vliv na reologické vlastnosti. Hlavními ukazateli reologických vlastností čokolád jsou viskozita a mez toku [28, 37].

Dle Lillah et. al. [30] jsou všechny fyzikálně-chemické vlastnosti dány především recepturním množstvím surovin, použitými technologickými kroky a skladováním [30].

8.1 Základní chemická analýza

8.1.1 Stanovení obsahu vlhkosti

Hodnoty obsahu vlhkosti vyrobených modelových vzorků hořkých čokolád se pohybovaly v rozmezí 0,39 – 0,76 % (w/w), což lze vidět v tabulce 5. Nízká hodnota vlhkosti zabezpečuje mikrobiologickou stabilitu výrobku. Ve vyhlášce č. 76/2003 Sb. je vlhkost určena pouze u kakaového prášku a kakaového prášku se sníženým obsahem tuku na 9 % (w/w) nejvýše. Obvyklý obsah vlhkosti kakaového prášku je dle Lillah et. al. [30] v rozmezí 2,7 – 7,8 % (w/w). Dále je dle Lillah et. al. [30] průměrná vlhkost hořké čokolády kolem 0,6 % (w/w), což našim hodnotám odpovídá. Hodnota vlhkosti významně ovlivňuje reologické a texturní vlastnosti a stabilitu výrobku. Obsah vlhkosti také ovlivňuje množství a typ dodaného emulgačního činidla. U Lillah et. al. [30] je prokázáno, že při dodání optimalizované emulze obsahující CBS (cocoa butter substitute), polyglycerol polyricinoleát, vodu arabskou gumu a cukrový sirup je významné zvýšení obsahu vlhkosti u vzorků. Je známo, že se zvyšující se dobou konšování klesá obsah vody, což lze pozorovat i v našem případě, kdy se po 12 hodinách konšování snížil obsah vody až na polovinu [1, 30].

Tab. 5 – Vlhkost jednotlivých, modelových vzorků hořké čokolády

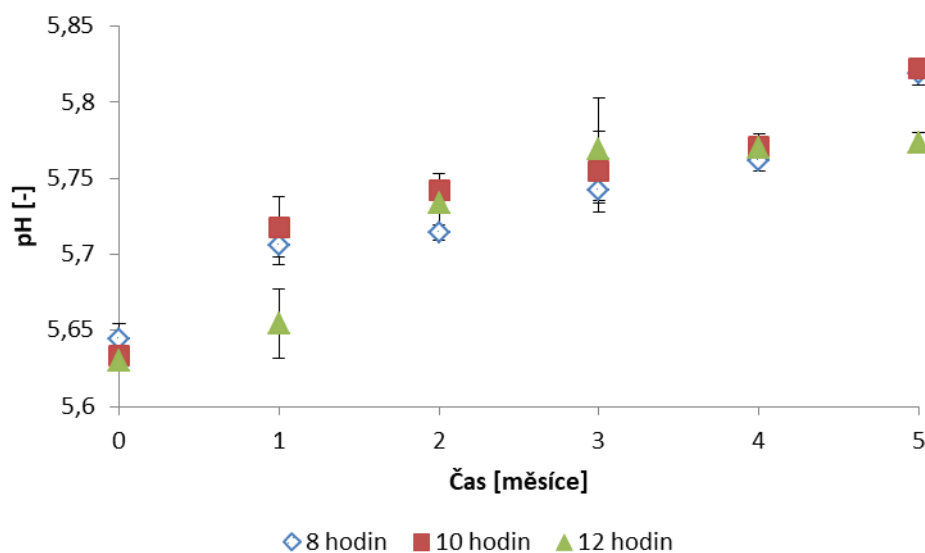
Vzorek hořké čokolády (% w/w)*	Doba konšování (h)	Vlhkost (% w/w)
65	8	0,55 ± 0,04
	10	0,49 ± 0,06
	12	0,40 ± 0,06
75	8	0,76 ± 0,02
	10	0,59 ± 0,14
	12	0,39 ± 0,06

* množství kakaových součástí

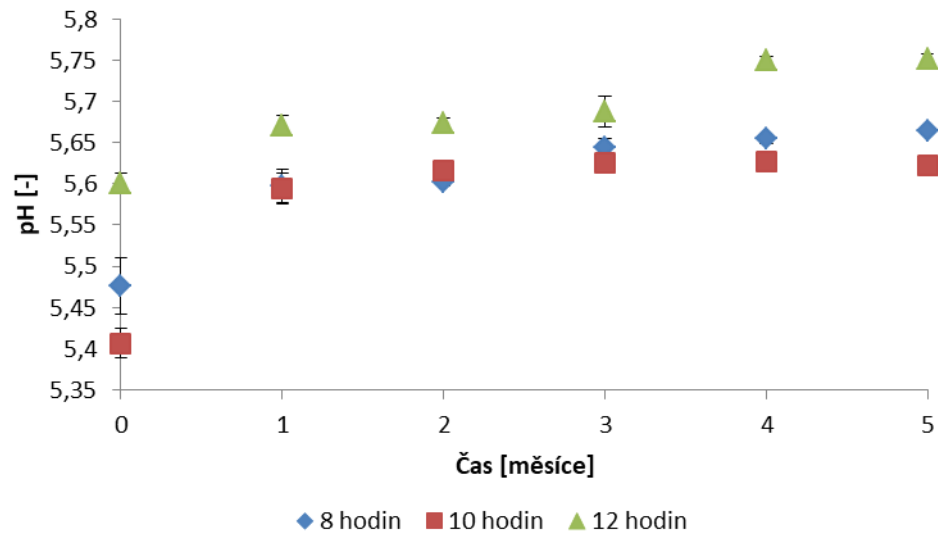
8.1.2 Stanovení hodnot pH

Hodnoty pH jednotlivých, modelových vzorků hořké čokolády významně ovlivňují chuť a stabilitu výrobku a jsou závislé na složení kakaových součástí a dodání emulgačních činidel. Při vyhodnocování výsledků pH bylo zjištěno, že při vyšším recepturním množství kakaových součástí (75 % w/w) je pH podstatně nižší oproti recepturnímu množství s nižším obsahem kakaových součástí (65 % w/w). Tento jev je popsán u Prawira et. al. [38] a je způsoben recepturním množstvím kakaové hmoty, která je nositelem organických kyselin vzniklých po fermentaci. Nejvyšší hodnoty pH měly vzorky po 5 měsíčním skladování s nižším obsahem kakaových součástí (65 % w/w) s dobou konšování 10 hodin a 8 hodin. Hodnoty pH těchto vzorků po 5 měsících byly v rozmezí 5,81 – 5,82. Naopak nejnižší hodnoty v intervalu pH 5,41 – 5,48 patřily vzorkům v měsíci 0, s vyšším obsahem kakaových součástí (75 % w/w) a s dobou konšování 10 a 8 hodin. Obecně pro všechny vzorky platí, že pH se s dobou skladování zvyšuje. To je dle Prawira et. al. [38] způsobeno postupným únikem organických kyselin při konšování a skladování a také zvyšující se hladinou vlhkosti. Tento trend lze vyzpozorovat u vzorku s vyšším obsahem kakaových součástí (75 % w/w) s dobou konšování 12 hodin, který je zaznačen na obrázku 8. Tento vzo-

rek se více lišil od ostatních vyšším pH, a to může být způsobeno delší dobou konšování při kterém organické kyseliny vytékaly. U vzorků s nižším obsahem kakaové hmoty lze pozorovat méně výrazné odlišnosti v hodnotách pH. Dle Lillah et. al. [30] se na pH podílí také typ použitého emulgátoru, např. při použití optimalizované emulze CBS se pH podstatně zvýšilo, což bylo způsobeno chemickým složením emulgátoru. Podobně u Pandey et. al. [39] byl prokázán vliv emulgačních činidel na pH výsledné čokolády ale pouze u emulgátorů obsahující PGPR (polyglycerol polyricinoleát). Ovšem u Pandey et. al. [39] je trend pH s dobou skladování klesající, to může být způsobeno jiným recepturním složením (použití sójové mouky), nebo jiným technologickým postupem při výrobě nebo jinou teplotou skladování (16 ± 2 °C) [30, 38, 39].



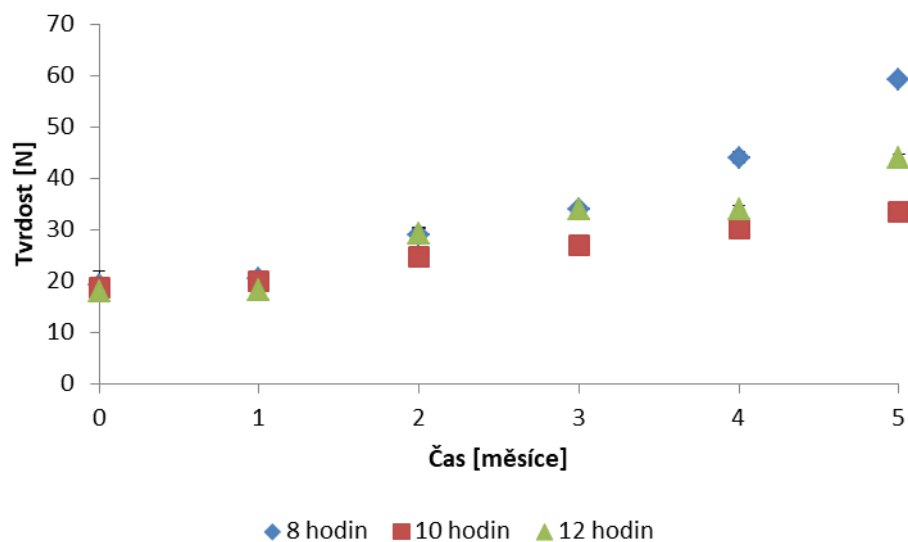
Obr. 8 – pH modelových vzorků hořké čokolády s 65 % (w/w) kakaových součástí v závislosti na době skladování



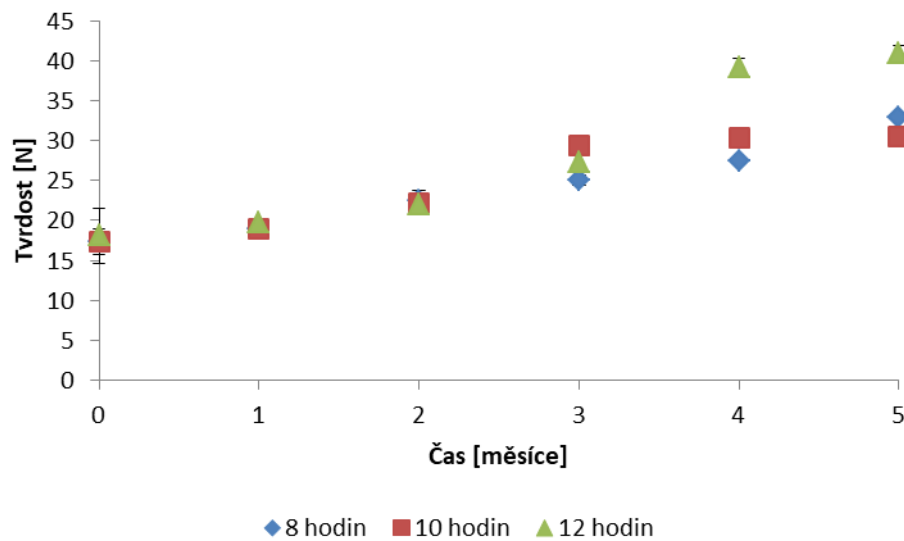
Obr. 9 - pH modelových vzorků hořké čokolády s 75 % (w/w) kakaových součástí v závislosti na době skladování

8.2 Stanovení tvrdosti

Výsledky měření tvrdosti modelových vzorků hořké čokolády jsou uvedeny na obrázku 10 a 11. V následujících grafech jsou prezentovány výsledky stanovení tvrdosti různých konšovacích režimů (8, 10 a 12 hodin) v závislosti na délce skladování.



Obr. 10 - tvrdost modelových vzorků hořké čokolády s 65 % (w/w) kakaových součástí v závislosti na době skladování



Obr. 11 - tvrdost modelových vzorků hořké čokolády s 75 % (w/w) kakaových součástí v závislosti na době skladování

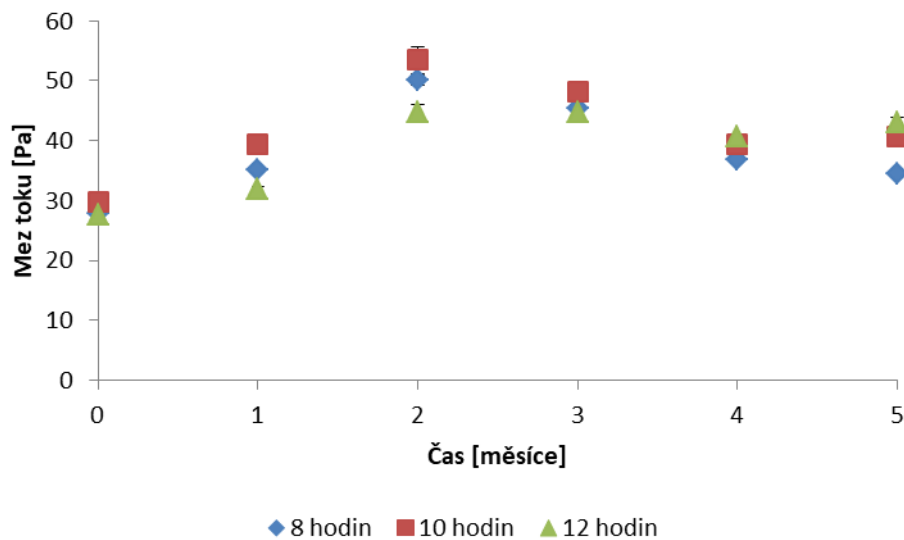
Tvrdość všech vzorků je v průběhu času skladování zaznačena na obrázcích 10 a 11. Nejmenší hodnoty tvrdosti byly zaznamenány u vzorků s nižším obsahem kakaové součásti v měsíci 1. Tyto hodnoty byly v intervalu 20,6 – 18,1 N. Všechny vzorky mají rostoucí trend tvrdosti s dobou skladování. Tento vzrůstající trend je popsán u Pandey et. al. [39]. U Lillah et. al. [30] se hodnoty tvrdosti hořké čokolády ihned po výrobě pohybovaly okolo 16,3 N, což se od našich hodnot liší. Důvodem může být jiné recepturní množství surovin a jiné podmínky měření, zatímco u nás bylo měřeno při 25 °C, Lillah et. al. [39] měřil tvrdost při 28 °C, 32 °C, 36 °C a 40 °C. Modelové vzorky hořké čokolády s nižším množstvím kakaových součástí měly v měsíci 0 výrazně nižší hodnoty tvrdosti. Tento jev je dle Bahari et. al. [40] způsoben nižším obsahem kakaové hmoty, která dodává čokoládě tvrdost. Oproti tomu vzorky s vyšším obsahem kakaových součástí (75 % w/w) mají ihned po výrobě podstatně vyšší tvrdost, která se pohybuje v rozmezí 27,3 – 29,1 N. Nejvyšší tvrdost byla naměřena u vzorku s nižším obsahem kakaových součástí (65 % w/w) s dobou konšování 8 hodin v posledním měsíci skladování. Tato hodnota $59,20 \pm 0,13$ N byla až neobvykle vysoká. U Pandey et. al. [39] byla nejvyšší naměřená hodnota tvrdosti pouze 39,0 N. Tyto rozdílné hodnoty mohou být způsobeny rozdílnými podmínkami skladování a dobou skladování. U Pandey et. al. [39] byly vzorky skladovány pouze 2 měsíce při teplotě 16 ± 1 °C. Všechny vzorky konšované po dobu 10 hodin měly nejnižší hodnoty tvrdosti, což lze vidět na obrázcích 10 a 11. U obrázku 10 lze pozorovat nejvyšší nárůst vzorků s dobou konšování 8 hodin, naopak u obrázku 11 jsou to vzorky s dobou konšování 12

hodin. Tyto jevy jsou způsobeny dle Aidoo et. al. [37] mírou dezintegrace kakaových částic, dobou a teplotami temperací a surovinovou skladbou čokolády [30, 37, 39, 40].

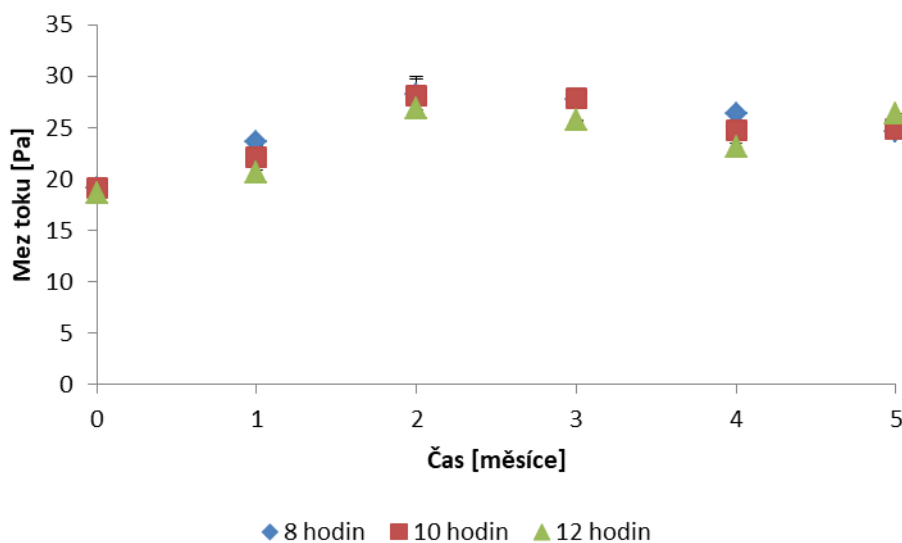
8.3 Reologické vlastnosti

Reologické vlastnosti (viskozita a mez toku) modelových vzorků čokolád byly měřeny při 40 ± 2 °C. Dle standartní metody IOC se hodnoty meze toku (YS_5) v 5 s^{-1} a viskozity (η_{40}) v 40 s^{-1} porovnaly. Tato metoda byla použita dle Do et. al. [31]. Všechny jednotlivá měření byla vyhodnocena a vynesena do grafu v závislosti na době skladování jako lze vidět na obrázcích 12 – 15.

8.3.1 Mez toku



Obr. 12 – mez toku modelových vzorků hořké čokolády s 65 % (w/w) kakaových součástí v závislosti na době skladování

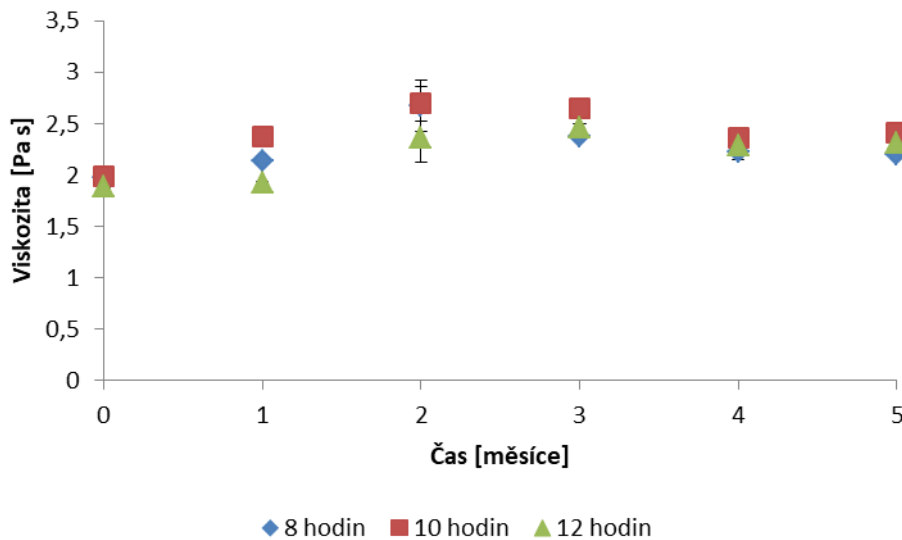


Obr. 13 – mez toku modelových vzorků hořké čokolády s 75 % (w/w) kakaových součástí v závislosti na době skladování

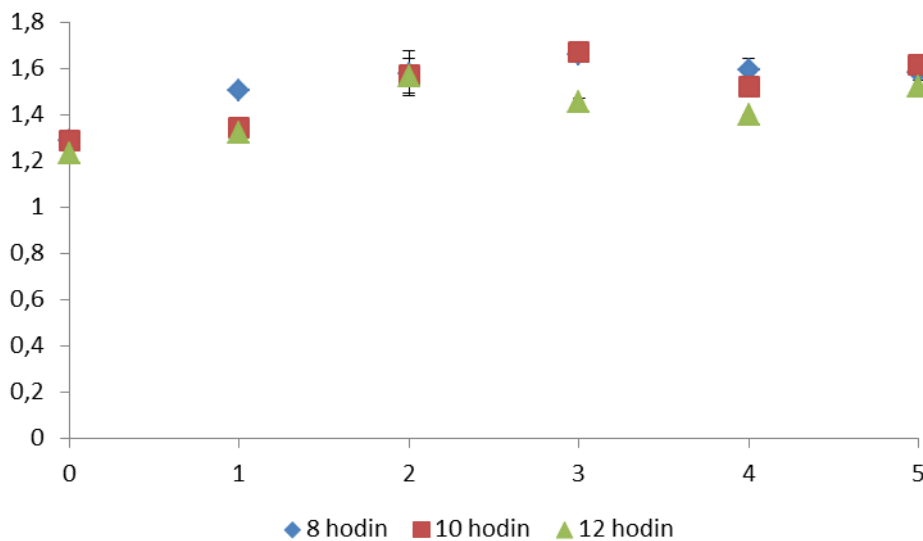
V předcházejících grafech jsou prezentovány výsledky stanovení meze toku (YS_5) různých konšovacích režimů (8, 10 a 12 hodin) v závislosti na délce skladování. U obrázku 12 a 13 lze pozorovat stejný vzrůstající trend do měsíce 2 a následný postupný pokles do 5 měsíce. Nejmenší hodnoty meze toku (YS_5) byly zaznamenány u vzorků s vyšším obsahem kakaové hmoty ihned po výrobě (měsíc 0). Tyto hodnoty byly v intervalu 18,6 – 19,1 Pa. Stejný trend lze pozorovat i u Glicerina et. al. [42], kdy se mez toku zvyšuje a poté snižuje, to může být způsobeno postupnou krystalizací kakaového másla do stabilní modifikace. Dle Glicerina et. al. [27] se hodnoty meze toku hořké čokolády pohybují okolo $33,1 \pm 0,2$ Pa, mléčné čokolády $14,6 \pm 0,2$ Pa a bílé čokolády $11,50 \pm 0,2$ Pa. Dle tohoto zdroje je vyšší hodnota meze toku hořké čokolády způsobena její vnitřní strukturou (agregovanější) a množstvím kakaového másla. Tento zdroj uvádí, že čím vyšší je množství kakaového másla, tím jsou nižší hodnoty reologických vlastností. Vliv na reologické vlastnosti má také přítomnost lecitinu, který přispívá ke snížení těchto hodnot. Lze tedy předpokládat, že k toku hořké čokolády bude nutno vyvinout vyšší množství energie, než je tomu u mléčných, či bílých čokolád. Zdroj Glicerina et. al. [42] uvádí, že jednotlivé technologické kroky při výrobě čokolády podstatně ovlivňují smykové napětí, mez toku i viskozitu. Například při míchání surovin byly hodnoty meze toku okolo 37 Pa, ale u teploty se tyto hodnoty pohybovaly okolo 15 Pa, což je značný rozdíl. Nejvyšší hodnoty meze toku (YS_5) byly zaznamenány u vzorků s nižším obsahem kakaové hmoty v měsíci 2. Tyto hodnoty se

pohybovaly v intervalu 44,8 – 53,4 Pa. Dle Glicerina et. al. [27, 42] vyšší hodnoty meze toku značí hrubší mikrostrukturu, což mohlo způsobit vyšší množství cukru než u vzorků s 75 % (w/w) kakaových součástí. U žádného vzorku s různou dobou konšování nelze pozorovat výraznější změny meze toku, vliv lze pozorovat pouze s dobou skladování a s různým recepturním množstvím. Dle Bahari et. al. [40] se meze toku u vzorků hořkých a bílých čokolád lišily významně. Tyto vzorky měly rozdílné recepturní množství a to především v použitých tukových součástech. Nejvyšší mez toku vykazoval vzorek hořké čokolády s Illipe tukem a klasická hořká čokoláda s kakaovým máslem. Nejnižší mez toku měl vzorek bílé čokolády s interesterifikovaným tukem.

8.3.2 Viskozita



Obr. 14 - viskozita modelových vzorků hořké čokolády s 65 % (w/w) kakaových součástí v závislosti na době skladování



Obr. 15 - viskozita modelových vzorků hořké čokolády s 75 % (w/w) kakaových součástí v závislosti na době skladování

V předcházejících obrázcích jsou prezentovány výsledky stanovení viskozity (η_{40}) různých konšovacích režimů (8, 10 a 12 hodin) v závislosti na délce skladování. U obrázku 14 lze pozorovat vzrůstající trend do měsíce 2 a následný postupný pokles do 5 měsíce. U obrázku 15 je tento trend podobný, avšak vzrůstající tendence je až do 3 měsíce. Nejmenší hodnoty viskozity (η_{40}) byly zaznamenány u vzorků s vyšším obsahem kakaové hmoty ihned po výrobě (měsíc 0). Tyto hodnoty byly v intervalu 1,2 – 1,3 Pa·s. Tento trend je popsán i u Glicerina et. al. [41], kdy se viskozita postupně zvyšuje a náhle klesá, tento jev je dle zdroje způsoben recepturním množstvím kakaových součástí a dobou konšování. Dle tohoto zdroje se viskozita čokolády pohybovala okolo $1,3 \pm 0,2$ Pa·s, což odpovídá našemu recepturnímu množství s 75 % (w/w) kakaových součástí. Ale u Aidoo et. al. [37] se hodnoty viskozity lišily a pohybovaly se v intervalu 1,9 – 2,2 Pa·s, tyto hodnoty odpovídaly našim modelovým vzorkům s 65 % (w/w) kakaových součástí. U Glicerina et. al. [41] lze pozorovat změny viskozity i v samotném technologickém zpracování, například po smíchání všech surovin byla viskozita $3,8 \pm 0,1$ Pa·s, při počátku konšování byla viskozita $23,2 \pm 2,2$ Pa·s a po temperaci se viskozita pohybovala okolo $1,3 \pm 0,2$ Pa·s. Z tohoto lze vyvodit, že proces konšování je nedílnou technologickou součástí výroby čokolády a výrazně ovlivňuje všechny reologické vlastnosti. Nejvyšší hodnoty viskozity (η_{40}) byly zaznamenány u vzorků s nižším obsahem kakaové hmoty v 2 měsíci. Tyto hodnoty byly v intervalu 2,4 – 2,7 Pa·s. U Bahari et. al. [40] měly největší viskozitu vzorky s Illipe tukem a nejmenší měly vzorky s kakaovým máslem a interesterifikovaným tukem. Tento zdroj

uvádí, že změny ve viskozitách mohou být způsobeny procentuálním zastoupením triacylglycerolů v tucích. Například kyselina stearová má výrazně zvyšovat viskozitu čokoládových hmot. Viskozity bílých čokolád jsou podstatně nižší než hořkých, je to z důvodu nepřítomnosti pevných, kakaových částic. U žádného vzorku s různou dobou konšování nelze pozorovat výraznější změny ve viskozitě, změny lze pozorovat pouze s postupující dobou skladování a s různým recepturním množstvím. Avšak u obou recepturních množství s dobou konšování 12 hodin lze pozorovat nejnižší hodnoty viskozity, tyto hodnoty nejsou nijak výrazně odlišné od jiných časů konšování ale podle Glicerina et. al. [41] jsou tyto hodnoty nižší díky delší době konšování. Delší doba konšování prokazatelně snižuje velikost částic a tím i viskozitu čokoládových hmot. Viskozitu také snižuje přidání kakaového másla, v našem případě se toto recepturní množství neměnilo, a proto lze předpokládat, že nedošlo k výrazným změnám ve viskozitách.

ZÁVĚR

Diplomová práce byla zaměřena na studium vlivu doby konšování na vybrané vlastnosti hořké čokolády a změnu těchto vlastností vlivem doby skladování (5 měsíců). Byly vyrobeny modelové vzorky hořkých čokolád za použití 2 různých recepturních složení a 3 časových režimů konšování (8, 10 a 12 hod.). Všechny tyto vzorky byly podrobeny 24 hodin po výrobě (měsíc) a v průběhu skladování (1, 2, 3, 4 a 5 měsíc) základní chemické analýze, analýze tvrdosti a reologickému měření.

Na základě naměřených výsledků lze říci, že:

- obsah vlhkosti modelových vzorků hořkých čokolád se pohyboval v rozmezí 0,39 – 0,76 % hmotnostních, což odpovídalo legislativním požadavkům,
- pH modelových vzorků s 75 % hmotnostních, kakaových součástí bylo výrazně nižší a pohybovalo se v intervalu 5,41 – 5,75,
- pH modelových vzorků s 65 % hmotnostních, kakaových součástí bylo vyšší a pohybovalo se v intervalu 5,63 – 5,82,
- v průběhu skladování byl sledován mírný vzestup hodnot pH modelových vzorků hořkých čokolád,
- tvrdost modelových vzorků s 65 % hmotnostních, kakaových součástí bylo podstatně vyšší,
- trend tvrdosti u modelových vzorků hořkých čokolád byl v obou recepturních množstvích s dobou skladování stoupající,
- mez toku modelových vzorků s 65 % hmotnostních, kakaových součástí měla hodnoty podstatně vyšší,
- mez toku se v obou případech modelových vzorků hořkých čokolád nejprve zvyšuje a poté snižuje,
- viskozita modelových vzorků hořkých čokolád měla naprosto stejný, specifický trend jako v případě smykového napětí.

Závěrem diplomové práce lze s jistotou říci, že doba konšování velmi výrazně ovlivňuje veškeré vlastnosti hořké čokolády.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Vyhláška č. 76/2003 Sb. MZe., požadavky pro přírodní sladidla, med, cukrovinky, kakaový prášek a směsi kakaa s cukrem, čokoládu a čokoládové bonbony
- [2] DOUTRE-ROUSSEL, CH. *Čokoláda pro znalce*. 1.vyd. London: Piatkus Books Ltd. 2005. 215 s. ISBN 80-7209-825-X
- [3] RAŠPER, V. *Technologie čokolády a cukrovinek*. 1.vyd. Praha: VŠCHT. 1963. 267 s. č. 32776
- [4] ČOPÍKOVÁ, J. *Technologie čokolády a cukrovinek*. 1.vyd. Praha: VŠCHT, 1999. 168 s. ISBN 80-7080-365-7
- [5] *Čokoláda* [online]. [cit. 2010-02-14]. Dostupný z WWW: <http://www.cokolada.info/druhy-a-kvalita-cokolady.html>
- [6] BECKETT, S:T. *Intustrial Chocolate Manufacture And Use*. 3.vyd. Oxford: Blackwell Science. 1999. 488 s. ISBN-10: 0-632-05433-6
- [7] BECKETT, S:T. *The Science of Chocolate*. 2.vyd. Cambridge: The Royal Society of Chemistry. 2008. 240 s. ISBN: 978-0-85404-970-7
- [8] PEHLE, T., 2009: *Čokoláda: antidepressivum, afrodiziakum, antioxidant*. Čestlice: Rebo, 1.vyd., 295 s. ISBN 978-80-255-0049-1
- [9] COADYOVÁ, Ch. *Čokoláda*. Praha: Fortuna Print, 2000. 192 s. ISBN: 80-86177-54-2
- [10] COE, S., D., COE, M., D. *Čokoláda: historie sladkého tajemství*. Praha: PRAGMA, 2000. 263 s. ISBN 80-7205-478-3
- [11] KRÁMSKÝ, S., FEITL, J., BRONCOVÁ, D. *Kniha o čokoládě: historie výroby čokolády a cukrovinek v českých zemích*. 1.vyd. Praha: Milpo media. 2008. 167 s. ISBN 978-80-87040-13-3
- [12] MALÝ, A., SMÍŠEK, J. *Nauka o surovinách*. 1.vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství. 1960. 106 s. č. 54983/59-II/4
- [13] VENTER, M.J., SCHOUTEN N. *Expression of cocoa butter from cocoa nibs. Separation and Purification Technology*. 2007. roč. 55, č. 2, 256-264 s. ISSN 1383-5866

- [14] ALANDER, J. *HANDBOOK- vegetable oils and fats*. 1. vyd. Halmstad: Karlshamns AB, 2002. 254 s. ISBN 91-631-2210-3
- [15] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin 1*. 2.vyd. Tábor: OSSIS. 2002. 330 s. ISBN 80-86659-00-3
- [16] *Přídavné látky (aditiva)* [online]. [cit.2010-03-08]. Dostupný z WWW:
<http://www.szpi.gov.cz/docDetail.aspx?docid=1005724&docType=ART&nid=11324>
- [17] SCHANTZ, B., ROHM, H. *Influence of lecithin-PGPR blends on the rheological properties of chocolate*. Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie. 2005. roč. 38, č. 1. 41-45 s. ISSN 0023-6438
- [18] WILSON, R., SMITH, M. *Human Studies on Polyglycerol Polyricinoleate (PGPR)*. Food and Chemical Toxicology. 1998. roč. 36, č. 9-10, 743-745 s. ISSN 0278-6915
- [19] JINAP, S., DOMICO, P. S., HOLLENDER, R. *Flavour evaluation of chocolate formulated from cocoa beans from different countries*. Food Control, Elsevier Science Lid, 1995. roč. 6, č. 2, 105-110 s. ISSN 0956-7135
- [20] SCHUMACHER, K. *Čokoláda: velká encyklopedie: dějiny čokolády, jemné pečivo, cukrovinky, dezerty a nápoje*. Bratislava: Trio. 2002. 239 s. ISBN 80-968705-0-5
- [21] BLÁHA, L., ŠREK, F. *Suroviny pro učební obor Cukrář, Cukrářka*. Praha: Informatorium, 3. aktualiz. vyd. 1999. 213 s. ISBN 80-86073-44-0
- [22] POSPÍŠIL, K., SMÍŠEK, J. *Technologie*. 1.vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství. 1965. 239 s. č. 57-0234
- [23] MINIFIE, B.W. *Chocolate, Cocoa and Confectionery: Science and Technology*. 2.vyd. Connecticut: The Avi Publishing Company. 1982. 735 s. ISBN 0-87055-330-5
- [24] FRIBERG, B. *The professional Pastry Chef*. 4. vyd. New York: John Wiley & Sons, 2002. 1019 s. ISBN 0-471-35925-4
- [25] PELIKÁN, M., HŘIVNA, L., HUMPOLA, J. *Technologie sacharidů*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1999. 152 s. ISBN 80-7157-407-4
- [26] Zákon č. 110/1997 Sb. MZe., o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů

- [27] GLICERINA, V., BALESTRA, F., DALLA ROSA, M., ROMANI, S. *Microstructural and rheological characteristics of dark, milk and white chocolate*. Journal of Food Engineering. Elsevier, 2016. roč. 169, 165-171 s. ISSN 02608774
- [28] AFOAKWA, E., PATERSON, A., FOWLER, M. *Effects of particle size distribution and composition on rheological properties of dark chocolate*. European Food Research and Technology, 2008. roč. 226, 1259–1268 s. ISSN 1438-2385
- [29] JUSZCZAK, L., WITCZAK, M., FORTUNA, T., BANYS, A. *Rheological properties of commercial mustards*. Journal of Food Engineering. Elsevier, 2004. roč. 63, 209–271 s. ISSN 0260-8774
- [30] LILLAH, A. A., PASHA, I., MURTAZA, G., ALI, M. *Improving heat stability along with quality of compound dark chocolate by adding optimized cocoa butter substitute (hydrogenated palm kernel stearin) emulsion*. LWT - Food Science and Technology (Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie), 2017. roč. 80, 531–536 s. ISSN 0023-6438
- [31] DO, T. A. L., VIEIRA, J., HARGREAVES, J. M., MITCHELL, J. R., & WOLF, B. *Structural characteristics of cocoa particles and their effect on the viscosity of reduced fat chocolate*. LWT - Food Science and Technology (Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie), 2011. roč. 44, 1207–1211 s. ISSN 0023-6438
- [32] BALMFORTH N. J., FRIGAARD I. A., OVARLEZ G. *Yielding to Stress: Recent Developments in Viscoplastic Fluid Mechanics*. Annual Review of Fluid Mechanics, 2014. roč. 46, 121–46 s. ISSN 0066-4189
- [33] AOAC. *Official methods of analysis* (18th ed.). Arlington, VA, USA: The Association of Official Analytical Chemists. Inc. 2005.
- [34] SZCZESNIAK, A. S. *Texture is a sensory property*. Food Quality and Preference, 2002. roč. 13, 215-225 s. ISSN 0950-3293
- [35] *Fyzikální vlastnosti potravin: Viskoelasticita* [online]. Praha [cit. 2014-04-22]. Dostupné z: tresen.vscht.cz/tmt/ESO/FVP/pFVP04print.pdf. Studijní materiál. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze.
- [36] AESCHLIMMANN J. M., & BECKETT, S. T. *International inter-laboratory trials to determine the factors affecting the measurement of chocolate viscosity*. Journal of Texture Studies, 2000. roč. 31, 541 - 576 s. ISSN 0022-4901

- [37] AIDOO, R.P., DE CLERCQ, N., AFOAKWA, E.O., DEWETTINCK, K. *Optimisation of processing conditions and rheological properties using stephan mixer as conche in smallscale chocolate processing*. International Journal of Food Science & Technology, 2014. roč. 49, 740 – 746 s.
- [38] PRAWIRA, M. & BARRINGER, S.A. *Effects of conching time and ingredients on preference of milk chocolate*. Journal of Food Processing and Preservation, 2009. roč. 33, 571–589 s. ISSN 0145-8892
- [39] PANDEY, A., & SINGH, G. *Development and storage study of reduced sugar soy containing compound chocolate*. Journal of Food Science and Technology, 2011. roč. 48, 76 – 82 s. ISSN 0022-1155
- [40] BAHARI, A., AKOH, C. C. *Texture, rheology and fat bloom study of ‘chocolates’ made from cocoa butter equivalent synthesized from illipe butter and palm mid-fraction*. LWT-Food Science and Technology (Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie), 2018. roč. 97, 349–354 s. ISSN 0023-6438
- [41] GLICERINA, V., BALESTRA, F., DALLA ROSA, M., ROMANI, S. *Effect of manufacturing process on the microstructural and rheological properties of milk chocolate*. Journal of Food Engineering. Elsevier, 2015. roč. 145, 45 – 50 s. ISSN 0260-8774
- [42] AOAC. *Official method 931.04 moisture in cacao products gravimetric method*. Arlington, VA, USA: The Association of Official Analytical Chemists. Inc. 1931.
- [43] International Office of Cocoa CaSCI. *Viscosity of cocoa and chocolate products*. Analytical method 46. rue Defacqz 1, B-100 Bruxelles, Belgium: CABISCO. 2000.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

CPM	Celkový počet mikroorganismů
CBS	Cocoa butter substitutes
CBE	Cocoa butter equivalents
CBR	Cocoa butter replacers
PGPR	Polyglycerol polyricinoleát
AOAC	Association of Official Agricultural Chemists

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 – Druhy čokolád s různými ingrediencemi [3].....	15
Obr. 2 – Plody kakaovníku [3].....	16
Obr. 3 – Odrůdy kakaových bobů (Criollo, Forastero a Trinitario) [3].....	18
Obr. 4 - Teplotní rozmezí a stabilita krystalických forem kakaového másla [7].....	29
Obr. 5 – Závislost smykového napětí na gradientu rychlosti a typy kapalin [4].	31
Obr. 6 – Texturní analyzátor TA.XT Plus	38
Obr. 7 – Rotační reometr Thermo Scientific HAAKE RheoStress 1	39
Obr. 8 – pH modelových vzorků hořké čokolády s 65 % (w/w) kakaových součástí v závislosti na době skladování	42
Obr. 9 - pH modelových vzorků hořké čokolády s 75 % (w/w) kakaových součástí v závislosti na době skladování	43
Obr. 10 - tvrdost modelových vzorků hořké čokolády s 65 % (w/w) kakaových součástí v závislosti na době skladování	43
Obr. 11 - tvrdost modelových vzorků hořké čokolády s 75 % (w/w) kakaových součástí v závislosti na době skladování	44
Obr. 12 – mez toku modelových vzorků hořké čokolády s 65 % (w/w) kakaových součástí v závislosti na době skladování	45
Obr. 13 – mez toku modelových vzorků hořké čokolády s 75 % (w/w) kakaových součástí v závislosti na době skladování	46
Obr. 14 - viskozita modelových vzorků hořké čokolády s 65 % (w/w) kakaových součástí v závislosti na době skladování	47
Obr. 15 - viskozita modelových vzorků hořké čokolády s 75 % (w/w) kakaových součástí v závislosti na době skladování	48

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 – Chemické složení kakaového bobu [7].....	19
Tab. 2 – Požadavky na kakaovou hmotu [7].	20
Tab. 3 – Složení fermentovaných kakaových bobů [19].	25
Tab. 4 – Surovinová skladba použitá při výrobě modelových vzorků hořkých čokolád.....	36
Tab. 5 – Vlhkost jednotlivých, modelových vzorků hořké čokolády.....	41

