

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
AGRONOMICKÁ FAKULTA**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

BRNO 2016

VERONIKA RUMÍŠKOVÁ



**Dynamika změn kvality čokoládových cukrovinek
v průběhu skladování**
Diplomová práce

Vedoucí práce:
prof. Dr. Ing. Luděk Hřivna

Vypracovala:
Bc. Veronika Rumišková

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: Dynamika změn kvality čokoládových cukrovinek v průběhu skladování vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědoma, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....
podpis

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji panu prof. Dr. Ing. Luďku Hřivnovi a Ing. Lence Machálkové za pomoc, užitečné rady a připomínky, které mi poskytli při zpracování mé diplomové práce.

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá výrobou čokolády a čokoládových cukrovinek a vlivy působícími na jejich kvalitu a skladovatelnost. Popisuje základní suroviny na výrobu čokolády, dále zpracování kakaových bobů a výrobu kakaového másla. Jsou zde popsány jednotlivé technologické kroky od míchání surovin, válcování, konšování a dále temperaci čokoládové hmoty, až po formování, chlazení a balení čokoládových výrobků. Práce obsahuje i stručnou charakteristiku kakaovníku. Dále jsou zde popsány vady čokoládových výrobků a příčiny jejich vzniku.

V rámci pokusu byl sledován vliv teploty skladování čokoládových výrobků na změny jejich texturních vlastností, barvy a sensorických vlastností. Výsledky byly vyhodnoceny s ohledem na technologii výroby a složení čokoládových výrobků.

Klíčová slova: čokoláda, výroba, vlivy, vady

ABSTRACT

Diploma thesis deals with the production of chocolate and chocolate sweets and influences affecting their quality and shelf life. It describes the basic raw materials for the production of chocolate, processing of cocoa beans and production of cocoa butter. There are described individual process steps from mixing of raw materials, refining, conching and tempering of the chocolate mass to forming, cooling and packaging of final chocolate products. The work includes a brief characteristics of the cocoa tree as well. There are also described defects of chocolate products and the causes of their occurrence.

During the experiment the effect of storing temperature on changes in the hardness, color and sensory properties in chocolate products was monitored. The results took into account the production method and composition of chocolate products.

Keywords: chocolate, production, influences, defects

OBSAH

ÚVOD.....	8
CÍL PRÁCE.....	9
1 VÝROBA ČOKOLÁDY A ČOKOLÁDOVÝCH CUKROVINEK.....	10
1.1 Suroviny pro výrobu čokolády.....	10
1.1.1 Kakaové boby a jejich zpracování	10
1.1.1.1 Fermentace	11
1.1.1.2 Sušení	12
1.1.1.3 Čištění	13
1.1.1.4 Pražení a drcení	13
1.1.1.5 Mletí	14
1.1.2 Kakaové máslo	14
1.1.2.1 Výroba kakaového másla	16
1.1.2.2 Náhrady kakaového másla	17
1.1.3 Cukr.....	17
1.1.4 Emulgátory.....	18
1.2 Výroba čokoládových výrobků	19
1.2.1 Míchání	19
1.2.2 Válcování	20
1.2.3 Konšování	21
1.2.4 Temperace	22
1.2.5 Formování	23
1.2.6 Chlazení a balení	24
2 VLVY PŮSOBÍCÍ NA KVALITU ČOKOLÁDOVÝCH VÝROBKŮ	26
2.1 Vliv distribuce velikosti částic	26
2.2 Vliv receptury a surovin.....	27
2.2.1 Tuky	27
2.2.2 Cukry.....	27
2.2.3 Mléčné produkty	28
2.3 Vliv výrobního procesu.....	28
3 SKLADOVATELNOST A UDRŽITELNOST ČOKOLÁDOVÝCH VÝROBKŮ	29
4 VADY ČOKOLÁDOVÝCH VÝROBKŮ	31
4.1 Tukový výkvět	31
4.1.1 Příčiny vzniku tukového výkvětu:.....	31
4.2 Cukerný výkvět	33
4.3 Ostatní vady	33
5 MATERIÁL A METODIKA	35
5.1 Měřené vzorky	35
5.2 Podmínky	35

5.3	Senzorické hodnocení	35
5.4	Měření barvy	36
5.5	Analýza textury	36
5.6	Statistická analýza dat	37
6	VÝSLEDKY A DISKUSE	37
6.1	Senzorické hodnocení	37
6.2	Měření barvy	43
6.3	Analýza textury	46
	ZÁVĚR	49
	POUŽITÁ LITERATURA	51
	SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ	56

ÚVOD

Hlavní surovinou pro výrobu čokolády a čokoládových cukrovinek jsou kakaové boby, semena plodu kakaovníku pravého *Theobroma Cacao*. Z fermentovaných, usušených a pražených kakaových bobů se získává drcením a mletím kakaová hmota a z ní lisováním kakaové máslo – základní suroviny na výrobu čokoládové hmoty.

Výroba čokoládové hmoty je složitý technologický proces. Metody zpracování a technologické parametry výroby se odvíjí od druhu čokoládového výrobku a jeho použití. Proces začíná mícháním jednotlivých surovin. Následuje válcování a konšování, čímž se zjemňuje a zušlechťuje čokoládová hmota. Vyvíjí se charakteristické čokoládové aroma a odstraňují se nežádoucí těkavé látky. Významnou výrobní částí z hlediska kvality a trvanlivosti čokoládových výrobků je temperace. Tento řízený proces zahřívání a chlazení má za úkol vytvořit určitý podíl krystalů stabilní modifikace kakaového másla. Průběh temperace má vliv na mnoho vlastností, jako je lesk, barva, chuť, struktura, konzistence a lom čokolády. Proces výroby ukončuje formování a chlazení hotových výrobků.

Kvalitní čokoláda má zcela homogenní strukturu, jemnou rozplývavou chuť, tvrdou konzistenci, lasturovitý lom a lesklý povrch. K získání takového produktu je potřeba nejenom kvalitních surovin a správné receptury, ale také dodržení jednotlivých technologických postupů. Protože všechny tyto vlivy působí na reologické, fyzikální a senzorické vlastnosti a tím určují právě výslednou kvalitu výrobků. Důležitým aspektem kvality a trvanlivosti jsou také podmínky přepravy a skladování.

K narušení kvality čokoládových výrobků dochází nejčastěji tzv. šedivěním, což je vada označovaná jako cukerný nebo tukový výkvět. Právě tukový výkvět je velmi obávaný jev u tohoto druhu cukrovinek a jeho vznik je spojen s nedodržением podmínek výroby a skladování.

Tato práce se věnuje problematice výroby spojené se vznikem výrobních vad a nedostatků a zabývá se vlivy působícími na kvalitu čokoládových výrobků, jako je vliv surovin, distribuce částic, či vliv výrobních operací. Také je zde řešena problematika skladovatelnosti a udržitelnosti daných výrobků vzhledem ke kvalitě.

CÍL PRÁCE

Cílem této práce je vypracovat literární rešerši, jež se zaměřuje na postup výroby čokolády a čokoládových cukrovinek. Dále popsat vlivy působící na skladovatelnost a kvalitu čokoládových výrobků. V rámci pokusu sledovat vliv různých režimů skladování čokoládových cukrovinek na změny jejich texturních vlastností a senzorické kvality. Vyhodnotit průběh změn s ohledem na technologii výroby a složení skladovaných výrobků a zaměřit se na případně vzniklé vady a problémy. Získané výsledky vyhodnotit dostupnými statistickými metodami a doporučit nejvhodnější způsob skladování. Dále uvést možnosti vedoucí ke zlepšení stability a skladovatelnosti čokoládových výrobků.

1 VÝROBA ČOKOLÁDY A ČOKOLÁDOVÝCH CUKROVINEK

Čokoláda je složitý vícefázový systém částic cukru a kaka, které jsou obklopeny kontinuální tukovou fází, obsahující krystalické i kapalně frakce (Afoakwa et al., 2008a; Nedomová et al., 2013). Základní suroviny na výrobu čokolády jsou kakaová hmota a kakaové máslo. Další suroviny jsou cukr, emulgátor a přísady dle druhu vyráběné čokolády (sušené mléko, sušená smetana, vanilka, káva) (Čopíková, 1999).

Čokoládové cukrovinky se vyrábí z čokolády nebo čokoládové polevy a z různých vložek nebo náplní. K výrobě čokoládových polev slouží často místo kakaového másla jeho náhražky. Náplně do čokoládových formovaných cukrovinek je celá řada – polotekuté krémové náplně z fondánového krému s různým ochucením, šlehané náplně ze sušených vaječných bílků, želatiny, náplňového tuku, čokoládové hmoty, cukru, glukózového sirupu apod. nebo cukerné alkoholické náplně či cukerné alkoholické náplně s ovocem.

Na výrobu máččených cukrovinek a dražé se používají vložky fondánové s různými příchutěmi, marcipánové, likérové, ovocné z nakrájeného kandovaného ovoce, nugátové z různého druhu nugátu, griliášové, želé vložky nebo vložky šlehané (Čopíková, 2015).

1.1 Suroviny pro výrobu čokolády

1.1.1 Kakaové boby a jejich zpracování

Hlavní surovinou pro výrobu čokolády jsou kakaové boby, což jsou semena stromu kakaovníku. Kakaovník pravý (*Theobroma Cacao*) pochází z tropické Ameriky z oblasti Orinoka mezi Kolumbií a Venezuelou. Je to stále zelený a kvetoucí strom, který roste v tropickém pásmu v nadmořské výšce do 600 m. Optimální teplota by se během celého roku měla pohybovat v rozmezí 20–35 °C a ideální roční srážky jsou 1500–2000 mm. (Pehle, 2009; Krámský et al., 2008) Jako zdroj stínu, který kakaovník vyžaduje, se na plantážích vysazují jiné užitkové rostliny jako banánovníky, citrusy nebo kokosové palmy. Pro jednodušší sklizeň se upravuje výška stromu asi na 6 m. V ideálních podmínkách kakaovník zároveň kvete i plodí po celý rok. Během jednoho roku se vytvoří na kmenu nebo větvích až 100 000 žlutobílých nebo načervenalých květů, ale hmyz opyluje pouze malou část z nich (Schumacher, 2002; Coadyová, 2000; Pehle, 2009). Plody kakaovníku se sklízí několikrát během roku, v produkčních oblastech proběhne většinou jedna hlavní sklizeň a mezisklizně. Průměrně se z jednoho

stromu sklídí asi 20–30 plodů, které mají tvar ragbyového míče a dosahují hmotnosti 300–500 g. Na délku mají 30 cm a na šířku 12 cm, jejich barva se v průběhu dozrávání mění, ze zelené přes žlutou až na konečnou hnědou. Uvnitř plodu je uloženo v pěti řadách 20–50 bobů, které jsou obklopeny dužinou (Schumacher, 2002; Krámský et al., 2008; Coadyová, 2000).



Obr. 1 *Kakaový plod s boby*
(Beckett, 2008)



Obr. 2 *Kakaovník* (Hřivna, 2013)

Největší regiony, ve kterých se dnes kakaové boby pěstují, se nacházejí v Africe. Dále Asie a Oceánie a nejmenší díl produkce pochází z Karibiku a Střední a Jižní Ameriky (Pehle, 2009).

Botanických druhů kakaových bobů existuje asi dvacet, ale skutečný hospodářský význam mají dvě základní odrůdy - Criollo a Forastero. K nim se ještě řadí odrůda Trinitario, která vznikla jejich zkřížením. Odrůda Criollo je velmi citlivá na klimatické podmínky a její výnosy jsou nižší, ale mají vysokou kvalitu a proto slouží k výrobě těch nejkvalitnějších čokolád. Forastero tvoří největší podíl sklizně, je mnohem odolnější a vyrábí se z ní všechny cenově výhodné čokoládové a kakaové výrobky. Odrůda Trinitario je kombinací pozitivních vlastností Criolla a Forastera (Pehle, 2009; Krámský et al., 2008).

1.1.1.1 Fermentace

Během fermentace dochází k výrazným změnám kakaových bobů vlivem probíhajících procesů, které jsou způsobeny mikroorganismy a vlastními enzymy bobů.

Především jde o umrtvení kakaových bobů, čímž se zamezí nežádoucímu klíčení (Čopíková, 1999; Beckett, 2008).

Po sklizni se plody rozseknou a vyjmou se z nich boby, které se nahrubo očistí od dužiny. Fermentace může probíhat buď na hromadách pod banánovými listy (Obr. 3) nebo v různých dřevěných bednách či kádích při teplotě 45–50 °C. Nádoby jsou opatřeny otvory nebo štěrbinami, které umožňují ventilaci a odtok šťávy, jež vzniká rozkladem zbytků dužiny. Celý proces trvá asi 5–6 dnů, v případě kvašení v nádobách i o dva dny déle (Nelda, 2012, Beckett, 2008).



Obr. 3 *Fermentace na hromadách* (Beckett, 2008)

Na začátku fermentace rozkládají kvasinky cukr na ethanol a oxid uhličitý a činností pektolytických enzymů se rozpadá dužina. Dochází k výraznému zvýšení teploty. Dále působí bakterie mléčného a octového kvašení. Ethanol je oxidován na kyselinu octovou a tím klesá pH, což má za následek umrtvení bobů (Čopíková, 1999).

Vlivem barevných reakcí polyfenolických látek s proteiny a peptidy vzniká hnědé zbarvení kakaových bobů (Afoakwa et al., 2007). Mikrobiální a chemické změny, ke kterým dochází během fermentace, vedou ke zmírnění trpké a svíravé chuti a vzniku typického kakaového aroma (Čopíková, 1999).

1.1.1.2 Sušení

Sušením je potřeba z kakaových bobů odstranit vlhkost a tím zamezit možnému plesnivění během přepravy a skladování (Afoakwa et al., 2007). Přirozené sušení

na slunci trvá 5–7 dnů. Boby se rozprostřou na rohože nebo pohyblivé stoly do vrstvy silné 5–10 cm a stále se obracejí a přebírají. Slunce pozvolna mění jejich vnitřní strukturu. Jádro se stává porézním a stále více se zvýrazňuje chuť. V oblastech, kde počasí neumožňuje sušení na slunci, se využívají vytápěné sušicí kotle. Výsledná vlhkost kakaových bobů je 7–8 %. Pro mikrobiologickou stabilitu bobů je potřeba snížit aktivitu vody pod 0,70 (Nelda, 2012; Beckett, 2008; Pehle, 2009; Gültekin-Özgüven et al., 2016).

1.1.1.3 Čištění

Kakaové boby jsou skladovány v pytlích nebo volně v silech až jeden rok. Při skladování je potřeba dodržet přísné podmínky, co se týče teploty, vlhkosti a větrání. Odtud jsou boby dopravovány do čistícího zařízení, kde se zbaví všech příměsí a nečistot, případně mohou projít sterilizací pomocí nasycené páry, za účelem zničení mikroorganismů. Čistota bobů je rozhodujícím faktorem, který vypovídá o kvalitě suroviny a určuje její další využití.

K čištění se používají speciální stroje vybavené systémem kartáčů, magnetů, sít, a proudů vzduchu, které odstraňují drobné nečistoty, kamínky, kousky dřeva a jutových vláken. Boby získané tímto procesem musí mít jednotnou velikost, aby bylo dosaženo konstantní kvality (Pehle, 2009; Čopíková, 2015; Afoakwa, 2010).

1.1.1.4 Pražení a drcení

Vlivem pražení dochází k celé řadě chemických a fyzikálních změn, které jsou spojené s vývojem barvy a tvorbou aromatických látek. Upražením získávají boby výraznou hnědou barvu. Zároveň klesá obsah vody z 6–8 % na 2–3 % a ještě více se snižuje počet mikroorganismů. Mění se struktura bobů, což napomáhá snadnějšímu oddělování slupek a mletí. Odstraňují se nežádoucí hořké a trpké těkavé kyseliny a další látky, jež vznikly při fermentaci a snižuje se obsah polyfenolů a alkaloidů (Čopíková, 2015; Afoakwa, 2010; Afoakwa et al., 2007).

Míra změn kakaových bobů je vztažena k době a teplotě pražení a k rychlosti ztráty vlhkosti v průběhu celého procesu. Teplota pražení se pohybuje v rozmezí 90–170 °C v závislosti na druhu pražení, složení a odrůdy bobů (Afoakwa, 2010; Afoakwa et al., 2007).

K pražení kakaových bobů se používají tři hlavní metody:

1) pražení kakaových bobů

Pražení celých bobů je tradiční způsob používaný při výrobě kakaové hmoty. Tato metoda usnadňuje odstraňování slupek, které následuje po drcení, ale nevýhodou je, že během pražení dochází k migraci kakaového másla do slupek a tedy ke ztrátám. Dalším nedostatkem je nerovnoměrné rozložení teplot v bobu.

2) pražení kakaové drti

Nejprve se provede drcení bobů a následné odstranění slupek. Tím, že se praží drť, odpadají nepříjemnosti, které jsou spojené s předešlým způsobem.

3) pražení kakaové hmoty

Kakaová drť bez slupek se rozemeleme na kakaovou hmotu a ta se poté praží. Při tomto způsobu je nejvyšší výtěžnost kakaového másla.

Při pražení kakaové drti nebo hmoty je potřeba nejprve provést předsušení, které umožní snadnější odstranění slupek. V opačném případě může dojít k problémům se separací u určitých typů kakaa (Afoakwa et al., 2007).

1.1.1.5 Mletí

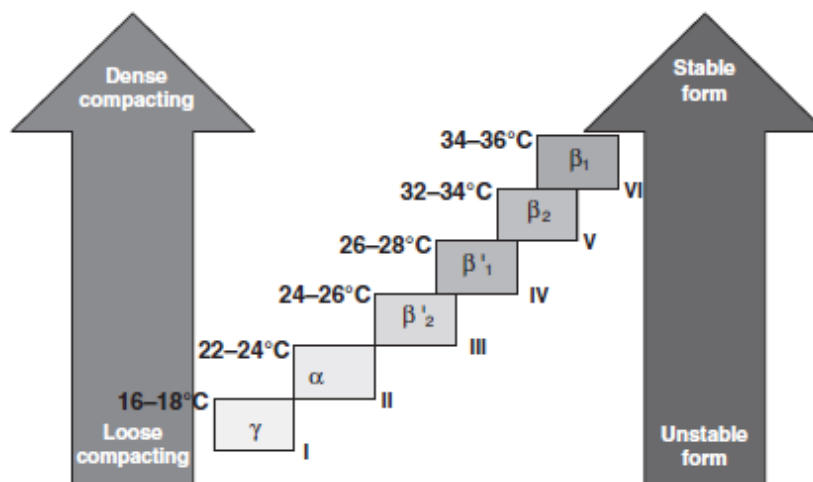
Upražená kakaová drť zbavená slupek a klíčků se mletím zjemňuje na kakaovou hmotu. Při rozemílání dochází vlivem tření ke zvýšení teploty hmoty a z buněk buněčného pletiva rozdrcených jader se uvolňuje kakaové máslo. Rozpuštěním másla a zmenšováním velikosti částic vzniká tekutá hmota, která je snadno zpracovatelná. Částice s velikostí 30 μm zaujímají největší podíl v hmotě (Afoakwa, 2010; Čopíková, 2015).

1.1.2 Kakaové máslo

Kakaové máslo je hlavní tuk, který se používá na výrobu čokolády. Jeho vlastnosti jsou dány triacylglycerolovou strukturou. Přesné složení TAG kakaového másla závisí na druhu kakaovníku a oblasti jeho růstu (Lonchamp, Hartel, 2004). Hlavní mastné kyseliny, které jsou navázány na glycerol, jsou kyselina olejová (35 %), stearová (34 %) a palmitová (26 %) (Afoakwa et al., 2007).

Kakaové máslo může krystalizovat v šesti různých polymorfních formách, které se označují I–VI nebo α , β a β' (Obr. 4) (Svanberg et al., 2013). Každá forma má jiné fyzikální vlastnosti, jako je teplota tání a relativní stabilita. Jednotlivé krystalické formy

přecházejí jedna v druhou, ale pouze jedním směrem od nejméně stabilní ke stabilnějším. Tato přeměna závisí na teplotě a čase (Schenk, Peschar, 2004).

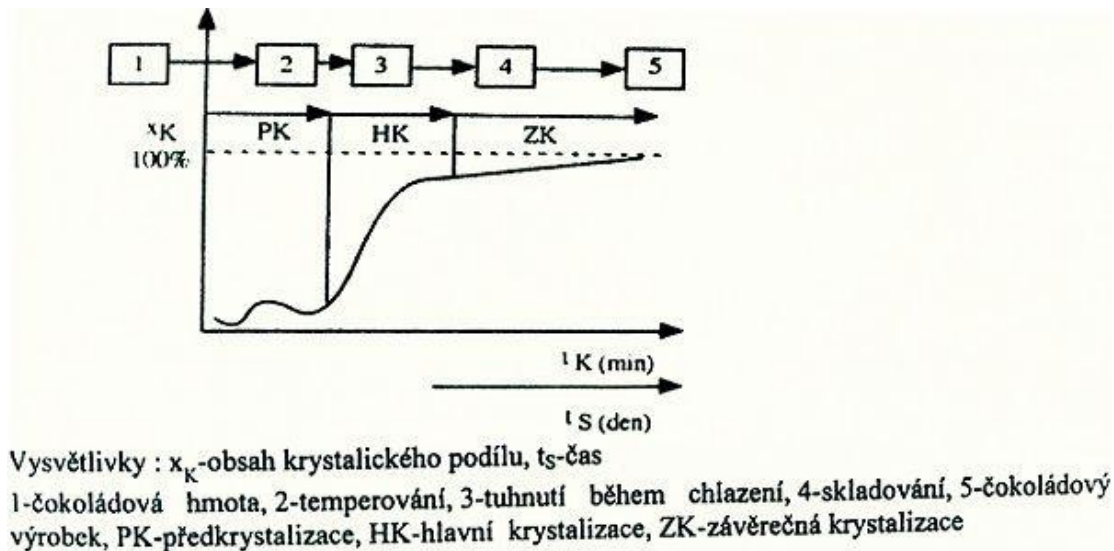


Obr. 4 *Stupeň stability a teplotní rozmezí šesti krystalických forem kakaového másla*
(Afoakwa, 2010)

Nejméně stabilní je forma I (γ), jejíž bod tání je 16–18 °C. Forma I přechází rychle na formu II, která poté pomaleji přechází do formy III a IV. Nejstabilnější jsou formy V a VI. Forma VI taje při 34–36 °C a je obtížné ji vytvořit, ale může se objevit v čokoládovém výrobku při delším skladování. Vytvoření nejdůležitější formy V (β) s bodem tání 32–34 °C, je podstatou dobře temperované čokolády (Afoakwa et al., 2009). Tato modifikace má dobré sensorické vlastnosti, stabilní strukturu a snižuje možnost vzniku tukového výkvětu (Svanberg et al., 2011). V závislosti na triglyceridovém složení, vytvářejí modifikace dva druhy řetězců. Formy I-IV mají dvojitý řetězec a formy V a VI řetězec trojitý (Afoakwa et al., 2007).

Kakaové máslo má mnoho vlastností, z technologického hlediska jsou důležité dilatace a kontrakce. Dilatace kakaového másla je schopnost zvětšovat objem při přechodu z pevné fáze na kapalnou a při kontrakci zmenšuje svůj objem během tuhnutí. Jednotlivé formy kakaového másla vykazují rozdílnou dilataci a kontrakci, což je v praxi velmi významné. Pro snadné vyklepávání čokoládových výrobků z forem je potřeba, aby proběhla co největší kontrakce, tzn. aby se vytvořila stabilní krystalická forma kakaového másla (Čopíková, 1999; Sonwai, Rousseau, 2010).

Procesy krystalizace kakaového másla probíhají během temperace, chlazení a skladování, jako předkrystalizace v čokoládové hmotě, hlavní krystalizace a závěrečná krystalizace v čokoládových výrobcích (Obr. 5) (Čopíková, 1999).



Obr. 5 Průběh krytalizace kakaového másla (Čopíková, 1999)

1.1.2.1 Výroba kakaového másla

Kakaové máslo se získává lisováním kakaové hmoty. Důležitým krokem je preparace neboli alkalizace kakaové hmoty, která napomáhá docílit lepšího aroma a barvy kakaového prášku a usnadňuje odlisování kakaového másla. Také souvisí s lepší smáčivostí a stabilitou suspenze kakaového prášku ve vodě či mléku.

K preparaci se používá krystalický uhličitán draselný, sodný a amonný nebo jejich roztoky. Reakcí barevných látek a tříslovin s alkalickou látkou dochází ke ztmavnutí barvy a uvolnění struktury hmoty.

Kakaová hmota se před lisováním zahřívá na teplotu 70–80 °C, aby klesla viskozita a máslo se lépe oddělilo. K lisování slouží hydraulické lisy složené z několika vyhřívaných ocelových mís. Kakaová hmota je v mísách stlačována a odtékající kakaové máslo prochází přes filtr. Během lisování se dosáhne tlaku až 100 MPa (Kadlec et al., 2009).

Po odlisování másla z kakaové hmoty zůstávají kotouče kakaových pokrutin s obsahem másla 10–12 % nebo 20–24 %. Původní kakaová hmota obsahuje asi 55 % tuku. Kotouče se nejprve drtí na menší kousky a následně rozemílají na kakaový prášek, který prochází chladicím zařízením. Dále může následovat ještě stabilizace kakaového másla v kakaovém prášku, pomocí chlazeného vzduchu, aby se dosáhlo stabilní krystalické formy a zabránilo se tak jakékoliv změně barvy a tvoření hrudek. Před balením prochází kakaový prášek přes síta a magnety (Kadlec et al., 2009; Afoakwa, 2010).

1.1.2.2 Náhrady kakaového másla

Na výrobu čokolád a čokoládových polev se používají také jiné tuky a náhrady kakaového másla. Dle jejich vlastností a možnosti použití se dělí do dvou skupin.

Tuky označované jako "Equivalents" (CBE), tedy tuky ekvivalentní kakaovému máslu, tvoří první skupinu. Patří sem rostlinné tuky z tropických rostlin Illipe, Shea, Sal a některé frakce palmového oleje. Tyto tuky je možné mísit s kakaovým máslem v libovolném poměru díky jejich podobnému složení triacylglycerolů a mastných kyselin. Aby výrobky dosáhly vysokého lesku, lomu a byly relativně stabilní vůči tukovému výkvětu, je potřeba čokoládovou hmotu správně temperovat. Dále se do této skupiny řadí také "Improvers" (CBI), což jsou tuky zlepšující kakaové máslo.

Druhou skupinu tvoří náhražky kakaového másla "Replacers" (CBR) a "Substitutes" (CBS), které jsou částečně mísitelné nebo nemísitelné s kakaovým máslem. Mají odlišné chemické složení a často se používají k úplnému nahrazení kakaového másla, které ztrácí své charakteristické polymorfní vlastnosti, pokud je ve směsi právě s těmito tuky. CBR neobsahují kyselinu laurovou a vyrábí se především ze sojového, palmového a bavlníkového oleje. Výrobky z těchto tuků mají dobrý lesk, lom, mechanickou odolnost a stabilitu vůči oxidaci. Do skupiny CBS patří tuky obsahující kyselinu laurovou a vyrábí se z palmojadrového a kokosového oleje. Čokoládové hmoty, které obsahují tyto náhražky, se na rozdíl od použití ekvivalentních tuků nemusejí temperovat (Čopíková, 1999; Beckett, 2008).

Dle vyhlášky č. 76/2003 Sb. lze přidávat do čokoládových výrobků kromě kakaového másla pouze povolené rostlinné tuky neobsahující kyselinu laurovou v množství do 5 %, přičemž nesmí být snížen minimální obsah kakaového másla nebo celkové kakaové sušiny.

1.1.3 Cukr

Nejčastěji používaným sladidlem při výrobě čokolády je sacharóza. Funkce cukru v čokoládě není pouze dosažení sladkého vjemu, ale současně docílit pocitu chuťové plnosti. Při použití náhradních sladidel namísto cukru obvykle nedosáhneme rovnocenné chuťové náhrady. Většina výrobců čokolády používá středně jemný cukr. Je potřeba se vyhnout příliš velkým a jemným částicím, které by měly za následek špatné reologické vlastnosti čokoládové hmoty. Použití cukru v amorfnní formě může mít příznivý vliv na chuť čokolády.

V současnosti jsou velmi významné cukerné alkoholy, které se používají k výrobě čokoládových cukrovinek pro diabetiky. Jedná se především o sorbitol, xylitol, maltitol a laktitol. Kvůli nižší sladivosti oproti sacharóze se v recepturách často kombinují s dalšími náhradními sladidly s vyšší sladivostí (Čopíková, 1999; Beckett, 2008).

1.1.4 Emulgátory

Úkolem povrchově aktivních látek v čokoládě je především snížení plastické viskozity. Nejběžnějším emulgátorem je lecitin. Používá se téměř výhradně sojový lecitin, který se často v recepturách kombinuje se syntetickými emulgátory (Čopíková, 1999).

Voda se v čokoládové hmotě vyskytuje na povrchu pevné fáze (např. cukru), což ztěžuje pokrytí těchto částic tukem a dochází tím ke zvyšování viskozity hmoty. Lecitin rozruší vazbu vody na pevnou fázi nebo ji úplně oddělí. Lipofilní konec molekuly lecitinu je přitahován k molekule tuku a lyofobní konec se připojí k lyofobnímu povrchu cukru. Tím dochází ke smáčení povrchu částic pevné fáze kakaovým máslem (Čopíková, 1999; Beckett, 2008).

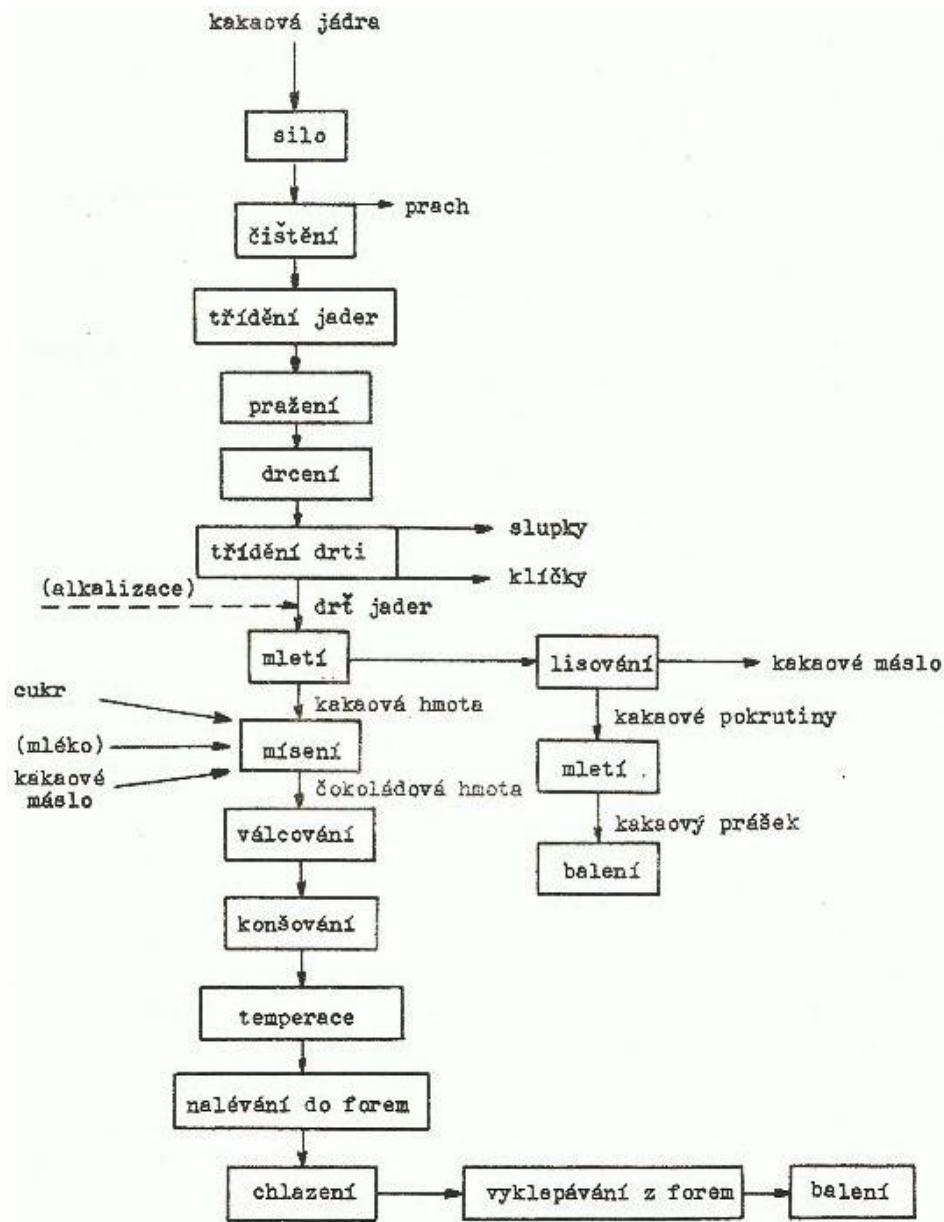
Lecitin vzniká jako vedlejší produkt při výrobě sojového oleje. Je tvořen směsí přírodních fosfoglyceridů. Přidává se do čokoládové hmoty v množství 0,1–0,3 % před koncem konšování. Vyšší množství lze použít u jemně mletých čokoládových hmot s velkým specifickým povrchem. Při zvyšování obsahu lecitinu nad 0,3 % zůstává viskozita prakticky konstantní, ale hranice toku se již začíná zvyšovat. Přídavek emulgátoru snižuje viskozitu hmoty a současně zvyšuje toleranci vyššího obsahu vlhkosti. Výhoda použití povrchově aktivních látek je také v tom, že umožňuje snížit množství kakaového másla, které se přidává do čokoládové hmoty (Afoakwa, 2010; Beckett, 2008).

Nejčastěji se lecitin kombinuje s polyglycerolpolyricinoleátem (PGPR). Tento syntetický emulgátor se vyrábí polykondenzací ricinového oleje a glycerolu. Do čokoládových výrobků může být přidáván v množství do 0,5 % (Beckett, 2008).

Různé emulgátory mají trochu odlišné účinky. Jejich použití se volí především dle toho, k čemu je konečný čokoládový produkt určen (Lonchamp, Hartel, 2004).

1.2 Výroba čokoládových výrobků

Výrobní schéma (Obr. 6) zahrnuje jednotlivé kroky výroby čokoládových produktů od zpracování kakaových bobů, přes výrobu čokoládových hmot až po konečné chlazení a balení hotových výrobků. A také zobrazuje získávání kakaového másla a kakaového prášku.



Obr. 6 Schéma výroby čokolády (Pelikán et al., 1999)

1.2.1 Míchání

Základní operací výroby čokoládové hmoty je smísení jednotlivých složek. Do míchacího zařízení se dávkuje kakaová hmota, cukr, část kakaového másla a další

přísady podle druhu výrobku a v poměru daném recepturou (Čopíková, 1999). Poměr kakaové hmoty a cukru má vliv na výslednou hořkou chuť čokolády (Rapoport, Sokolovskij, 1954).

K míchání slouží kontinuální nebo periodické míchací stroje. Často se označují jako hnětací stroje, protože čokoládová hmota má těstovitou konzistenci a při mísení klade značný odpor míchadlům. Konstrukce strojů a principy míchacích prvků jsou různá. Většinou jsou tvořeny kovovou nádobou s dvojitými stěnami, vyhřívanými nebo chlazenými vodou (Čopíková, 1999; Pelikán et al., 1999). Důkladné promíchání surovin trvá zpravidla 12–15 minut při 40–50 °C (Afoakwa, 2010).

1.2.2 Válcování

Čokoládová hmota, která vznikne v předchozím kroku, má nedostatečně jemnou strukturu a nevyrovnanou chuť, což je způsobeno poměrně širokou distribucí velikosti částic. Válcováním dochází ke zjemňování čokoládové hmoty (Čopíková, 1999). Optimální velikost částic by měla být v rozmezí 15–30 μm , abychom dosáhli jemné a vyrovnané čokoládové chuti (Beckett, 2008).

Válcování se provádí na válcovacích stolicích, nejčastěji pětiválcových (Obr.7). Stolice je tvořena svislou řadou pěti dutých válců, které jsou chlazeny vodou.



Obr. 7 Pětiválcová stolice (Beckett, 2008)

Čokoládová hmota se pohybuje směrem nahoru, kde je z posledního válce odstraňována nožem (Afoakwa et al., 2007). Šířka mezery mezi válci se směrem nahoru zmenšuje a jejich rychlost zvyšuje a tím působí na hmotu tlak i stříh. Zjemňováním čokoládové

hmoty se zvětšuje povrch jednotlivých částic, který tuk v hmotě již nedokáže pokrýt a výsledná hmota má konzistenci vloček nebo prášku (Beckett, 2008).

Pro dosažení požadované struktury čokoládové hmoty se používá kombinace dvouválcové a pětiválcové válcovací stolice (Afoakwa et al., 2007).

1.2.3 Konšování

Proces konšování má dva hlavní úkoly. První z nich je dokončit vývoj čokoládového aroma a odstranit nežádoucí těkavé látky. Při fermentaci a pražení kakaových bobů vznikají prekurzory a některé konečné složky čokoládového aroma, které jsou upravovány konšováním. A zároveň vznikají v kakaových bobech látky, které dávají čokoládě nežádoucí kyselou příchut' a to především kyselina octová. Druhým úkolem je vytvoření tekuté konzistence čokoládové hmoty potřebné k výrobě konečných výrobků (Beckett, 2008; Talbot, 2009; Afoakwa, 2010).

Během konšování probíhá mnoho dalších změn, které mají vliv na senzorické a reologické vlastnosti čokoládové hmoty (Afoakwa et al., 2007). Intenzivním mícháním se obrušují ostré hrany pevných částic cukru (Čopíková, 1999). Vlivem zahřívání a míchání dochází k odpařování vody, díky čemuž jsou odstraňovány těkavé kyseliny. Množství těchto látek se sníží během prvních několika hodin o 80 %. Pokles vlhkosti ovlivňuje také viskozitu. Snížení viskozity je ale dáno především rozrušením shluků cukerných a kakaových částic a uvolnění kakaového másla, které bylo uzavřeno uvnitř (Beckett, 2008). Viskozita je ovlivňována i druhem použitého sladidla v čokoládové hmotě v závislosti na teplotě konšování (Sokmen, Gunes, 2006).

Proces konšování má tři fáze:

- *suché konšování* - sypká hmota se mícháním provzdušňuje, což podporuje odpařování vody a těkavých látek a formuje se chuť čokolády,
- *tekuté konšování* - přidavkem kakaového másla dochází ke ztekucení čokoládové hmoty a především se v této fázi vyvíjejí chuťové vlastnosti,
- *homogenizace* - do hmoty se přidává emulgátor, který napomáhá rovnoměrnému rozptýlení tuku po povrchu pevných částic (Mermelstein, 2012; Čopíková, 1999).

Teplota konšování je velmi důležitý faktor především vzhledem k výsledné chuti čokoládové hmoty. Na určení teploty má vliv druh čokolády, použité suroviny a také se teplota určuje ve vztahu k délce konšovacího procesu. U mléčných čokolád se používá teplota v rozmezí 40–60 °C a u hořkých 70–90 °C. Doba konšování je přibližně 24 hodin (Di Mattia et al., 2014; Talbot, 2009; Čopíková, 1999). Obecně platí, čím

vyšší teplota, tím kratší doba zpracování. Někteří výrobci používají dokonce teplotu nad 100 °C, aby dosáhli vlivem Maillardovy reakce určité chutě. Této příchuti je třeba se vyhnout při zpracování některých mléčných čokolád, takže se teplota pohybuje pod 50 °C. To platí také pro čokolády obsahující cukerné alkoholy (Beckett, 2008).

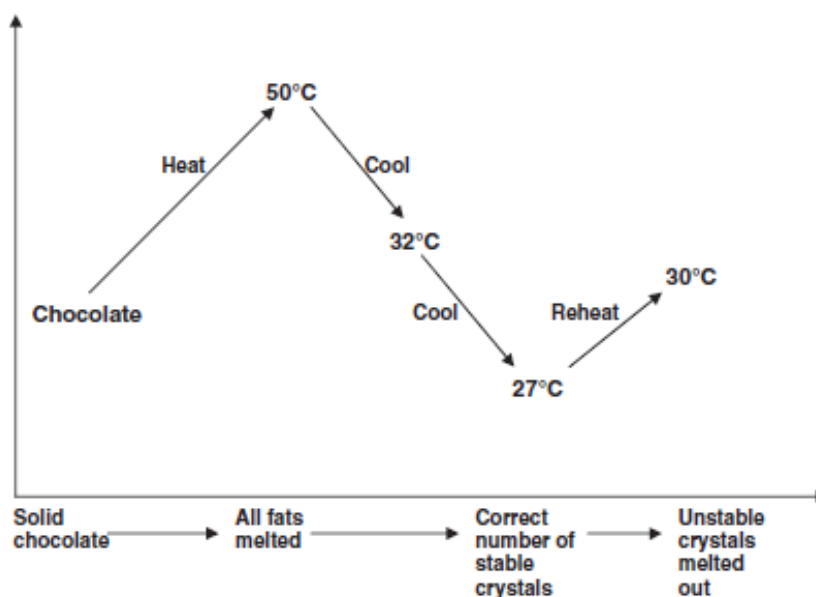
Po dokončení konšovačního procesu se čokoládová hmota skladuje v nádržích při teplotě 45–50 °C až do konečného zpracování (Nelda, 2012).

1.2.4 Temperace

Temperace je řízený proces zahřívání a chlazení čokoládové hmoty, při němž je zahájen proces krystalizace kakaového másla v požadované stabilní formě (Rousseau et al., 2015). Průběh tohoto procesu má významný vliv na výslednou kvalitu čokolády. Ovlivňuje lesk, barvu, rozplývavou chuť, strukturu, konzistenci, lom a viskozitu.

Způsobů temperace je mnoho, což je dáno i různými druhy čokolády, protože nelze všechny temperovat stejně (Čopíková, 1999). Obvykle proces zahrnuje následující kroky (Obr. 8):

- úplné rozpuštění kakaového másla při 50 °C,
- ochlazení na teplotu krystalizace 32 °C,
- následná krystalizace při teplotě 27 °C,
- odstranění nestabilních forem kakaového másla při 29–31 °C.



Obr. 8 Teplotní průběh temperace (Afoakwa, 2010)

Cílem je vytvořit pouze stabilní krystaly kakaového másla, tedy formu V (β). Podíl těchto krystalů je 1–3 % a slouží k tomu, aby zbývající kakaové máslo vykristalizovalo také ve stabilní formě, při následném formování a chlazení (Svanberg et al., 2011a).

Alternativní způsob temperace zahrnuje homogenní smíchání 0,2–2 % nejstabilnější formy VI kakaového másla s předchlazenou čokoládovou hmotou. Tyto krystaly tvoří základ pro zbývající máslo, které krystalizuje při tuhnutí čokoládových výrobků ve formě V (Svanberg et al., 2011).

Při výběru způsobu temperace je velmi zásadní kombinace teploty a času. Teplotní průběh a intenzita míchání čokoládové hmoty se mohou lišit, pokud se použije mléčný tuk nebo náhražky kakaového másla (Afoakwa, 2010; Čopíková, 1999).

U správně temperované hmoty dosáhneme konstantní viskozity, která je důležitá pro výrobu čokoládových výrobků o stejné hmotnosti, pro vytvoření stejně silné vrstvy čokolády u máčených cukrovinek a stejně silných dutinek formovaných výrobků.

Pokud se při temperaci vytvoří malé množství krystalů, tzn. hmota je podtemperovaná, prodlouží se doba tuhnutí při konečném chlazení výrobků a důsledkem toho je špatný lesk a skladovatelnost. U přetemperované hmoty je naopak příliš mnoho vykristalizovaného másla, což způsobuje vyšší viskozitu a během chlazení vykazuje čokoládová hmota nízkou kontrakci. Výsledkem je také špatný lesk a skladovatelnost (Čopíková, 1999).

1.2.5 Formování

Důležitý aspekt při formování čokoládových výrobků jsou formy. Především jde o jejich čistotu a teplotu. Čistá forma napomáhá snadnému vyklepávání výrobků a také zlepšuje jejich lesk (Čopíková, 1999). Aby nedošlo k nežádoucímu tání krystalů kakaového másla v temperované hmotě nebo vzniku nestabilních forem, měla by teplota formy přibližně odpovídat teplotě čokoládové hmoty.

Výroba tabulkových čokolád je nejjednodušší způsob tvarování. Do forem je tryskami v požadovaném množství dávkována čokoládová hmota. Pomocí vibrací se rovnoměrně rozprostře ve formě a odstraní se vzduchové bubliny. Dále dochází k chlazení (Beckett, 2008).

Pro formované cukrovinky a plněné čokolády se nejdříve vytvoří čokoládová dutinka. Forma s určitým množstvím čokoládové polevy projde přes vibrační dráhu a poté se překlopí. Tím zůstane pouze tenká vrstva čokolády na stěnách. Po ochlazení

následuje plnění, poté zalití náplně čokoládou. Přebytek čokoládové polevy se setře a výrobek postupuje k chlazení.

Duté figurky je možné vyrábět podobně jako plněné výrobky. Dvě dutinky, tedy poloviny figurek se spojují k sobě pomocí zahřátých okrajů. Další způsob využívá uzavíratelné dvoudílné formy. Určité množství čokoládové hmoty se otáčením formy rovnoměrně rozptýlí po vnitřní straně a po dochlazení se vyjme hotová figurka.

Máčené cukrovinky jsou tvořeny vložkou, která se pokrývá vrstvou čokoládové polevy. Při jejich výrobě je potřeba dosáhnout určité tloušťky polevy a rovného povrchu, což je ovlivněno teplotou máčení, viskozitou a hranicí toku čokoládové polevy, dále stupněm teploty, velikostí máčené vložky, množstvím vzduchu, kterým je výrobek ofukován a rychlostí dopravníku.

Pomocí drátěného dopravníku prochází vložky přes tzv. čokoládový vodopád, následuje ofukování přebytečné polevy a současně působí vibrační pohyb, který také napomáhá odstranění nadbytku polevy. Omáčené vložky se před vstupem do chladicího tunelu ještě mohou různě zdobit (Čopíková, 2015; Beckett, 2008).

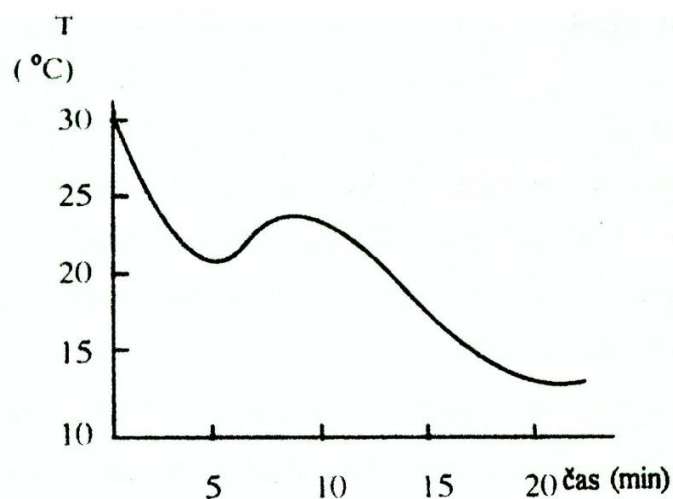
1.2.6 Chlazení a balení

Proces chlazení ovlivňuje konzistenci, lesk a také stabilitu čokoládových výrobků vůči vzniku cukerných a tukových výkvětů. K chlazení se nejčastěji používají dlouhé tunely, případně chladicí skříně, které jsou rozděleny do různých teplotních zón. Nejdříve působí na výrobky teplota kolem 16 °C, při které dochází k pozvolnému chladnutí a většina kakaového másla je stále nevykrytalizovaná, tvoří se jen malé množství krystalů. Pokud by se na začátku chlazení použil příliš chladný vzduch, vytvořila by se na povrchu výrobku tuhá vrstva, jako následek vzniku nestabilních krystalů kakaového másla, která by zpomalovala prostup tepla z vnitřních vrstev.

Dále následuje nejchladnější část, kdy krystalizuje zbývající kakaové máslo a zároveň se uvolňuje latentní teplo, čímž se mírně zvýší teplota výrobku (Obr. 9). Na krystalizaci má v tuto chvíli především vliv teploty čokoládové hmoty. Pokud se během ní vytvořilo málo krystalických center a chlazení je pomalé, narůstají jednotlivá centra ve velké krystaly, což má za následek zrnitou strukturu čokolády. Naopak při rychlém chlazení získají výrobky lesk, který ovšem rychle ztrácí a jsou náchylné na vznik výkvětů. V případě dobře temperované čokoládové hmoty nemá rychlost chlazení až takový vliv na výsledný výrobek. Teplota vzduchu je v této části 3–10 °C, dle druhu výrobku (Čopíková, 1999; Beckett, 2008).

V poslední fázi chlazení je potřeba mírně zvýšit teplotu výrobků, aby neležela pod rosným bodem okolního prostředí a nedošlo tak při výstupu výrobků z chladicího zařízení ke kondenzaci vodních par na povrchu. Tento nežádoucí jev by měl za následek vznik nevzhledných skvrn na výrobku a tvorbu cukerného výkvětu.

Dobu a průběh chlazení ovlivňuje kvalita temperace, druh a hmotnost čokoládového výrobku. Obvykle chlazení trvá 10–20 min (Beckett, 2008).



Obr. 9 *Křivka teploty čokolády při chlazení v chladícím zařízení* (Čopíková, 1999)

Balení hotových čokoládových výrobků je dnes zcela automatický proces. Tabulkové čokolády se nejčastěji balí do hliníkových folií a papírového obalu nebo pouze do plastových folií. Čokoládové cukrovinky mají více způsobů balení. Některé druhy se balí stejně jako čokolády, jiné pouze do hliníkových folií. Na cukrovinky ve tvaru tyčinek se používají ploché sáčky z různých materiálů. K balení bonboniér slouží papírové skládačky s tvarovanou folií.

Obal chrání čokoládové výrobky proti vnějším pachům, vlhkosti, nečistotám a napadení hmyzem a tím tedy proti jejich znehodnocení. Proto je potřeba zvolit správný obalový materiál a způsob balení (Čopíková, 1999; Beckett, 2008).

2 VLIVY PŮSOBÍCÍ NA KVALITU ČOKOLÁDOVÝCH VÝROBKŮ

Kvalitní čokoláda má zcela homogenní strukturu, jemnou rozplývavou chuť, tvrdou konzistenci, lasturovitý lom a lesklý povrch. Kvalitu čokoládových výrobků ovlivňuje celý výrobní proces, receptura, použité suroviny a podmínky skladování. Všechny tyto aspekty působí na reologické, fyzikální a senzorické vlastnosti a určují tak výslednou kvalitu výrobků (Čopíková, 2015; Glicerina et al., 2015).

2.1 Vliv distribuce velikosti částic

Velikost pevných částic v čokoládové hmotě je klíčový faktor ovlivňující reologické vlastnosti hmoty a smyslové vlastnosti čokoládových výrobků.

Plastická viskozita a hranice toku jsou velmi důležité vlastnosti čokoládových hmot a polev. Mají vliv na účinnost míchání, čerpání a dopravu hmot během zpracování a při formování hotových výrobků, což souvisí s jejich senzorickou kvalitou. Menší částice podporují příjemný a krémovější pocit v ústech při konzumaci čokolády, ale zvyšují hodnotu viskozity. Je to dáno tím, že malé částice mají větší povrch, který daný obsah kakaového másla nedokáže pokrýt. V tomto případě je možné viskozitu snížit přidávkem kakaového másla či emulgátorů. Pokud obsahuje čokoláda asi 20 % částic s velikostí do 20 μm , dosáhneme minimální hodnoty viskozity. Hranice toku naopak s vyšším počtem malých částic klesá (Čopíková, 1999; Afoakwa, 2010; El-Kalyoubi et al., 2011).

Stanovení reologických vlastností čokoládové hmoty během výroby je důležité, především za účelem získání vysoce kvalitních produktů s dobře definovanými vlastnostmi (Glicerina et al., 2015). Hranice toku (energie potřebná k uvedení tekutiny do pohybu) a plastická viskozita (energie potřebná k udržení tekutiny v konstantním pohybu) čokoládové hmoty jsou naprosto závislé na výrobním procesu a surovinách (Glicerina et al., 2013, Glicerina et al., 2015).

Se zvyšujícím se obsahem tuku v hmotě, které neobsahují emulgátor, viskozita a hranice toku klesají. Vlhkost ovlivňuje hodnotu viskozity, čím vyšší obsah vody, tím vyšší viskozita. Hořká čokoláda má optimální obsah vody kolem 0,7 %, mléčná má o něco vyšší hodnotu. Stoupající teplota snižuje viskozitu, ale naopak zvyšuje hranici toku, což může být eliminováno hlavně u hořkých čokolád přidávkem lecitinu.

Na hodnoty těchto parametrů má dále vliv doba konšování a teplota. Při konšování viskozita i hranice toku klesají, což je způsobeno dokonalým obalováním částic kakaovým máslem, dále lecitinem, který se v této fázi přidává do hmoty a navíc se ještě odpařuje voda. Při temperaci je potřeba dbát na to, aby nedošlo k přetemperování, které by vedlo k přílišnému zvýšení obou parametrů (Čopíková, 1999).

2.2 Vliv receptury a surovin

Kvalita a poměr použitých surovin, jako jsou kakaové boby, cukr, kakaové máslo a dále použití jiných tuků a náhražek, mléčných produktů, emulgátorů a látek určených k aromatizaci, hraje důležitou roli v kvalitě konečného produktu (Afoakwa et al., 2007; El-Kalyoubi et al., 2011).

2.2.1 Tuky

Tuková složka vytváří tekutou fázi, v níž jsou obsažené pevné částice ostatních složek a je důležitým bodem smyslového charakteru ovlivňující pocit v ústech a vlastnosti tání. Rozdíly v senzoryckých znacích čokolády může být způsoben různými typy kakaových bobů. Použití rostlinných tuků může mít vliv na vlastnosti výrobku, ale ne ve všech případech. Ekvivalenty kakaového másla mohou být přidány do čokolády v jakémkoli poměru, aniž by došlo k významným změnám textury čokolády. Při nahrazení až 50 % kakaového másla bavlníkovým olejem mají výrobky srovnatelnou jemnou chuť, ale zvyšuje se rychlost tání v ústech.

Obsah tuku má vliv na strukturu čokoládových výrobků. Většinou se pohybuje v rozmezí 25–35 %, ale zmrzlinové polevy mají mnohem vyšší obsah a některé výrobky, jako čokoláda na vaření, obsahují méně tuku (Afoakwa, 2010; El-Kalyoubi et al., 2011).

2.2.2 Cukry

Cukr jako inertní složka dává čokoládě jemnou chuť. Jeho přídavek tlumí výraznou a charakteristickou hořkou chuť kakaové hmoty (Afoakwa, 2010; Rapoport, Sokolovskij, 1954). Zvýšení množství cukru v receptuře až o 5 % se projeví výraznou změnou chuti čokolády. Nejčastěji se používá cukr v jemně mleté formě. Čokolády, k jejíž výrobě se použije cukr v amorfní formě, je odolnější vůči tukovému výkvětu na rozdíl od výrobku s krystalickým cukrem. Laktóza se nachází v komplexu s podílem

mléčného tuku a ovlivňuje chuť čokolády a zvyšuje hnědnutí vlivem Maillardovy reakce. Glukóza a fruktóza se používají pouze zřídka, protože zvyšují viskozitu čokoládové hmoty vlivem vyšších interakcí mezi cukernými částicemi. Na výrobu čokolády bez cukru se jako náhrada sacharózy používají cukerné alkoholy, které ovlivňují reologické vlastnosti a tím také podmínky zpracování a výslednou kvalitu výrobku (Afoakwa, 2010).

2.2.3 Mléčné produkty

Sušené mléko tvoří asi 20 % mléčné čokolády. Jeho fyzikální vlastnosti mohou mít významný vliv na zpracování a reologické vlastnosti čokoládové hmoty a smyslové vlastnosti konečného produktu, především chuť a texturu (Glicerina et al., 2015).

Mléčný tuk zjemňuje strukturu čokolády a při obsahu až 30 % z celkového podílu tuku se používá jako inhibitor tukového výkvětu. Tento tuk je ale náchylný k oxidaci a ovlivňuje trvanlivost čokoládových výrobků. Mléčné bílkoviny dodávají krémovitost a kasein působí jako povrchově aktivní látka a snižuje viskozitu. Syrovátka i laktóza slouží ke snížení sladké chuti u některých čokoládových cukrovinek (Afoakwa, 2010).

U mléčné čokolády, nelze docílit tak vysokého lesku jako u hořké čokolády, protože mléčný tuk nevytváří tak ostrohranné krystaly jako kakaové máslo (Čopíková, 1999).

2.3 Vliv výrobního procesu

Každý výrobní krok může způsobit velké změny ve výsledné kvalitě produktu. Zvolení správného postupu nebo kombinace různých metod zpracování tak hraje důležitou roli. Technologické parametry jsou závislé na druhu čokoládového výrobku a jeho zamýšleném použití (El-Kalyoubi et al., 2011; Glicerina et al., 2013).

Kakaové aroma a chuť čokoládových výrobků, které jsou pro spotřebitele jedním z hlavních aspektů, jsou ovlivněny již při zpracování kakaových bobů, kdy dochází k tvorbě právě těchto dvou charakteristických vlastností (Čopíková, 1999).

Jak bylo již zmíněno, jednotlivé procesy významně ovlivňují reologické vlastnosti čokoládové hmoty. Dále je velmi důležité, aby výrobní kroky proběhly správně a nedošlo k nežádoucím změnám u čokoládové hmoty a následně snížení kvality výrobků.

Především je důležité dodržování správných teplot a doby jejich působení. Při válcování je třeba zamezit přehřívání čokoládové hmoty, které může vést k porušení

některých termolabilních složek a zhoršení kvality. Teplota hmoty by měla být v rozmezí 32–35 °C (Čopíková, 1999; Afoakwa, 2010). Při dlouhém konšování může dojít k tzv. překonšování, kdy čokoládová hmota ztrácí typické aroma (Beckett, 2008).

Významný vliv má na kvalitu výrobků teplota. Správný průběh a vytvoření dostatečného množství stabilní modifikace kakaového másla vytváří produkt, který je lesklý, má správnou barvu, tvrdost a jemnou chuť. Zatímco špatně temperovaná čokoláda má nekvalitní texturu, je zrnitá, matná z důvodu vzniku tukového výkvětu (Debaste et al., 2008; Afoakwa et al., 2007).

3 SKLADOVATELNOST A UDRŽITELNOST ČOKOLÁDOVÝCH VÝROBKŮ

Skladovatelnost čokoládových výrobků je dána několika parametry. Především jde o teplotu, vlhkost a přístup kyslíku, což souvisí s obalem výrobku (Nattress et al., 2004). Čokoládové výrobky jsou velmi citlivé na teplotu a vlhkost, ideální podmínky pro jejich skladování je 15–17 °C a relativní vlhkost pod 50 %. Výrobky by měly být skladovány odděleně od ostatních potravin, protože mohou snadno přijímat cizí pachy (Nelda, 2012).

Obal čokoládového výrobku může hrát při skladování důležitou roli. Vytváří totiž bariéru proti okolní vlhkosti, čímž zabrání zvlhnutí výrobku, nebo naopak při nízké vnější vlhkosti brání proti vysychání a ztvrdnutí čokoládových cukrovinek (Beckett, 2008).

Během skladování je velmi důležité vyhnout se vyšším teplotám a také kolísání okolní teploty. Pokud dojde k přesunu z jednoho teplotního extrému do druhého, např. z chladničky do prostředí horkého dne, struktura čokolády se může změnit na olejovitou. Vlivem nevhodného skladování totiž může dojít ke vzniku vad, především tukového výkvětu (Beckett, 2008; Nelda, 2012).

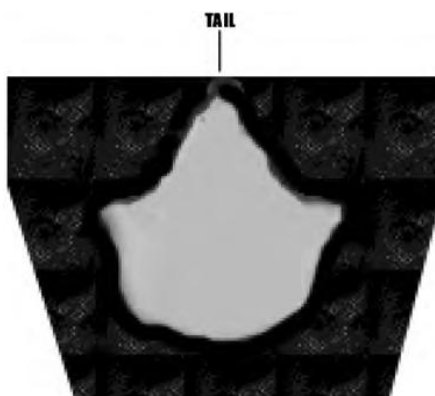
Trvanlivost čokoládových výrobků je značně ovlivněna recepturou a také výrobou. Z výrobních kroků je to hlavně teplota, která má významný vliv na skladovatelnost čokoládových výrobků. Pokud totiž máme správně temperovanou čokoládovou hmotu, při dobrých skladovacích podmínkách, docílíme delší trvanlivosti. U hmot podtemperovaných a přetemperovaných, případně hmot, u kterých se špatnou temperací

vytvořily nestabilní formy kakaového másla, je špatná skladovatelnost a snížení kvality způsobené vznikem tukového výkvětu (Beckett, 2008).

Různé suroviny mají různý vliv na změnu kvality výrobků během skladování. Mléčný tuk se v určitém množství bere jako inhibitor tukového výkvětu, ale zároveň má omezenou životnost. Je náchylný na oxidaci a lipolýzu. Použití některých náhradních tuků a emulgátorů může zpomalit nežádoucí změny čokolády, které jsou spojeny se vznikem tukového výkvětu (Beckett, 2008; Mohos, 2010).

Problém trvanlivosti plněných čokoládových výrobků je v jejich náplních a vložkách. Během skladování může dojít k migraci tuku a vlhkosti do čokoládové polevy (Beckett, 2008). Největší pravděpodobnost migrace tuku je u náplní, které obsahují tuky s nízkým bodem tání a vysokou tekutostí (mastné kyseliny nebo triglyceridy s krátkým řetězcem nebo nenasycené mastné kyseliny) (Ali et al., 2001). Stabilitu tukových náplní je možné zlepšit přidáním některých emulgátorů např. sorbitanu tristearátu (Čopíková, 1999).

Čokoládová poleva obvykle působí jako bariéra proti vysušování náplně. Pokud se ale při plnění např. karamellem vytvoří ocásek (Obr. 10), vznikne tak cesta pro snadný přenos vlhkosti a tedy zkrácení trvanlivosti daného výrobku (Beckett, 2008).



Obr. 10 Plněný čokoládový výrobek s karamelovým ocáskem (Beckett, 2008)

4 VADY ČOKOLÁDOVÝCH VÝROBKŮ

Nedodržení výrobních postupů, nevhodné skladování nebo přeprava může vést ke zhoršení kvality a vzniku různých vad výrobků. Nejčastěji se jedná o tzv. šedivění, kdy čokoládový výrobek ztrácí lesk a je pokryt jemnou bělavou vrstvičkou. Tato vada se nazývá cukerný nebo tukový výkvět.

Vady v kvalitě čokoládových výrobků jsou posuzovány buď jako senzoricky nepřijatelné nebo jako zdravotně závadné změny (Afoakwa, 2010; Čopíková, 2015).

4.1 Tukový výkvět

Tukový výkvět je mnohem obávanější jev než cukerný výkvět. Tvoří se nejen na povrchu čokolády, ale vyskytuje se i na povrchu čistého kakaového másla. Je to jev, ke kterému dochází u kakaového másla za určitých podmínek, a to i v nepřítomnosti kakaových součástí, které ovšem mohou vznik výkvětu značně ovlivnit (Čopíková, 2015). Výkvět je způsoben tím, že tukové krystaly vystupující na povrchu čokoládového výrobku naruší odraz světla a jsou tak viditelné jako bělavý povlak. Tukový výkvět obvykle pokrývá celý povrch výrobku a kromě jeho vzhledu ovlivňuje také chuťové a texturní vlastnosti. I přesto, že je výrobek s tukovým výkvětem zdravotně nezávadný, spotřebitelé jej berou jako nepoživatelný právě kvůli neatraktivnímu vzhledu (Afoakwa, 2010; Bui, Coad, 2014).

Tato vada může mít více forem v závislosti na typu výrobku, podmínkách zpracování a skladování (Kinta, Hartel, 2010).

4.1.1 Příčiny vzniku tukového výkvětu:

- nedostatečná krystalizace kakaového másla během temperace,
- rekrystalizace bez vhodné temperace,
- nehomogenita čokolády nebo čokoládové polevy,
- směs nekompatibilních tuků,
- rozdíly v teplotě čokolády a náplně,
- nesprávné podmínky chlazení,
- migrace tuku u plněných výrobků,
- otěr či dotyk povrchu čokoládového výrobku, tzv. dotykový výkvět,
- nevhodné skladovací podmínky, tj. vlhkost a teplota (Afoakwa, 2010; Tisoncik, 2013).

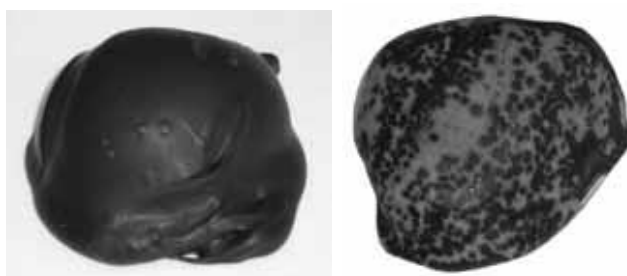
Ve špatně temperované nebo netemperované hmotě krystalizuje kakaové máslo nejprve v nižší nestabilní formě, která částečně již během chlazení přechází do stabilní formy V. Přeměna pokračuje velmi pozvolna a tím se vytváří velké krystaly, mezi kterými vznikají trhliny naplněné vzduchem. Světlo dopadající na povrch se v těchto trhlínách láme, čímž vzniká dojem bělavého zabarvení povrchu (Čopíková, 2015).

Vlivem dlouhé doby skladování dochází ke stárnutí výrobku a pomalé přeměně formy V na více stabilní formu VI. Tato přeměna má za následek vznik tukového výkvětu (Bui, Coad, 2014).

Na dobře temperované čokoládě se může tukový výkvět objevit díky špatným skladovacím podmínkám. Stabilní modifikace začíná být již při teplotě nad 20 °C. Rozpuštěný podíl kakaového másla je vytlačován kapilárami na povrch výrobku, kde znovu vykrytalizuje v nestabilní formě a přechod ve stabilní modifikaci způsobí výkvět (Čopíková, 2015; Afoakwa, 2010).

U plněných čokoládových výrobků je vznik tukového výkvětu důsledkem migrace tuku z náplně. Dochází k tomu u náplní s vysokým obsahem oleje např. z lískových ořechů nebo arašídového másla. Migrace je způsobena rozdílem v triacylglyceridovém složení náplně a okolní čokolády. Migrující olej z náplně rozpouští část kakaového másla a jejich směs putuje na povrch výrobku, kde krystalizuje ve formě jehlicovitých krystalků. Rozpuštěné kakaové máslo může migrovat i do náplně, která získá tvrdší charakter. (Dahlenborg et al., 2015; Nöbel et al., 2009).

Na vznik tukového výkvětu může mít vliv i špatně očištěná forma použitá při formování čokoládových výrobků (Tisoncik, 2013).



Obr. 11 *Tukový výkvět na povrchu máčené cukrovinky* (Čopíková, 2015)

Vzniku tukového výkvětu lze zabránit především správnou temperací čokoládové hmoty a dodržení skladovacích podmínek s minimálním kolísáním teplot. U plněných čokoládových výrobků je možné potáhnout vnitřní stranu čokoládové dutinky vrstvou

tuku, která zabrání migraci tuků z náplně. Další způsob jak zabránit výkvětu je použití některých náhražek kakaového másla, které snižují možnost jeho vzniku (Čopíková, 1999; Nöbel et al., 2009).

4.2 Cukerný výkvět

Cukerný výkvět se vyskytuje méně a dochází k němu vlivem vysoké vlhkosti při skladování nebo při rychlé změně teploty prostředí. Jestliže poklesne teplota vzduchu nad povrchem čokoládového výrobku pod rosný bod, dojde ke kondenzaci vodních par a vytvoří se vodní film. Ve vodním filmu se začne rozpouštět cukr a difúzí se dostane na povrch výrobku. Pokud se opět změní teplota prostředí, voda se odpaří a cukr vykrytalizuje na povrchu ve formě bělavého povlaku.

Cukernému výkvětu zabráníme dobrými skladovacími podmínkami a vyloučením možnosti kondenzace vodní páry. Často se tento výkvět zaměňuje za tukový. Nejjednodušeji se rozliší zahříváním čokolády na 38 °C, kdy cukerný výkvět zůstává viditelný, zatímco tukový zmizí (Čopíková, 2015; Afoakwa, 2010).

4.3 Ostatní vady

Mezi další nedostatky a výrobní vady čokoládových výrobků patří trhliny a vysychání náplně, nerovnoměrný povrch mezi náplní a čokoládou, špatný zátěr, mechanické poškození a bublinky vzduchu.



Obr. 12 Čokoládová cukrovinka se špatným zátěrem (Hřivna, 2013)

Mnoho z těchto vad vzniká při formování a mohou být způsobeny špatnými reologickými vlastnostmi čokoládové hmoty. Výsledkem jsou například máčené cukrovinky s nerovnoměrnou vrstvou čokolády. V tomto případě může dojít během

skladování k vysychání náplně, která není dostatečně chráněna čokoládou a tím se zkrátí trvanlivost výrobku. U plněných výrobků může docházet vlivem teplotních změn nebo přenosem vlhkosti při skladování ke vzniku trhlin a prýštění náplně (Beckett, 2008).



Obr. 13 *Nerovnoměrná vrstva čokolády u máčené cukrovinky* (Beckett, 2008)

Zdravotně závadné vady

U čokoládových výrobků se mohou vyskytnout také vady, které způsobí jejich zdravotní závadnost. Tyto vady bývají způsobeny nevyhovující surovinou, kontaminací při výrobě nebo skladování. Skladují-li se čokoládové výrobky ve vlhkém prostředí, může dojít k plesnivění. Některé suroviny mohou způsobit žluknutí, např. ořišky. Žluklá chuť se může vyskytnout i u čokolády obsahující mléčný tuk. Mezi zdravotně závadné vady se řadí také výskyt škůdců, např. zavíječ skladištní či paprikový (Hřivna, 2013; Beckett, 2008)

5 MATERIÁL A METODIKA

5.1 Měření vzorky

K analýzám byl vybrán čokoládový produkt Orion Pistácie (Mléčná čokoláda s pistáciovou 28 % a lískooříškovou 36 % náplní a s kousky pistácií 1,5 %), u kterého byl testován vliv teploty skladování, složení čokoládové hmoty a technologie výroby na změnu barvy, texturních vlastností a senzorické kvality.

Čokoláda Orion Pistácie byla vyrobena ve 4 variantách: se standardním obsahem čokoládové hmoty (35 % kakaové hmoty) a s vyšším podílem kakaové hmoty (45 %), oba typy výrobku pak byly vyrobeny jako retemperované (R-35 % a R-45 %) a bez retemperace (N-35 % a N-45 %). Retemperace je proces, kdy jsou již hotové zabalené čokoládové výrobky po standardní výrobě s klasickou temperací vystaveny na určitou dobu ideální teplotě pro dotvoření dokonalé struktury krystalické sítě kakaového másla.

5.2 Podmínky

Po naskladnění výrobků byla provedena vstupní analýza. Současně byla část vzorků hluboce zmrazena na -18 °C pro pozdější využití v senzorické analýze jako „standards“ a zbylé vzorky byly rozděleny do řízených teplotních režimů – 6 °C, 12 °C, 20 °C a 30 °C a skladovány v těchto režimech bez jakýchkoliv teplotních výkyvů 6 měsíců. Teploty 30 °C byly zvoleny pro simulaci nevhodných skladovacích podmínek, ke kterým může dojít během transportu nebo špatného skladování čokoládových výrobků.

Během 6 měsíců bylo provedeno a vyhodnoceno 6 odběrů: vstupní hodnocení ihned po výrobě, následně po 2, 6, 10, 18 a 26 týdnech od výroby. Při každém odběru bylo provedeno senzorické hodnocení, stanoveny barevné změny na spektrofotometru ve viditelné části spektra a provedena fyzikální analýza textury výrobků na texturometru. Před analýzami byla vždy dodržena 24 hodinová ekvilibrace všech vzorků na teplotu laboratoře.

5.3 Senzorické hodnocení

Pro stanovení senzorických znaků čokoládových výrobků byla použita metoda senzorického profilu. K měření vjemů u dílčích deskriptorů byly použity

nestrukturované grafické stupnice se slovním popisem krajních bodů o délce 10 cm. Vzorky jednotlivých výrobků ze všech skladovacích teplot včetně standardů byly podávány najednou, aby bylo v daných deskriptorech umožněno jejich vzájemné porovnávání. Všechna senzorní hodnocení proběhla ve specializované laboratoři za standardních podmínek (ISO 8586-1 na hodnotitele a ISO 8589 na prostory, hodnocení při 20 °C).

Výsledky grafických stupnic byly získány změřením vzdálenosti značky od pravého okraje stupnice, který představuje nejhorší kvalitu výrobku = 0, k začátku stupnice vlevo, jež reprezentuje kvalitu nejlepší = 10, a jsou zpracované ve formě paprskových grafů jako průměr hodnocení hodnotitelů (n=8). Senzorické profily výrobků z průběhu jejich skladování názorně ukazují rozdíly mezi jednotlivými teplotními režimy skladování výrobků.

5.4 Měření barvy

Stanovení barvy a jejích změn v průběhu skladování jednotlivých vzorků bylo provedeno pomocí spektrofotometru Konica Minolta CM 3500d (KONICA, Japonsko). Pro kolorimetrické stanovení barvy reflektancí (d/8) u čokoládových výrobků byl zvolen režim s eliminací lesku (SCE - specular component excluded), D 65 (režim osvětlení – 6 500 Kelvinů) a šterbinou 8 mm. Spektrofotometrické měření barvy ve viditelné oblasti je vhodným doplňkem senzorní analýzy. Hodnoty L* (světlost) představují rozmezí od 0 (černá) do 100 (bílá). Měření bylo vždy provedeno 3x na dutince a 3x na zátěru ve 2 opakování u každé skupiny vzorků.

5.5 Analýza textury

K měření textury byl použit univerzální přístroj určený k měření fyzikálních charakteristik – Tira test (typ 27025), Německo. Testování čokoládových výrobků bylo provedeno penetračním testem se sondou ve tvaru tyčinky. Zvolená kritéria pro penetrační test čokoládových výrobků tlakovou zkouškou byly následující: rovné zakončení (typ nástavce), 3 mm (průměr sondy), $v_1 = 100 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ (zkušební rychlost). Pro hodnocení textury je nezbytné, aby vzorky čokoládových výrobků byly před každou analýzou 24 hodin ekvilibrovány na teplotu laboratoře.

5.6 Statistická analýza dat

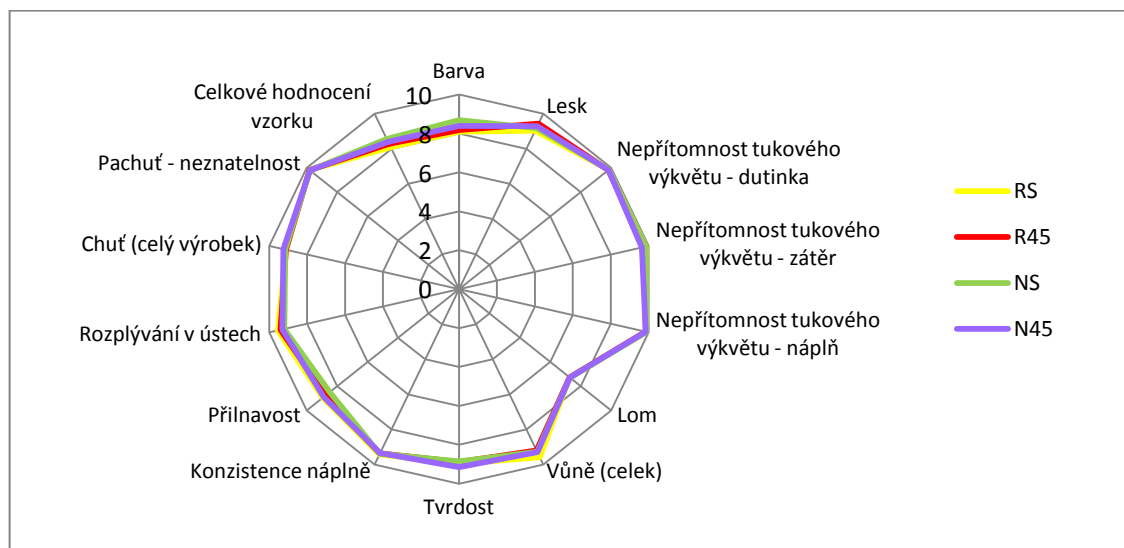
Data získaná měřením byla zpracována pomocí programu MS EXCEL. Statistické hodnocení bylo provedeno u získaných dat pomocí statistického programu STATISTICA verze 12 – analýza ANOVA (analýza variance s interakcemi, test na hladině významnosti $P = 0,05$).

6 VÝSLEDKY A DISKUSE

6.1 Senzorické hodnocení

Při senzorickém hodnocení byly všechny vzorky porovnávány vzájemně. Vstupní měření (graf 1), které bylo provedeno při naskladnění vzorků 2 dny od výroby, neukázalo žádné výrazné rozdíly mezi čtyřmi zkoušenými druhy.

Graf 1 *Senzorický profil - první odběr*



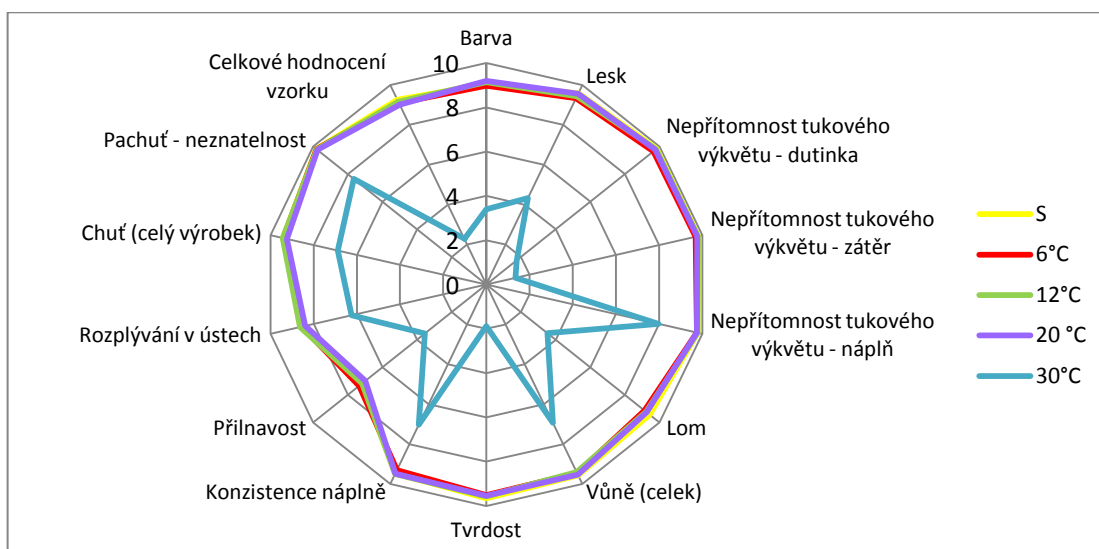
Při následných odběrech byly vzorky porovnávány se "standardem", který byl skladován při -18 °C .

Již po dvou týdnech skladování vzorků v daných teplotních režimech se u všech variant projevil negativně zejména skladovací režim 30 °C (graf 2 až 5). Změny se projeví především u deskriptorů barva a lesk, způsobených vývinem tukového výkvětu. Vystavením vzorků vysokým teplotám došlo také ke snížení jejich tvrdosti, zhoršení lomu a samozřejmě i k propadu v celkovém hodnocení vzorků.

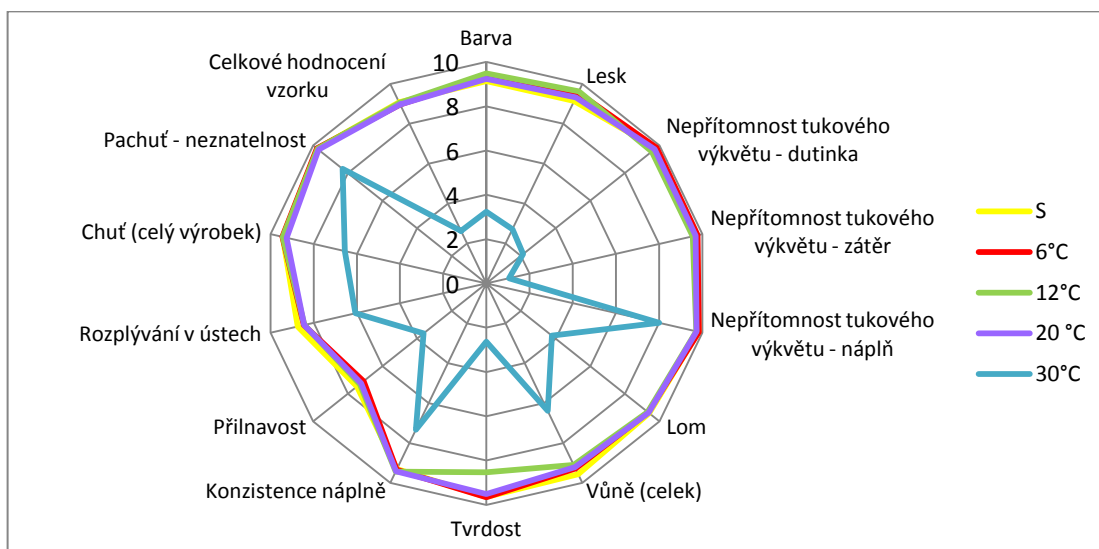
Rozdíly mezi jednotlivými technologiemi nebyly výrazně rozpoznatelné. Z výsledků je patrný pouze mírný rozdíl tvrdosti na základě obsahu čokoládové hmoty, kdy vzorky s obsahem 45 % kakaové hmoty vykazují oproti vzorkům se standardním obsahem mírně vyšší tvrdost.

U vzorků čokolád, jež byly uloženy v teplotních režimech při 6, 12 a 20 °C, odpovídaly hodnoty stanovovaných deskriptorů vlastnostem standardu, takže nedošlo k žádné výrazné změně. Během následujících týdnů skladování byly výsledky hodnocení obdobné.

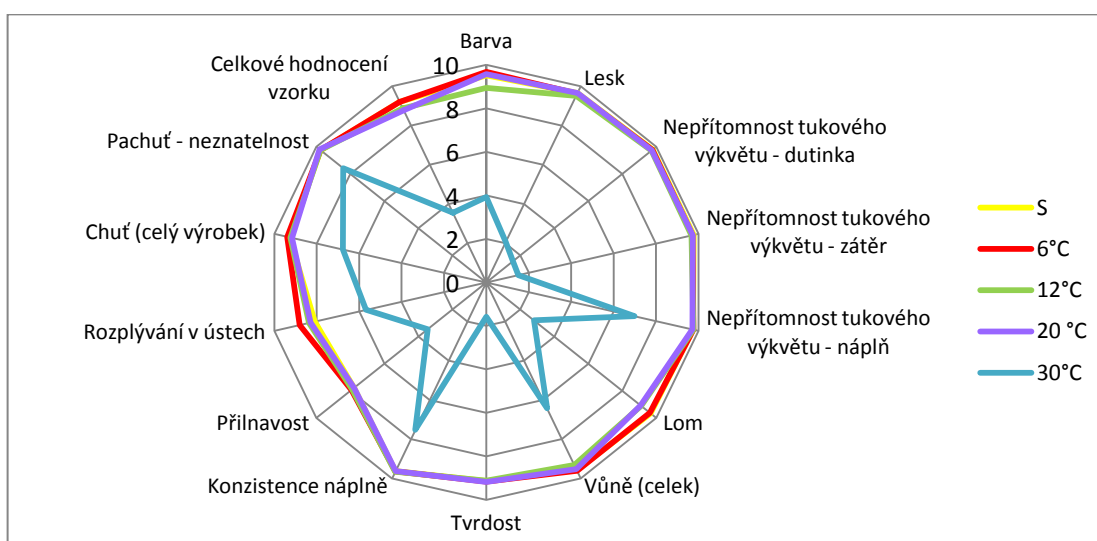
Graf 2 *Senzorický profil - RS - druhý odběr*



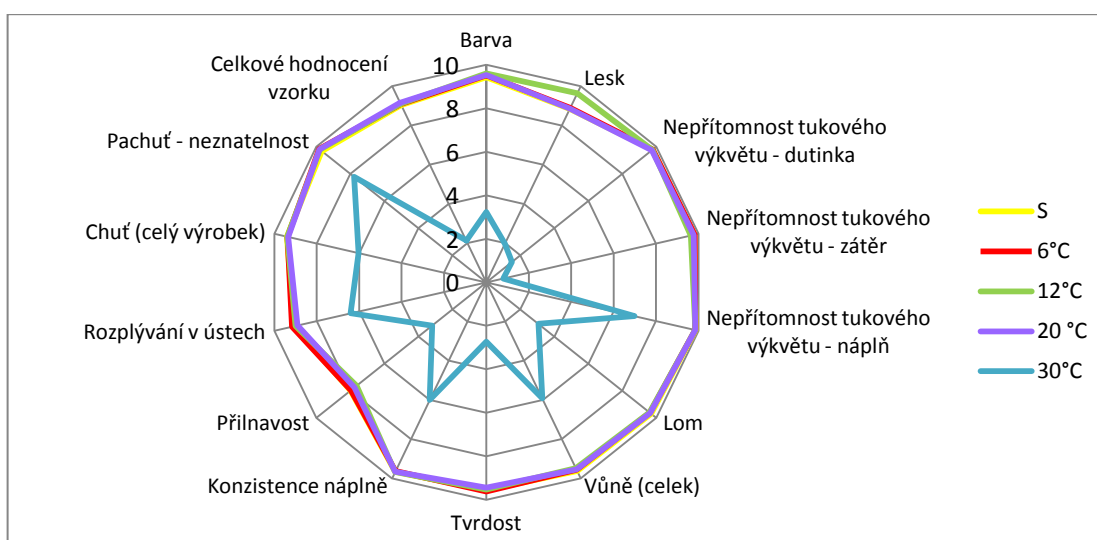
Graf 3 *Senzorický profil - R45 - druhý odběr*



Graf 4 *Senzorický profil - NS - druhý odběr*



Graf 5 *Senzorický profil - N45 - druhý odběr*



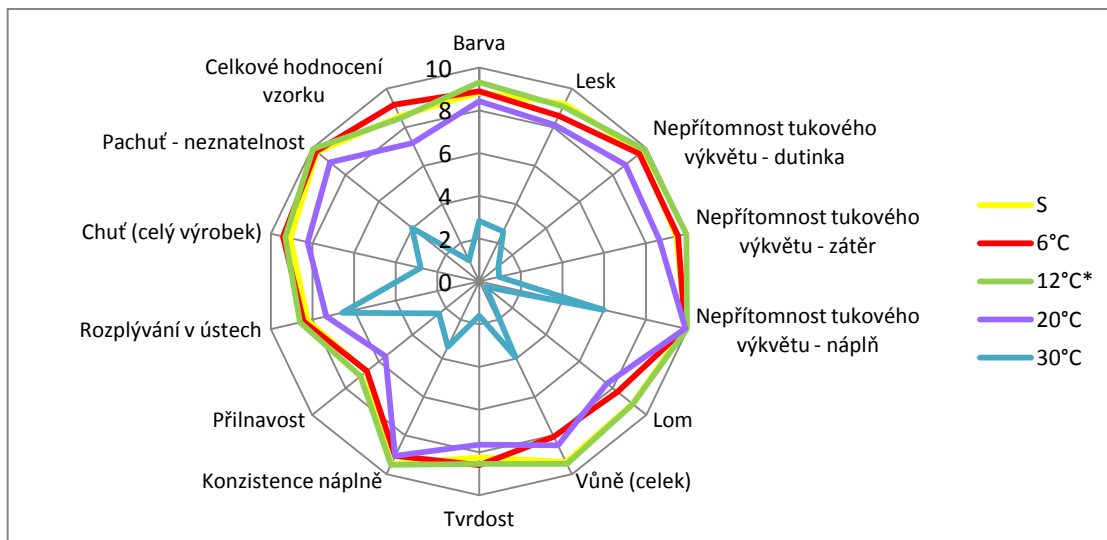
Analýza vzorků při pátém odběru (po 18 týdnech skladování) však již ukázala rozdíl v odolnosti vůči tukovému výkvětu vzhledem k technologii výroby. Vzorky skladované v teplotním režimu při 20 °C, u nichž byla provedena retemperace (RS a R45), vykazovaly oproti neretemperovaným vzorkům (NS a N45) vyšší odolnost vůči výskytu tukového výkvětu. U neretemperovaných vzorků, začal být patrný vývoj tukového výkvětu na zátěru čokolády. Skladovací teplota 20 °C se tak již ukázala jako nevhodná.

Grafy 6 až 9 ukazují změnu deskriptorů jednotlivých vzorků po 6 měsících skladování v daných teplotních režimech. Z výsledků vyplývá, že skladovací teplota 6 a 12 °C byla pro všechny varianty čokolády nejlepší. U těchto vzorků nedošlo

ani po půl roce skladování k žádným výrazným změnám a jejich vlastnosti odpovídaly sensorickým vlastnostem standardu.

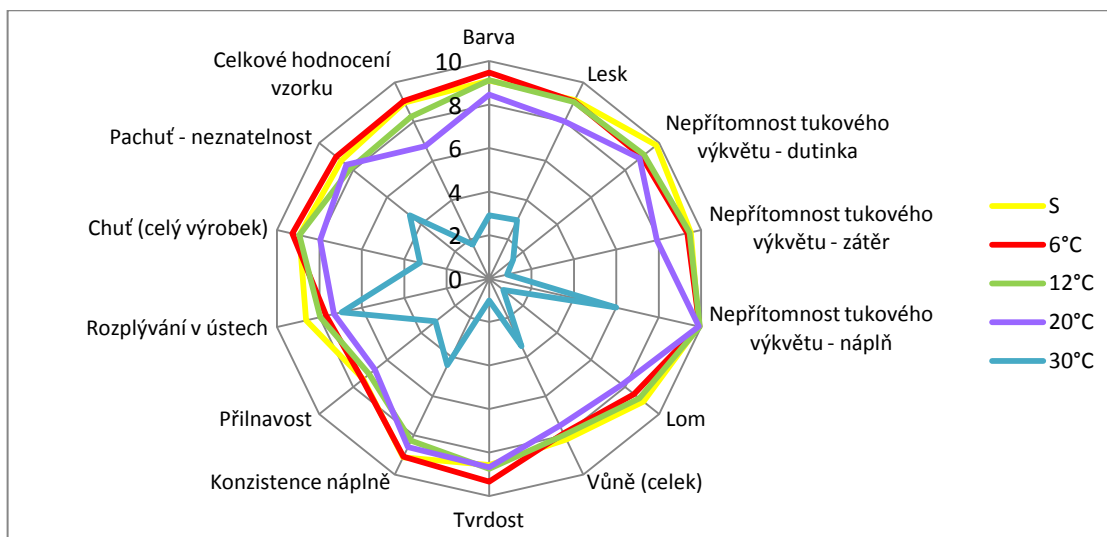
U vzorků skladovaných při teplotě 20 °C došlo k mírnému zhoršení některých deskriptorů oproti standardu, jako lesku či přilnavosti na patře a také celkového hodnocení. Při posledním měření byla zjištěna přítomnost tukového výkvětu i u vzorků retemperovaných. Obrázek 14 ukazuje rozdíl ve vývinu tukového výkvětu u retemperované a neretemperované čokolády. Z výsledků tedy vyplývá, že technologie výroby čokolád retemperací byla u vzorků skladovaných při 20 °C vůči tukovému výkvětu odolnější.

Graf 6 Sensorický profil - RS - šestý odběr

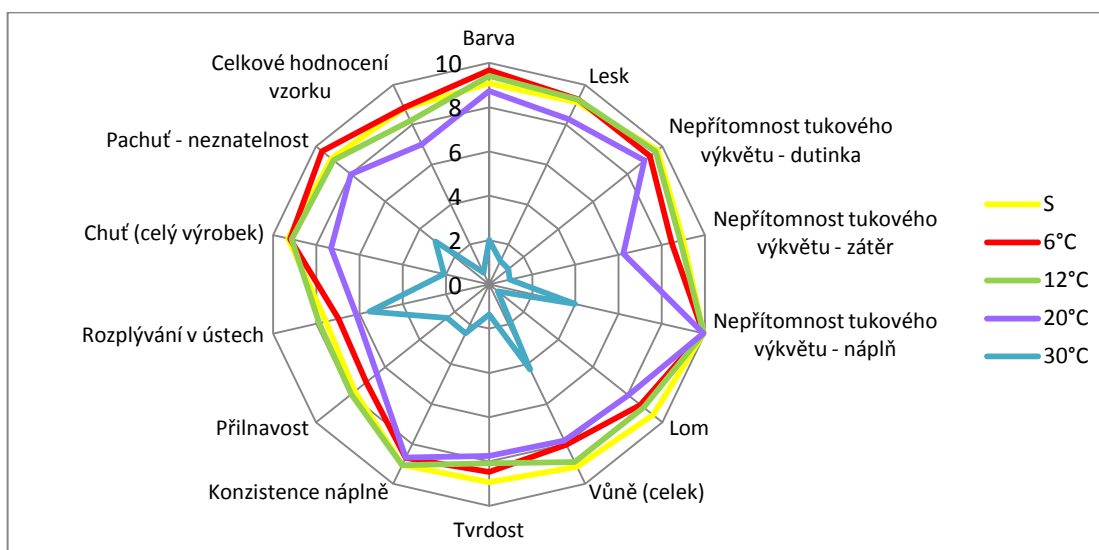


* hodnoty jsou použity z pátého odběru z důvodu ztráty vzorku

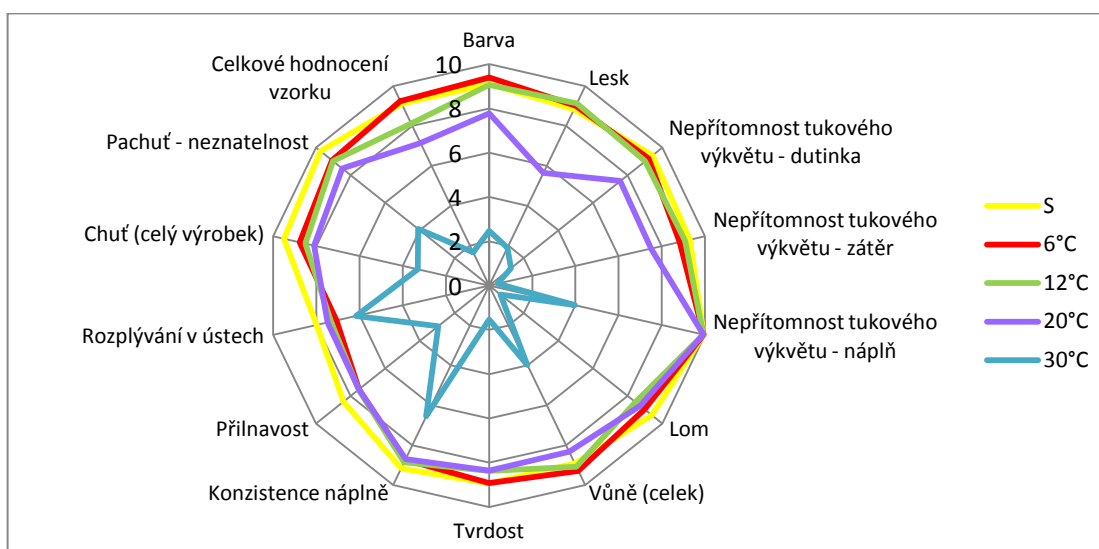
Graf 7 Sensorický profil - R45 - šestý odběr



Graf 8 Sensorický profil - NS - šestý odběr



Graf 9 Sensorický profil - N45 - šestý odběr



Obr. 14 Tukový výkvět na zátěru u RS a NS vzorků, 20 °C (šestý odběr)

Jak bylo již v průběhu skladování zřejmé, teplota 30 °C se ukázala jako nejméně vhodná vzhledem k sensorickým vlastnostem čokolády. Tyto vzorky vykazovaly

zřetelné zhoršení téměř všech deskriptorů, což bylo především způsobeno tvorbou tukového výkvětu. Stejného závěru dospěli také Ali et al. (2001), podle nichž má migrující tuk nepříznivý vliv na celistvost a vzhled výrobku, především dochází ke změknutí výrobku. Všechny tyto změny snižují přijatelnost výrobku pro spotřebitele. Podobných výsledků dospěli také Bui a Coad (2014), kteří uvádí, že se senzorická kvalita čokolády snížila již po sedmi dnech skladování při teplotě 35 °C. Jejich výsledky také ukazují, že se zvyšujícím se procentuálním podílem tukového výkvětu, klesají všechny senzorické vlastnosti. Zhoršení kvality nastává exponenciálně s časem.

Teplota 30 °C způsobila také změnu konzistence náplně, která se během skladování měnila v tuhou a suchou. Hůře na tom byly výrobky se standardním obsahem kakaové hmoty (35 %). Tento jev byl pravděpodobně způsoben migrací tuku z náplně a jejím vysycháním. Nöbel et al., (2009) uvádí že, míra migrace tuku z náplně může být ovlivněna teplotou skladování a strukturou čokoládové dutinky. V jejich studii testovali plněné výrobky, které obsahovaly bariérovou vrstvu mezi náplní a čokoládovou dutinkou. Uvádějí, že použití této vrstvy vedlo k významnému snížení rychlosti migrace oleje z náplně a snížení tvorby tukového výkvětu.

Při posledním odběru byl zdokumentován výskyt tukového výkvětu na náplni, který se projevil hlavně v rozích čtverečků na povrchu čokolády. Tento jev byl nejvíce patrný u neretemperovaného vzorku se standardním obsahem čokoládové hmoty skladované při 30 °C (obr. 15).

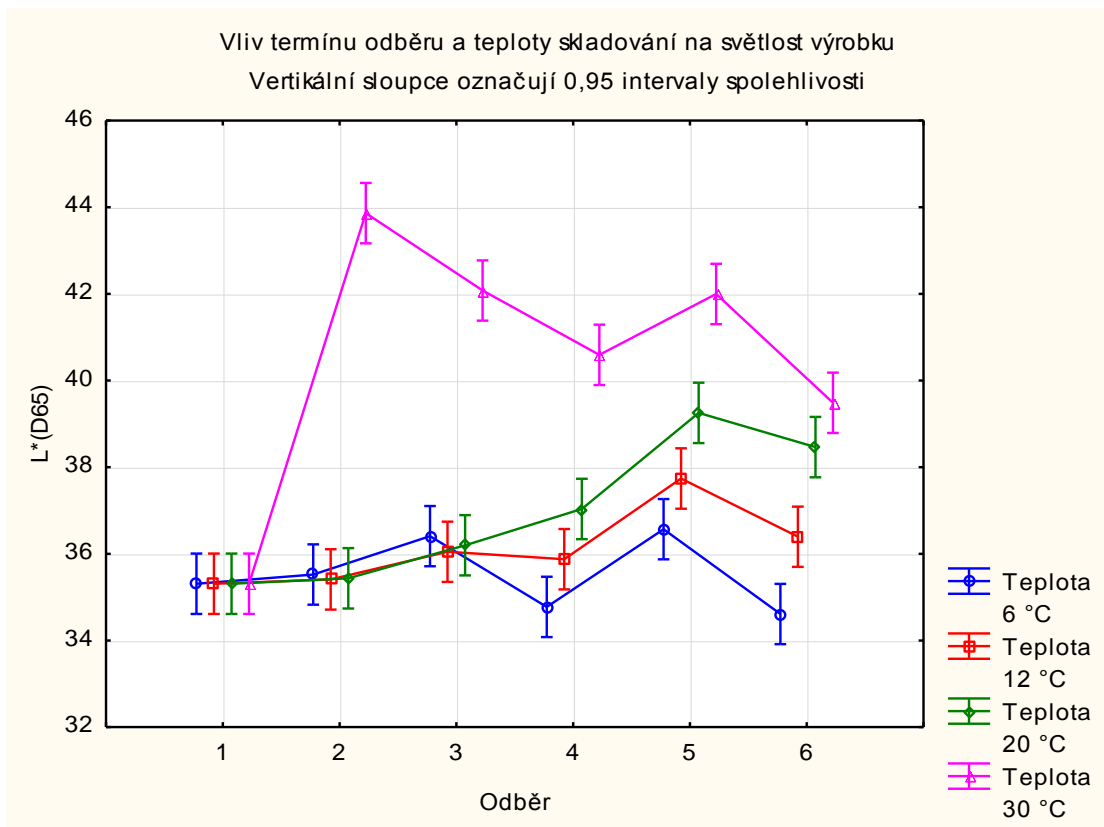


Obr. 15 *Tukový výkvět na náplni u NS vzorku, 30 °C (šestý odběr)*

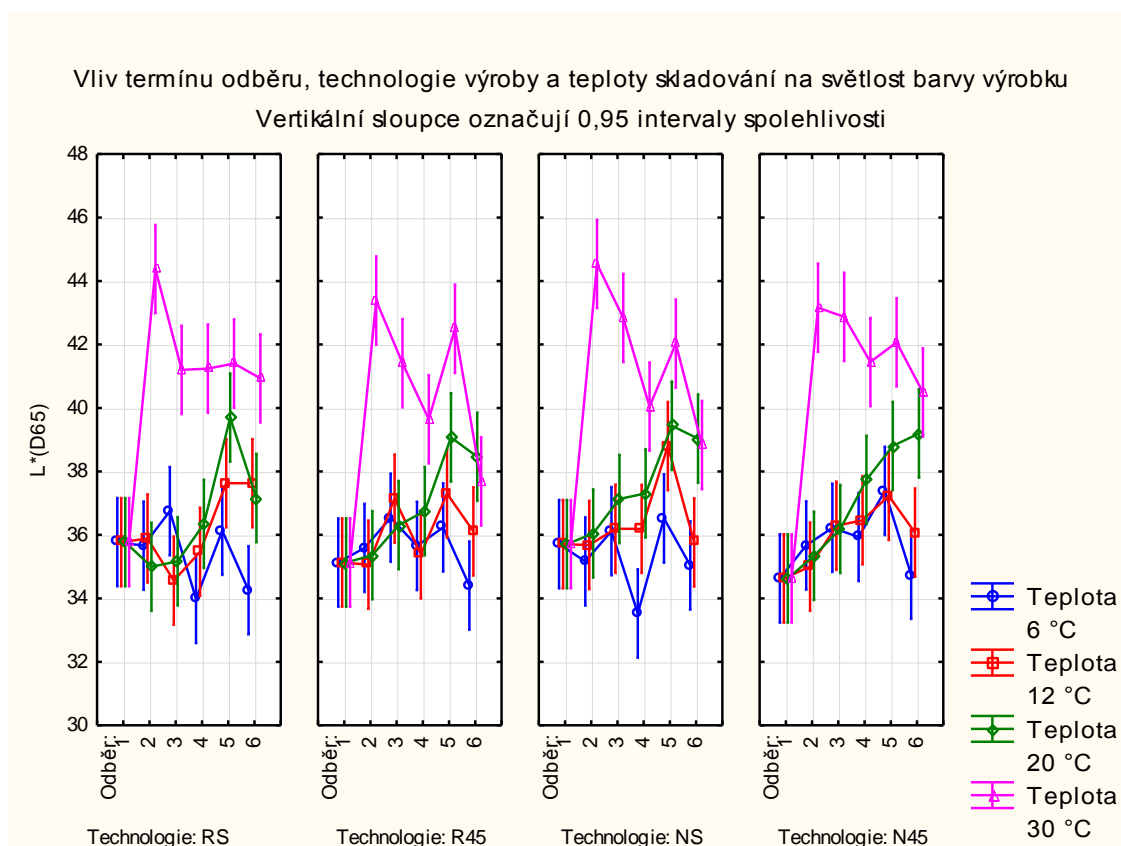
6.2 Měření barvy

Pro statistické vyhodnocení byla použita hodnota L^* (světlost), která nejlépe charakterizuje změny barvy vzorků během měření. Výsledky ukazují, že jednotlivé teplotní režimy měly různý vliv na změnu barvy skladovaných čokoládových výrobků. K největším barevným změnám došlo u skladovacího režimu 30 °C, kde vzorky dosáhly výrazně světlejšího zbarvení již po dvou týdnech skladování (graf 10). U zbylých teplotních režimů 6, 12 a 20 °C byly výraznější změny barvy až při čtvrtém odběru. Jak vyplývá i z grafu 11, který ukazuje změnu barvy u jednotlivých technologií, došlo u vzorků skladovaných při 6 °C ke ztmavnutí oproti vstupním hodnotám. Zatímco u výrobků uložených při 12 °C došlo k mírnému zesvětlení.

Graf 10 Vliv termínu odběru a teploty skladování na světlost L^* (D65)



Graf 11 *Vliv termínu odběru, technologie výroby a teploty skladování na změnu barvy*



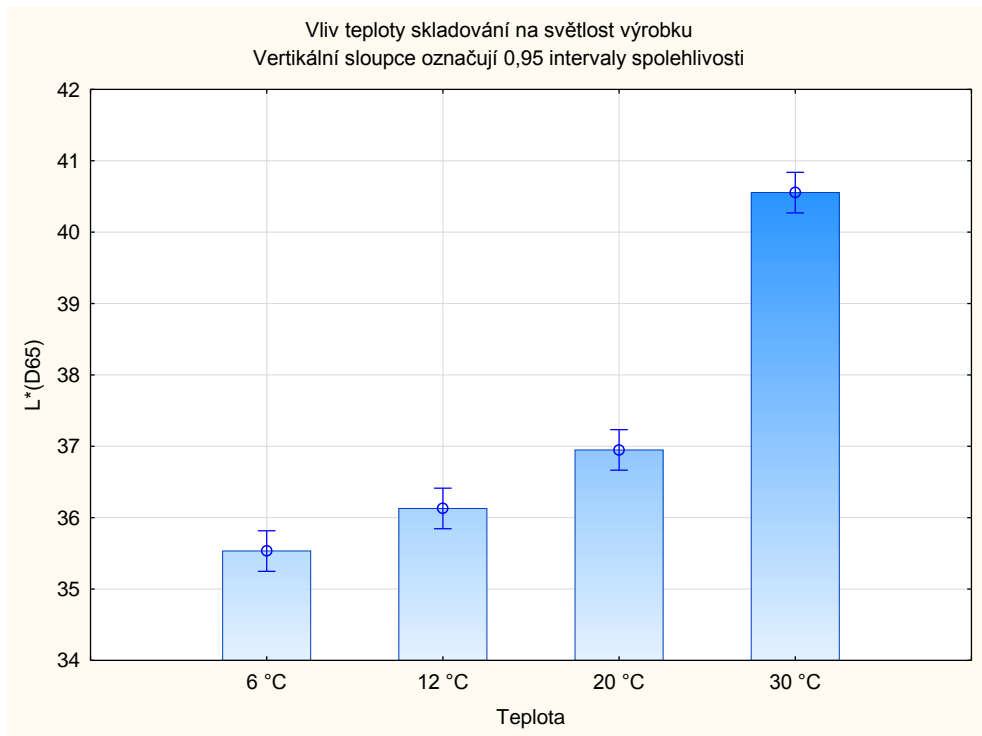
Graf 12 potvrzuje, že u výrobků skladovaných ve 30 °C bylo dosaženo světlejší barvy oproti ostatním teplotním režimům. Tento jev byl s největší pravděpodobností způsoben vznikem tukového výkvětu. Briones a Aguilera (2005) totiž uvádějí, že tukový výkvět, jež vznikl působením vysokých okolních teplot, způsobuje postupnou změnu barvy, ztrátu lesku a šedivý vzhled povrchu čokolády.

K zesvětlení došlo také u výrobků z teplotního režimu 20 °C a to především u posledních dvou odběrů. Tato změna barvy potvrzuje výsledky senzoričského hodnocení, při kterém byl také zjištěn výskyt tukového výkvětu u vzorků z daného teplotního režimu. Také Mexis et al. (2010) uvádějí, že důsledek vzniku tukového výkvětu byl pozorován ve změně barvy. Dle Afoakwa et al. (2008) čokoládové výrobky s tukovým výkvětem rozptylují více světla a výrobek se pak jeví světlejší a méně sytý.

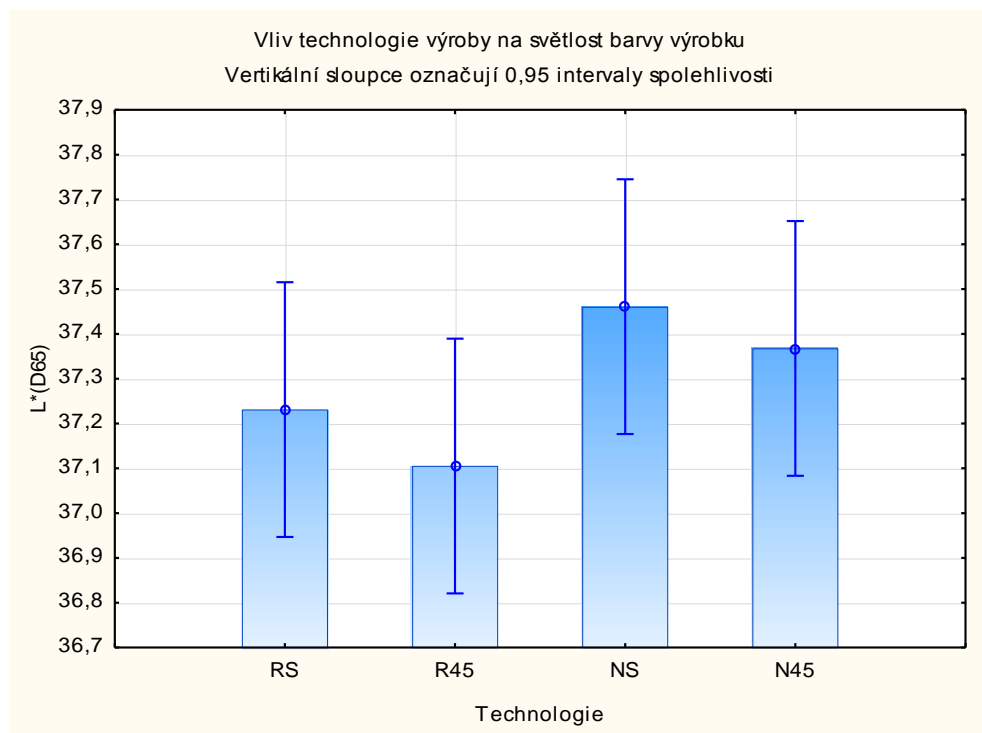
Při vstupním měření bylo potvrzeno, že výrobky s vyšším podílem kakaové hmoty, mají tmavší barvu, v tomto případě R45 a N45. Vliv jednotlivých technologií výroby na změnu barvy nebyl nijak výrazný. Hodnoty světlosti posledního odběru pouze ukazují mírně vyšší hodnoty u neretemperovaných vzorků oproti retemperovaným v teplotním režimu 20 °C. Což je dáno tím, že retemperované vzorky byly více odolné

vůči tukovému výkvětu. U ostatních teplotních režimů se vliv retemperace výrazně neprojevil. Toto tvrzení také potvrzuje graf 13, kde jsou rozdíly mezi retemperovanými a neretemperovanými technologiemi v desetinách L*.

Graf 12 *Vliv teploty skladování na světlost výrobku*



Graf 13 *Vliv technologie výroby na světlost barvy výrobku*

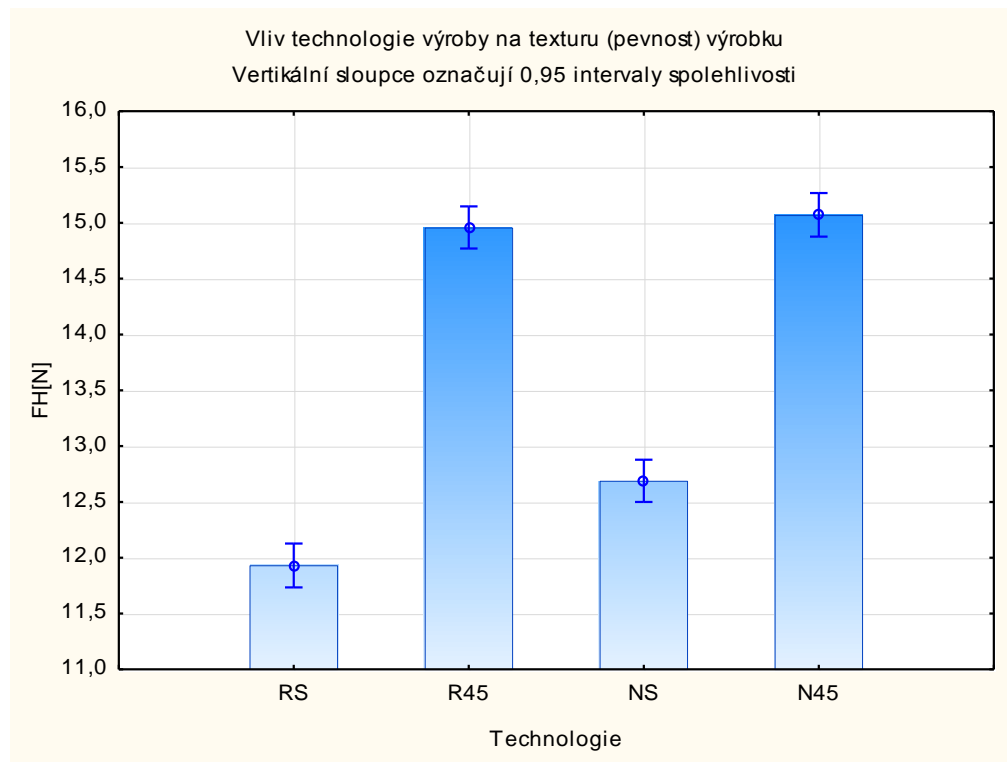


6.3 Analýza textury

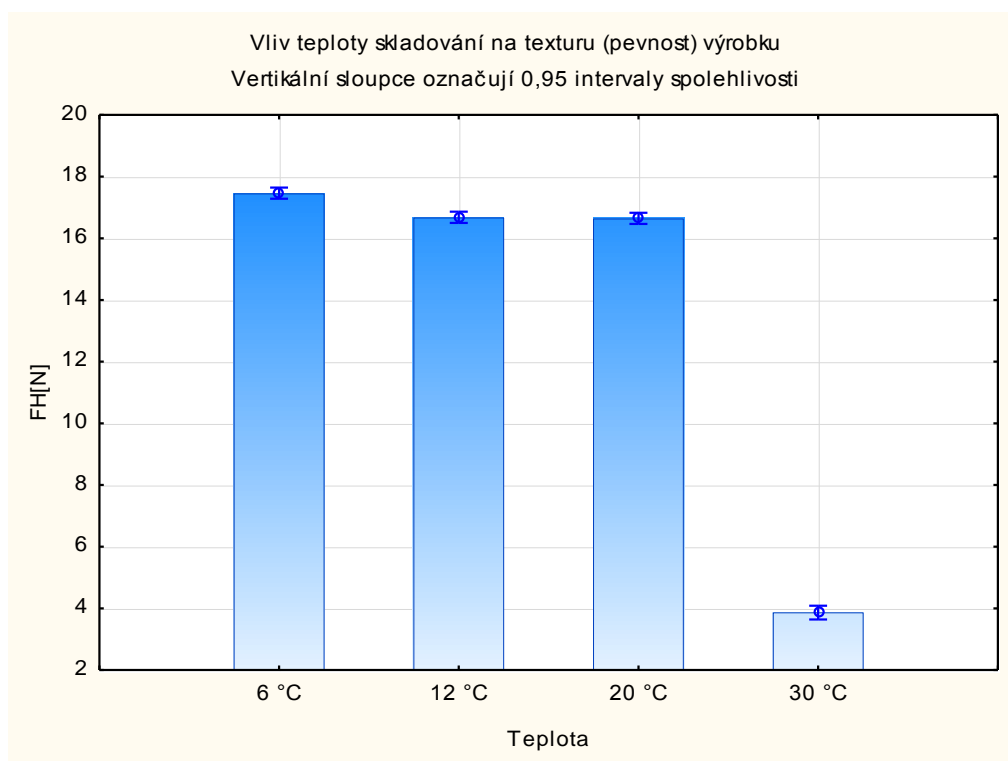
Výsledky analýzy textury byly vyhodnoceny na základě síly (FH) v newtonech. Z grafu 14 je patrné, že čokoláda s obsahem 45 % kakaové hmoty vykazovala vyšší tvrdost než vzorky se standardním obsahem 35 %. Celkově nejvyšší tvrdost byla u neretemperovaného vzorku N45.

Graf 15 ukazuje, že nejnižších hodnot tvrdosti dosáhly vzorky, které byly skladovány při teplotě 30 °C, kdy byl zaznamenán statisticky průkazný rozdíl vzhledem ke vzorkům skladovaným v ostatních teplotních režimech (6, 12 a 20 °C).

Graf 14 *Vliv technologie výroby na texturu (pevnost)*



Graf 15 Vliv teploty skladování na texturu



Z grafu 16 analýzy textury vyplývá, že jednotlivé teplotní režimy ovlivnily tvrdost skladovaných vzorků čokolády. U vzorků všech čtyř technologií skladovaných při 30 °C došlo k výraznému poklesu tvrdosti již po dvou týdnech skladování vzhledem ke vstupnímu měření (prvnímu odběru). Výrazná změna textury u těchto vzorků ukazuje, že zvolenou teplotu pro skladování můžeme označit jako krajně nevyhovující. Z výsledků Mexis et al. (2010) vyplývá, že změny textury doprovázené změnou barvy vlivem tukového výkvětu, vedly ke změknutí čokoládového výrobku. Migrace tuku z náplně do okolní čokolády může způsobit, že se čokoláda stane lepivou, měkkou, náplň tužší a může také ovlivnit strukturu povrchu (Ali et al., 2001).

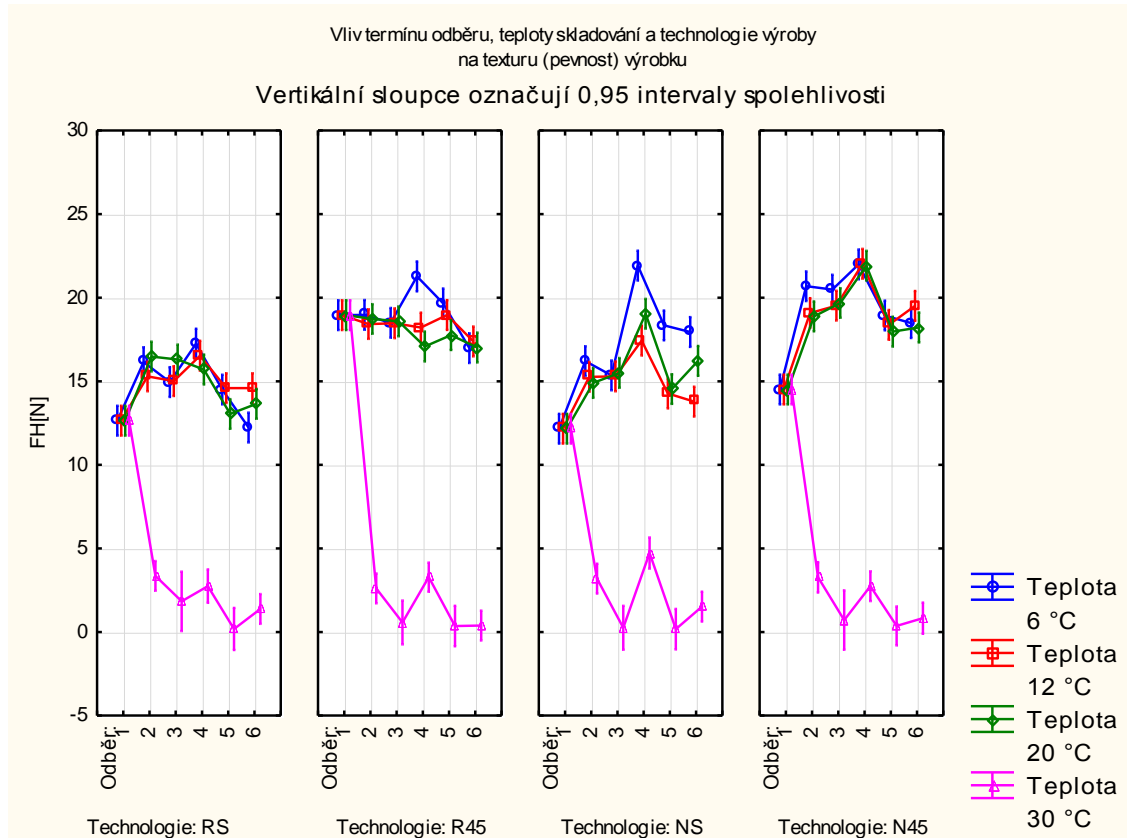
Během skladování vzorků při teplotě 6, 12 a 20 °C byla naopak jejich tvrdost zvýšena, kromě čokolády retemperované s obsahem 45 % čokoládové hmoty, kde došlo k mírnému poklesu tvrdosti. Skladovací teploty do 20 °C tedy tvrdost jednotlivých vzorků výrazně neovlivňovaly.

Výsledky Ali et al. (2010) ukazují, že plněné čokolády skladované při teplotě 30 °C byly výrazně měkčí, než čokolády skladované při 18 °C.

Hodnoty měření při čtvrtém odběru byly vyšší oproti ostatním odběrům, což bylo pravděpodobně způsobeno nevhodnými podmínkami při čtvrtém měření. Pokud tedy

tento fakt opomeneme, tvrdost během skladování od druhého odběru klesala u většiny vzorků.

Graf 16 Vliv termínu odběru a teploty skladování jednotlivých technologií na texturu



ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývá postupy výroby čokolády a čokoládových cukrovinek. Popisuje základní suroviny pro výrobu čokolády. Dále se zabývá vlivy, které působí na kvalitu a skladovatelnost čokoládových výrobků. Jedná se především o vliv distribuce částic, což je klíčový faktor ovlivňující reologické a smyslové vlastnosti, dále vliv receptury a použitých surovin a samozřejmě vliv výrobního procesu, který začíná již při zpracování kakaových bobů. Průběh výrobních operací a dodržení technologických parametrů, hlavně správných teplot a doby jejich působení, hraje významnou roli ve výsledné kvalitě čokoládových produktů. Asi nejdůležitějším krokem je temperace, která významně ovlivňuje následné skladování čokoládových cukrovinek.

Práce se dále také zaměřuje na výrobní vady a další nedostatky, které mohou vzniknout nesprávnou výrobou případně špatnými skladovacími a přepravními podmínkami. Nejobávanější a nejvíce sledovanou vadou u čokoládových výrobků je tukový výkvět. Tato vada má mnoho příčin, ale často vzniká jako důsledek špatné temperace nebo nesprávných podmínek skladování.

V rámci pokusu byl sledován vliv čtyř teplotních režimů skladování (6, 12, 20 a 30 °C) na změnu barvy, textury a senzorických vlastností čokoládových výrobků po dobu 6 měsíců. Pokus byl proveden u plněné mléčné čokolády Orion Pistácie, která byla vyrobena ve čtyřech variantách: se standardním obsahem kakaové hmoty 35 % jako retemperovaná a neretemperovaná a dále s vyšším podílem kakaové hmoty 45 % také jako retemperovaná a neretemperovaná.

Během pokusu bylo provedeno 6 odběrů, a to vstupní hodnocení ihned po výrobě a následně po 2, 6, 10, 18 a 26 týdnech skladování. Výsledky byly vyhodnoceny vzhledem k technologii temperace a obsahu kakaové hmoty.

Na základě výsledků senzorického hodnocení, změny barvy a textury bylo zjištěno, že teplota 30 °C není vhodná ani ke krátkodobému skladování. Ke změnám u čokolád došlo již po dvou týdnech skladování a následné zhoršování smyslových vlastností bylo spojeno s výskytem tukového výkvětu, se kterým souviselo výrazné zesvětlení barvy a zhoršení textury. Ke zhoršení kvality došlo u všech čtyř variant čokolád bez výrazných rozdílů.

Vzorky skladované při 20 °C vykazovaly dobrou kvalitu až do pátého odběru, kdy u neretemperovaných vzorků začal být patrný vývoj tukového výkvětu a při posledním odběru byl již patrný také u retemperovaných čokolád. Tento jev byl potvrzen změnou barvy. S ohledem na texturní vlastnosti se skladovací režim 20 °C ukázal jako vhodný.

Jako nejvhodnější teplotní podmínky skladování pro všechny varianty čokolády, z hlediska všech stanovovaných parametrů, se ukázaly režimy 6 a 12 °C. Vzorky dosáhly z hlediska senzoričského hodnocení vlastností standardů, se kterými byly porovnávány a zachovaly si tak po dobu 6 měsíců skladování své smyslové a chuťové vlastnosti.

Technologie retemperace se ukázala jako účinná z hlediska zvýšené odolnosti vůči tukovému výkvětu oproti neretemperovaným vzorkům. Rozdílný obsah kakaové hmoty byl znát u textury, kde vzorky s vyšším obsahem než standardním dosahovaly vyšší tvrdosti. Z hlediska změny barvy se obsah kakaové hmoty neprojevil.

Z výsledků pokusu tedy vyplývá, že vhodná skladovací teplota čokoládových výrobků by měla být méně než 20 °C, aby nedošlo k výskytu tukového výkvětu. Pro vytvoření vhodných skladovacích podmínek je také potřeba zabránit kolísání teploty.

Jednou z cest přispívající ke zlepšení stability u skladovaných čokoládových výrobků by mohlo být použití mléčného tuku, který zvyšuje odolnost čokolády vůči tukovému výkvětu. U plněných čokoládových cukrovinek pak musíme řešit stabilitu náplně, která může být nestabilní a může migrovat do okolní hmoty. Proto je potřeba volit náplně obsahující tuky s vyšším bodem tání případně je stabilizovat přidávkem některých emulgátorů.

POUŽITÁ LITERATURA

AFOAKWA, E., O., 2010: *Chocolate science and technology*. Chichester, U.K.: Wiley-Blackwell, 275 s. ISBN 978-1-4051-9906-3.

AFOAKWA, E., O., PATERSON, A., FOWLER, M., 2007: *Factors influencing rheological and textural qualities in chocolate – a review*. Trends in Food Science & Technology, 18, 290–298 s.

AFOAKWA, E., O., PATERSON, A., FOWLER, M., VIEIRA, J., 2009: *Influence of tempering and fat crystallization behaviours on microstructural and melting properties in dark chocolate systems*. Food Research International, 42, 200–209 s.

AFOAKWA, E., O., PATERSON, A., FOWLER, M., VIEIRA, J., 2008: *Effects of tempering and fat crystallisation behaviour on microstructure, mechanical properties and appearance in dark chocolate systems*. Journal of Food Engineering, 89, 128–136 s.

AFOAKWA, E., O., PATERSON, A., FOWLER, M., VIEIRA, J., 2008a: *Particle size distribution and compositional effects on textural properties and appearance of dark chocolates*. Journal of Food Engineering, 87, 181–190 s.

ALI, A., SELAMAT, J., CHE MAN, Y., B., SURIA, A., M., 2001: *Effect of storage temperature on texture, polymorphic structure, bloom formation and sensory attributes of filled dark chocolate*. Food Chemistry, 72, 491–497 s.

BECKETT, S., T., 2008: *Science of chocolate*. Cambridge, UK: The Royal Society of Chemistry, 2. vyd., 250 s. ISBN: 978-0-85404-970-7.

BRIONES, V., AGUILERA, J., M., 2005: *Image analysis of changes in surface color of chocolate*. Food Research International, 38, 87–94 s.

BUI, L., T., T., COAD, R., 2014: *Military ration chocolate: The effect of simulated tropical storage on sensory quality, structure and bloom formation*. Food Chemistry, 160, 365–370 s.

COADYOVÁ, Ch., 2000: *Čokoláda: Průvodce znalce světem nejjemnějších čokoládových cukrovinek*. Praha: Fortuna Print, 1.vyd., 192 s. ISBN 80-86144-54-2.

ČOPIKOVÁ, J., 2015: *Čokoláda, kakao a výrobky z nich*. Praha: Sdružení českých spotřebitelů, z.ú. a Potravinářská komora ČR v rámci priorit České technologické platformy pro potraviny, 1. vyd., 19 s. ISBN 978-80-87719-26-8.

ČOPIKOVÁ, J., 1999: *Technologie čokolády a cukrovinek*. Praha: VŠCHT, 1.vyd., 168 s. ISBN 80-7080-365-7.

DAHLENBORG, H., MILLQVIST-FUREBY, A., BERGENSTAHL, B., 2015: *Effect of shell microstructure on oil migration and fat bloom development in model pralines*. Food Structure, 5, 51–65 s.

DEBASTE, F., KEGELAERS, Y., LIÉGEOIS, S., BEN AMOR, H., HALLOIN, V., 2008: *Contribution to the modelling of chocolate tempering process*. Journal of Food Engineering, 88, 568–575 s.

DI MATTIA, C., MARTUSCELLI, M., SACCHETTI, G., BEHEYDT, B., MASTROCOLA, D., PITTIA, P., 2014: *Effect of different conching processes on procyanidin content and antioxidant properties of chocolate*. Food Research International, 63, 367–372 s.

EL-KALYOUBI, M., KHALLAF, M., F., ABDELRAHMAN, A., MOSTAFA, E., M., 2011: *Quality characteristics of chocolate – Containing some fat replacer*. Annals of Agricultural Science, 56(2), 89–96 s.

GLICERINA, V., BALESTRA, F., DALLA ROSA, M., ROMANI, S., 2013: *Rheological, textural and calorimetric modifications of dark chocolate during process*. Journal of Food Engineering, 119, 173–179 s.

GLICERINA, V., BALESTRA, F., DALLA ROSA, M., ROMANI, S., 2015: *Effect of manufacturing process on the microstructural and rheological properties of milk chocolate*. Journal of Food Engineering, 145, 45–50 s.

GÜLTEKIN-ÖZGÜVEN, M., BERKTAŞ, I., ÖZÇELİK, B., 2016: *Influence of processing conditions on procyanidin profiles and antioxidant capacity of chocolates: Optimization of dark chocolate manufacturing by response surface methodology*. Food Science and Technology, 66, 252–259 s.

HŘIVNA, L., 2013: *Technologie výroby čokolády a nečokoládových cukrovinek*. Online [cit. 2016-04-08]. Dostupné na: http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/stranka.php?kod=1436

KADLEC, P., MELZOCH, K., VOLDŘICH, M., 2009: *Co byste měli vědět o výrobě potravin?: technologie potravin*. Ostrava: Key Publishing, 1. vyd., 536 s. ISBN 978-80-7418-051-4.

KINTA, Y., HARTEL, R., W., 2010: *Bloom formation on poorly-tempered chocolate and effects of seed addition*. Journal of the American Oil Chemists' Society, 87(1), 19–27 s.

KRÁMSKÝ, S., FEITL, J., BRONCOVÁ, D., 2008: *Kniha o čokoládě: historie výroby čokolády a cukrovinek v českých zemích*. Praha: Milpo media, 1. vyd., 167 s. ISBN 978-80-87040-13-3.

LONCHAMPT, P., HARTEL, R., W., 2004: *Fat bloom in chocolate and compound coatings*. Eur. J. Lipid Sci. Technol., 106, 241–274 s.

MERMELSTEIN, N., H., 2012: *Chocolate Quality Testing*. Food Technology Magazine, 2, 66-70 s.

MEXIS, S., F., BADEKA, A., V., RIGANAKOS, K., A., KONTOMINAS, M., G., 2010: *Effect of active and modified atmosphere packaging on quality retention of dark chocolate with hazelnuts*. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 11, 177–186 s.

MOHOS, F., 2010: *Confectionery and Chocolate Engineering: Principles and Applications*. Wiley-Blackwell 1. vyd., 712 s. ISBN: 978-1-4051-9470-9.

- NATTRESS, L., A., ZIEGLER, G., R., HOLLENDER, R., PETERSON, D., G., 2004: *Influence of hazelnut paste on the sensory properties and shelf-life of dark chocolate*. Journal of Sensory Studies, 19, 133–148 s.
- NEDOMOVÁ, Š., TRNKA, J., BUCHAR, J., 2013: *Tensile strength of dark chocolate*. Acta technologica agriculturae, 3, 71–73 s.
- NELDA, C., 2012: *Encyclopedia of chocolate*. Delhi: Library Press, 1. vyd., 104 s. ISBN 978-81-323-2331-0.
- NÖBEL, S., BÖHME, B., SCHNEIDER, Y., ROHM, H., 2009: *Technofunctional barrier layers for preventing fat bloom in triple-shot pralines*. Food Research International, 42, 69–75 s.
- PEHLE, T., 2009: *Čokoláda: antidepresivum, afrodiziakum, antioxidant*. Čestlice: Rebo, 1.vyd., 295 s. ISBN 978-80-255-0049-1.
- PELIKÁN, M., HŘIVNA, L., HUMPOLA, J., 1999: *Technologie sacharidů*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1.vyd., 152 s. ISBN 80-7157-407-4.
- RAPOPORT, A., L., SOKOLOVSKIJ, A., L., 1954: *Technologie cukrovinkářské výroby*. Praha: SNTL, 1. vyd., 190 s.
- ROUSSEAU, D., COUTOULY, A., HENDRICKS, P., HODGE, S., GREEN N., L., 2015: *Development of an extraction protocol for the removal of the fat phase within chocolate*. LWT - Food Science and Technology, 64, 61–66 s.
- SCHENK, H., PESCHAR, R., 2004: *Understanding the structure of chocolate*. Radiation Physics and Chemistry, 71, 829–835 s.
- SCHUMACHER, K., 2002: *Čokoláda: velká encyklopedie: dějiny čokolády, jemné pečivo, cukrovinky, dezerty a nápoje*. Bratislava: Trio, 239 s. ISBN 80-968705-0-5.
- SOKMEN, A., GUNES, G., 2006: *Influence of some bulk sweeteners on rheological properties of chocolate*. LWT, 39, 1053–1058 s.

SONWAI, S., ROUSSEAU, D., 2010: *Controlling fat bloom formation in chocolate – Impact of milk fat on microstructure and fat phase crystallisation*. Food Chemistry, 119, 286–297 s.

SVANBERG, L., AHRNÉ, L., LORÉN, N., WINDHAB, E., 2011: *Effect of pre-crystallization process and solid particle addition on microstructure in chocolate model systems*. Food Research International, 44, 1339–1350 s.

SVANBERG, L., AHRNÉ, L., LORÉN, N., WINDHAB, E., 2011a: *Effect of sugar, cocoa particles and lecithin on cocoa butter crystallisation in seeded and non-seeded chocolate model systems*. Journal of Food Engineering, 104, 70–80 s.

SVANBERG, L., AHRNÉ, L., LORÉN, N., WINDHAB, E., 2013: *Impact of pre-crystallization process on structure and product properties in dark chocolate*. Journal of Food Engineering, 114, 90–98 s.

TALBOT, G., 2009: *Science and technology of enrobed and filled chocolate, confectionery and bakery products*. Oxford: Woodhead Publishing, 1. vyd., 468 s. eISBN 978-1-84569-643-6

TISONCIK, M., 2013: *Chocolate Fat Bloom*. The Manufacturing Confectioner, 65–68 s.

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

SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

Obr. 1 Kakaový plod s boby

Obr. 2 Kakaovník

Obr. 3 Fermentace na hromadách

Obr. 4 Stupeň stability a teplotní rozmezí šesti krystalických forem kakaového másla

Obr. 5 Průběh krystalizace kakaového másla

Obr. 6 Schéma výroby čokolády

Obr. 7 Pětiválcová stolice

Obr. 8 Teplotní průběh temperace

Obr. 9 Křivka teploty čokolády při chlazení v chladícím zařízení

Obr. 10 Plněný čokoládový výrobek s karamelovým ocáskem

Obr. 11 Tukový výkvět na povrchu máčené cukrovinky

Obr. 12 Čokoládová cukrovinka se špatným zátěrem

Obr. 13 Nerovnoměrná vrstva čokolády u máčené cukrovinky

Obr. 14 Tukový výkvět na zátěru u RS a NS vzorků, 20 °C (šestý odběr)

Obr. 15 Tukový výkvět na náplni u NS vzorku, 30 °C (šestý odběr)

Graf 1 Senzorický profil - první odběr

Graf 2 Senzorický profil - RS - druhý odběr

Graf 3 Senzorický profil - R45 - druhý odběr

Graf 4 Senzorický profil - NS - druhý odběr

Graf 5 Senzorický profil - N45 - druhý odběr

Graf 6 Senzorický profil - RS - šestý odběr

Graf 7 Senzorický profil - R45 - šestý odběr

Graf 8 Senzorický profil - NS - šestý odběr

Graf 9 Senzorický profil - N45 - šestý odběr

Graf 10 Vliv termínu odběru a teploty skladování na světlost L* (D65)

Graf 11 Vliv termínu odběru, technologie výroby a teploty skladování na změnu barvy

Graf 12 Vliv teploty skladování na světlost výrobku

Graf 13 Vliv technologie výroby na světlost barvy výrobku

Graf 14 Vliv technologie výroby na texturu (pevnost)

Graf 15 Vliv teploty skladování na texturu

Graf 16 Vliv termínu odběru a teploty skladování jednotlivých technologií na texturu