

# **Kakaové boby jako surovina pro výrobu čokolády**

Alena Beňadiková

---

Bakalářská práce  
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav biochemie a analýzy potravin

akademický rok: 2010/2011

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Alena BEŇADIKOVÁ**  
Osobní číslo: **T08139**  
Studijní program: **B 2901 Chemie a technologie potravin**  
Studijní obor: **Technologie a řízení v gastronomii**

Téma práce: **Kakaové boby jako surovina pro výrobu čokolády.**

Zásady pro vypracování:

### I. Teoretická část

1. Popis kakaovníku jako plodiny.
2. Podmínky pěstování kakaovníku.
3. Druhy kakaovníku.
4. Zpracování bobů a jejich chemické složení.
5. Popis jednotlivých složek a jejich význam pro výrobu čokolády se zaměřením na kakaové máslo a aromatické látky vzniklé při pražení.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] HRABĚ, J., BUŇKA, F., HOZA, I. Technologie čokolády a cukrovinek, 1.vydání, UTB Zlín 2008, ISBN 978-80-7318-520-6.

[2] ČOPÍKOVÁ, J. Technologie čokolády a cukrovinek, 1.vydání, VŠCHT PRAHA 1999, ISBN 80-7080-365-7.

[3] PEHLE, T. Čokoláda, 1. vydání, Rebo International Nizozemsko 2009, ISBN 978-80-255-0049-1.

[4] RAPOPORT, A.L. Technologie cukrovinkářské výroby. Výroba čokolády a kakaa, 1.vydání, SNTL Praha 1954.

[5] VIKTORÍK, M. Čokoládovnický a cukrovinkářský průmysl v Olomouci, Olomouc 2008, 1. vydání, ISBN 978-80-244-2047.

Vedoucí bakalářské práce:

**doc. Ing. Jan Hrabě, Ph.D.**

Ústav technologie a mikrobiologie potravin

Datum zadání bakalářské práce:

**25. února 2011**

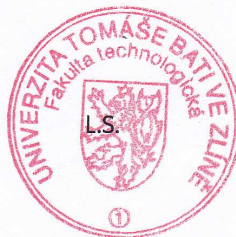
Termín odevzdání bakalářské práce:

**30. května 2011**

Ve Zlíně dne 23. března 2011



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.  
*děkan*



doc. Ing. Miroslav Fišera, CSc.  
*ředitel ústavu*

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

Ve Zlíně 25.5.2011.....Alema Benádková.....

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

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

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

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

<sup>2)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

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

<sup>3)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

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

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

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

## **ABSTRAKT**

Cílem bakalářské práce je shrnutí poznatků o kakaových bobech a kakaovníku. Obsahem práce je popis kakaovníku jako plodiny, jeho pěstování, druhy kakaovníku. Dále pak zpracování kakaových bobů a jejich chemické složení. Hlavní důraz je kladen na popis jednotlivých složek a jejich význam pro výrobu čokolády se zaměřením na kakaové máslo a aromatické látky vzniklé při pražení.

Klíčová slova: kakaové boby, čokoláda, kakao, theobromin

## **ABSTRACT**

The aim of the bachelor thesis is gathering of findings about cocoa beans and cocoa tree. Subject of this work is a cocoa tree description as a plant, its cultivation and cocoa tree types. Then cocoa tree processing and its chemical composition. The main emphasis is put on a description of particular elements and its importance in chocolate production focused on cocoa butter and flavoury matters generated during roasting.

Keywords: cacao nibs, chocolate, cacao, theobromine

## Poděkování

Především bych chtěla poděkovat vedoucímu mé práce Doc. Ing. Hraběti Ph.D. za odborné vedení i cenné rady, které mi poskytl při vypracování bakalářské práce.

Poděkování patří také synu Martínkovi a celé rodině, která mě vždy ve studiu podporovala.

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

Prohlašuji, že jsem na bakalářské práci pracovala samostatně a použitou literaturu jsem citovala. V případě publikace výsledků, je-li to uvedeno na základě licenční smlouvy, budu uvedena jako spoluautorka.

Ve Zlíně 25. 5. 2011

**OBSAH**

<b>ÚVOD.....</b>	<b>11</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST .....</b>	<b>12</b>
<b>1 POPIS KAKAOVNÍKU JAKO PLODINY .....</b>	<b>13</b>
<b>1.1 Popis kakaovníku.....</b>	<b>13</b>
1.1.1 Květ kakaovníku .....	13
1.1.2 Plod kakaovníku .....	14
1.1.3 Semena kakaovníku – kakaové boby .....	15
<b>2 PODMÍNKY PĚSTOVÁNÍ KAKAOVNÍKU .....</b>	<b>16</b>
<b>2.1 Všeobecné podmínky pěstování.....</b>	<b>16</b>
<b>2.2 Půdní faktory.....</b>	<b>17</b>
<b>2.3 Rozmnožování kakaovníku .....</b>	<b>17</b>
<b>2.4 Zakládání plantáží .....</b>	<b>18</b>
<b>2.5 Choroby a škůdci .....</b>	<b>18</b>
<b>3 DRUHY KAKAOVNÍKU .....</b>	<b>19</b>
<b>3.1 Botanické zařazení kakaovníku.....</b>	<b>19</b>
<b>3.2 Taxonomické zařazení.....</b>	<b>19</b>
3.2.1 Další druhy kakaovníku rodu <i>Theobroma</i> .....	20
<b>3.3 Dle světového trhu a obchodní praxe se všechny druhy kakaovníku dělí do tří hlavních skupin:.....</b>	<b>21</b>
3.3.1 Criollo .....	21
3.3.2 Forastero .....	21
3.3.3 Trinitario .....	21



3.4 Komerční popis a původy kakaových bobů .....	22
3.5 Kakaovník dneška .....	22
<b>4 ZPRACOVÁNÍ BOBŮ A JEJICH CHEMICKÉ SLOŽENÍ.....</b>	<b>23</b>
4.1 Vyhláška Mze ČR č. 76/2003 sb.....	23
4.2 Sklizeň kakaových bobů.....	24
4.3 Posklizňová úprava kakaových bobů a jejich posuzování.....	24
4.3.1 Fermentace .....	24
4.3.2 Sušení.....	27
4.3.3 Třídění.....	28
4.3.4 Posouzení kvality kakaových bobů.....	29
4.4 Zpracování kakaových bobů na základní kakaovou hmotu.....	30
4.4.1 Čištění a třídění kakaových bobů.....	30
4.4.2 Pražení .....	30
4.4.3 Drcení.....	33
4.4.4 Alkalizace kakaové drti.....	33
4.4.5 Mletí kakaové drti .....	33
4.5 Kakaová hmota .....	34
4.5.1 Lisování kakaové hmoty .....	34
4.6 Chemické složení kakaových bobů.....	35
4.6.1 Výživová hodnota kakaových bobů.....	36
<b>5 POPIS JEDNOTLIVÝCH SLOŽEK A JEJICH VÝZNAM SE ZAMĚŘENÍM NA KAKAOVÉ MÁSLA A AROMATICKÉ LÁTKY.....</b>	<b>37</b>
5.1 Kakaové máslo .....	37
5.1.1 Chemické složení kakaového másla .....	37
5.1.2 Fyzikálně – chemické vlastnosti kakaového másla.....	39
5.1.3 Polymorfismus kakaového másla .....	39

---

5.1.4 Dilatace kakaového másla.....	41
<b>5.2 Aromatické látky v kakaových bobech.....</b>	<b>41</b>
5.2.1 Vliv pražení na kakaové aroma a chuť .....	41
5.2.2 Vývoj kakaového aroma .....	42
<b>5.3 Alkaloidy –Methylxantiny .....</b>	<b>43</b>
<b>5.4 Sacharidy .....</b>	<b>44</b>
<b>5.5 Flavonoidy .....</b>	<b>45</b>
<b>5.6 Organické kyseliny .....</b>	<b>45</b>
<b>5.7 Minerály.....</b>	<b>46</b>
<b>5.8 Vitamíny .....</b>	<b>46</b>
<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>47</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>48</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>50</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>51</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>52</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>53</b>

## ÚVOD

Na počátku byl nápad uvařit z plodů jednoho stromu obyčejný nápoj.....

První civilizací, která kakaovník znala, byli Olmékové, kteří žili v tropických pralesích na území dnešního Mexika před třemi tisíci lety. Po zániku říše Olméků ve 4. století našeho letopočtu se na jejich území usadili Mayové, pěstovali kakaovník a jako první uvařili z kakaových bobů hořkou tekutinu. Mayové věřili, že kakaovník patří bohům a že jeho lusky jsou nabídkou od nich. Kakao tehdy pili příslušníci vyšších kruhů a popíjení se stalo i součástí různých rituálů. Po pádu mayské civilizace se kolem roku 900 n.l. usadili na území Mayů Toltékové a po nich Aztékové. Aztékové využívali také boby k náboženským obřadům, jako vykuřovadlo nebo opojný prostředek. Vývar z bobů doplňovali dalšími přísadami např. vanilkou, pepřem nebo chilli papričkami. Boby sloužily i jako platidlo. Kryštof Kolumbus byl v roce 1502 prvním Evropanem, který se setkal s kakaovými boby a ochutnal nápoj xocolatl. Kolumbus boby představil na španělském dvoře královny Isabely a krále Ferdinanda, ale žádného ocenění se nedočkal. Aztékové nápoj vyráběli tak, že boby nejprve upražili, poté rozemleli a do této hmoty přidali vodu a koření a vše promíchali, až se vytvořila pěna. Tento napěněný, kalný, hořký a pálivý nápoj královský dvůr moc nenadchl. Až roku 1521 po porážce Aztéků poznal Hernán Cortés cenu kakaa nejen jako nápoje. Zakládá první plantáže za účelem pěstování peněz. V roce 1528 přiváží Cortés kakaové boby znovu na královský dvůr a královně Isabele a králi Ferdinandovi vysvětluje v čem spočívá jejich bohatství. Cortés s sebou přivezl i nástroje potřebné na výrobu kakaového nápoje a do hořké napěněné hmoty však navíc přidal vanilku a cukr. Tento nápoj se stále vylepšoval a Španělé si tajemství výroby čokolády střežili a monopol na její pití si udrželi až do 1. poloviny 17. století. Čokoláda se stala španělským národním nápojem a je tam velice oblíbená i dnes. [9]

Historie vzniku čokolády je velice zajímavá a celé generace se podílely na jejím dalším vývoji až do chutné podoby, jakou ji známe a máme rádi dnes.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 POPIS KAKAOVNÍKU JAKO PLODINY

Kakaovník – *Theobroma* - patří do čeledi *Sterculiaceae* (lejnicovitých).

*Theobroma* znamená v řečtině ovoce či pokrm bohů ( theos – bůh, broma – ovoce). [5]

### 1.1 Popis kakaovníku

Kakaovník je stále zelený, hustě olistěný tropický strom, dosahující výšky 5 až 8 metrů, kmen má průměr až 30 cm a koruna je bohatě rozvětvená. Volně v přírodě může kakaovník dorůstat až do výšky 15 metrů. Mladé stromy mají borku bělošedou, starší hnědavou, dřevo kakaovníku je žluté až červené. Lesklé kožovité listy jsou střídavé. Mají podlouhle eliptický tvar a jejich čepel je 15-20 cm dlouhá. V mládí mají bronzově červenou barvu, později jsou tmavě zelené. [5]



Obrázek 1: Strom kakaovníku [7]

#### 1.1.1 Květ kakaovníku

Květ kakaovníku má deset tyčinek, které vytváří dva soustředné kruhy. Pět tyčinek vnějšího kruhu, které jsou na bázi srostlé v trubku, je neplodných a přeměněných ve staminodia. Tyčinky ve vnitřním kruhu mají krátké nitky a prašníky, které se otevírají ven z květu. Pěstík má jednoduchou čnělku. [5] Žlutavé až červené květy jsou pětičetné, malé, vyrůstají v trsech na tenkých stoncích na vyspělém dřevě z úžlabí listů a pupenů postranních větví. Květy nevoní a začínají se rozvíjet v odpoledních hodinách.

Jejich vývin probíhá v noci a jejich opylení obstarává různý hmyz, který ovlivňuje silnou hybridizaci, tj. křížení nestejnorodých jedinců. [1] U kakaovníku je tzv. *kauliforie* neboli kmenokvětost, květy vyrůstají přímo na kmeni nebo na bázi hlavních větví. Stromy kakaovníku bohatě kvetou

(na jednom stromě je tisíce květů), ale na jedné rostlině dozrává asi jen 50-80 plodů, tj. asi 5%. Kakaovník proto dává poměrně malé výnosy. [5]

### 1.1.2 Plod kakaovníku

Plod kakaovníku se podobá velkému lusku, dorůstá délky 10-27 cm, šířky 5-10 cm, jeho váha je 300 až 500g. Je to nepukavá, krátkostopká tobolka, různého tvaru a povrchu. Barva plodu je různá a řídí se odrůdou a stupněm zralosti. Nezralé plody jsou většinou zelené, ale u některých odrůd mohou být i červené. Zralé plody jsou žluté, červené až hnědé, někdy žíhané a pruhované. Barva plodu souvisí s jakostí semen. Semena žlutých plodů jsou chudší na třísloviny, a jsou proto i kvalitnější než semena červeně zbarvených plodů. Zralé plody se opatrně odřezávají, poltí a vybírají se z nich semena i s dužninou. [1]



Obrázek 2: Plod kakaovníku [7]



Obrázek 3: Plod kakaovníku [7]

### 1.1.3 Semena kakaovníku – kakaové boby

Uvnitř plodu se ukrývají semena - kakaové boby, seskupené v 5 až 8 podélných řadách po 10 až 14 semenech. Semena jsou různě veliká, obalená osemením, které je za syrova bělavé barvy a tuhé. Při sušení se mění na pergamenovitou křehkou formu a červenohnědou barvu. Kakaové boby obsahují 50-60% tuku, 14% bílkovin, 9% škrobu, 4% vlákniny, 5,6% vody, 14% volných dusíkatých látek, 6% bezbarvé katechinové třísloviny, 3,5% popelovin, 1,6% theobrominu a fialové barvivo antocyanin. Trpkou a nahořklou chuť jim dodávají třísloviny. Semena v plodu obklopuje lehce zkvasitelná cukernatá dužnina - pulpa, která obsahuje cukr, pektinové látky a některé organické kyseliny, zejména octovou, jablečnou a vinnou. Zkvašováním pulpy se připravuje alkoholický nápoj. [1,2,3]

Největší sklizeň kakaových bobů je na jaře a na podzim, během roku je slabší. Stromy pěstované na plantážích dávají užitek až čtvrtým rokem, ale mohou i později. Roční sklizeň bobů z 1 hektaru se pohybuje od 5 do 20 q. [4]



Obrázek 4: Semena kakaovníku [17]

## 2 PODMÍNKY PĚSTOVÁNÍ KAKAOVNÍKU

Kakaovník původně pochází z tropické Ameriky z oblasti Orinoka mezi Kolumbií a Venezuelou. Největší pěstitelé byly Ekvádor a Venezuela a to až do počátku 20.století. V Ekvádoru se pěstoval speciální druh Forastera – boby typu Arriba. Arriba se pěstuje až do nadmořské výšky 1200 m a patří k nejkvalitnějším druhům Forastera, připomíná Criollo s květinovým aroma. V roce 1960 vyvinul agronom Homero Castro na plantaži Theobroma hacienda kakaový klon z Trinitaria nazvaný CCN 51. V roce 2005 již bylo vypěstováno na několika plantážích 10 tisíc tun těchto kakaových bobů. Boby jsou kvalitní, vhodné k výrobě čokolády a tento druh je odolný vůči nemocem. Průměrná výnosnost je 3 tuny na hektar. [9]

### 2.1 Všeobecné podmínky pěstování

Kakaovník je typická rostlina, která původně rostla na okrajích tropických deštných pralesů. Využívá stínu deštného pralesa a vytváří přechod mezi pralesy a otevřenou krajinou.[13]

Pěstuje se v tropických oblastech do 20. stupně zeměpisné šířky na jih a na sever od rovníku, nejčastěji do 600 m nad mořem. Potřebuje teplotu 20-35 °C po celý rok, vlhko a stín. Teplota v noci nemá klesnout pod 14°C. Vlaha je velice důležitá, ideální srážky 1500-2000 mm ročně, vlhkost 80-100%. Za příznivých podmínek rodí strom za 3-5 let, plné výnosy však dává až po 10-12 letech. Strom při dobrém ošetřování rodí 30-40 let. Na 1 hektaru je možné vysázet 1 až 2 tisíce jedinců, výnosy sušených bobů kolísají od 500 kg do 3000 kg. Na 1 hektar a rok. [9]

Kakaovníky vyrůstají ve stínu velmi vysokých tzv. mateřských stromů, jako jsou palmy nebo banánovníky. [9]

Kakaovník neroste na suchých půdách, daří se mu především tam, kde prší dostatečně každý měsíc a srážky jsou rovnoměrně rozděleny během celého roku. V suché části roku je nutná umělá závlaha.



## 2.2 Půdní faktory

Na složení půdy i na její úrodnost je kakaovník poměrně nenáročný. Daří se mu na půdách těžkých, jílovitých i písčítých. Půdní reakce by měla být ve vrchní vrstvě asi 5,5 – 7,4 pH ve spodní vrstvě pH 4,0 – 8,3. Nejlepší půdy pro pěstování jsou ty s drobnou strukturou, propustné pro vodu a vzduch. Půdní profil by měl umožnit pronikání kořenů do hloubky 150 cm. Kakaovníku prospívá dobře obsah humusu v půdě, který je většinou dodáván zeleným hnojením leguminozami. Kakaovník nesnáší chlorid sodný v půdě, proto se mu nedaří v bezprostřední blízkosti moře.[11]

## 2.3 Rozmnožování kakaovníku

Původně byly plantáže zakládány většinou sazenicemi vypěstovanými ze semen. Ale nejednotnost těchto semenáčů se projevuje rozdílností v růstu, v životnosti, v rezistenci vůči škodlivým činitelům, ale především v nevyrovnanosti sklizně. Semena kakaovníku je proto třeba vybírat z tzv. „matečných stromů“, které se jeví jako zdravé a mají určitou odolnost vůči nemocem. Semena kakaovníku se po vyjmutí z tobolek nedají dlouho skladovat, protože rychle vysychají a ztrácejí klíčivost. K výsevům se mohou použít úplně čerstvá semena, která vyséváme do hnízd přímo na trvalé stanoviště do plantáží asi po 3-4 semenech, nebo se vysévají do školky, kde se sazenice předpěstují. Stejným způsobem se předpěstovávají i podnože, určené k očkování. [11] Další možností rozmnožování kakaovníku je vegetativní množení. Tento způsob rozmnožování odstraňuje především nejednotnost kakaovníkových semenáčů a vede k dosažení určité žádoucí uniformity výsadby. Nejstarší metoda vegetativního množení je množení „hřížením“, ale v dnešní praxi je tento způsob málo vyhovující. Roubování rovněž nedávalo uspokojivé výsledky, lepší výsledky bylo dosaženo při očkování. Podmínkou úspěchu očkování je dostatečně silná a zdravá podnož i očko, oba musí být přibližně stejného stáří, ujmoutí oček bývá asi 90%. Nejčastějším způsobem vegetativního množení je řízkování. Používají se krátké, jednolistové nebo normální řízky o délce 15-20 cm se 3-7 listy. Listové čepele řízků se zkrátí na polovinu, doporučuje se použít růstových stimulantů. Jako substrát pro zakořenění se používá čistý písek, kompostované dřevěné piliny, vlákna z kokosových ořechů apod. Při dobrém ošetřování řízky zakořenění za 17-22 dní, kdy se mohou přesadit do vhodných nádob a po 5-6 měsících se přesazují na trvalé stanoviště do plantáží.[12]

## 2.4 Zakládání plantáží

Sazenice kakaovníku se vysazují, když dosáhly výšky asi 60 cm. Při vysazování předpěstovaných sazenic je nutná opatrnost, protože kakaovník je citlivý na porušení kořenového systému. Vzdálenost rostlin v plantáži se řídí především typem pěstovaného kultivaru. Kakaovníky Criollo se vysazují na menší vzdálenost než např. Forastero, protože jsou menšího vzrůstu. Stínící stromy je nutno vysazovat do plantáže 6 měsíců předem nebo se kakaovníky pěstují v přirozeném stínu řídky ponechaných stromů z původního pralesa. Hlavní péče do začátku plodnosti plantáže spočívá v regulaci stínu, udržování čistoty v porostu, v ochraně proti chorobám a škůdcům a v zabezpečování rostlin humusem, většinou zeleným hnojením. Řez se na některých plantážích neprovádí vůbec a kakaovníky se nechávají růst naprosto volně. [11]

Vzhledem k tomu, že kakaovník na velkých plantážích začal trpět chorobami, začíná se opět uvažovat o jeho pěstování, které napodobuje původní umístění kakaovníku v přírodě. [13]

## 2.5 Choroby a škůdci

Kakaové kultury podléhají četným chorobám a škůdcům. Nejzhubnější chorobou, která napadá kakaovníky je choroba „Swollen Shoot“. Způsobuje ji malý mikroskopický vir, který je přenášen hmyzem, sajících šťávu z napadených stromů. K rozšíření nákazy stačí, aby hmyz přenesl nepatrné množství této šťávy na zdravý strom.

Další velmi zhubná choroba kakaovníku „Black Pod“, napadá kakaové lusky v době vývinu a zrání. Chorobu vyvolává houba, která napadne nejdříve slupku lusku. Ten postupně celý zhnědne a zčerná a nakonec houba napadne i boby uvnitř lusku. Lusky napadené houbou mohou nakazit i jiné lusky v jejich blízkosti, proto se musí co nejčastěji odstraňovat.

Chorobou rozšířenou na Pobřeží slonoviny a v Nigérii je choroba „Capsid“, kterou způsobuje hmyz. Tento hmyz se nevyskytuje ve velkém množství, ale již dva až tři brouci mohou způsobit velkou škodu. Vysávají z mladých výhonků šťávu, na kůře způsobují malou ranu, do níž vypouštějí škodlivé sliny. Z těchto míst pak vyrůstá houba, která větvičky a výhonky zahubí. Proti této chorobě lze použít postřik. [19]

### 3 DRUHY KAKAOVNÍKU

Dělení rodu *Theobroma* je nejednotné a existuje několik kvalifikačních systémů. Pěstitelská, ale i obchodní praxe užívá odlišného třídění kakaovníku a u většiny autorů není možné najít jednotný systém. Po nastudování veškerých materiálů vybírám některé z nich.

#### 3.1 Botanické zařazení kakaovníku

Kakaové boby jsou plody tropického stromu kakaovníku – *Theobroma*, čeleď *Sterculiaceae*. Botanicky patří kakaovník k rodu rostlin kakaovníkových. Carl Linné v roce 1753 pojmenoval tento strom *Theobroma Cacao*, což znamená božský nápoj. *Theobroma* se vyskytuje asi ve dvaceti botanických druzích, z nichž pouze čtyři mají hospodářský význam.

- *Theobroma cacao* Linné – Criollo kakao, ušlechtilé kakao
- *Theobroma leiocarpa* Bernoulli – Forastero kakao, konzumní kakao – calabacillo
- *Theobroma pentagona* Bernoulli – ušlechtilé kakao lagarto
- *Theobroma sphaerocarpa* Chavalier – konzumní kakao – laranga kakao [1]

#### 3.2 Taxonomické zařazení

Tabulka 1: Taxonomické zařazení kakaovníku [6]

ŘÍŠE	<i>Plantae</i>	rostliny
PODŘÍŠE	<i>Tracheobionta</i>	vyšší rostliny
ODDĚLENÍ	<i>Magnoliophyta</i>	krytosemenné
TŘÍDA	<i>Magnoliopsida</i>	nižší dvouděložné
PODTŘÍDA	<i>Dilleniidae</i>	
ŘÁD	<i>Malvales</i>	slezotvaré
ČELEĎ	<i>Sterculiaceae</i>	lejnicovité
ROD	<i>Theobroma L.</i>	kakaovník
DRUH	<i>Theobroma cacao L.</i>	kakaovník pravý

### 3.2.1 Další druhy kakaovníku rodu *Theobroma*

*Theobroma cacao* – kakaovník pravý je pravděpodobně kříženec druhů *Theobroma pentagonum* a *Theobroma leiocarpum*, který byl po léta kultivován.

- *Theobroma pentagonum* – mají protáhle oválný tvar s pěti výraznými žebry a bradavičnatý povrch. Kakaové boby tohoto druhu jsou vysoké kvality a připomínají criollo.
- *Theobroma leiocarpum* – je také známé pod názvem „porcelánové zakrslé criollo”. Pěstuje se hlavně na pobřeží Guatemaly.
- *Theobroma bicolor* – kakaovník peruánský (dvoubarevný), semena mají nižší obsah theobrominu a více tuku než semena druhu *Theobroma cacao*. V Nikaragui se z dužniny plodů tohoto kakaovníku dělá národní nápoj pinolillo. Roste v severní části Jižní Ameriky a v jižním Mexiku.
- *Theobroma grandiflorum* – kakaovník velkokvětý, jeho plody jsou dvakrát větší než plody kakaovníku pravého, dosahují hmotnosti až jeden kilogram. Obsahují větší množství chutné dužniny, která je velmi oblíbená a slouží k přípravě osvěžujících nápojů, kompotů a džemů. Vyskytuje se především v Brazílii, někdy i v Kolumbii a Ekvádoru.
- *Theobroma angustifolium* – kakaovník úzkolistý, má menší význam, roste v Mexiku a Kostarice.
- *Theobroma lacandonense* – planě rostoucí polována, roste jen v oblasti Chiopas v Mexiku.
- *Theobroma sphaerocarpum* – roste planě v pahorkatinách na území Guyany, Surinamu a Francouzské Guyany a v povodí střední Amazonky.
- *Theobroma speciosum* – pěstují v současné době v Amazonii Indiáni Arawete a Asurini. Využívá se hlavně dužnina. [5]

### **3.3 Dle světového trhu a obchodní praxe se všechny druhy kakaovníku dělí do tří hlavních skupin:**

- ❖ Criollo
- ❖ Forastero
- ❖ Trinitario

#### **3.3.1 Criollo**

Criollo je ušlechtilý kakaovník na světovém trhu nejvíce ceněný. Boby Criollo se používají k výrobě nejjemnějších a nejkvalitnějších druhů čokolády. Jsou náročné na půdu, méně odolné proti nemocem, ale rodí plody velmi dobrých jakostí. Plody rostou výhradně na kmeni stromu, mají tenkou měkkou slupku, jsou žluté, zlaté nebo červené barvy. Jsou podlouhlé, nápadně protáhlé do špičky s drsným povrchem. Semena jsou světlá, kulatá nebo mírně zploštělá, slabě nahořklé chuti a jemně aromatické vůně. Země původu je Jáva a Venezuela, ale pěstují se zejména ve Střední Americe, v Malgašské republice, Javě a Cejlonu.

#### **3.3.2 Forastero**

Forastero kryje téměř 90% celosvětové produkce kakaových bobů. Je odolnější než Criollo, stromy méně náročné na ošetřování, mají menší nároky na půdu, dosahují vyššího vzrůstu. Plody vyrůstají na kmeni i na větvích, mají silnou tvrdou slupku, semena jsou zploštělá, tmavě hnědé až červenohnědé barvy. Chuť bobů bývá trpká a někdy nakyslá, proto se používají při výrobě čokolády ve směsi s Criollo. Pěstují se v Brazílii a v západní a východní Africe.

#### **3.3.3 Trinitario**

Vznikla pravděpodobně křížením určitých populací skupin Forastero a Criollo. Plody se vyznačují značnou variabilitou tvarů, zbarvení i kvality semen. Populace vznikla v oblasti dolního Orinoka a rozšířila se na Trinidad a další ostrovy karibské oblasti. [8]

### 3.4 Komerční popis a původy kakaových bobů

Zdroje kakaových bobů jsou ukázány v tabulce č. 2. V produkci čokolády by se měly kakaové boby zamíchat, aby se dosáhlo charakteristické aroma a chuti. [22]

Tabulka 2: Obchodní název a země původu [22]

Obchodní název	Země
Accra	Ghana
Arriba	Ecuador
Bahia	Brazílie
Caracas	Venezuela
Guayaquil	Ekvádor
Lagos	Nigerie
Machala	Ekvádor
Maracaibo	Venezuela
Maripipi	Filipíny
Puerto Cabello	Venezuela
Sanchez	Dominikánská republika
Vandello	Congo

### 3.5 Kakaovník dneška

V roce 2008 byla ukončena v latinské Americe obsáhlá studie o genetických a zeměpisných odlišnostech kakaovníku rodu *Theobroma*. Výsledky napovídají, tak jak odborníci dnes doporučují, nové roztrídění kakaovníku do 10 významných skupin: Maranon, Curaray, Criollo, Iquitos, Nanay, Contamana, Amelonado, Purus, Nacional a Gulana. Toto nové roztrídění odráží mnohem přesněji genetickou rozdílnost kakaovníku a mělo by se jednat o podpoře nových cílených křížení ke zvýšení odolnosti proti chorobám, zdokonalení chuti a zlepšení výnosnosti.

Bylo by chybné říkat, že jisté přírodní variace kakaovníku jsou lepší než jiné. Každý má své vlastní specifické chemické a tělesné znaky, které jsou brány pečlivě v úvahu při míchání kakaových bobů.

Konečná kvalita kakaovníku, jakéhokoli původu, je významně ovlivněna podnebím během růstu, substrátem, fermentací (kvašením) a sušením. Skladovací podmínky jsou také důležité v prevenci zhoršení kvality. [18]

## 4 ZPRACOVÁNÍ BOBŮ A JEJICH CHEMICKÉ SLOŽENÍ

Uplynulo necelých 500 let od doby, kdy byl Cortéz svědkem, jak Aztékové zpracovávají kakaové boby a vytvářejí horké kakao. Metodika zpracování kakaových bobů však zůstala téměř stejná. Ačkoli bylo podstoupeno ohromné množství výzkumu ke zrychlení zpracování a fermentace kakaových bobů, tak bylo málo úspěchu dosaženo. Zjevně, rozdílné fáze fermentace jsou nezbytné ve vytváření komplexních organických složenin nezbytné k výsledné chuti a požitku kakaa. [18]

### 4.1 Vyhláška Mze ČR č. 76/2003 Sb.

Pro účely této vyhlášky se rozumí pod pojmem:

- ❖ Kakaové boby – fermentovaná a sušená semena kakaovníku (*Theobroma cacao L.*)
- ❖ Kakaová drť – kakaové boby pražené nebo nepražené po vyčištění, zbavené slupek a klíčků, obsahující nejvýše 5% zbytků slupek nebo klíčků a nejvýše 10% popela v přepočtu na tukuprostou sušinu
- ❖ Kakaová hmota – je kakaová drť mechanicky zpracovaná na jemnou pastu bez snížení obsahu přirozeného tuku
- ❖ Kakaový tuk – tuk získaný z kakaových bobů nebo jejich části nevyhovující požadavkům stanoveným pro kakaové máslo
- ❖ Kakaové máslo – tuk získaný s kakaových bobů nebo jejich částí, splňující chemické požadavky jakosti (obsah volných mastných kyselin nejvýše 1,75%, podíl látek nezmýdelnitelných nejvýše 0,5%)
- ❖ Kakaový prášek – potravina získaná z pražených kakaových bobů, zbavených slupek, upravených do formy prášku, obsahující nejméně 20% kakaového másla v sušině a nejvýše 9% vody. [28] [15]

## 4.2 Sklizeň kakaových bobů

Sklizeň se provádí v době, kdy červenofialové plody dostávají oranžový odstín a zelené plody se mění do žluta. Zralá semena obalená nasládlou pulpou se začínají lehce oddělovat od vnitřní stěny tobolek, ale řady semen ještě drží pohromadě. Zralé plody mohou viset na stromě asi dva týdny. Později začínají semena klíčit a prorůstají uvnitř tobolek. Plody se sklízí ze země tak, že se odřezávají zahnutým nožem na dlouhé násadě nebo se usekávají mačetou. Při česání se nesmí poškodit kůra stromů, protože nové květy vyrůstají ze stejných míst jako staré. Semena jsou vybírána z plodů ručně po rozříznutí plodu a dávají do čistých košíků nebo nádob. Kvalita kakaových bobů závisí nejen na populaci kakaovníku, ale hodně i na kvalitě provedených operací prvotního zpracování suroviny. [11]

K získání jednoho kg suchých tržních bobů je třeba 20-30 kg čerstvých plodů. [1]

## 4.3 Posklizňová úprava kakaových bobů a jejich posuzování

Čerstvé kakaové boby mají nakyslý pach, současně hořkou a svíravou chuť. Při vzniku charakteristického aroma se uplatňuje řada faktorů jako je správná sklizeň, fermentace, sušení a pražení kakaových bobů. [27]

Prvotních zpracování semen kakaovníku a jejich přeměna v kakaové boby probíhá na plantážích a zahrnuje tyto procesy:

- ❖ Fermentace
- ❖ Sušení (+ leštění)
- ❖ Třídění

### 4.3.1 Fermentace

Vyloupaná semena je nutné fermentovat, aby se potlačila jejich hořká chuť a zbavily se zbytků dužniny. Fermentace se provádí několika způsoby, podle množství, typu kakaovníku a v závislosti i na místních podmínkách. Menší pěstitelé západní Afriky vybraná semena vysypou na zem na hromadu, přikryjí listy banánovníku. Po dvou dnech je dobře promíchají a opět přikryjí. Po 4 dnech se znovu promíchají a během 6 dní celý fermentační proces končí.



Při zpracování větších množství kakaovníkových semen se používá složitější způsob fermentace.

Semeny se naplní dřevěné nebo betonové boxy, které pojmu 150-450 kg semen. Dno boxů je perforováno, aby stlačením vytékající pulpa mohla volně odtékat. Boxy se mohou stavět stupňovitě nad sebe tak, aby se obsah horního boxu mohl po otevření vypustit do níže položené nádoby. V některých zemích se čerstvá semena kakaovníku plní do nízkých perforovaných lísek, které se potom kladou na sebe do výše 120 cm ve fermentační místnosti a ještě se pokrývají plachtami. Semena se fermentují bez promíchávání asi 3 dny.

V některých oblastech se používají k fermentaci otáčivé sudy, dřevěná koryta apod.

Délka fermentace je závislá na množství bobů, ale také na typu kakaovníku. Boby skupiny Criollo se většinou fermentují krátce, asi 24-28 hodin, Trinitario 3-4 dny, Forastero až 6 dnů. Teplota v první fázi fermentace nesmí přesáhnout hranici 38°C. Při této teplotě začínají semena klíčit, ale klíček nesmí proniknout osemením. Tato fáze trvá jeden až tři a půl dne. Po této fázi se zvyšuje teplota na 50°C a teprve při ní se vytvoří látky potřebné pro chuť a vůni budoucího kakaá.

#### **4.3.1.1 Biochemické procesy během fermentace**

Při fermentaci probíhají současně dva biochemické procesy vnější a vnitřní.

- ❖ Vnější proces probíhá za přístupu vzduchu, při aerobním kvašení pulpy uložené kolem semen vzniká činností kvasinek alkohol + oxid uhličitý. Alkohol se pak mění činností bakterií octového kvašení *Acetobacter* na kyselinu octovou. Vyšší teplota a kyselina octová rozruší pulpu natolik, že se snadno oddělí od semen. Embryo se při tom umrtvuje a mění barvu semen.
- ❖ Vnitřní proces mění nejen barvu děloh a odděluje je od testy, ale především vytváří chuťové a aromatické složky fermentujících bobů. Oxidací se zjemňuje hořká chuť bobů a vznikne typické čokoládové aroma způsobené esterem „cacaolem“. Glykosid „kakaonin“ se hydrolyticky štěpí na hroznový cukr, theobromin a tříslovinu, které se dále rozkládají na kakaovou červeň, dodávající bobům červenohnědou barvu. [12]

Dobře fermentované boby mají typickou barvu, příjemnou čokoládovou vůni a optimální pH je mezi 6-7. Fermentované boby Criollo mají žlutohnědou barvu, Forastero červeně hnědou až purpurově hnědou. [5]

#### 4.3.1.2 Chemické procesy během fermentace

Vliv fermentace na kakaové aroma a chuť je obrovská. Dochází k nesčetným složitým chemickým dějům a reakcím, které jsou postupně vědci dokazovány.

Dochází k procesům vyvolaným mikroorganismy a procesům vyvolaných vlastními enzymy kakaových bobů. [13]

Peptidy a aminokyseliny jsou vytvářeny proteolytickým enzymatickým rozpadem proteinů. Cukr z dužiny je rozdělen na glukózu a fruktózu. Peptidy a aminokyseliny a omezení cukrů jsou předzvěstí formace prchavých chuťových složenin formovaných Maillardovými reakcemi během pozdních fází zpracování kakaových bobů. Enzymy jsou také zodpovědné za přeměnu monomérních flavonoidů na látky, vedoucí ke snížení trpkosti kakaovníku a měnění původní purpurové barvy čerstvých bobů na klasickou hnědou barvu kaka. [18]

Při aerobní fázi fermentace vzniká nejprve kyselina mléčná, pak octová a v menší míře další nižší mastné kyseliny, isopropylacetát, isoamylalkohol, ethylacetát, amylalkohol, metanol, 2,3-butandiol, 1-propanol, diethyljantarát, 1-butanol, 2-fenylethanol a tetramethylpyrazin.

Na počátku fermentace při pH 3,5 vznikají působením enzymu aspartátendopeptidasa hydrofobní oligopeptidy. Ke konci fermentace pH stoupá až na 5,4-5,8 a působením enzymu karboxypeptidasy vznikají hydrofilní oligopeptidy a hydrofobní aminokyseliny např. alanin, valin, leucin, fenylalanin přispívající ke kakaovému aroma.

Po fermentaci sacharidy a aminokyseliny vstupují do Maillardovy reakce a volné aminokyseliny během sušení podléhají Streckově degradaci. Klesá obsah kyseliny octové vlivem odpařování a dochází k oxidaci polyfenolických látek.

Maillardova reakce patří mezi nejvýznamnější a zároveň nejrozšířenější chemické reakce probíhající během skladování a zpracování potravin. Je to reakce redukcí sacharidů a aminosloučeninami, v jejichž průběhu vzniká řada velmi reaktivních karbonylových sloučenin, které reagují vzájemně a také s přítomnými aminosloučeninami. Průvodním jevem reakcí je vznik hnědých pigmentů, melanoidinů, proto se tyto reakce nazývají reakce neen-

zymového hnědnutí. Dosud se podařilo popsat jen malou část sloučenin vznikajících v těchto reakcích.

Streckerova degradace aminokyselin je oxidace aminokyselin působením oxidačních činidel, při níž obecně vzniká karbonylová sloučenina obsahující o jeden atom uhlíku méně než výchozí aminokyselina, dále oxid uhličitý a amoniak. Někdy se nazývá oxidativní dekarboxylace aminokyselin. Je nesmírně významnou reakcí, ke které dochází při skladování a zejména při termickém zpracování potravin. Hlavní produkty této reakce jsou důležitými vonnými látkami a četné další vonné a chuťové látky vznikají následnými reakcemi těchto aldehydů a dalších produktů Streckerovy degradace. Nevýhodou Streckerovy degradace bývá ztráta některých esenciálních aminokyselin. [24]

Polyfenolické látky v kakaových bobech jsou hlavně představovány 3-flavanoly s antokyany, flavonoly a deriváty kyseliny hydroxyskořicové. Tyto látky sice způsobují trpkou chuť bobů, ale i inhibují vývin aromatických látek při pražení. Jejich obsah při pražení klesá o 70 až 80% což přispívá k poklesu svíravé chuti bobů a vývinu aromatických látek během sušení (zvýšené teploty) a později při pražení.

Během fermentace klesá obsah methylxanthinů – theobrominu a kofeinu, vlivem difuze, což také způsobuje pokles hořké chuti.

Po sklizni kakaových bobů probíhají procesy vzniku celé řady těkavých látek alkoholu a esterů. Nejdůležitější jsou fenylethanol, 3-methylbutanol a jejich acetáty. Při fermentaci se obsah některých nemění.

Přefermentované boby obsahují těkavé látky, které zhoršují kvalitu kakaového aroma např. čpavek, organické kyseliny a biogenní aminy. [13]

#### 4.3.2 Sušení

Po skončení fermentace obsahují kakaové boby asi 35 % vody. Pro zachování kvality fermentovaných bobů a zabránění výskytu mikroorganismů, především plísní, je nutno snížit obsah vody následujícím sušením na 6 až 8%. [13]

Sušení se děje:

- ❖ Přirozeným sušením na slunci
- ❖ Umělým sušením

Nejlepší kvality se dosáhne přirozeným sušením rozložených bobů na slunci a větru. Boby se rozloží na rohože, betonovou plochu a neustále se promíchávají. Musí se chránit proti dešti posuvnými střechami nebo plachtami. Celý proces sušení na slunci trvá asi týden.

Umělé sušení probíhá na sítích, rohožích nebo v sušárnách, kam je vháněn ohřátý vzduch. Moderní sušičky jsou ve tvaru velkých otáčivých bubnů, do kterých se vejde 8000 kg bobů. Do bubnu se vhání vzduch ohřátý na 70°C a buben se pomalu otáčí. Sušení trvá asi 36 hodin.

Při pozvolném sušení pokračuje v omezené míře enzymatická činnost a dává lepší výsledky než rychlé umělé sušení. [12]

Ze 100 kg čerstvě fermentovaných bobů se po sušení získá asi 45 kg suchých kakaových bobů. [5]

Po usušení se boby ještě čistí od hlíny, písku, prachu aj.

### 4.3.3 Třídění

Sušené boby se třídí, aby se odstranily nečistoty a zbytky slupek, boby polámané a napadené plísněmi. Kakaové boby mají mít vyrovnanou velikost, 1 kg suchých bobů obsahuje 750-1000 semen. Dobře usušené a fermentované boby jsou na lomu křehké, čokoládově hnědé, při pražení mají typickou čokoládovou vůni, dělohy obsahují nejméně 55% tuku – kakaového másla. [11]

Jakostní třídy kakaových bobů:

- ❖ Fine - jen kakao skupiny Criollo, přichází na trh jen v nepatrném množství
- ❖ Flavour – kakao ze Stř. Ameriky a karibské oblasti
- ❖ Ordinary – kakao z Brazílie a ze z. Afriky, tyto boby mají nevýraznou čokoládovou vůni. [8]

Vytříděné kakaové boby se pytlují a skladují v suchých, větraných prostorách. Připraveny k exportu jsou v jutových pytlích. Kakaové boby jsou komodita, se kterou se obchoduje na burze, proto spotřebitelské země nenakupují tuto surovinu přímo u producentů.

#### 4.3.4 Posouzení kvality kakaových bobů

Kvalita kakaových bobů se vyjadřuje hodnotou určenou podle Mezinárodního standardu (International Cocoa Standards).

I.stupeň (Grade I) jakosti obsahuje na počet maximálně

5% plesnivých bobů, poškozených hmyzem, naklíčených a plochých bobů

5% břidlicově šedých bobů

II. stupeň (Grade II) jakosti obsahuje na počet maximálně

4% plesnivých bobů

8% břidlicově šedých bobů

6% poškozených hmyzem, naklíčených a plochých bobů

Kakaové boby horší kvality než II. stupeň mohou být označeny SS (Sub Standard).

Také byly vypracovány směrnice pro podmínky statistického odběru vzorků ke stanovení nežádoucích vůní, sušiny, homogenity bobů a kvality tuku. Byly vypracovány organizací IOCCC (International Office of Cocoa, Chocolate and Sugar Confectionery) [13]



Obrázek 5: Kontrola kvality bobů [16]

## 4.4 Zpracování kakaových bobů na základní kakaovou hmotu

Jakmile se kakaové boby ve velkých jutových pytlích dostanou do čokoládoven, jsou uskladněny v halách nebo klimatizovaných prostorech. Čokoládovny mívají zásoby až na jeden rok, aby se chránily nepředvídatelnému kolísání cen a také mohly garantovat stálou kvalitu produktů. [10]

Boby však musí být zdravé, je nutné, aby prošly dokonalou fermentací, sušením a měly za sebou bezproblémový transport.

Velké továrny mají speciální sila, kde skladují kakaové boby volně za dodržení přísných podmínek, co se týče teploty, vlhkosti vzduchu a větrání. [10]

### 4.4.1 Čištění a třídění kakaových bobů

Nároky na kvalitu kakaových bobů jsou velké. Než dojde na další zpracování, musí se podrobit důkladnému čištění. Boby často obsahují hlínu, písek, prach, kameny, úlomky dřeva či kovu apod. Také mohou být některé poškozené nebo červivé. Kakaové boby se nasypano do speciálního stroje na vibrační síta, vybaveného systémem kartáčů, magnetů, sít a proudů vzduchu, kde se odsávají drobné nečistoty.

Také se může provést čištění mokrou cestou máčením v pračkách a tímto způsobem může dojít k odstranění slizovitých látek, nepříjemně ovlivňující aroma pražených bobů. Po čištění bobů navazuje měření obsahu tuku a podíl vody v semenech. [10,15]

### 4.4.2 Pražení

Při pražení dochází k celé řadě chemických a fyzikálních změn ovlivňující změnu barvy, chuti a vůně. [15]

Před pražením se kakaové boby třídí na 2 nebo 3 velikosti, aby bylo dosaženo stejnoměrného pražení. Doba potřebná k dokonalému pražení kakaových bobů je závislá především na jejich velikosti. Nejvyšší bývají jádra největší, zatímco malá jádra, jádra polámaná, rozdrobená a hluchá bývají méně kvalitní. Praží se v rotačních pražidlech kulovitých nebo válcovitých zahříváných horkým vzduchem. [19]

Kakaové boby se praží při teplotě asi 80-130°C po dobu asi 30 min. Způsob pražení závisí na odrůdě. Konzumní kakao Forastero se zahřívá více než Criollo ( 95-100°C). Pražením se snižuje v bobech obsah vody a zajišťuje plné rozvinutí aroma. [10,20]

Nepražené boby mají 6 až 8% vody a tento obsah je pražením snížen na 2 až 3 %. Úbytkem vody jsou boby křehčí a lépe se drtí a rozemílají. [15]

K pražení se používá kontinuálních pražiček, v nichž otáčivý buben s boby ohřívají horké plyny.

Poslední dobou dochází ke změně technologie pražení kakaových bobů a raději se praží drť. Tím je zabráněno ztrátám kakaového másla, které dříve při pražení přecházelo do slupek a také dochází k lepšímu upražení, protože dříve byla teplota při pražení vyšší na povrchu než uvnitř a docházelo k přepražení povrchu a nedopražení vnitřku bobů. [15]

Vliv druhu kakaovníku se silně projevuje při pražení. Na druh Forastero má malý vliv fermentace, ale silně se projevuje sušení a pražení. Pražení bobů Criollo má velký vliv na aroma, ale nové látky skoro nevznikají. Vliv pražení u druhu Trinitario je odlišné na různé vonně typy. [13]

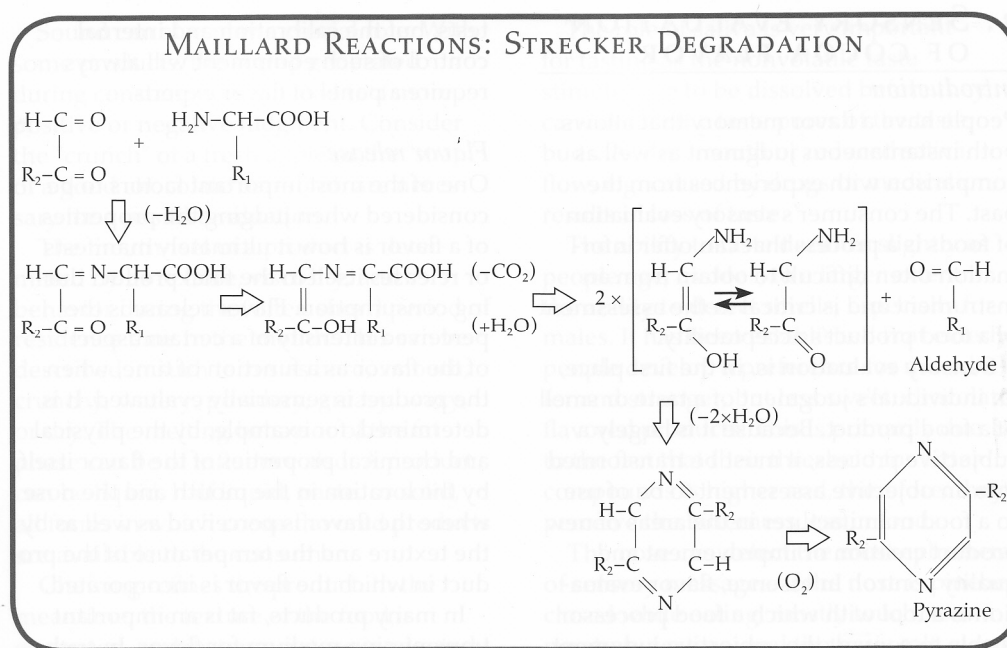
Aroma pražených bobů vzniká hlavně Maillardovou reakcí a karamelizací a tvoří je více než 400 sloučenin. Významnými složkami jsou aldehydy, sulfidy, heterocyklické sloučeniny, kyseliny a terpeny.

Nejdůležitější aldehydy jsou 2-methylpropanal a 2-methylbutanal, jejichž vůně připomíná kakao. Čokoládu připomíná (2E)-2-fenyl-5-methylhex-2-enal. Vzniká aldolovou kondenzací dalších významných složek aroma, kterými jsou 3-methylbutanal a fenylacetaldehyd a dehydratací produktu aldolizace.

Nositeli sladké a květinové vůně jsou linalool a 2-fenylethanol. Pražné vůně 2-acetylpyridin. Důležitými sulfidy jsou dimethylsulfid, dále benzyl(methyl)sulfid. Důležitými sloučeninami jsou kyselina octová, 2- a 3-methylmásečná kyselina, methyl-antranilát. Z produktů Maillardovy reakce je významný furaneol a maltol, který připomíná vůni karamel, trimethylpyrazin a 2-ethyl-3,5-dimethylpyrazin s vůní po smažených bramborových hranolkách a další. [27]

#### 4.4.2.1 Chemie pražení – Maillardova reakce a Streckerova degradace

Nejdříve aldehydická skupina reaguje s aminoskupinou za současného úbytku molekuly vody a v první fázi pražení se formují Amadoriho sloučeniny. Amadoriho sloučeniny reagují dále různě, což záleží na reakčních podmínkách. Nejprve Amadoriho sloučeniny přechází na dikarboxylové sloučeniny dalším odstraňováním vody. Tyto reakční produkty mění  $\alpha$ -aminokyseliny na aldehydy a během dalšího odstraňování vody se formují heterocyklické látky jako pyraziny. Z těchto mechanismů je vcelku zřejmé, že formace (a odstranění) vody je hnací silou v těchto reakcích. Proto, se mohou pouze odehrávat v poněkud suchých médiích a při vyšších teplotách. Nicméně, zvláště v prvních fázích, nějaká volná voda by měla být dostupná, aby vytvořila kontakt mezi různými reakčními složkami. Pro kakao jsou pražicí podmínky poněkud mírné. Produktová teplota u konce pražicího procesu by neměla přesáhnout 110-120°C a konečná vlhkost obsahu by měla být mezi 1 a 2%. Pokud pražení pokračuje příliš dlouho, zůstávají pouze pyraziny a netěkavé kyseliny. To má za následek spálenou chuť. Streckerova degradace se považuje za velmi důležitou pro vývoj kakaové chuti. [18]



Obrázek 6: Maillardova reakce, Streckerova degradace [18]



#### 4.4.3 Drcení

Podle zvoleného technologického postupu může probíhat drcení kakaových bobů ještě před samotným pražením, jak jsem se zmínila v kapitole 4.3.2. nebo se drtí pražené kakaové boby. Drť se zbavuje křehkého osemení a klíčků. [15]

#### 4.4.4 Alkalizace kakaové drti

Při výrobě kakaového prášku a kakaového másla je nutná alkalizace (preparace) kakaové drti nebo hmoty. Cílem je docílení zlepšení aroma kakaového prášku, barevnosti odstínů a lepší smáčivosti a stability suspenze kakaového prášku ve vodě nebo mléku.

K alkalizaci se používá krystalických uhličitánů draselného, sodného a amonného nebo jejich roztoků. Barevné látky a třísloviny v kakaových bobech reagují s alkalickou látkou, která proniká za určitých podmínek teploty, tlaku a času buněčnou tkání. Žlutohnědá barva prášku se alkalizací mění na červenohnědou, hnědou až tmavohnědou. [13]

#### 4.4.5 Mletí kakaové drti

Kakaová drť zbavená slupek a klíčku se mele na strojích různé konstrukce. Mletí se provádí především proto, aby se z buněk pletiva rozdrcených jader uvolnil buněčný obsah, kakaové máslo. Nejznámější jsou karborundové diskové mlýny nebo mlýnské stolice s horizontálně uloženými válci zevnitř chlazené vodou. Mletí musí být postupné, zpravidla natřikrát. V opačném případě nastává vysoké tření zvyšující teplotu nad 50°C a hmota se může připálit. Kakaové jádro se před mletím skládá z nepravidelných buněk o velikosti 30 až 60 mikronů. Buňky jsou vyplněny kakaovým máslem a obaleny buň.stěnou s hemicelulózou, která je hodně odolná.

Proto je nutné při výrobě kakaového másla a kakaového prášku pomlet drť co nejjemněji asi na částičky 5 až 10 mikronů, aby se co nejvíce rozrušila buněčná stěna. Při drcení pro získání kakaové hmoty použitelné pro výrobu čokolády, není nutné tak jemného mletí. Při výrobě čokolády se polotovar ještě několikrát zjemňuje. [4]

## 4.5 Kakaová hmota

Kakaová hmota se může smísením s dalšími surovinami např. mlékem, cukrem, vanilinem a dalšími přeměnit na čokoládovou hmotu a dalšími technologickými postupy se použije na výrobu čokolády. Kakaová hmota, která prošla alkalizací, se dále použije na výrobu kakaového prášku a kakaového másla. Ve své práci se zaměřím především na kakaové máslo.

### 4.5.1 Lisování kakaové hmoty

Cílem lisování kakaové hmoty je její odtučnění z původních 50-55% na obsah tuku ve zbylých pokrutinách 12 až 21%. Dnes se využívá programově řízená soustava horizontálně uložených dvanácti mís, které pracují pod tlakem 20-35 MPa při teplotě předem vyhřáté hmoty na 80 až 90°C. Před vlastním procesem se plní jednotlivé mísy asi 15 kg kakaové hmoty. Doba lisování se pohybuje v rozmezí 30 až 40 minut a končí odtékáním kakaového másla. Lisováním lze tedy získat dva produkty kakaové máslo a kakaové pokrutiny. [4]

Odtékající kakaové máslo je nejčastěji filtrováno kovovými filtračními vložkami. Kakaové máslo z počátku vytéká z lisu samovolně, potom se tlak lisu postupně zvyšuje. Odfiltrované kakaové máslo se shromažďuje v nádržích a v kovových formách, kde tuhne na pevné bloky. Také může být shromažďováno ve vyhřívaných zásobnících.

Kakaové pokrutiny po uvolnění lisu vypadávají ze stroje ve formě velmi pevných kotoučů tvořených pevnými kakaovými částicemi stmelenými kakaovým máslem. Tyto kotouče jsou drceny v drticích strojích na malé kousky velikosti lískových oříšků a dále rozemílány na výkonných mlýnech. [13]

Příkladem může být kolíkový mlýn se dvěma rotory od firmy Bühler. Kakaový prášek unáší chlazený vzduch přes chladicí zařízení a vrací zpět do uzavřeného oběhu. Teplotu je možno v tomto systému udržet kolem 20°C, kdy dochází ke stabilizaci aromatických vlastností a zbarvení produktu. Výkon linky je 200-1500 kg/hod.

Tato linka může být doplněna o stabilizátor, který stabilizuje kakaový prášek promýváním chlazeným vzduchem a ten pak může být balen do různých obalů. [13]

Většina komerčně dostupných kakaových prášků obsahují mezi 10 a 24% tuku, ačkoli nejčastěji je užíván 10-12% rozsah tuku.[18]

Kakaový prášek se dělí na dva základní druhy:

- ❖ Méně odtučněný – obsahuje 17 až 21% zbylého kakaového tuku, používá se méně
- ❖ Odtučněný – obsah tuku okolo 12%, bílkovin 24%, 46,6% sacharidů a u alkalizovaných druhů regulátor kyselosti E501 (hydrogenuhličitan draselný) Energetická hodnota je 1500 kJ/100 g. [4]

#### 4.6 Chemické složení kakaových bobů

Chemické složení kakaových bobů je značně proměnlivé, závisí na druhu, podmínkách a dalších faktorech. Rozdílné je složení surových bobů a bobů po pražení.

Čerstvé kakaové boby mají poměrně jednoduché složení spíše aromatického profilu, tvořené hlavně estery a alkoholy. Následnou fermentací a sušením vznikají další látky a ty se mohou ještě měnit během pražení. Při fermentaci zřejmě vznikají látky s ovocnou vůní, např. aldehydy, tetramethylpyrazin apod. Při sušení je zahájena Maillardova reakce, která pokračuje během pražení. Vývin konečného aroma končí pražením. Výsledná chuť a aroma jsou kombinací druhu kakaovníku a fermentace. Druh Criollo má nízký obsah polyfenolických látek a kratší fermentaci, proto je konečný obsah těchto látek u Criollo a Forastero téměř stejný. [13]

Uvádí se, že 100 g suchých kakaových bobů má energetickou hodnotu asi 1900 joulů. Boby obsahují 3,6 g vody, 12 g bílkovin, 46,3 g tuků, 34,7 g polysacharidů, 8,6 g vlákniny, 106 mg vápníku, 537 mg fosforu, 3,6 mg železa, 30 $\mu$ g betakarotenu, 0,17 mg thiaminu, 0,14 riboflavinu, 1,7 mg niacinu, 3 mg kyseliny askorbové a malé množství hořčíku. Dále více než 300 těkavých látek a methylxantiny: 0,5-3 % teobrominu a 0,1-1,7% kofeinu. Dužnina uvnitř plodu a míšek obalující semena obsahují sacharidy, pektin a zejména jablečnou, vinnou a octovou kyselinu. [5]

Tabulka 3: Složení kakaových bobů, kakaové hmoty a kakaa v % hm. [15]

Ukazatel	surové kakaové boby	pražené kakaové boby	kakaová hmota	kakaový prášek
sušina	92,07	93,21	96,75	94,50
voda	7,93	6,79	4,25	5,50
dusíkaté látky	14,19	14,23	13,96	22,31
theobromin	1,49	1,58	1,58	2,51
tuk	45,57	46,19	53,14	20,46
škrob	5,85	6,06	9,00	14,37
vláknina	4,78	4,63	3,97	6,35
popel	4,61	4,16	3,26	5,77

Tabulka 4: Chemické složení čerstvých semen kakaovníku Forastero ( v %) [5]

	DĚLOHY	MÍŠEK	OSEMENÍ
voda	35,0	84,5	9,4
sacharidy	10,5	-	46,0 (škrob)
tuk	31,3	-	3,8
bílkoviny	8,4	0,6	18,0
vláknina	3,2	-	13,8
minerální látky	2,6	0,8	8,2
theobromin	2,4	-	0,7
kofein	0,8	-	-
polyfenoly	5,2	-	0,8
kyseliny	0,6	0,7	-

#### 4.6.1 Výživová hodnota kakaových bobů

Kakaové boby mají vzhledem k vysokému obsahu kakaového másla vysoký obsah tuku – až 55%. Dále obsahují 11-14% bílkovin, až 9% celulózy, 7,5% škrobu, 6% tříslovin, 2,6% minerálních látek a 5% vody. Výživová hodnota kakaových bobů je díky podílu kakaového másla, bílkovin, sacharidů a minerálních látek velmi vysoká.[10]

## 5 POPIS JEDNOTLIVÝCH SLOŽEK A JEJICH VÝZNAM SE ZAMĚŘENÍM NA KAKAOVÉ MÁSLA A AROMATICKÉ LÁTKY

### 5.1 Kakaové máslo

Kakaové máslo je tuk získaný z kakaových bobů nebo z jejich částí, splňující chemické požadavky jakosti (obsah volných mastných kyselin je nejvýše 1,75%, podíl nezmýdelnitelných látek nejvýše 0,5%) [15]

Kakaové máslo je jedno z nejvíce drahých komodit rostlinného tuku, proto není překvapením, že po roky zákonodárci byli velmi přesní v definici standardu totožnosti.

Současné zákonné definice po celém světě jsou velmi podobné. Kodex standard (kodex stan 86-81, Rev. 1-2001) a evropská směrnice 2000/36/EC, například, definují standard kakaového másla v téměř identickém znění. V USA, kakaové máslo není odděleně definováno, ale je popsáno v CFR 163.112 jako kakaový tuk odebrán ze zemních kakaových bobů. [18]

Primární funkce přidaného kakaového másla ve výrobě je omezení viskozity. Navíc, kakaové máslo ovlivňuje:

- ❖ Chut': V zásadě, kakaové máslo by mělo jen být „čistě prvotní lis“ vyrobený ze suroviny pražené, oloupaných kakaových bobů a chuti hodné kupujícího.
- ❖ Barva: Barva přidaného kakaového másla bude mít účinek na konečnou barvu čokolády, zejména bílé čokolády.

Provedení: Zdroj složenin kakaového másla může ovlivnit temperovací a chladicí profil čokolády, tak jako kontrakce, tvrdost, lesk a životnost. [18]

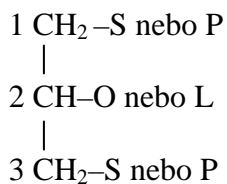


#### 5.1.1 Chemické složení kakaového másla

Základem kakaového másla jsou triacylglyceroly. Triacylglyceroly jsou estery mastných kyselin a glycerolu, kdy jsou na jednu molekulu glycerolu vázány tři mastné kyseliny. [21]

Pro triacylglycerolovou strukturu kakaového másla je charakteristické, že druhé postavení v triacylglycerolu je většinou obsazené nenasycenými mastnými kyselinami. Nasycené mastné kyseliny se většinou nacházejí v postavení 1 a 3.

Schéma triacylglycerolu kakaového másla:



Asi 95% všech kyselin v kakaovém másle tvoří kyselina palmitová (P), olejová (O), stearová (S), a linolová (L). V menším množství se vyskytují kyseliny myristová, linoleová, arachová a behenová. [13]

Tabulka 5: Složení kakaového másla [13]

Počet uhlíků v triacylglycerolu	Obsah (%)	triacylglycerol
	0,3-0,5	PPP, POM
50	15,2-22,7	POP, PPS, MOS
52	45,4-47,1	POS, POO, PSS
54	28,0-38,0	SOS, SOO, POA, SSS, OOO
48	1,4-1,6	SOA, SSA
68	0,1-0,4	AOA

Vysvětlivky k tabulce č. 4:

M-kyselina myristová (14:0), P-kyselina palmitová (16:0), S-kyselina stearová (18:0), A-kyselina arachidonová (20:0), O- kyselina olejová (18:1), linolová (18:2) nebo linoleová (18:3). Podle druhu kakaovníku se vzájemné poměry triacylglycerolů v kakaovém másle mohou měnit. [13]

Dalším významným znakem struktury kakaového másla je kyselina olejová, které je většinou vázána druhou alkoholickou skupinu triacylglycerolu. Příkladem je nejvíce zastoupený triacylglycerid – palmitooleostearan (POS).[4]

Kakaové máslo obsahuje specifické chuťové přísady, antioxidanty a jako rostlinný tuk, jen stopy cholesterolu (asi 3,0 mg/100g). Zastoupení mastných kyselin (tabulka 4) ukazuje, že kakaové máslo je bohaté na stearovou, palmitovou a olejovou kyselinu. [18]

I kdyby asi 60% mastných kyselin obsažených v kakaovém másle (stearová + palmitová) jsou charakterizovány jako nasycené mastné kyseliny, počet klinických studií napovídá, že kakaové máslo a stearová kyselina zejména, nefunguje stejně jako jiné nasycené tuky. Úbytek stearované kyseliny nevedl ke zvýšení úrovně cholesterolu v krvi, a proto je charakterizována jako mající neutrální účinnost. Ve skutečnosti studie obsahující kakaové máslo a dokonce čokoládu demonstrovaly podobný neutrální účinky na úroveň cholesterolu v krvi. [18]

### 5.1.2 Fyzikálně – chemické vlastnosti kakaového másla

Kakaové máslo nemá ostrý bod tání a přechod z pevného do kapalného stavu je závislý na podmínkách, při kterých došlo k jeho tuhnutí. Jeho bod tání a tuhnutí je značně ovlivněn tím, že kakaové boby se sklízají v různých částech světa, proto i kakaové máslo je různého složení.[13]

Bod tání se u kakaového másla pohybuje od 32 až 36°C, bod tuhnutí 21 až 27°C. [21]

To ovlivňuje technologie zpracování kakaových hmot a příznivě působí na jejich kvalitu v tuhém stavu. Při pokojové teplotě jsou tyto hmoty tuhé a v ústech snadno tají a rozplývají se. [4]

Tabulka 6: Fyzikálně chemické vlastností kakaového másla dle jiného zdroje [14]

Bod tání (°C)	31,8 až 33,5
Bod tuhnutí (°C)	30,0 až 31,5
Index lomu při 40°C	1,4565 až 1,4578
Číslo kyselosti (mg KOH/g)	1,6 až 6,0
Číslo jodové (% X <sup>+</sup> )	33,5 až 37,5
Obsah popelovin (%)	0,006 až 0,025

Poznámka: %X<sup>+</sup> znamená procentové množství halogenu, počítaného jako jód, vázaného tukem za podmínek analytické metody. Hodnoty jodových čísel tekutých tuků jsou relativně vysoké (nad 100) a tuků velmi tuhých naopak nízké (pod 20).

### 5.1.3 Polymorfismus kakaového másla

Polymorfismus je schopnost látky krystalizovat v různých krystalických modifikacích. S touto vlastností se setkáváme u celé řady látek. U mastných kyselin a jejich triacylglycerolů se vyskytuje monotropní polymorfie, neboli přechod z jedné krystalické modifikace do druhé. [15]

Polymorfní látky jsou takové, jejichž krystaly mohou mít různou strukturu při stejném složení, proto krystalizují v mnohostěnech odlišného tvaru. U kakaového másla je polymorfismus způsoben různými možnostmi stočení a podélných uskupení řetězců mastných kyselin. Krystalická přeměna je spojena s uvolňováním energie, a to může způsobovat tukový výkvět na čokoládě. [13]

Údaje o jednotlivých modifikacích se podle různých autorů liší.

Triacylglyceroly krystalizují v několika modifikacích  $\alpha, \beta, \beta_1, \beta_2$  z nichž je jen jedna stálá.

- ❖  $\beta_2$  - modifikace – je extrémně nestabilní a blízkosti svého bodu tání (  $17^\circ\text{C}$ ) přechází v několika vteřinách v  $\alpha$  – modifikaci. K její tvorbě dochází při velmi rychlém ochlazení kakaového másla.
- ❖  $\alpha$  – modifikace – nelze získat bezprostředně krystalizací roztaveného kakaového másla. Vzniká přechodem z  $\beta_2$  – modifikace, když prudce podchlazené kakaové máslo rychle zahřejeme. Bod tání je  $23,5^\circ\text{C}$ ,  $\alpha$ - modifikace je stabilnější než  $\beta_2$  – modifikace, přesto přechází při nižších teplotách než je její bod tání v  $\beta_1$ - modifikaci.
- ❖  $\beta_1$ -modifikace – vzniká přechodem z  $\alpha$  – modifikace nebo přímo krystalizací z roztaveného másla, jestliže krystalizace probíhá v teplotním rozmezí mezi bodem tání  $\beta_2$  a  $\alpha$  – modifikace. Bod tání je  $28^\circ\text{C}$ .
- ❖  $\beta$ -modifikace – je stabilní modifikací kakaového másla a vzniká postupnou přeměnou  $\beta_1$ -modifikace. Může vzniknout i přímo krystalizací roztaveného kakaového másla, jestliže krystalizace probíhá při teplotě nad bodem tání  $\alpha$  – modifikace. Krystalizace probíhá pomalu, ale lze ji urychlit otřesem nebo očkováním.  $\beta$ -modifikace má dvě formy, které bývají označovány jako V. a VI. Forma V. má bod tání  $33,8^\circ\text{C}$  a je charakteristická pro starší, špatně skladovanou čokoládu. Forma VI. Má bod tání  $36,3^\circ\text{C}$  a je charakteristická pro dobře vytemperovanou čokoládovou hmotu. [23]

Důležitý je vliv teploty na rychlost vzniku a růstu krystalu stabilní modifikace kakaového másla. V teplotním rozmezí  $-10^\circ\text{C}$  až  $20^\circ\text{C}$  rychlost tvorby krystalů  $\beta$ -modifikace se vzrůstající teplotou klesá. Se vzrůstající teplotou naopak rychlost růstu krystalů vzrůstá, asi při teplotě  $21^\circ\text{C}$  dosahuje maxima. Této vlastnosti se využívá při vedení temperance. [23]



#### 5.1.4 Dilatace kakaového másla

Dilatace je další důležitou vlastností kakaového másla. Je to schopnost zvětšovat objem při přechodu z pevné fáze na kapalnou a naopak zmenšovat objem během tuhnutí.

V praxi probíhá tuhnutí kakaového másla např. při chlazení čokolády ve formách.

Jednotlivé formy vykazují během tání rozdílnou dilataci a naopak během tuhnutí rozdílnou kontrakci, čím stabilnější formy se vytvoří, tím proběhne intenzivnější kontrakce.

Proto, aby se čokoláda dala s forem snadno vyklepnout, je nutné, aby došlo v hmotě během tuhnutí k co největší kontrakci, aby se vytvořila stabilní forma krystalů. [13]

## 5.2 Aromatické látky v kakaových bobech

### 5.2.1 Vliv pražení na kakaové aroma a chuť

Pražením je možnost posledního ovlivnění kakaového aroma. Při dalším zpracování dochází pouze k poklesu aromatických látek.

Aromatické látky při pražení vznikají vlivem Maillardovy reakce, karamelizace cukrů, degradace proteinů a syntézou látek obsahující síru. Obsah redukujících cukrů klesá při pražení na nulu a obsah hydrofobních aminokyselin o 60 až 70 %. Obsah methylxanthinů se nemění. [13]

Těkavé látky, jejichž obsah se pražením mění, jsou trojího druhu:

- ❖ Sloučeniny, jejichž obsah zůstává stejný, nebo mírně klesá – estery, alkoholy a kyseliny
- ❖ Sloučeniny, jejichž obsah stoupá – aldehydy, kromě benzaldehydu a menší část pyrazinů
- ❖ Sloučeniny, které nově během pražení vznikají – deriváty pyrazinu, furanu a pyrrolu.

Senzorickou analýzou bylo nalezeno na 60 vonných typů v kakaovém aroma. (Viz.tab.5)

Tabulka 7: Přehled aromatických látek v pražených kakaových bobech [13]

- Vůně	Sloučenina	Vůně	Sloučenina
Ovocná/sladká	2-methylpropanal	Ovocná	ethyl oktanoát
Ovocná/sladká	2-methylbutanal	Zelená/asparagus	2-isopropyl-3-methoxypyrazin
Ovocná/sladká	3-methylbutanal	Ocet	kyselina octová
Ovocná	ethyl 2-methylpropanoát	Zelená	2-ethyl-3,5-dimethylpyrazin
Máselná	butan-2,3-dion	Sírná	3-methylthiopropanal
Bylinná	methyl 3-methylbutanoát	Zelená	2-ethyl-3,6-dimethylpyrazin
Bylinná	2-methylpropylacetát	Zelená	2,3-diethyl-5-methylpyrazin
Ovocná	ethylbutanoát	Pepřová	2-isobutyl-3-methoxypyrazin
Ovocná	ethyl 2-methylbutanoát	Štiplavá	kyselina propanová
Máselná	pentan-2,3-dion	Bergamotová	linalol
Ovocná	ethyl 3-methylbutanoát	Pražená/zelená	2-isobutyl-3,6-dimethylpyrazin
Banánová	3-methylbutyl acetát	Žluklá	kyselina 2,2-dimethylpropanová
sladká	pentylacetát	Pražená	2-butyl-3-methylpyrazin
nasládlá	cis hept-4-en-al	Bylinná	trans,2-cis-6-nonadienal
Ovocná	3-methylbutylbutanoát	Pražená	2-acetylpyrazin
Houbová	oct-1-en-3-on	Medová	fenylacetaldehyd
Pražená	neznámá	Žluklá	kyseliny 3-methylmáselná
Pražená	2-methoxypyrazin	Anýzová	trimethylpropylpyrazin
Pražená	neznámá	Růžová	2-fenylethylacetát
Kovová	dimethyltrisulfid	Medicínální	2-methoxyfenol (guajakol)
Zelená	trimethylpyrazin	Růžová	fenylethanol
Arašídová	2-propylpyrazin	Karamelová	furaneol

V současné době lze kakaové aroma velmi dobře nahradit směsí syntetických sloučenin. Mělo by jich stačit asi 24. Hlavní klíčové složky aroma čokolády, kterými lze aroma vystihnout jsou C<sub>5</sub> kyseliny s nasládlou vůní (např. 2-methylmáselná, isovalerová), laktony ( $\gamma$ -dekalakton se sladkou, broskvovou vůní), aldehydy (např. isovaleraldehyd s ostrou vůní po sladce), ketony (okt-1-en-3-on s vůní po houbách, filberton a další) [27]

### 5.2.2 Vývoj kakaového aroma

Senzorické vlastnosti kakaových bobů a později čokolády, jako je aroma a chuť jsou ovlivněny druhem kakaovníku (D), posklizňovým zpracováním (FS) a pražením (P).

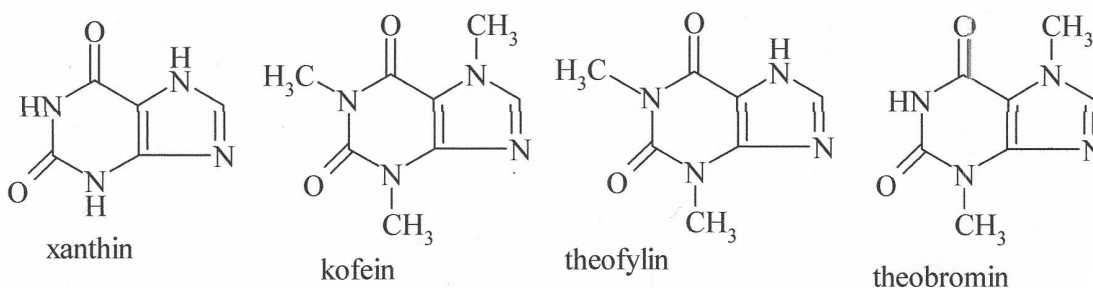
Tabulka 8: Vliv druhu kakaovníku, posklizňového zpracování a pražení na kakaové aroma

Chuť/aroma	Sloučeniny	ovlivněno
Hořká chuť	puriny, peptidy	D, FS
	polyfenoly	D, FS, P
	diketopiriziny, produkty Maillardovy reakce	FS, P
Trpká chuť	polyfenoly	D, FS, P
Kyselá chuť	kyselina octová, kyselina mléčná	D, FS, P
Aroma	dané druhem kakaovníku	D
	posklizňové aroma	FS
	vyvinuté během pražení	D, FS, P

### 5.3 Alkaloidy –Metylxantiny

Alkaloidy jsou heterogenní skupinou zahrnující více než 5000 sloučenin. Za alkaloidy se považují dusíkaté bazické sloučeniny (tvořící soli s kyselinami), které vznikají jako sekundární metabolity a vykazují v závislosti na konzumovaném množství různé biologické účinky.

Alkaloidy odvozené od purinu, resp. od produktu jeho oxidace xantinu, jsou nejrozšířenější alkaloidy v potravinách. Purinové alkaloidy jsou methylderiváty xantinu, např. 1,3,5 – trimethylxanthin nazývaný triviálně kofein, dimethylxanthiny theobromin a theofylin. [25]



Obrázek 7: Alkaloidy [26]

Celkový obsah alkaloidů u kakaových bobů bývá v rozmezí 0,7-3,2% v sušině. Hlavní alkaloid theobromin je 0,6-3,1 %, kofein 0,02-0,5%.

Hořká čokoláda obsahuje 0,3-0,7% theobrominu a 0,02-0,03% kofeinu. Mléčná čokoláda obsahuje 0,1-0,4% theobrominu a 0,01-0,02% kofeinu. [25]

Kakaové produkty obsahují theobromin, kofein, a stopy theofylinu. Záležící na stupni fermentace a druhu kakaového prášku, theobrominový a kofeinový obsah se liší od 1,5-3,0% do 0,1-0,5% . Navzdory blízkému chemickému složení, theobromin neovlivňuje stimulační účinek kofeinu na lidský nervový systém. [18]

Theobromin – je bílý krystalický prášek s bodem tání 35,1°C, hořké chuti, málo rozpustný ve vodě. Poprvé byl připraven r. 1842 extrakcí běžných druhů kakaových bobů vařící vodou. Další způsob výroby byl extrakcí z kakaových bobů. Dnes se vyrábí převážně synteticky.

Kofein – tvoří bílé, lesklé, ohebné krystalky, které jsou ve vodě rozpustnější než krystalky Theobrominu.

Theobromin a kofein působí velmi povzbudivě na lidský organismus. Oba alkaloidy vyvolávají větší srdeční činnost tím, nepovzbuzují rozšíření cév. [14]

## 5.4 Sacharidy

Sacharidy jsou polyhydroxyaldehydy a polyhydroxyketony, které obsahují v molekule minimálně tři alifaticky vázané uhlíkové atomy. Podle počtu cukerných jednotek vázaných v molekule se sacharidy dělí na:

- ❖ Monosacharidy – z jedné cukerné jednotky
- ❖ Oligosacharidy – 2 až 10 stejných nebo různých monosacharidů, spojených vzájemně glykosidovými vazbami.
- ❖ Polysacharidy – glykany – složeny z více než 10 stejných nebo různých monosacharidů
- ❖ Složené – konjugované sacharidy – obsahují i jiné sloučeniny, než jsou sacharidy. [24]

Pokud jsou kakaové produkty vyrobeny z dobrých kakaových bobů, které jsou praženy správným způsobem, budou obsahovat jen stopy mono- a disacharidů. Škroby, jako komplexní polysacharidy, jsou uloženy v rostlinách. Rozloží se během trávení. Škrob v kakaové hmotě a prášku obsahuje asi 36% amylosu a 64% amylopectin. [18]

Vláknina v kakaových produktech je souhrnný termín strukturální části pletiva rostlin, která nejsou nebo jsou jen částečně stráveny. V posledních letech se doporučuje dieta bohatá na vlákninu, která podle zjištění snižuje nebezpečí rakoviny v trávicím traktu. [18]

## 5.5 Flavonoidy

Z výživového hlediska, nejvíce zajímavé látky kakaového prášku jsou snad flavonoidy. Jsou to komplexní aromatické sloučeniny široce nacházené v přírodě jako pigmenty na rostlinách, ovoci, zelenině, a kůře. Kakaové produkty se skládají z relativně vysokého procenta těchto důležitých látek.

Během fermentace, pražení, a alkalizace kaka, mono- a oligomericko-katechinů mohou být částečně polymerizovány na taniny. Hrají významnou roli v barvě formace a částečně ovlivní i chuť. Navíc se zvýšením molekulární váhy se zvýší reakce s proteiny a peptidy. Jako výsledek se vytvoří celky které omezují stravitelnost.

V literatuře jsou flavonoidy známy svými antioxidantními vlastnostmi. To může pomoci vysvětlit delší trvanlivost kakaového prášku a čokoládového produktů. Navíc výzkumy provedené ve spojení funkce flavanoidů napovídají jistý potenciální ochranný účinek proti množství chronických podmínek obsahující rakovinu a kardiovaskulární choroby.

## 5.6 Organické kyseliny

V přírodním fermentačním procesu kakaových bobů, se formují organické kyseliny jako těkavé a netěkavé kyseliny. Během dalšího zpracování, jsou částečně přeměněny nebo vyprchány, ale představují nějaké 2% kakaové hmoty a 4% kakaového prášku (v nealkalizovaném kakaovém prášku jako kyseliny v alkalizovaném kakaovém prášku jako soli).

## 5.7 Minerály

Minerální složení kakaové hmoty, kakaového másla a kakaového prášku je uvedeno v PI, PII. Mezi nejvíce zastoupeny patří draslík, sodík, vápník, magnesium, fosfor, chlor, železo, zinek, měď. Draslík a sodík jsou prvotně důležité. Na draslík se pohlíží jako blahodárny pro člověka. Splňuje úlohu v syntézy proteinů a formaci glykogenu v lidském těle.

Ve výrobě tmavě hnědého prášků, se často užívá hydroxidu sodíku. To může zvýšit přírodní sodíkový obsah 0,01% do více než 2%. Tak v kakaových prášcích, ve kterých tyto tmavší látky dány se může zvýšený sodíkový obsah objevit. [18]

## 5.8 Vitamíny

Vitamíny jsou přírodně dějící se organické substance, které jsou nezbytné ve velmi malých množstvích pro běžné fungování žijících buněk. Kakaové produkty nejsou důležitým zdrojem vitamínů. Jak je ukázáno, vitamin A je zanedbatelný; množství vitamínu C je velmi nízká a B skupina vitamínů je také nízká a upadá dále v alkalickém kakaovém prášku jako výsledek alkalizačního procesu. Přítomnost vitamínu E ( tokoferol) a v menším rozsahu, vitamínu A v kakaovém máse je výjimka. Zastoupení jednotlivých vitamínů v kakaové hmotě, kakaovém máse a kakaovém prášku je uvedeno v PI, PII. [18]

## ZÁVĚR

Jak pravý stará aztécká legenda měl kakaový bob, dar od boha Quetzalcoatla, předat člověku, který ho požil, moudrost a sílu kakaovníku. Nadpřirozený původ byl tak přisouzen látkám, které však byly chemicky určeny mnohem později a nazvány methylxantiny. [5]

Původní hořký nápoj měl sice povzbuzující účinky, ale jeho chuť nebyla příliš dobrá. Proto byly vymyšleny dokonalejší zpracovatelské postupy, které tento nápoj neustále vylepšovali. Veliký význam měl také objev Holanďana Conrada van Houten, který objevil postup, jak oddělit kakaové máslo od kakaového prášku. Tenhle objev zpřístupnil čokoládu do všech domácností a její výroba se stala levnější. [5]

Čokoláda představuje bohatý zdroj živin a snadno stravitelný pokrm. Právě vysoký obsah živin je důvodem, proč patří na jídelníček astronautů, vojáků či sportovců, u kterých je důležitým zdrojem energie. Nezdravější je čokoláda s větším obsahem kaka a menším obsahem cukru.

Čokoláda navozuje pocit štěstí, který způsobuje cukr a aminokyselina tryptofan, ale i vliv methylxantinů, především theobrominu a kofeinu. Tato kombinace způsobuje vzestup hladiny hormonu serotoninu v mozku, ten pak blahodárny pocit v člověku. [10]

Čokoláda je bohatým zdrojem minerálů např. vápníku, železa, hořčíku, fosforu a vitaminů řady A, B, C, E. Díky vysokému obsahu flavonoidů čokoláda chrání srdce a krevní oběh.

Čokoláda se také používá v kosmetice a wellness, kakaové máslo je součástí různých kosmetických krémů, zábal z hořké čokolády a čokoládové koupele mají blahodárny vliv na pokožku.

Jen pro domácí zvířata psy a kočky může být čokoláda smrtelná, protože teobromin obsažený v čokoládě působí na ně jako jed a v jejich organismu se velice pomalu odbourává. Množství 60 g mléčné čokolády na jeden kg váhy zvířete již může být smrtelné. [9]

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] ŽÁČEK, Z. *Nad šálkem plným vůně*. Merkur v Praze. 1977. 1 vydání. 257 stran.
- [2] MLADÁ, J. *Atlas Cizokrajných rostlin*. Státní zemědělské nakladatelství v Praze. 1987. 1 vydání. 342 stran.
- [3] KREJČÍ, I. *O kávě a čaji*. Grada Publishing. 2000. 1. Vydání. 100 stran. ISBN 80-7169-535-1
- [4] SKOUPIL, J. *Pekař a cukrář*. Podnikatelský svaz pekařů a cukrářů České republiky. 2003 – č. 11. Praha: Pekař a cukrář s. r. o., 2003 – 1x za měsíc. ISSN 1243-2403.
- [5] ARCIMOVIČOVÁ, J., VALÍČEK, P. *Čokoláda pokrm bohů*. Nakladatelství Start Benešov. 1999. 117 stran. ISBN 80-86231-07-0
- [6]([http://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search\\_topic=TSN&search\\_value=505487](http://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=505487))
- [7] <http://www.biolib.cz/cz/taxonimage/id54898/?taxonid=62026>
- [8] VALÍČEK, P., kolektiv. *Užitkové rostliny tropů a subtropů*. Nakladatelství Akademie věd České republiky. 2002. 2 vydání. 486 stran. ISBN 80-200-0939-6
- [9] KRÁMSKÝ, S., FEITL, J. *Kniha o čokoládě*. Milpo Media Praha. 2008. 1 vydání. 166 stran. ISBN 978-80-87040-13-3
- [10] PEHLE, T., kolektiv. *Čokoláda*. Rebo productions CZ. 2009. 1 vydání. 295 stran. ISBN 978-80-255-0049-1.
- [11] HLAVA, B., MATĚJKA, V. *Technické rostliny a pochutiny*. Vysoká škola zemědělská Praha. 1988. 1 vydání. 130 stran.
- [12] POSPÍŠIL, F., HLAVA, B. *Rostlinná výroba tropů a subtropů*. Státní pedagogické nakladatelství Praha. 1977. 157 stran.
- [13] ČOPÍKOVÁ, J. *Technologie čokolády a cukrovinek*. VŠCHT Praha. 1999. 1 vydání. 168 stran. ISBN 80-7080-365-7.
- [14] SKOUPIL, J. *Pekař a cukrář*. Podnikatelský svaz pekařů a cukrářů České republiky. 2004 – č. 1. Praha: Pekař a cukrář s. r. o., 2004 – 1x za měsíc. ISSN 1243-2403.



- [15] HRABĚ, J., BUŇKA, F., HOZA, I. *Technologie výroby potravin rostlinného původu pro kombinované studium*. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. 2008. 190 stran. ISBN 978-80-7318-520-6
- [16] <http://www.ct24.cz/ekonomika/104864-pobrezi-slonoviny-se-pustilo-do-boje-s-nepoctivymi-vyvozci-kakaa/>
- [17] <http://www.biotox.cz/enpsyro/pj3pkof.html>
- [18] MEURSING, E.H., deZaan. *Cocoa & Chocolate Manual*. 40th Anniversary Edition. 2009. 168 stran.
- [19] RYŠAVÁ, K., KAISEROVÁ, J., HADOVÁ, J. *Kakaové boby*. Koospol. 1962. 58 stran.
- [20] RAŠPER, V. *Technologie čokolády a cukrovinek*. Státní nakladatelství technické literatury Praha. 1963. 1 vydání. 268 stran. 05-293-63
- [20] ČOPÍKOVÁ, J., SYNYTSYA, A. *Výroba čokolády a nečokoládových cukrovinek*. <http://www.vscht.cz/sch/www321/cokolada.pdf>
- [21] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin I*. Tábor: Osis, 1999. 1. vyd. 304 stran.
- [22] LEES, R., JACKSON, E.B. *Sugar Confectionery and Chocolate manufacture*. Leonard Hill Books an Intertext Publisher. 1973. 183 stran. ISBN 0 249 44120 9
- [23] BRETSCHEIDER, R., ČOPÍKOVÁ, J. *Technologie cukrovarnictví – technologie cukrovinek*. Nakladatelství technické literatury v Praze. 1984. 1. vydání. 102 stran.
- [24] VELÍŠEK, J., HAJŠLOVÁ, J. *Chemie potravin I*. OSSIS Tábor 2009. 3 vydání. 602 stran. ISBN 978-80-86659-15-2
- [25] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin III*. Tábor: Osis, 2002. 2. vydání. 368 stran. ISBN 80-86659-02-X
- [26] MORAVCOVÁ, J. *Biologicky aktivní přírodní látky*. Praha 2006. Přístupné: <http://www.vscht.cz/lam/new/bapl2003-01.pdf>
- [27] VELÍŠEK, J., HAJŠLOVÁ, J. *Chemie potravin II*. OSSIS Tábor 2009. 3 vydání. 644 stran. ISBN 978-80-86659-16-9
- [28] Vyhláška Mze ČR č. 76/2003 Sb.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

°C Stupeň Celsiův

g Gram

mg Miligram

μg Mikrogram

kg Kilogram

n.l. Našeho letopočtu

cm Centimetr

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1: Strom kakaovníku [7].....	13
Obrázek 2: Plod kakaovníku [7] .....	14
Obrázek 3: Plod kakaovníku [7] .....	15
Obrázek 4: Semena kakaovníku [17].....	15
Obrázek 5: Maillardova reakce, Streckerova degradace.....	32
Obrázek 6: Kontrola kvality bobů [16].....	29
Obrázek 7: Alkaloidy [26] .....	43

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1: Taxonomické zařazení kakaovníku [6].....	19
Tabulka 2: Obchodní název a země původu [22] .....	22
Tabulka 3: Složení kakaových bobů, kakaové hmoty a kakaá v % hm. [15] .....	36
Tabulka 4: Chemické složení čerstvých semen kakaovníku Forastero ( v %) [5].....	36
Tabulka 5: Složení kakaového másla [13].....	38
Tabulka 6: Fyzikálně chemické vlastností kakaového másla dle jiného zdroje [14].....	39
Tabulka 7: Přehled aromatických látek v pražených kakaových bobech [13] .....	42
Tabulka 8: Vliv druhu kakaovníku, posklizňového zpracování a pražení na k.aroma .....	43

## **SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha P I: Složení kakaové hmoty a kakaového prášku [18]

Příloha P II: Složení kakaového másla [18]

Příloha P I: Složení kakaové hmoty a kakaového prášku [18]

	Kakaová hmota	Kakaový prášek nealkalizovaný	Kakaový prášek lehce alkalizovaný	Kakaový prášek silně alkalizovaný
<i>HLAVNÍ SLOŽKY</i>	ve 100g	ve 100g	ve 100g	ve 100g
Tuk	55,0 g	11g	11g	11g
Vlhkost	1,0g	4g	4g	4g
Hrubé proteiny	11,9 g	23g	22g	22g
Theobromin	1,1g	2,1g	2,1g	2,1g
Kofein	0,1g	0,2g	0,2g	0,2g
Sacharidy	0,5g	1g	1g	1g
Škroby	6,5g	12,5g	11,5g	11,5g
Vláknina	16,6g	32,0g	32,0g	31,0g
Organické kyseliny	2,1g	4g	4g	4g
Popel	3,1g	6g	9g	12g
<i>Minerální složení</i>				
Draslík	1000 mg	2000 mg	3000 mg	5000 mg
Sodík	10 mg	20 mg	30 mg	30 mg
Vápník	80 mg	150 mg	150 mg	150 mg
Hořčík	300 mg	550 mg	550 mg	550 mg
Fosfor	400 mg	700 mg	700 mg	700 mg
Chlor	< 10 mg	10 mg	10 mg	10 mg
Železo	18 mg	35 mg	35 mg	35 mg
Zinek	4 mg	7,0 mg	7,0 mg	7,0 mg
Měď	2 mg	4,0 mg	4,0 mg	4,0 mg
<i>Vitamíny</i>				
A (retinol)	< 50 µg	< 50 µg	< 50 µg	< 50 µg
B1 (thiamin)	0,1 mg	0,1 mg	0,1 mg	0,1 mg
B2( riboflavin)	0,3 mg	0,5 mg	0,3 mg	0,3 mg
B3 (niacin)	1,0 mg	2,0 mg	2,0 mg	2,0 mg
B5	2,1 mg	4,0 mg	1,5 mg	1,5 mg
C	< 0,1 mg	< 0,1 mg	< 0,1 mg	< 0,1 mg
E	17,5 µg	3,5 µg	3,5 µg	3,5 µg
<i>Energie</i>				
kcal	521	206	201	197
kJ	2,180	862	841	824
kcal z tuku	460	92	92	92
kJ z tuku	1,925	384	384	384
<i>Různé</i>				
Cholesterol	1,7 mg	< 1 mg	< 1 mg	< 1 mg

Příloha P II: Složení kakaového másla [18]

	<b>Kakaové máslo</b>
<i>HLAVNÍ SLOŽKY</i>	ve 100g
Tuk	99,9g
Vlhkost	0,1g
<i>Mastné kyseliny (%)</i>	
nasyčené	61,5%
monoenové	35,0%
polyenové	3,5%
<i>Zastoupení MK</i>	
palmitová (C 16:0)	26,0%
stearová (C 18:0)	34,5%
arachidonová (C 20:0)	1,0%
palmitolejová (C 16:1)	0,3%
olejová (C 18:1)	34,5%
linolová (C 18:2)	3,2%
ostatní	0,5%
<i>Minerální složení</i>	
Vápník	0,25 mg
Měď	0,01 mg
Železo	0,05 mg
Hořčík	0,5 mg
Fosfor	25,0 mg
Draslík	20,0 mg
<i>Vitaminy</i>	
A (retinol)	90
E	32
<i>Energie</i>	
kcal	835
kJ	3,495
kcal z tuku	835
kJ z tuku	3,495
<i>Různé</i>	
Cholesterol	asi 3,0 mg