

Bioaktivní látky v kakaových produktech

Kateřina Zajíčková

Bakalářská práce
2010



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav technologie a mikrobiologie potravin
akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Kateřina ZAJÍČKOVÁ**
Osobní číslo: **T07139**
Studijní program: **B 2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Chemie a technologie potravin**

Téma práce: **Bioaktivní látky v kakaových produktech**

Zásady pro vypracování:

1. Popište historii, botanickou charakteristiku a pěstování kakaovníku.
2. Uvedte základní technologické postupy při zpracování kakaových bobů.
3. Zaměřte se na chemické složení kakaových výrobků, zejména na látky s bioaktivním účinkem na lidský organismus.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. Valíček P., 2002. Užitkové rostliny tropů a subtropů. Akademie věd České republiky, Praha, 486 s. ISBN 80-0939-6.
2. Hrabě, J., Buňka, F., Hoza, I., 2007. Technologie výroby potravin rostlinného původu pro kombinované studium, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Zlín, 190 s. ISBN 978-80-7318-520-6.
3. Bockisch, M., 1998. Fats and Oils Handbook. AOCS Press, 892 s. ISBN 978-0-935315-82-0.
4. deMan, John M., 1999. Principles of Food Chemistry. Springer - Verlag, 595 s. ISBN 978-0-8342-1234-3.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Otakar Rop, Ph.D.

Ústav technologie a mikrobiologie potravin

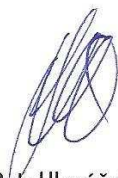
Datum zadání bakalářské práce:

11. února 2010

Termín odevzdání bakalářské práce:

31. května 2010

Ve Zlíně dne 15. dubna 2010



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



doc. Ing. Jan Hrabě, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: ZAJIČKOVÁ KATEŘINA

Obor: CHTP

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 20.5.2010



.....

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ABSTRAKT

Předložená bakalářská práce shrnuje poznatky o kakaovníku a kakaových bobech. Obsahem práce je charakterizovat kakaovník jako rostlinu, jeho pěstování, výskyt a složení kakaových bobů. Další část je zaměřena na technologické zpracování kakaových bobů. Hlavní důraz je kladen na látky obsažené v kakaových bobech, který mají vliv na lidský organismus.

Klíčová slova: kakao, kakaové boby, theobromin, kofein

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with cacao tree and cacao nibs. The research work is described as a cacao plant, its cultivation, the presence and composition of cocoa beans. Another part focuses on the technological processing of cocoa beans. The main emphasis is on substance in cocoa beans that have an impact on the human body.

Keywords: cacao, cacao nibs, theobromine, caffeine

Poděkování

Především bych chtěla poděkovat vedoucímu mé práce Ing. Otakaru Ropovi, Ph. D. za odborné vedení, cenné rady, připomínky a nezbytné nutnou kritiku, které mi poskytl při vypracování bakalářské práce.

Poděkování patří také mé rodině, která mě vždy ve studiu podporovala.

Neučíme se pro školu, ale pro život.

Lucius Annaeus Seneca (4 př. n. l. – 65 n. l.)

Prohlašuji, že jsem na bakalářské/diplomové práci pracoval(a) samostatně a použitou literaturu jsem citoval(a). V případě publikace výsledků, je-li to uvedeno na základě licenční smlouvy, budu uveden(a) jako spoluautor(ka).

Ve Zlíně

.....

Podpis studenta

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 KAKAOVNÍK PRAVÝ	11
1.1 HISTORIE	11
1.2 CHARAKTERISTIKA A VÝSKYT KAKAOVNÍKU	13
1.3 BOTANICKÝ POPIS.....	14
1.4 PĚSTOVÁNÍ KAKAOVNÍKU.....	16
2 TECHNOLOGIE ZPRACOVÁNÍ KAKAOVÝCH BOBŮ	18
2.1 FERMENTACE	18
2.2 SUŠENÍ	19
2.3 ČIŠTĚNÍ	20
2.4 PRAŽENÍ.....	20
2.5 MLETÍ.....	21
3 CHEMICKÉ SLOŽENÍ KAKAA	22
3.1 KAKAOVÉ BOBY	22
3.2 KAKAOVÉ MÁSLA.....	22
4 BIOAKTIVNÍ LÁTKY V KAKAOVÝCH PRODUKTECH	24
4.1 ANTIOXIDAČNÍ ÚČINKY	24
4.2 VLIV NA KARDIOVASKULÁRNÍ SYSTÉM.....	26
4.3 METHYLYXANTINY	28
4.3.1 Theobromin	29
4.3.2 Kofein.....	31
4.3.3 Theofylin	33
4.4 MINERÁLNÍ LÁTKY A VITAMINY	35
4.4.1 Minerální látky	35
4.4.2 Vitaminy.....	37
4.5 PSYCHOAKTIVNÍ LÁTKY.....	38
ZÁVĚR	39
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	40
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	44
SEZNAM OBRÁZKŮ	46
SEZNAM TABULEK	47

ÚVOD

Kakaovník pravý (*Theobroma cacao* L.), rostlina z čeledi *Sterculiaceae*, pochází ze Střední Ameriky. Odsud se vlivem původního obyvatelstva a kolonialistů dostal nejdříve do Jižní Ameriky, později do Afriky, Asie a Evropy. Obyvatelé těchto oblastí pili v té době nápoj, který se z kaka a připravoval – čokoládu. Historie kaka a sahá až do roku 1500 př. n. l., kdy byla tato plodina považována za „pokrm bohů“ a v aztéckém hospodářství bylo kakao tak významné, že se kakaovými boby dokonce platilo. Od doby objevení Ameriky v roce 1492 Španěly se kakaovník rozšiřoval po celém světě.

Obecně se pěstuje v tropických oblastech mezi 20. stupněm jižní šířky a 20. stupněm severní šířky po celém světě. Pro kakaovník je příznivé teplé a vlhké podnebí. Přesto, že existuje asi 20 botanických druhů, má z ekonomického hlediska zásadní význam *Theobroma cacao* L. Z komerčního hlediska ale rozdělujeme odrůdy kakaovníku na tři obchodní skupiny forastero, criollo a trinitario. Criollo je považováno za kvalitnější, avšak za méně odolnější a náročnější na půdu. Criollo je také podstatně dražší. Mezi dnešní pěstitele Criolla patří hlavně Venezuela, Madagaskar a Indonésie. Forastero se dnes pěstuje hlavně v Brazílii a západní Africe. Trinitario pochází z ostrova Trinidad a tvoří dnes zhruba 10 až 15% světové produkce kaka a a používá se především na výrobu kvalitní čokolády. Kakaové boby se účastní technologického procesu zahrnující nejdříve fermentaci, sušení, čištění, pražení a mletí. Dále následují technologické operace, kde je výsledkem čokoláda.

Kakao a čokoláda nejsou jen pochutinami, ale mají také příznivý vliv na zdraví člověka. Obsahují totiž biologicky aktivní látky, které mají antioxidační a povzbuzující účinky. Je vědecky dokázáno, že kakao a hořká čokoláda má také příznivý vliv na kardiovaskulární systém. Dále kakao obsahuje řadu minerálů a vitaminů, které jsou pro lidský organismus důležité.

Cílem mé bakalářské práce bylo shrnout poznatky o kakaovníku a jeho zpracování. Zejména jsem se zaměřila na chemické složení a biologicky aktivní látky. Práce podává ucelený pohled na vliv konzumace kaka a na lidský organismus.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 KAKAOVNÍK PRAVÝ

Kakaovník pravý (*Theobroma cacao* L.) je rostlina, kterou pojmenoval v roce 1753 Carl von Linné. *Theobroma* je jméno rodu, ke kterému kakaovník patří, a pochází z řeckého výrazu „potrava bohů“. Není zcela jasné, které bohy měl Linné na mysli, ale je o něm známo, že čokoládu miloval [1]. Původem je kakaovník ze Střední Ameriky, odtud se vlivem původního obyvatelstva a kolonialistů dostal nejdříve do Jižní Ameriky, později do Evropy, Asie, Afriky. Obyvatelé těchto oblastí pili v té době zvláštní nápoj, který se z kaka a připravoval – čokoládu. V historii tato plodina nabývala nejen náboženského významu, ale v aztéckém hospodářství bylo kakao tak významné, že se kakaovými boby dokonce platilo [2]. Semena tohoto stromu si získala také sociální, lékařskou a gurmánskou důležitost [1].

1.1 Historie

Historie kaka a sahá až do roku 1500 př. n. l., kdy Olmékové poprvé začali s pěstováním rostliny známé pod jménem „kakawa“. Žili na pobřeží Mexického zálivu, kde byly příznivé podmínky pro pěstování kakaovníku. Bohužel se z této oblasti nezachovalo mnoho archeologických památek kromě ohromných kamenných monumentů s obrazy kakaovníků či jejich plodů [1]. Další mezník v pěstování kaka a spadá do období od 4. do 9. století našeho letopočtu, kdy Mayská kultura dosahuje svého vrcholu a rozšiřuje kakaovník až na pobřeží Tichého oceánu. Kolem roku 500 n. l. se kakao stalo důležitým symbolem společenského života, hrálo důležitou roli v náboženských obřadech [3]. Právě Mayové byli ti, kteří světu ukázali, jak čokoládu pít a kteří nám představili slovo „cacao“. V roce 964 n. l. nastává úpadek Mayské civilizace pravděpodobně kvůli sporům mezi mayskými městskými státy. Poté se začíná vyvíjet na tomto území Toltécká říše, která převzala mayskou kulturu a doplnila ji o své prvky. V tomto období se kakaové boby stávají hlavní obchodní surovinou ve Střední Americe a byly symbolem bohatství země. Ovládání důležitých pěstitelských oblastí kaka a se stává hlavním cílem ve válečných sporech [4]. Na konci 13. století vpadli do Mexika a Střední Ameriky Aztékové, kteří dokázali zdokonalovat a rozvíjet vše, co vytvořili jejich předchůdci [3]. Na přelomu 14. a 15. století ovládala Aztécká říše většinu území dnešního Mexika a díky kakau se stala nejbohatší oblastí ve Střední Americe [4]. Jelikož cena kakaových bobů v době Aztécké říše byla stále vysoká, mohla si čokoládu dopřát pouze vládnoucí vrstva. Dalším důležitým

faktem je, že se kakaové boby používaly jako platidlo, daly se směnit za jakékoliv zboží, byly dobře skladovatelné a snadno přenosné [3].



Obrázek 1: Mayský bůh kakaa [5]

Na začátku 16. století se Španělé dostali do Mexika. Významným letopočtem se stalo dobytí aztéckého hlavního města Tenochtitlán v roce 1521 Hermánem Cortésem, což znamenalo pád celé říše. Od té doby byla tradice čokolády převzata španělskými dobyteli, kteří zjistili, že kakaové boby se používají v celé Střední Americe jako měna. Tato praxe se zde pravděpodobně vyskytovala mnoho staletí [4].

První zmínky o zavedení kakaa do Asie, konkrétně na ostrov Sulawesi a Indonésii, se objevují kolem roku 1560. Kakao bylo také rozšířeno do Venezuely a Karakasu. Do Evropy se kakao dostalo relativně pozdě, protože první oficiální náklad kakaových bobů dorazil až v roce 1585, ale až v první polovině 19. století byla vyrobena první čokoládová tyčinka [1]. Podle jednoho zdroje je datum prvního zavedení kakaa do Afriky rok 1590, konkrétně na ostrov Bioko, blízko Kamerunu. Podle jiných dokumentů se tak stalo v roce 1822, kdy byly stromy vysázeny na Princově ostrovu, nedaleko Bioka. V roce 1727 byly na Trinidadu zničeny plantáže kakaovníku plísní, konkrétně byly zničeny plantáže stromu známého pod obchodním názvem criollo. Proto zde v 50. letech byly vysázeny odrůdy forastero. Tímto došlo ke křížení obou druhů a na svět se dostala další odrůda trinitario. V roce 1746 se Francie pokouší zlomit nadvládu Španělů v produkci

kakaa. Pěstování kakaovníku bylo zavedeno do brazilského státu Bahia, kde se výsledky v pěstování dostavily až na konci 19. století, kdy se stala Bahia regionem s největší produkcí kakaa. V roce 1905 bylo kakao zavedeno na Pobřeží slonoviny, což je dnes největší světový producent kakaa. V roce 1911 byla zaznamenána rekordní sklizeň kakaa ve státě Ghana. Činila 40 000 tun. V dnešní době asi dvě třetiny světové produkce kakaa pochází z Afriky [4].

1.2 Charakteristika a výskyt kakaovníku

Kakao patří mezi pochutiny, což jsou plodiny s výraznou chutí a vůní, které stimulují organismus, ale mají obvykle zanedbatelnou výživovou hodnotu. Kakao obsahuje látky kofein a theobromin, které tento proces navozují, proto se používá například k výrobě osvěžujících nápojů (kakao, čokoláda) [2] a [6].

Původem je tento malý tropický neopadavý strom z čeledi *Sterculiaceae* z oblasti povodí řeky Amazonky a Orinoka. První rostliny této čeledi se pravděpodobně objevily před více než milionem let, kakaovník se v Mexiku a Střední Americe začal pěstovat před několika tisíci lety [3].

V přírodě se můžeme setkat asi s dvaceti botanickými druhy kakaovníku, pro nás nejnámějším druhem je *Theobroma cacao* (Kakaovník pravý), který má z ekonomického hlediska zásadní význam. Právě tímto druhem se budu v dalších částech své bakalářské práce převážně zabývat. Jiné šlechtěné druhy jako *Theobroma angustiflora* (k. úzkolistý), *Theobroma pentagona* (k. pětihranný), *Theobroma bicolor* (k. dvoubarevný), *Theobroma mammosum*, *Theobroma simiarum* nemají pro komerční zisk z kakaa velký význam [7].

Řazení do botanického systému je uvedeno v tabulce 1.

Taxonomie		
Říše	<i>Planta</i>	rostliny
Oddělní	<i>Magnoliophyta</i>	rostliny krytosemenné
Třída	<i>Rosopsida</i>	vyšší dvouděložné rostliny
Řád	<i>Malvales</i>	slézotvaré
Čeleď	<i>Sterculiaceae</i>	lejnicovité

Tabulka 1: Taxonomie *Theobroma cacao* [8]

Podle Valíčka (2002), který ve svém díle popisuje genová centra původu kulturních rostlin, což jsou oblasti s vyšší koncentrací vnitrodruhových forem u celých skupin druhů

kulturních rostlin (podrobně je analyzoval a nazval Vavilov (1926)), se kakaovník řadí do jihoamerického genového centra. To kvůli velké rozloze můžeme dále rozdělit do tří dílčích oblastí: a) Peru, Ekvádor, Bolívie, b) Chile, c) Brazílie, Paraguay [6].

Jak už jsem zmínila, kakaovník pochází z oblastí Střední a Jižní Ameriky, ale dnes se pěstuje v tropických oblastech mezi 20. stupněm jižní šířky a 20. stupněm severní šířky po celém světě. Kakaovníku se nedaří v suchých oblastech, naopak mu prospívá teplé a vlhké podnebí. Množství srážek by se mělo pohybovat mezi 1500 až 2000 mm ročně [9]. Optimální je, aby byly srážky rovnoměrně rozděleny s minimem 100 mm za měsíc. Dobře roste i v oblastech, kde bývá kratší období sucha, které nepřesahuje dva až tři měsíce [3].

Pěstuje se v nadmořské výšce až do 1000 m nad mořem, ale nepříhodnější podmínky má v oblastech od 300 do 500 m nad mořem. Kakaovník je velmi náročný na teplo, vyžaduje minimální teplotu kolem 15°C. Optimální teplota by se měla pohybovat od 21°C do 32°C, vlhkost by měla být nejméně 65-70 %. Důležité je, aby nedocházelo ke kolísání teplot. Nároky na půdu nejsou vysoké. Kakaovník se pěstuje na těžkých, písčitých a štěrkových půdách, ovšem nevhodné jsou zasolené půdy [3].

Jelikož kakaovník vyžaduje stín, bývá obvykle obklopen jinými rostlinami, které mu ho poskytují. Většinou jde o další užitkové rostliny, například banánovníky, baobaby nebo citrusy [7] a další dřeviny jako například *Gliricidia sepium* nebo *Cedrela odorata* [6]. Stínění je velmi důležité, dokud je strom mladý, protože potřebuje jen polovinu světla, které je v dané oblasti k dispozici [10].

1.3 Botanický popis

Jde zpravidla o nízký neopadavý strom, který dorůstá výšky 5 až 10 m, výjimečně může dosáhnout až 20ti m, má tlustý kmen o průměru 30 cm. Mladé stromy mají bělošedou hladkou borku, starší hnědavou. Dřevo bývá bílé, žluté až červené barvy. Charakteristické pro tuto rostlinu je, že jejich kulovitý kořen zasahuje hluboko do půdy a na kmeni rostou nejenom květy (kauliflorie), ale i plody [7]. Koruna je bohatě rozvětvená se střídavými listy. Ty bývají podlouhlé, eliptické, čepele listu jsou kopinaté, na bázi kýlovité s protaženou špičkou. Měří 12–60 cm na délku a 4–20 cm na šířku [6]. Jsou měkké, lesklé a pružné. Mladé listy mívají jasně červenou nebo růžovou barvu, později světle až tmavě zelené. Řapíky měří až 2 cm, jsou hnědé a u čepele mírně rozšířené [8].

Květy jsou křehké, 1–2 cm široké. Rostou na kmeni nebo na starších větvích jednotlivě nebo ve svazečcích 3 až 5ti. Mají 5 úzce kopinatých kališních cípů a 5 žlutavě bílých korunních lístků, které jsou v plném květu rozložené nebo zahnuté nazpět. Mohou mít i růžovou až červenou barvu. Květ obsahuje 10 tyčinek ve 2 kruzích [6]. Kakaovník kvete ve 2 hlavních obdobích, ale květy se tvoří v menším množství po celý rok. Plody kakaovníku obvykle visí jednotlivě na kmeni a větvích. Bývají 13–26 cm dlouhé a 5–7,6 cm široké, jejich váha může dosahovat až 500 g [8]. Plod má tvrdou skořápku, která může být hladká nebo hrbolatá, tvar je elipsovitý nebo kulovitý, zašpičatělý nebo tupý, povrch je rozdělen až 10ti podélnými brázdami. Plod je ve zralosti žlutý, žlutooranžový, hnědočervený až červený. Pokožka je silná 1,5–2 cm, pevně masitá, tuhá, šťavnatá, pod povrchem nažloutlá. Plod obsahuje 20–50 semen o různé velikosti, většinou bývají 2–4 cm dlouhé a 1,2–2 cm široké, ta jsou obklopena bělavým, růžovým, nebo nahnědlým míškem příjemně nakyslé chuti. Plody zrají 150–180 dní. Semena jsou hnědočervená až fialová s papírovitým osemením, dosahují velikosti mandle [9]. Usušeným semenům říkáme kakaové boby. Čerstvě sklizená semena obsahují průměrně přibližně 8,5 % bílkovin, 30% tuku, 10% sacharidů, 2,4 % theobrominu a 0,8 % kofeinu [8].



Obrázek 2: Kakaovník pravý [11]



Obrázek 3: Plod kakaovníku se semeny [12]

1.4 Pěstování kakaovníku

V současnosti se kakaovník pěstuje převážně na menších plantážích. Důvodem je, že na velkých plantážích snáze podléhá různým chorobám. Přípravě plantáže je nutno věnovat patřičnou pozornost, jelikož zůstává kakaovník na stanovišti řadu let. Nejdříve je potřeba odstranit původní porost a srovnat a upravit terén. Pokud se na plantáži bude pěstovat kakaovník ze sazenic, vykopou se jamky o průměru i hloubce 30 cm, na jejichž dno se dá kompost nebo jiné organické hnojivo. Mladé semenáčky se pak zasadí do jamek [3].

Při pěstování kakaovníku ze semen se vyseje do hnízd buď přímo na místo (Jižní Amerika, Afrika) nebo se sazenice předpěstují ve školce v polyethylenových sáčcích (Asie) a nechají se dorůst do výšky 30-60 cm. Poté se vysazují na plantáž ve vzdálenosti 3-5 m všemi směry. Vzdálenost bývá menší ve vyšších polohách a na chudších půdách. Toto pěstování má mnohé nevýhody jako je nevyrovnanost potomstva, malá odolnost vůči chorobám a škůdcům [3] a [8].

Kvalitního a vyrovnaného porostu se dosahuje nejlépe vegetativním rozmnožováním. Roubování nedává natolik uspokojivé výsledky jako očkování, při kterém se až 90 % oček ujímá. V současné době se stále více užívá řízkování. Řízky zakořeňují v zakrytých a zastíněných pařeništích, kde je dostatek tepla a vlhkost vzduchu 90 % [3].

Jelikož je kakaovník v mládí citlivý na přímé sluneční záření, vysazují se na plantážích už zmiňované stínící stromy. S postupným růstem kakaovníku se stínění snižuje [5].

Jako u mnoha rostlin není ani u kakaovníku doba květů a tvorba plodů přesně od sebe oddělena. Na jednom a též stromě se objevují současně květy i nezralé a zralé plody. Obecně ale můžeme říci, že existuje jedna velká sklizeň, která začíná ke konci období dešťů a pokračuje až do začátku období sucha, a pak existuje několik menších sklizní [7].

Stromy bohatě kvetou, ale na jedné rostlině dozrává jen 50-80 plodů, to je pouze 5 %. Bobule se opatrně odřezávají v plné zralosti, ta nastává zhruba 5 až 6 měsíců po oplodnění. Ihned se otevrou a vybírají se z nich semena i s dužninou. Pak se suší na slunci nebo ve speciálních sušících zařízeních. Při této činnosti se sliznatá dřevina rozpadne, semena fermentují, tím se z nich odstraní tříslovinná hořká chuť [8] a [13].

Jak jsem dříve zmínila, existuje kolem dvaceti botanických druhů kakaovníku, z komerčního hlediska ale rozdělujeme kakaovníky na tři obchodní skupiny forastero, criollo a trinitario [13].

Forastero je nejrozšířenější skupina a představuje až 90% celé světové produkce kakaových bobů. Tato skupina poskytuje semena, která mají menší a užší dělohy a purpurovou barvu. Forastero má kulovitější tvar [13]. Po dozrání jsou plody žluté, na povrchu jsou hladké, zřídka bradavičnaté. Je pro ně charakteristická tvrdá slupka. Semena mají zploštělý tvar, barva na řezu bývá světle až tmavě purpurová. Chuť je trpká a nakyslá. Plody obsahují třicet až padesát semen. Forastero je odolnější vůči nemocem, proto poskytuje vyšší výnos než criollo. Po fermentaci, která zpravidla trvá pět dní, někdy i více, mají boby čokoládově hnědou barvu. Vyskytuje se hlavně po celém povodí Amazonky a v západní Africe [3]. Tato obchodní skupina má nejméně aromatické boby [10].

Varieta criollo nám nabízí jedny z nejkvalitnějších semen a používají se pro výrobu nejjemnějších čokolád. Jde o pravý opak forastera [10]. Plody jsou velké žluté nebo červené typicky zašpičatělé, hrubé a rozbrázděné a rostou pouze na kmenu. Dělohy mají bílou až světle fialovou barvu. Na plodu je deset zřetelných nepravidelných žeber, z nichž každé druhé je střídáno hlubokou brázdou. Perikarp je měkký a tenký. Plody obsahují dvacet až čtyřicet semen, která bývají velká, kulovitá, slabě nahořklá až sladká. Kakaové boby mají na řezu slabě fialovou, nahnědlou nebo bělavou barvu. Criollo má menší výnosy než forastero. Fermentace probíhá kratší dobu než u forastera a po ní mají plody skořicovou barvu. Criollo je méně odolné vůči škůdcům a nemocem, náročnější na půdu, proto je také dražší než forastero [3]. Roste zejména ve Střední Americe, Venezuele, na Madagaskaru, v Indonésii [6].

Původ poslední variety, trinitario, se odhaduje do oblasti Trinidadu a jde o výsledek přirozeného křížení mezi variantou criollo a forastero, které mohly pocházet z oblasti dolního toku Amazonky, Orinoka či Guyany. Charakteristika plodů je různá a vyznačuje se značnou variabilitou tvarů, zbarvení i kvality semen [6] a [13].

2 TECHNOLOGIE ZPRACOVÁNÍ KAKAOVÝCH BOBŮ

Už odedávna bylo kakao používáno k výrobě výživných nápojů, dnes slouží semena kakaovníku k výrobě čokolády, kakaového másla a kakaového prášku [8].

V době, kdy plody změní svou barvu z červenofialové na oranžovou a zelené na žlutou, jsou zralé a mohou se začít sklízet. U dokonale zralých plodů kakaovníku by se měla semena obalená sladkým míškem lehce oddělovat od vnitřní strany plodu i od střední placenty. V době zrání se z nejdlejšího a tuhého míšku stává šťavnatý, vonný a chutný. Poté se sesbírané plody rozevírají nožíky. Semena se dále očistí, aby se odstranily všechny cizí příměsi [3].

2.1 Fermentace

Nejdůležitější fází prvotního zpracování je fermentace. Tento proces probíhá podle různých podmínek asi 2 – 6 dní, někdy až 12 dní ve zvláštních nádobách, boxech nebo nádržích [13]. Doba fermentace závisí na množství semen, metodě a na druhu kakaových bobů. Boby skupiny forastero se fermentují 6 dní, u criolla probíhá fermentace pouze 1-2 dny, u trinitaria 3-4 dny [3]. Průměrná teploty při fermentaci činí 45 – 50°C. Tím se zamezí klíčení rostliny [13]. Během fermentace dochází v podstatě ke dvěma biochemickým procesům, vnějším a vnitřním. Při vnějším procesu kvasí míšek za přítomnosti vzduchu. Vlivem kvasinek vzniká oxid uhličitý a etanol, který se dále působením bakterií octového kvašení mění na ocet. Při tomto ději se rozruší míšek natolik, že se snadno oddělí od semen. Vysoká teplota a kyselina octová také umrtvuje zárodek a mění barvu osemení [3]. Vnitřní biochemické pochody probíhají bez přítomnosti kyslíku, jejich výsledkem je změna barvy děloh, uvolnění osemení, ale také vytvoření chuťových a aromatických složek kakaových bobů. Počáteční hořká chuť bobů se zjemňuje a díky esteru kakaolu vzniká typické čokoládové aroma. Glykosid kakaonin se hydrolyticky štěpí na glukosu, theobromin a třísloviny, které se dále rozkládají na kakaovou červeň, která má červenohnědou barvu [3]. Nesprávná fermentace negativně ovlivňuje vůni a chuť, a tím i jakost konečného výrobku. Teprve semenům po fermentaci se říká kakaové boby [7]. Dobře fermentované boby criollo mají žlutohnědou barvu, forastero červenohnědou až purpurově hnědou, jsou tvrdé a křehké konzistence. Nedofermentovaná semena mají nepříjemnou hořkou stahující chuť a nevýraznou nebo žádnou čokoládovou vůni [13].

2.2 Sušení

Po skončení fermentace obsahují kakaové boby 35 % vody. Proto je důležitou fází také sušení. Tímto procesem je zachována kvalita kakaových bobů a zabrání se výskytu mikroorganismů, především plísní. Množství vody je nutno snížit na 6 – 8 %, čímž se hmotnost kakaového bobu zmenší o skoro 55 % [13]. Sušení může probíhat přirozeně na slunci nebo uměle. Při přirozeném sušení se využívá slunce a větru. Boby se rozprostrou buď na rohože, drátěné mřížky nebo se uloží do obrovských beden [3]. Kakaové boby jsou ručně nepřetržitě tříděny a obraceny, tím se umožňuje přístup čerstvého vzduchu a zamezuje se vzniku plísní. Proces sušení probíhá 5 až 7 dní [7]. Umělé sušení je kvalitnější díky regulaci teploty, ale také finančně náročnější. Boby se suší v různých typech sušáren nebo v bubnových sušičkách, kam se při otáčení bubnu vhání vzduch ohřátý na 70°C [3].

Přirozené sušení probíhá až jeden týden, umělé asi 36 hodin. Někdy bývá pozvolné sušení fermentovaných bobů považováno za lepší, protože fermentace není násilně ukončena. Dobře fermentované a usušené kakaové boby jsou na lomu křehké, čokoládově hnědé s typickou čokoládovou vůní. Jednotlivé boby by neměly být lehčí než 1 g, procentuální zastoupení zbytků osemení by mělo být asi 10 % [3].



Obrázek 4: Sušení kakaových bobů na slunci [14]

2.3 Čištění

Po usušení se boby ještě čistí. Čistota kakaových bobů je důležitý faktor jakosti při zpracování, často totiž obsahují hlínu, písek, prach, kameny, úlomky dřeva či kovu, kousky provázků a pytloviny. Některé boby jsou poškozené nebo červivé. Tyto nečistoty se odstraňují ve speciálních technických zařízeních pomocí proudícího vzduchu, sít, kartáčů, ale i magnetů řádně vyčistí [7]. Mimo čištění suchou cestou existuje i čištění máčením v pračkách. Takto se odstraňují i slizovité látky, které nepříjemně ovlivňují aroma pražených jader [13]. Po vyčištění se kakaové boby třídí. Pak se pytlují a skladují v dobře větraných a suchých skladech, kde je zajištěna ochrana proti skladištním škůdcům [3].

Poté jsou boby zabaleny do pytlů a odeslány k dalšímu zpracování do továren. Na trhu se podle jakosti rozdělují kakaové boby na tři třídy:

1. Fine – tvoří ji převážně kakao ze skupiny criollo
2. Flavour – tvořena kakaem ze Střední Ameriky a z Karibiku
3. Ordinary – kakao z Brazílie a západní Afriky [6].

2.4 Pražení

Kakaové boby se praží pro uvolnění kakaového aroma a také pro zabránění mikrobiální kontaminace, která může vzniknout při pěstování, fermentaci, sušení či dopravě [15]. Tento proces se provádí v kontinuálním pražiči po dobu 10 až 35 minut podle požadovaného stupně pražení při 80 – 130°C [7]. Podle deMana (1999) se pražení může provádět až při teplotě 110 – 140°C po dobu 45 až 60 minut [15]. Během pražení dochází k celé řadě chemických a fyzikálních procesů. Jde především o změny barvy, chutě a vůně. Při pražení se uvolňuje typické kakaové aroma z prekursorů vytvořených během fermentace. Polyfenolické látky hrají důležitou roli při změnách během pražení. Dále dochází k částečné ztrátě organických těkavých látek, které dodávají bobům nepříjemnou příchut'. Klesá také obsah tříslovin [13]. Cílem je, aby vlhkost byla co nejnižší, aby bylo možné boby dobře umlít, lisovat a míchat. Obsah vody se při pražení snižuje z 6 až 8 % na 2 až 3 % [3]. Technologie pražení kakaových bobů doznává řadu změn. Začíná se uplatňovat pražení kakaové hmoty, jelikož při tomto způsobu nedochází k nerovnoměrnému rozdělení teplot, které způsobuje přepražení nebo nedopražení

kakaových zrn. Dále dochází k menším ztrátám kakaového másla, které migruje do slupek [13].

2.5 Mletí

Jakmile jsou upražené boby vychlazené, musejí se v drtících strojích rozdrtit [7]. To se provádí především proto, aby se z buněk buněčného pletiva rozdrčených jader uvolnilo kakaové máslo [13]. Kakaové boby obsahují přibližně 55 % tuku (kakaové máslo), který je při 20°C v pevném stavu, ale při teplotě 30°C je kapalný [15]. Samotné mletí probíhá tak, že velké válce roztříští tvrdé osemení, které už při pražení popraskalo. Silný proud vzduchu využívá rozdílnou měrnou hmotnost jednotlivých složek a lehčí rozdrčené osemení od kakaové drti oddělí [7]. Aby se z kakaové drti oddělil kakaový tuk, musí se ještě více rozmělnit. Ve speciálních mlýnech se kakaová drť postupně rozemele na jemnou kakaovou hmotu [15]. Přitom se buněčné pletivo rozdrčených kakaových zrn dokonale rozruší a v buňkách obsažený kakaový tuk se uvolní. Během mletí se hmota zahřívá a vzniká polotekutá hmota, která je suspenzí kakaového másla, kde tekutou fází tvoří kakaové máslo a dispergovaným podílem jsou kakaové částice [13].

3 CHEMICKÉ SLOŽENÍ KAKAA

3.1 Kakaové boby

Chemické složení kakaových bobů se liší podle druhu kakaovníku a místa, kde byl kakaovník vypěstován. Energetická hodnota 100g suchých kakaových bobů má asi 1900 kJ [16]. 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 µg betakarotenu, 0,17 mg thiaminu, 0,14 mg riboflavinu, 1,7 mg niacinu, 3 mg kyseliny askorbové a malé množství hořčíku. Dále obsahují boby přes 300 těkavých látek. Mezi důležité látky obsažené v kakaových bobech patří methylxantiny: theobromin (0,5-3 %) a kofein (0,1-1,7 %) [3].

Ukazatel	surové kakaové boby	pražené kakaové boby	kakaová hmota	kakaový prášek
Sušina	92,07	93,21	96,75	94,5
Voda	7,93	6,79	4,25	5,5
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	14,37
vláknina	4,78	4,63	3,97	6,35
Popel	4,61	4,16	3,26	5,77

Tabulka 2: Chemické složení kakaových bobů, kakaové hmoty a kakaa v % hm. [13]

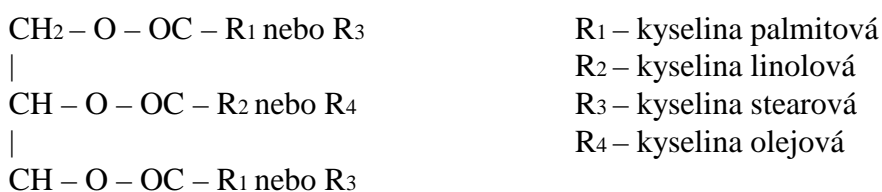
3.2 Kakaové máslo

Kakaové máslo vděčí za své výjimečné vlastnosti svému triacylglycerolovému složení. Skládá se jednak z tekutých mastných kyselin (kyselina olejová, linolová), ale také z tuhých s různým bodem tání (kyselina stearová, palmitová) [3]. Charakteristické je zejména druhé postavení v triacylglycerolu, které zaujímají nenasycené mastné kyseliny olejová a linolová. Nasycené mastné kyseliny, palmitová a stearová, se většinou nacházejí v poloze 1 a 3. Tyto čtyři zmíněné mastné kyseliny tvoří zhruba 95 % všech kyselin v kakaovém másle. Menší podíl tvoří kyselina myristová, linolenová, arachová, behenová [13]. Konkrétní hodnoty pro obsah mastných kyselin v kakaovém másle jsou následující:

22,9 a 26,1 % tvoří kyselina palmitová, 34,7 - 37,3 % kyselina stearová, 36,2 - 39,9 % kyselina olejová a 1,5 až 1,6 % kyselina linolová [17]. Největší podíl v kakaovém másle, tedy 45,4 – 47,1 %, tvoří kombinace palmitová, olejová, stearová dále palmitová, olejová, olejová a palmitová, stearová, stearová [13].

Jak již bylo zmíněno, kakaové máslo tvoří asi 55 % obsahu kakaových bobů. Má jasně žlutou barvu [3]. Odlišnosti kakaového másla, především vůně a bod tání, vyrobeného z různých druhů bobů jsou pouze nepatrné. Spektrum rozsahu bodu tání kakaového másla je široké. K začátku tání dochází mezi 31,2 a 32,7 ° C a ke kompletnímu tání dochází mezi 32 a 34 ° C. Nemůžeme tedy mluvit o jednom konkrétním bodu tání, ale pouze o rozsahu bodu tání [17]. Lehrian (1980) poukazuje na to, že vlastnosti bodu tání resp. rozsahu bodu tání kakaového másla jsou poměrně konstantní, a změny tohoto chování jsou způsobeny jiným složením triacylglycerolů kakaového másla [18], [19].

Schéma triacylglycerolu kakaového másla:



Kakaové máslo je jedním z nejstabilnějších tuků, protože obsahuje vhodné antioxidanty zabraňující žluknutí a je možno jej uchovávat dva až pět let bez výrazné změny struktury. Při nižší teplotě se objem kakaového másla zmenšuje. Navíc díky své jemné struktuře, příjemné vůni a změkčující povaze je vhodnou ingrediencí k výrobě kosmetiky. Traduje se, že prvními evropskými výrobci kakaa a čokolády byli lékárníci. Z kakaového másla se také vyrábějí některé léky [3], [19].

4 BIOAKTIVNÍ LÁTKY V KAKAOVÝCH PRODUKTECH

O léčebných účincích věděli už staří Mayové a Aztékové a v dnešní době se provádí řada zkoumání a experimentů, které se zaměřují na toto téma. Je dokázáno, že kakao má příznivý vliv na kardiovaskulární systém, má antioxidační účinky a má povzbuzující účinek na nervový systém [20].

4.1 Antioxidační účinky

Bioaktivními látkami v kakau, které mohou do jisté míry ovlivnit zdravotní stav člověka, a tím i délku jeho života, jsou polyfenoly. Tyto chemické látky se nacházejí např. v ovoci, zelenině, červeném víně, čaji a také v kakau a čokoládě [3]. Mezi polyfenoly patří také flavonoidy. Mnoho příznivých zdravotních účinků flavonoidů je patrně spojeno s jejich antioxidačními účinky. Antioxidanty chrání tělo před volnými radikály, což jsou malé molekuly vznikající v průběhu běžných metabolických procesů. Nadměrná tvorba volných radikálů v organismu je příčinou poškození buněk a jejich složek, včetně buněk DNA a patrně má klíčovou roli v procesu stárnutí a regenerativních procesech. Flavonoidy fungují jako antioxidanty při likvidaci volných radikálů v buňkách a tak snižují poškození buněk způsobené volnými radikály. Chrání organismus před různými nemocí, metabolickými toxiny a toxiny z okolního prostředí [21].

Kakao je bohatým zdrojem chemických látek obsažených v rostlinných pletivech. V nezkašených kakaových bobech tvoří pigmentové buňky asi 11 – 13 % tkáně. Obsahují přibližně 65 – 70 % polyfenolů a 3 % antokyanů. Během kvašení probíhá řada reakcí s polyfenoly, jednak dochází ke kondenzaci a také k reakcím s proteiny a peptidy. Přibližně 20 % polyfenolů z celkového množství zůstává na konci procesu kvašení v kakaových bobech. Množství obsažených polyfenolů se liší podle odrůdy kakaových bobů a stupně fermentace [22].

V roce 1998 byl uveřejněn výzkum, který se zaměřil na celkové množství polyfenolů v hotových výrobcích z kaka. Pomocí reakce Folin-Ciocalteaua se ukázalo, že v sušině kakaového prášku je 20 000 ppm polyfenolů, v čokoládě na vaření 8 400 ppm a v mléčné čokoládě 5 000 ppm [23].

Ariefdjohan a Savaiana (2006) uvádí, že 40g porce mléčné čokolády obsahuje 394 mg polyfenolů, což je více než je doporučená denní dávka antioxidantů, přičemž hořká čokoláda obsahuje dvakrát více fenolických látek než mléčná čokoláda [21].

V roce 2003 byl zveřejněn další výzkum, který byl proveden na jihokorejské univerzitě v Soulu. Obsahem studie bylo zjištění, kolik fenolických látek obsahují černý čaj, zelený čaj, červené víno a kakao. Tyto potraviny byly podrobně zkoumány vzhledem k jejich možným ochranným účinkům s antioxidační funkcí. Bylo zjištěno, že kakao obsahuje mnohem vyšší úroveň celkových fenolických látek a flavonoidů na 30g porci, než černý čaj, zelený čaj a červené víno. Relativní celkovou antioxidační kapacitu vzorků v obou testech je možné zapsat v následujícím sestupném pořadí: kakao > červené víno > zelený čaj > černý čaj. Podle autorů výsledky naznačují, že kakao je více prospěšné pro zdraví než čaj a červené víno [24].

Podle Hollenberga (2007) jsou zdravotní vlivy konzumace kakaá způsobeny zejména flavonoidem epikatechinem. Hollenberg několikaletým výzkumem potvrdil snížení cévní mozkové příhody, srdečního selhání, rakoviny a cukrovky. Své výsledky ověřil i na modelových organismech [25].

4.2 Vliv na kardiovaskulární systém

Kardiovaskulární onemocnění je komplex poruch zahrnující velký počet různých mechanismů, které ovlivňují funkci cév. Počáteční fází kardiovaskulárních onemocnění je vývoj aterosklerózy, kdy se tvoří na vnitřní straně cév usazeniny cholesterolu, což nejen omezuje průtok krve cévami, ale dochází i k zvýšení krevního tlaku a může vést i k tvorbě krevních sraženin nebo trombóze. Sraženiny mohou ucpat cévy v místech své tvorby, nebo se mohou utrhnout a usadit se kdekoli v oběhovém systému. To může ohrožovat život v případě, že sraženina ucpe cévu, která zásobuje krví životně důležitý orgán, např. srdce, což vyvolá infarkt, nebo mozek s důsledkem mozkové mrtvice. Ochranný účinek flavonoidů kakaového spočívá v jejich schopnosti změnit průběh patologických procesů spojených s vývojem kardiovaskulárních onemocnění [21].

Dochází především k zabránění oxidace LDL cholesterolu (špatného) volnými radikály, což je důležitý počáteční krok tvorby aterosklerotických částic v cévách. Potlačuje tendence spojování malých krevních buněk a tím i tvorby sraženin. Tento jev je často popisován jako „aspirinový účinek“. Zmírňuje zánětlivé a imunitní ozvy cévních stěn, které mohou mít při výskytu kardiovaskulárních onemocnění abnormální rozsah. Reguluje smršťování malých cév, což přispívá k vysokému tlaku krve [25].

Jak jsem dříve uvedla, kakaový prášek je bohatý na polyfenoly, a tím může přispět ke snížení peroxidace lipidů. Cílem studie Mursu a kol. (2004) bylo zjištění, jaký vliv má dlouhodobé užívání čokolády s různým množstvím polyfenolů, na sérové lipidy a peroxidaci lipidů *ex vivo* a *in vivo*. Klinické studie byly provedeny se 45 nekuřáky po dobu 3 týdnů. Účastníci měli denně spotřebovat 75 g buď bílé, tmavé čokolády, nebo tmavé čokolády obohacené o kakaové polyfenoly. Ve skupině konzumentů tmavé čokolády a tmavé čokolády obohacené o kakaové polyfenoly došlo ke zvýšení HDL cholesterolu v séru o 11,4 % a 13,7 %, zatímco ve skupině konzumentů bílé čokolády došlo k poklesu o 2,9 %. Koncentrace sérového LDL cholesterolu se ve všech 3 studijních skupinách snížil o 11,9%. Žádné změny nebyly pozorovány v celkové antioxidační kapacitě plazmy, v oxidaci tuků v séru nebo VLDL a LDL cholesterolu. Kakaové polyfenoly mohou zvýšit koncentraci HDL cholesterolu, zatímco mastné kyseliny obsažené v čokoládě mohou změnit složení mastných kyselin LDL a způsobit odolnost vůči oxidačnímu poškození [20].

Epidemiologické údaje ukazují, že pravidelný přísun potravin a nápojů rostlinného původu snižuje riziko koronárních srdečních nemocí a mrtvice. Výzkum ukazuje příznivý

vliv kakaa na krevní tlak, inzulínovou rezistenci, cévy a funkci krevních destiček. Přesto se stále diskutuje o způsobu mechanismů, jejichž prostřednictvím kakao působí na kardiovaskulární zdraví, jako jsou aktivace oxidu dusnatého a antioxidační a protizánětlivé účinky [20].

Ve Španělsku byl proveden výzkum se 42 ženami a muži ve věku okolo 70 let. Tito lidé měli konzumovat denně 40 gramů neslazeného kakaového prášku, smíšeného s odstředěným mlékem nebo pouze nízkotučné mléko. Po jednom měsíci, bylo zjištěno, že ti, kteří pili mléko ochucené neslazeným kakaem měli nižší hladinu zánětlivých markerů (chemické látky (nejčastěji proteiny), které produkuje organismus a jejichž zvýšená koncentrace v krvi upozorňuje na přítomnost zánětu v organismu) spojených s onemocněním srdce, než ti, kteří konzumovali pouze mléko samotné [28].

4.3 Methylxantiny

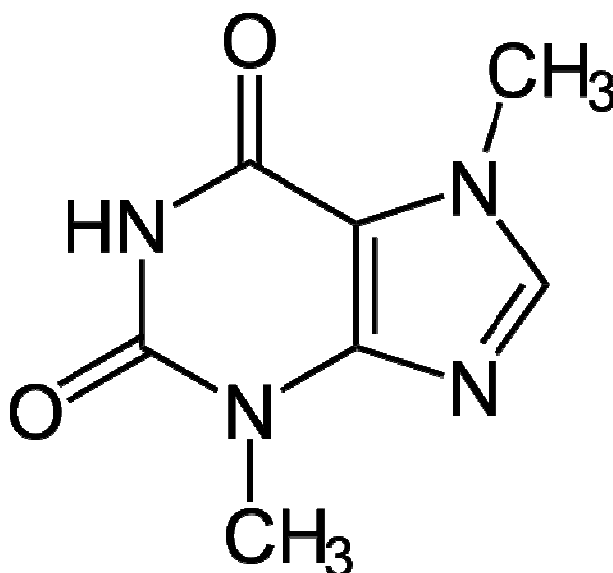
Kakaová semena obsahují látky, které se nazývají methylxantiny. Do této skupiny purinových alkaloidů patří především theobromin (3,7-dimethylxanthin), kofein (1,3,7-trimethylxanthin) a theofylin (1,3-dimethylxantin). Obecně jsou methylxantiny purinové sloučeniny, které ovlivňují buněčné děje inhibicí enzymu *fosfodiesterasy*, která rozkládá cAMP (cyklický adenosinmonofosfát). Mají povzbuzující účinek na centrální nervovou soustavu (CNS) neboli nootropický účinek a mnoho z nich se právě z tohoto důvodu konzumuje a pěstuje. Jejich společným mechanismem fungování je, že upravují přenos nervových impulzů v CNS, jiné posilují endokrinní funkce, některé další zlepšují přísun kyslíku do mozku a mozkový oběh [3].

Dvořáková a Zapletal (2001) uvádí, že methylxantiny přijaté v nízkých, případně terapeutických dávkách jsou stimulatory kardiovaskulárního a centrálního nervového systému. Kromě toho mají i diuretické a antiastmatické účinky a způsobují rozšíření koronárních i periferních cév. V případě příjmu vyšších až toxických dávek dochází k intoxikacím, kdy za těchto podmínek přijaté methylxantiny vyvolávají následující změny na buněčné úrovni:

- 1) Vyvolávají kompetitivní inhibici adenosinových receptorů v CNS. Při tomto procesu dochází ke stimulaci CNS, zrychlenou srdeční činností, zúžení cév v mozkové tkáni a k diuréze.
- 2) Výsledkem inhibice *fosfodiesterasy* je hromadění intracelulárního cAMP, který má účinek podobný adrenalinu. Zvýšená koncentrace cAMP způsobuje na jedné straně snížení tonu hladké svaloviny, na straně druhé pak zvýšení smršťování srdečního svalu. Následně pak dochází ke zvýšení glykogenolýzy a lipolýzy.
- 3) Methylxantiny inhibují zpětné vstřebávání Ca^{2+} iontů v sarkoplazmatickém retikulu svalových buněk, což má za následek další zvýšení smršťování srdeční a kosterní svaloviny.
- 4) Dalšími účinky methylxantinů jsou kompetitivní inhibice benzodiazepinových receptorů v CNS a inhibice opětovné vstřebávání iontů Na^+ a Cl^- v proximálních tubulech ledvin s následným zvýšením diurézy [29].“

4.3.1 Theobromin

Nejdůležitější methylxantin v kakaových bobech je theobromin. Je inhibitorem *cAMP-fosfodiesterasy* a má z toho důvodu energetizující účinky, zvyšuje bazální metabolismus a glykogenolýzu neboli štěpení glykogenu (polysacharid, který je u lidí hlavní sloučeninou při ukládání krátkodobé energie). Theobromin nemá tak výrazný povzbuzující vliv na CNS jako kofein. Náhlé přerušování jeho přísunu však může způsobit syndrom abstinenčních příznaků jako je tomu u kofeinu. Hlavním příznakem je bolest hlavy. Obsah theobrominu v kakaových bobech závisí na jejich druhu a místě, odkud pocházejí. Fermentované a sušené kakaové boby obsahují asi půl až tři procenta theobrominu. Průmyslově se theobromin využívá k výrobě kofeinu [3].



Obrázek 5: Theobromin [30]

Theobromin je hořký krystalický prášek nerozpustný ve vodě. Jeho barevnost se popisuje jako bílá nebo bezbarvá. Theobromin je izomer theofylinu. Kakaový prášek obsahuje průměrně 2,16 % theobrominu. Existuje ovšem i prášek s větší koncentrací theobrominu, i více než 10 %, který je průmyslově vyroben. Čokoláda obsahuje 0,5 - 2,7 % theobrominu, bílá čokoláda ovšem jen stopová množství [10].

Charakteristika	
název	3,7-dihydro-3,7-dimethyl-1H-purin-2,6-dion 3,7-dimethylpurin-2,6-dion theobromin 3,7-dimethylxantin
sumární vzorec	$C_7H_8N_4O_2$
molární hmotnost	$180,1 \text{ g.mol}^{-1}$
bod tání	351°C
hustota (při 20°C)	$1,23 \text{ g.cm}^{-3}$
skupenství (při 20°C)	pevné
rozpustnost ve vodě (při 25°C)	$0,33 \text{ g.l}^{-1}$

Tabulka 3: Fyzikálně-chemické vlastnosti theobrominu [30]

Ve veterinárním lékařství je známo, že čokoláda a výrobky z kaka a představují pro psy a kočky značné riziko a mohou způsobit otravu až smrt [3]. Důvodem jsou methylxantiny obsažené v kakaových produktech, hlavně theobromin a v menším množství kofein. Často se vyskytují případy, kdy chovatelé z neznalosti problematiky zvířata překrmují [29].

Odhaduje se, že dávka mléčné čokolády v množství 50 až 60 g na kilogram ž. hm. psa může smrtelně ohrozit [3]. Příznaky otravy methylxantiny se projevuje zvracením, zvýšenou aktivitou a neklidem, zrychleným tepem a tlukotem srdce. Pak se dostaví slabost, třesavka a ztráta kontroly nad svalstvem nohou. Může následovat kóma a smrt [29]. Závažnost příznaků je závislá na množství, které bylo zvířetem zkonsumováno [3], [31].

Dvořáková a Zapletal (2001) uvádějí ve své studii následující toxické a letální dávky (per os):

LD_{50} theobrominu pro psa je $100\text{-}300 \text{ mg.kg}^{-1}$ ž.hm.

LD_{50} kofeinu pro psa je přibližně 140 mg.kg^{-1} ž.hm.

LD_{50} theofylinu pro psa je 290 mg.kg^{-1} ž.hm. [29].

4.3.2 Kofein

Kofein je purinový alkaloid, trimetylderivát xantinu, který je přítomen nejen v kakaových bobech (obsah kofeinu v kakových bobech typu forastero bývá méně než 0,1 %, u typu criollo kolísá od 1,43 do 1,7 % [3]), ale také v kávových bobech (*Coffea arabica*), listech čajovníku (*Camellia thea*), plodech rostliny Guayana (*Paullinia cupana*). Nachází se také ve fazolích, listech a plodech některých rostlin, kde slouží rostlině jako přirozený pesticid. Má totiž paralyzující účinky a zabíjí hmyz, který se živí částmi rostlin. Tvoří složku některých nealkoholických nápojů a volně prodejných léků [10].

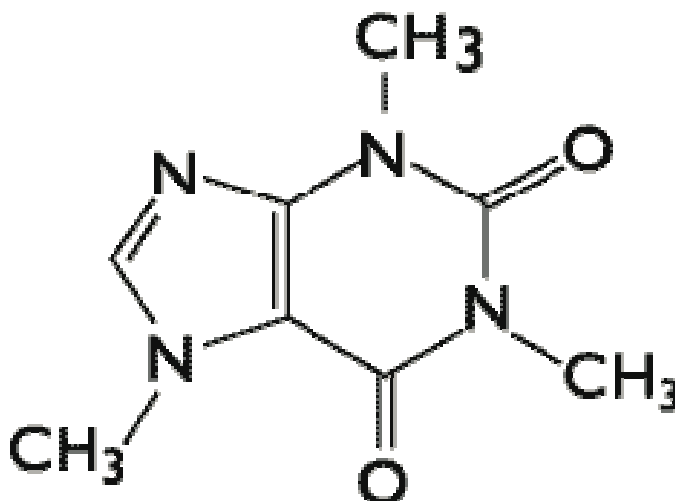
Charakteristika	
Název	1,3,7-trimethyl-1H-purin-2,6(3H,7H)-dion 1,3,7-trimethylxantin
sumární vzorec	$C_8H_{10}N_4O_2$
molární hmotnost	194,19 g.mol ⁻¹
bod tání	234–236,5 °C
hustota (při 20°C)	1,2 g.cm ⁻³
skupenství (při 20°C)	pevné
rozpuštnost ve vodě (při 25°C)	0,217 g.l ⁻¹

Tabulka 4: Fyzikálně-chemické vlastnosti kofeinu [32]

Kofein je hořká, bílá krystalická látka. Jde o alkaloid, jehož hlavním účinkem je stimulace centrální nervové soustavy a srdeční činnosti. Stimulační účinek na centrální nervový systém spočívá v jeho funkci jako antagonisty adenosinu. Adenosin je přírodní látka, která reguluje aktivity mozku a řídí stav spánku a probuzení. Kofein blokuje specifické adenosinové receptory v nervové tkáni včetně mozku, a tak udržuje stav bdělosti. Blokace adenosinových receptorů může být rovněž příčinou zúžení krevních cév a uvolňuje tlak migrény a bolesti hlavy. To rovněž vysvětluje, proč kofein tvoří složku mnohých analgetik [33], [34].

Dávky 100-600 mg kofeinu podporují rychlejší a bystré myšlení a lepší tělesnou koordinaci. Množství vyšší než 2000 mg pak v mnoha případech vyvolává nespavost, třes a zrychlené dýchání. Tyto symptomy lze občas pozorovat i při nižších dávkách. Při pravidelné konzumaci se však některé tyto účinky, především stimulační, projevují u

stálých konzumentů kávy v mnohem menší míře než u konzumentů občasných. Kofein se projevuje rovněž dalšími okamžitými účinky. Stimuluje uvolňování kortisolu a adrenalinu, což zvyšuje tlak krve a vyvolává zrychlenou frekvenci srdce. Má rovněž diuretické účinky, zvyšuje kyselost žaludeční šťávy a urychluje metabolismus [33], [35].



Obrázek 6: Kofein [32]

Zejména u osob precitlivělých může mít kofein vedle stimulace nervové soustavy i účinky opačné a stimulace nervové soustavy může být deaktivována rušivým účinkem kofeinu. Negativní projevy jsou zrychlení srdeční činnosti či bolest žaludku (z důvodu překyselení), proto se nedoporučuje lidem se sklonem k pálení žáhy, žaludečními a dvanáctníkovými vředy. Kvůli zvýšené srdeční aktivitě může kofein v krajním případě přivodit infarkt nebo problémy s ledvinami, protože se jedná o diuretikum [34]. V organismu se kofein primárně metabolizuje na theofylin, theobromin a paraxantin a ty se pak dále rozkládají. U lidí je základním metabolitem paraxantin [3].

Některé studie uvádí, že kofein přechodně zvyšuje krevní tlak, dokud se na něj v organismu nevytvoří tolerance, potom se krevní tlak vrací k výchozím hodnotám. Tento jev ustupuje u zdravých lidí po třech dnech pravidelné konzumace kávy. U lidí s hypertenzí tlak nekolísá již po dvou dnech. Při přiměřeném příjmu kofeinu se nezvyšuje riziko hypertenze. Jiné je to v případě, když je člověk ve stresu a pije kávu, aby se uklidnil. Kofein násobí negativní účinky stresu na oběhovou soustavu. Není dostatečně prokázáno, že kofein způsobuje výraznou srdeční arytmiu [35].

4.3.3 Theofylin

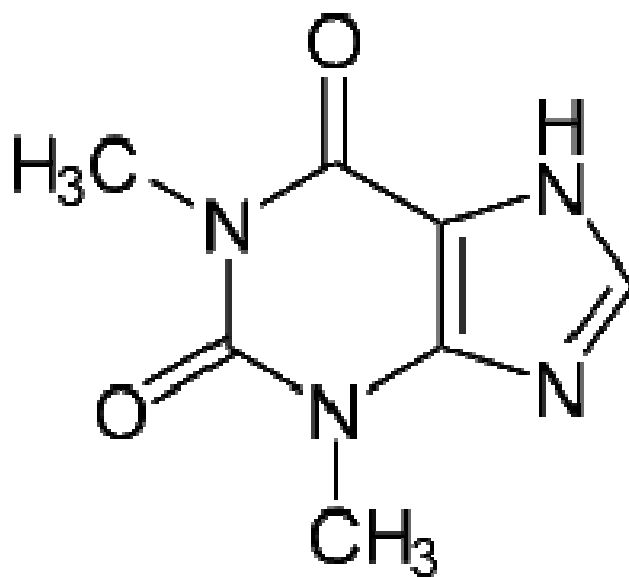
Theofylin je methylxantinová léčivá látka používaná pro léčbu respiračních onemocnění, jako je chronická obstruktivní plicní nemoc (CHOPN) nebo astma. CHOPN je nemoc charakterizovaná omezením průtoku vzduchu v průduškách, které není zcela vratné. Neprůchodnost průdušek se zhoršuje a je spojena s abnormální zánětlivou odpovědí plic na škodlivé částice a plyny. Všechny studie, které prokazují účinnost theofylinu u CHOPN, byly prováděny s déle působícími přípravky. Theofylin je u CHOPN účinný, ale vzhledem k jeho úzkému terapeutickému rozmezí je dávana přednost inhalačním přípravkům, které rozšiřují průdušky [36].

Theofylin se vyrábí pod řadou různých značek. Již dlouho používán při léčbě astma, protože roztahuje průdušky a usnadňuje tak dýchání. Jakožto člen rodiny xantinů, je strukturálně a farmakologicky podobný s kofeinem. Přirozeně se nachází v čaji, avšak jen ve stopových množstvích ($\sim 1 \text{ mg.l}^{-1}$). Toto množství je menší než množství odpovídající terapeutickému dávkování [10], [36].

Charakteristika	
Název	Theofylin 1,3-dimethyl-7H-purin-2,6-dion 1,3-dimethylxantin
sumární vzorec	$\text{C}_7\text{H}_8\text{N}_4\text{O}_2$
molární hmotnost	$180,164 \text{ g.mol}^{-1}$
bod tání	275°C
hustota (při 20°C)	$0,5 \text{ g.cm}^{-3}$
skupenství (při 20°C)	Pevné
rozpuštnost ve vodě (při 25°C)	$7,36 \text{ g.l}^{-1}$

Tabulka 5: Fyzikálně-chemické vlastnosti theofylinu [37]

Mezi hlavní účinky theofylinu patří uvolnění hladkého svalstva v průduškách, zesílení a zvýšení účinnosti srdečních stahů, zrychlení srdečního tepu, zvýšení krevního tlaku, zvýšení ledvinového krevního průtoku, určité protizánětlivé účinky, stimulační účinek na centrální nervový systém zejména v dřeňovém dechovém centru [36].



Obrázek 7: Theofylin [37]

4.4 Minerální látky a vitaminy

Dalšími důležitými látkami, které obsahují kakaové produkty jsou vitaminy a minerální látky, které jsou životně důležité pro naše zdraví, zejména srdce [10].

4.4.1 Minerální látky

Minerální látky jsou pro organismus nezbytné (esenciální), musí být součástí výživy, protože si je organismus nedokáže sám vytvořit. Mnohé minerální látky mají důležitou úlohu ve snižování rizika onemocnění závažnými (civilizačními) chorobami. Jsou významné při růstu a pro metabolismus celého organismu. Minerální látky regulují hospodaření s tekutinami a předávají elektrické signály mezi buňkami. Zajišťují potřebnou acidobazickou rovnováhu a jsou nezbytné pro tvorbu hormonů. Minerální látky a stopové prvky zajišťují i v nepatrných množstvích, životně důležitou činnost různých tělesných funkcí, jako je zažívání, metabolismus, vyměšování nebo rozmnožování [38]. U mnoha dospělých, ale i dětí dochází k jejich nedostatku, a to zejména špatnou výživou. Není důležité pouze přijímané množství jednotlivých minerálních látek, ale zejména jejich vzájemný poměr [38]. Mezi hlavní minerální látky obsažené v kakau patří hořčík, fosfor, vápník, měď, draslík, železo [10].

Hořčík je základem pro správnou funkci nervů a svalů. Organismus potřebuje hořčík, aby přeměnil živiny v energii. Navíc zvyšuje absorpci vápníku a vitamínu C. Právě hořčík je považován za jeden z nejvíce nedostatkových minerálů v současné standardní stravě, vedoucí k nadměrnému výskytu srdečních chorob. Jedna porce 30 – 40 g tmavé čokolády může poskytnout téměř 12 procent denní dávky hořčíku. Studie ukazují, že hořčík může pomoci snížit riziko některých chronických onemocnění, jako je diabetes mellitus 2. typu, hypertenze a kardiovaskulárních onemocnění. Příznaky nedostatku hořčíku mohou zahrnovat křeče dolních končetin, migrény, únava, ztráta chuti k jídlu, deprese, nevolnost a zvracení [38], [40].

Fosfor podporuje tvorbu energie v tělních buňkách a je zodpovědný spolu s vápníkem za tvorbu tvrdých minerálních krystalů v kostech a zubech. 100 g tabulky hořké čokolády poskytuje 30 % podíl denního požadavku fosforu na organismus [10].

Jedna průměrná tabulka hořké čokolády poskytuje až 14 % denní dávky mědi. Tento prvek, který pomáhá v absorpci železa a je klíčovou složkou enzymů při tvorbě kožního

kolagenu. Neslazená čokoláda na vaření může dodávat dokonce 22,5 % denní potřeby mědi. Měď je také důležitá pro srdeční činnost. Během raných fází vývoje organismu může strava s nízkým obsahem mědi způsobit kardiovaskulární abnormality a později v životě může přispět k rozvoji cévních onemocnění [38].

Kakao a čokoláda jsou přírodními zdroji draslíku. Mnohé studie prokázaly, že je draslík klíčovým faktorem ovlivňující krevní tlak. Více draslíku v těle, a tím menší pravděpodobnost vzniku vysokého krevního tlaku nebo cévní mozkové příhody dokazují mnohé studie. Americká správa potravin a léčiv (FDA) doslovně uvádí: "Strava obsahující potraviny, které jsou dobrým zdrojem draslíku a s nízkým obsahem sodíku může snižovat riziko vzniku vysokého krevního tlaku a mrtvice [41].

Čokoláda je také dobrým zdrojem vápníku. 30 – 40 g mléčné čokolády poskytuje přibližně 8 % z požadované denní dávky vápníku. Je známo, že vápník je hlavní podpůrnou nutriční látkou pro naše kosti a zuby. Vápník je také faktorem při udržování váhy, pokud je tohoto minerálu nedostatek, může být vyvolán hlad a uvolní se hormony, které spouštějí ukládání tuku v těle [38].

Kakaové a čokoládové produkty přirozeně obsahují železo. V průměru obsahuje 30 – 40 g tmavé čokolády téměř 7 % požadované denní dávky železa. Průměrná neslazená čokoláda na vaření stejného množství obsahuje až 13,3 % denní potřeby. Některé specifické druhy čokolády mají dokonce vyšší obsahy železa. Hlavní funkcí železa je přenos kyslíku z plic do svalů a dalších orgánů. Pokud má tělo nízký obsah železa, můžeme pociťovat únavu, podrážděnost a bolesti hlavy. Výrazný nedostatek železa se projevuje chudokrevností [38].

Minerální látka	Obsah . 100g ⁻¹
Sodík	35 mg
Draslík	3490 mg
Hořčík	520 mg
Vápník	105 mg
Fosfor	660 mg
Železo	11 mg
Zinek	6,9 mg
Jód	2,8 µg
Selen	1 µg

Tabulka 6: Obsah minerálních látek v kakau [39]

4.4.2 Vitaminy

Kakao obsahuje následující vitaminy: A, B1, B2, B3, B6, B12 C, E a kyselinu pantotenovou. Vitaminy jsou definovány jako látky nezbytné pro normální fungování, metabolismus, regulaci a růst buněk a nedostatek je obvykle spojen s onemocněním. V lidském organismu mají vitaminy funkci katalyzátorů biochemických reakcí. Podílejí se na metabolismu bílkovin, tuků a cukrů. Existuje 13 základních typů vitamínů. Lidský organismus si, až na některé výjimky, nedokáže vitamíny sám vyrobit, a proto je musí získávat prostřednictvím stravy [42].

Vitamin	Obsah . 100g⁻¹
Vitamin E (alfatokoferol)	13,4 mg
Vitamin K	4,6 µg
Kyselina listová	38 µg
Vitamin B ₃ (niacin)	5,7 mg
Vitamin B ₂ (riboflavin)	0,2 mg
Vitamin B ₁₂ (thiamin)	0,01mg
Vitamin B ₆ (pyridoxin)	0,08 mg
Karotenoidy	38 µg

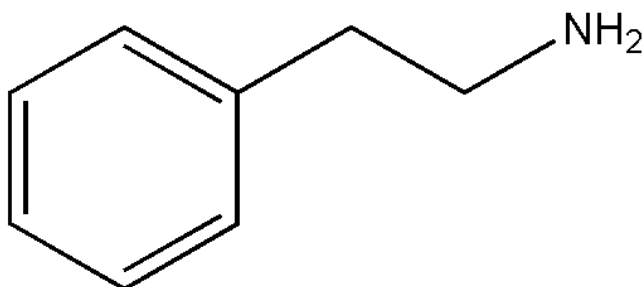
Tabulka 7: Vitaminy obsažené v kakau [39]

4.5 Psychoaktivní látky

Psychoaktivní látky jsou chemické látky primárně působící na centrální nervovou soustavu, kde mění mozkové funkce a způsobuje dočasné změny ve vnímání, náladě, vědomí a chování. Přímo nebo chemicky ovlivňuje stav mysli člověka. Mezi tyto látky patří anandamid, fenylethylamin, dopamin atd [10].

Anandamid je endogenní kanabinoid. Nalézá se v některých zvířecích a lidských orgánech, především pak v mozku. V mozku se váže na receptory. Anandamid je buď neuromodulátor nebo neurotransmiter. Tato nedávno objevená informační molekula hraje roli v bolesti, depresi, chuti k jídlu, paměti a plodnosti. Anandamid se vyskytuje v malých množstvích v kakaových bobech a v čokoládě. Dva nejhojnější N-acetylethanolaminy nalezené v čokoládě neaktivují kanabinoidní receptor, ale účinně inhibují rozpad anandamidu. Naznačuje to, že tyto látky mohou přispívat k touze po čokoládě tím, že zabráňují rozpadu anandamidu a ten se v místech jeho účinku hromadí [10].

Fenylethylamin je strukturně nejjednodušší a přitom velmi účinný hormon a alkaloid skupiny amfetaminu. Je základní látkou, od níž je odvozeno několik stovek různých podobných organických sloučenin, jak přírodních, tak syntetických, většinou s významnými psychotropními vlastnostmi. V čistém stavu je to bezbarvá kapalina. Fenylethylamin je produkován septem limbického systému mozku v řídicí centrále pocitů, což je část mozku zodpovědná za veškeré emoce [43]. Ve větším množství je jako alkaloid obsažen např. v listech brukve zelné (*Brassica oleracea*), ve jmelí bílém (*Viscum album*). Je obsažen i v jiných přírodních zdrojích, včetně potravin, zejména prošlých mikrobiální fermentací (např. v čokoládě) [3], [10].



Obrázek 8: Fenylethylamin [43]

ZÁVĚR

Cílem mé bakalářské práce bylo popsat a charakterizovat pojmy o kakaovníku, kakaových bobech a jejich následné technologické zpracování. V další části jsem uváděla složení kakaových bobů a kakaového másla. Zaměřila jsem se především na bioaktivní látky v kakaových produktech, kakaovém prášku a čokoládě.

Přestože se už dávno vědělo o příznivých účincích kakaa a produktů z kakaových bobů, dochází dnes stále častěji k výzkumu těchto vlivů. Je dokázáno, že kakaové produkty mají příznivý vliv na kardiovaskulární systém, což je způsobeno vysokým obsahem polyfenolů, které snižují obsah LDL cholesterolu a zvyšují obsah HDL cholesterolu. Mají také pozitivní dopad na krevní tlak, cévy a funkci krevních destiček.

Bioaktivní látky v kakaových produktech obsahují také účinné antioxidanty, které chrání buňky před zhoubnými vlivy radikálů. Podle mnoha studií se nachází v kakau a čokoládě větší množství flavonoidů, než je tomu u červeného vína nebo zeleného čaje. Právě tyto látky jsou důvodem, proč lékaři doporučují konzumovat denně malé množství hořké čokolády.

Kakao dále obsahuje methylxantiny (theobromin, kofein a theofylin), které mají nejen povzbuzující vliv na centrální nervovou soustavu, ale působí i na kardiovaskulární systém a mají diuretické účinky. Nejvíce je z alkaloidů v kakaových bobech zastoupen theobromin, dále kofein, který zvyšuje tlak krve a vyvolává zrychlenou frekvenci srdce, má rovněž diuretické účinky. Theofylin se pro svou funkci rozšiřování průdušek používá při léčbě astmatu.

Další biologicky aktivní látky jsou psychoaktivní látky, které působí na centrální nervovou soustavu člověka, způsobují dočasné změny nálady, chování a vnímání. Mají antidepresivní účinky. Mezi tyto látky se řadí hlavně anandamid a fenylethylamin.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] COE D., S., COE D., M. Čokoláda – Historie sladkého tajemství. Praha. Pragma. 2000. 264 stran. ISBN 80-7205-478-3
- [2] HYAMS, E. Rostliny ve službách člověka. Praha. Orbis. 1976. 160 stran. ISBN 11-118-857
- [3] ARCIMOVIČOVÁ, J., VALÍČEK, P. Čokoláda – pokrm bohů. Benešov. Start. 1999. 124 stran. ISBN 80-86231-07-0
- [4] BRIGHT, Ch. Chocolate Could Bring the Forest Back. World Watch Magazine. Volume 14. 2001. No. 6
- [5] Exhibit Archive (California Academy of Science). [online]. [cit. 2010-01-27]. Dostupný z WWW: http://www.calacademy.org/exhibits/chocolate/chocolate_programs.php
- [6] VALÍČEK, P. Užitkové rostliny tropů a subtropů. Praha. Akademie věd České republiky. 2002. 486 stran. ISBN 80-0939-6
- [7] SCHUMACHER, K., FORSTHOFER, L., RIZZI, S., TEUBNER, CH., WITZIGMANN, E., SCHÖNFELDOVÁ, S. Čokoláda. Bratislava. Trio Publishing s. r. o. 2002. 239 s. ISBN 80-968705-0-5
- [8] NOWAK, B., SCHULZOVÁ, B. Tropické plody. BLV Verlagsgesellschaft GmbH. 1998. 240 stran. ISBN 80-242-0785-0
- [9] JUKOFSKY, D. Encyclopedia of Rainforests. Connecticut. Oryx Press. 2002. 296 stran. ISBN 978-1573562591
- [10] DOUTRE – ROUSSELOVÁ, CH. Čokoláda pro znalce. Praha: Nakladatelství Slovart. 2006. 216 s. ISBN 80-7209-825-X.
- [11] Theobroma Cacao L. – Encyclopedia of Life. [online]. [cit. 2010-01-28]. Dostupný z WWW: http://www.eol.org/pages/484592?category_id=41
- [12] Scharffen Berger – Chocolate FAQs. [online]. [cit. 2010-01-28]. Dostupný z WWW: <http://www.scharffenberger.com/chocolatefaqs3.asp>

- [13] HRABĚ, J., BUŇKA, F., HOZA, I. Technologie výroby potravin rostlinného původu pro kombinované studium. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. 2007. 190 stran. ISBN 978-80-7318-520-6
- [14] TCHO: Tchocolate – How chocolate is made series. [online]. [cit. 2010-02-20]. Dostupný z WWW: <http://tcho.com/chocolate/how-chocolate-is-made2>
- [15] DEMANN, John M. 1999. Principles of Food Chemistry. Springer - Verlag, 595 stran. ISBN 978-0-8342-1234-3
- [16] DUKE, J. A., DU CELLIER, J. L. CRC Handbook of alternative Cash Crops. Boca Raton (USA). CRC Press. 1993. 544 stran. ISBN 978-0849336201
- [17] PADILLA, F. C., LIENDO, R., QUINTANA, A. Characterization of cocoa butter extracted from hybrid cultivars of Theobroma cacao L. ALAN. 2000. Volume 50. No. 2
- [18] LEHRIAN, D., KENNEY, P., BUTLER, D. Triglyceride characteristics of cocoa butter from cacao fruit matured in a microclimate of elevated temperature. 1980. Volume 57. pp 66-69.
- [19] BOCKISH, M. Fats and Oils Handbook. AOCS Press, 1998. 892 s. ISBN 978-0-935315-82-0.
- [20] CORTI, R., FLAMMER, A., HOLLENBERG, N., LUSCHER, T. Cocoa and cardiovascular health. Circulation. 2009. Vol. 119(10). pp 1433-41.
- [21] ARIEFJOHAN, M.W., SAVAIANA, D.A. Chocolate and cardiovascular health: is it good to be true?. Nutrition Reviews. 2006. Vol. 63 (12 Pt 1). pp 427-30.
- [22] FRANK, R.L., PAHL, T.E. Regulation of phytonutrients. The Manufacturing Confectioner. 1998. Vol. 78 (10). pp 55-61.
- [23] ZUMBE, A. Polyphenols in cocoa: are there health benefits?. BNF Nutrition Bulletin. 1998. Volume 23. pp 94-102.
- [24] LEE, K. W. a kol. Cocoa Has More Phenolic Phytochemicals and a Higher Antioxidant Capacity than Teas and Red Wine. J. Agric. Food Chem. 2003. Vol. 51 (25). pp 7292–7295
- [25] Society of Chemical Industry. Cocoa 'Vitamin' Health Benefits Could Outshine Penicillin. [online]. [cit. 2010-02-05]. Dostupný z WWW: <http://www.sciencedaily.com/releases/2007/03/070311202024.htm>.

- [26] DING, E.L., HUTFLESS, S.M. a kol. Chocolate and Prevention of Cardiovascular Disease. A. Systematic Review. Nutrition Metabolism. 2005. Vol. 3.
- [27] MURSU, J. a kol. Dark chocolate consumption increases HDL cholesterol concentration and chocolate fatty acids may inhibit lipid peroxidation in healthy humans. Free Radic Biol Med. 2004. Vol. 37(9). pp 1351-9.
- [28] THOMAS, J. Cocoa in Chocolate May Be Good for the Heart. HealthDay News. 2009.
- [29] DVOŘÁKOVÁ, D., ZAPLETAL, O. Toxicita metylxantinů – intoxikace psů a koček čokoládou. Veterinářství. 2001. Vol. 51. pp 378-379.
- [30] Theobromine. [online]. [cit. 2010-05-01]. Dostupný z WWW: <http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/summary/summary.cgi?cid=5429>.
- [31] HANSEN, S. ASPCA study finds cocoa bean mulch could harm dogs. Journal of the American Veterinary Medical Association. 2003. Vol. 223. No. 11.
- [32] Nadaci FAQ: Caffeine. [online]. [cit. 2010-05-01]. Dostupný z WWW: <http://www.madsci.org/FAQs/caffeine.html>.
- [33] HIGDON, J. a kol. Coffee and health a review of recent human research. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2006. Vol. 46 (2). pp 101-23.
- [34] FREDHOLM, B. a kol. Actions of caffeine in the brain with special reference to factors that contribute to its widespread use. Pharmacological Review. 1999. Vol. 61. pp 83-133.
- [35] Kofein a zdraví (EUFIC). [online]. [cit. 2010-03-01]. Dostupný z WWW: <http://www.eufic.org/article/cs/artid/caffeine-health/>.
- [36] Centrum doporučených postupů pro praktické lékaře (Společnost všeobecného lékařství). 2005. [online]. [cit. 2010-03-01]. Dostupný z WWW: http://www.svl.cz/Files/nastenka/page_4766/Version1/CHOPN.pdf.
- [37] Theophylline: Medline Drug Information. [online]. [cit. 2010-03-01]. Dostupný z WWW: <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/druginfo/meds/a681006.html>.
- [38] KVASNIČKOVÁ, A. Minerální látky a stopové prvky, esenciální minerální prvky ve výživě. ÚZPI Praha. 1998.
- [39] National institute of health and welfare. [online]. [cit. 2010-03-01]. Dostupný z WWW: <http://www.fineli.fi/food.php?foodid=20&lang=en>.

- [40] Chocolate Vital's Minerals. [online]. [cit. 2010-03-01]. Dostupný z WWW: http://www.allchocolate.com/health/basics/misc_effects.aspx.
- [41] Sůl, draslík a tlak krve. EUFIC. [online]. [cit. 2010-02-20]. Dostupný z WWW: <http://www.eufic.org/article/cs/artid/salt-potassium-blood-control/>.
- [42] BOWEN, R. Vitamins: Introduction and Index. 2003.
- [43] Phenylethylamine. [online]. [cit. 2010-05-10]. Dostupný z WWW: <http://www.chm.bris.ac.uk/webprojects2001/millward/phenylethylamine.htm>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

př. n. l.	Před naším letopočtem
n. l.	Našeho letopočtu
k.	Kakaovník
m	Metr
mm	Milimetr
cm	Centimetr
°C	Stupeň Celsiův
g	Gram
mg	Miligram
µg	Mikrogram
DNA	Deoxyribonukleová kyselina
ppm	parts per milion
LDL	Lowdensity lipoprotein
HDL	Highdensity lipoprotein
kol.	Kolektiv
VLDL	Verylowdensity lipoprotein
CNS	Centrální nervová soustava
cAMP	Cyklický adenosin monofosfát
Ca ²⁺	Vápenatý kation
Na ⁺	Sodný kation
Cl ⁻	Chlorný anion
g.mol ⁻¹	Počet gramů na mol
g.cm ⁻³	Počet gramů na centimetr krychlový
g.l ⁻¹	Počet gramů na litr

mg.kg ⁻¹	Počet mikrogramů na kilogram
ž.hm.	Živá hmotnost
LD ₅₀	Letální dávka, která způsobí vyhynutí 50 % populace
CHOPN	Chronická obstrukční plicní nemoc
FDA	Food and Drug Administration
mg.l ⁻¹	Počet mikrogramů na litr

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Mayský bůh kakaa [5]	12
Obrázek 2: Kakaovník pravý [11].....	15
Obrázek 3: Plod kakaovníku se semeny [12].....	15
Obrázek 4: Sušení kakaových bobů na slunci [14].....	19
Obrázek 5: Theobromin [30]	29
Obrázek 6: Kofein [32]	32
Obrázek 7: Theofylin [37]	34
Obrázek 8: Fenylethylamin [43]	38

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Taxonomie <i>Theobroma cacao</i> [8]	13
Tabulka 2: Chemické složení kakaových bobů, kakaové hmoty a kakaa v % hm. [13].....	22
Tabulka 3: Fyzikálně-chemické vlastnosti theobrominu [30]	30
Tabulka 4: Fyzikálně-chemické vlastnosti kofeinu [32].....	31
Tabulka 5: Fyzikálně-chemické vlastnosti theofylinu [37].....	33
Tabulka 6: Obsah minerálních látek v kakau [39]	36
Tabulka 7: Vitaminy obsažené v kakau [39]	37