

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra chemie



Biologicky aktivní látky obsažené v čaji, kávě a kakau

Bakalářská práce

Autor práce: Kristýna Marková

Vedoucí práce: Doc. Ing. Alena Hejtmánková, CSc.

© 2016 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Biologicky aktivní látky obsažené v čaji, kávě a kakau" jsem vypracoval(a) samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor(ka) uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 13. dubna 2016

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala své vedoucí práce Doc. Ing. Aleně Hejtmánkové, CSc. za její pomoc, rady a připomínky při zpracování mé bakalářské práce. Také bych chtěla poděkovat své rodině za podporu při mém studiu.

Biologicky aktivní látky obsažené v čaji, kávě a kakau

Souhrn

V bakalářské práci jsou popsány účinky a chemická struktura vybraných biologicky aktivních látek obsažených v čaji, kávě a kakau.

Čajovník (*Camellia*) patří do čeledi čajovníkovité (*Theaceae*). Pěstuje se několik odrůd, ale všechny se uvádějí jako variety *Camellia sinensis*. Hlavním produktem čajovníku jsou listy, ze kterých se vyrábí čaj. V čaji jsou nejvýznamnější především katechiny (8–18 %), které patří do skupiny polyfenolických látek a vykazují silné antioxidační vlastnosti.

Kávovník (*Coffea*) patří do čeledi mořenovité (*Rubiaceae*). Z této čeledi jsou nejvýznamnější odrůdy *Coffea arabica* a *Coffea robusta*, jejichž zrna se používají k výrobě kávy. Káva je vyhledávanou povzbuzující pochutinou. Nejvýznamnější složkou je kofein (0,7–2,5 %), který se zařazuje do skupiny alkaloidů. Je stimulantem centrální nervové soustavy, ovlivňuje srdeční činnost a oběhovou soustavu.

Kakaovník (*Theobroma*) patří do čeledi *Sterculiaceae*. Z této čeledi je významným zástupcem *Theobroma cacao* a jeho skupiny Criollo, Forastero a Trinitario. Kakao je bohaté zejména na flavonoidy (20 %), které také patří do skupiny polyfenolických látek. Jsou silnými antioxidanty a v přiměřeném množství mohou příznivě ovlivňovat zdraví.

Čaj, káva a kakao obsahují také vitaminy a minerální látky. V organismu mohou být součástí struktury tělních buněk a enzymů, některé slouží jako aktivátory enzymů a také se podílejí jako přenašeči molekul v metabolických reakcích. Z vitaminů jsou nejvíce zastoupeny vitamin C a vitamin E, z minerálních látek mají v pochutinách nejvyšší obsahy draslík a fosfor.

Celkový obsah biologicky aktivních látek ovlivňuje především odrůda daného druhu a způsob zpracování. Suroviny, které neprošly procesem fermentace nebo pražením obsahují více biologicky aktivních látek než ty, které byly technologicky upraveny.

Klíčová slova: biologicky aktivní látky, čaj, kakao, káva, pochutiny

Biologically active substances contained in tea, coffee and cocoa

Summary

This bachelor thesis deals with the effects and chemical structures of selected biologically active substances contained in tea, coffee, and cocoa. The tea plant (*Camellia*) belongs to the family *Theaceae*. Several varieties are cultivated, but all of them are referred to as the *Camellia sinensis* variety. The main products of the tea plant are leaves from which tea is produced. Catechins (8–18 %) are the most meaningful substances in tea, they belong to the group of polyphenolic substances, which have strong antioxidant properties.

The coffee plant (*Coffea*) belongs to the family *Rubiaceae*. The most significant varieties from this family are *Coffea arabica* and *Coffea robusta*; their beans are used for the production of coffee. Coffee is a sought-after stimulating beverage. Caffeine (0.7–2.5 %) is the most important substance, it is included in the group of alkaloids. It is a central nervous system stimulant, affecting the heart beat and the cardiovascular system.

The cocoa tree (*Theobroma*) belongs to the family *Sterculiaceae*. A significant representative of this family is *Theobroma cacao* and its groups Criollo, Forastero, and Trinitario. Cocoa is particularly rich in flavonoids (20 %) which also belong to the group of polyphenolic substances. They are strong antioxidants; in adequate quantity, they have positive effects on health.

Tea, coffee, and cocoa also contain vitamins and minerals. In the organism, they may form part of a structure of somatic cells and enzymes, some of them are activators of enzymes, and they also act as molecule transporters in metabolic reactions. Vitamin C and vitamin E are most frequently present; minerals potassium and phosphorus have the highest content in these stimulating products.

The total concentration of biologically active substances is primarily affected by the family of the relevant type and form of processing. Raw materials that have not undergone fermentation or roasting contain more biologically active substances than those that have been treated.

Keywords: biologically active substances, cocoa, coffee, seasoning, tea

Obsah

| | |
|---|-----------|
| 1 Úvod | 8 |
| 2 Cíl práce | 9 |
| 3 Literární rešerše | 10 |
| 3.1 Čaj | 10 |
| 3.1.1 Botanická charakteristika..... | 10 |
| 3.1.2 Produkce, spotřeba | 11 |
| 3.1.3 Technologie výroby..... | 12 |
| 3.1.3.1 Čaj černý..... | 12 |
| 3.1.3.2 Čaj zelený | 12 |
| 3.1.3.3 Čaj žlutozelený | 13 |
| 3.1.3.4 Čaj bílý | 13 |
| 3.1.4 Rozdělení dle struktury | 13 |
| 3.2 Káva | 15 |
| 3.2.1 Botanická charakteristika..... | 15 |
| 3.2.2 Produkce, spotřeba | 16 |
| 3.2.3 Technologie výroby..... | 18 |
| 3.2.4 Výrobky | 19 |
| 3.3 Kakao | 19 |
| 3.3.1 Botanická charakteristika..... | 19 |
| 3.3.2 Produkce, spotřeba..... | 20 |
| 3.3.3 Výrobky | 21 |
| 3.3.4 Technologie výroby..... | 22 |
| 3.4 Biologicky aktivní látky | 23 |
| 3.4.1 Polyfenolické látky | 23 |
| 3.4.1.1 Čaj..... | 26 |
| 3.4.1.2 Káva..... | 28 |
| 3.4.1.3 Kakao..... | 29 |
| 3.4.2 Alkaloidy..... | 30 |
| 3.4.2.1 Čaj..... | 33 |
| 3.4.2.2 Káva..... | 34 |
| 3.4.2.3 Kakao..... | 34 |

| | | |
|----------|----------------------------------|-----------|
| 3.4.3 | Vitaminy a minerální látky | 35 |
| 3.4.3.1 | Vitaminy | 35 |
| 3.4.3.2 | Minerální látky | 41 |
| 4 | Závěr | 45 |
| 5 | Seznam literatury..... | 46 |
| 6 | Seznam obrázků..... | 52 |

1 Úvod

Čaj, káva a kakao patří mezi pochutiny s povzbudivými a osvěžujícími účinky. Do této kategorie potravin se řadí, díky svému obsahu látek, které stimulují srdeční činnost a centrální nervovou soustavu.

Kvalitu a obsah jednotlivých biologicky aktivních látek v těchto pochutinách ovlivňuje mnoho faktorů, mezi hlavní faktory patří druh pochutiny, technologie zpracování, skladování a způsob jejich kulinární úpravy.

Čaj, káva a kakao obsahují alkaloidy, především kofein, theobromin a theofylin, které stimulují centrální nervovou soustavu, dýchací soustavu a srdeční činnost. Další významnou složkou jsou polyfenolické látky, kde jsou významnými zástupci především katechiny a flavonoidy a které vykazují silné antioxidační účinky a mají tak velký potenciál například v prevenci proti současným civilizačním chorobám.

Vitaminy a minerální látky jsou další, neméně důležitou, složkou těchto pochutin a mají uplatnění především v metabolických reakcích, enzymatickém systému a také ve struktuře některých tělních buněk a enzymů.

Vzhledem k oblíbenosti čaji, kávy a kakaa nejen v České republice, ale i ve světě, je důležité zhodnotit možné kladné i záporné účinky na zdraví konzumentů, které souvisejí právě s obsahem těchto biologicky aktivních látek.

2 Cíl práce

Cílem práce je podat ucelený literární přehled o výskytu různých typů biologicky aktivních látek a jejich hlavních zástupců ve významných pochutinách konzumovaných v České republice, a to čaji, kávě a kakau a tyto látky charakterizovat z hlediska jejich chemické struktury a účinků na lidskou populaci.

3 Literární rešerše

3.1 Čaj

3.1.1 Botanická charakteristika

Čajovník (*Camellia*) patří mezi stálezelené stromy čeledi *Theaceae* (čajovníkovité). Čajovníky se pěstují v tropických a subtropických oblastech v nadmořských výškách 600–2800 m, vyhovuje jim teplota 18–28 °C (Wachendorf, 2007).

Valíček (2002) uvádí, že botanické členění tohoto rodu není dosud ustálené. Ve starších klasifikacích byly uváděny dva druhy *C. sinensis* a *C. assamica*. V novějších se uvádí jiné druhy jako variety *C. sinensis* (obr. 1).

Čajovník čínský (*Camelia sinensis*) je strom nebo keř dorůstající výšky až 15 m. Na plantážích se pravidelným řezem udržuje výšky 2 m. Listy jsou 4–20 cm dlouhé, střídavě postavené, tuhé a tmavě zelené a mají kopinatý nebo eliptický tvar. Květy jsou velké, po 2–3 vždy v úžlabí listů. Plodem je hladká, kožovitá za zralosti hnědá tobolka se třemi pukajícími švy. Obvykle obsahuje kulovitá nebo z jedné strany zploštělá lesklá, hnědá semena.

Pěstitelé dělí čajovník čínský do tří skupin. Čínská skupina je charakterizována keřovitým vzrůstem (do 3 m výšky) a menšími 4–7 cm dlouhými, tuhými špičatými listy. Z prvních sklizní po období vegetačního klidu poskytuje vysoce kvalitní čaj. Asámská skupina, dříve samostatná skupina *Camellia asamica*, zahrnuje stromy vysoké 5–15 m s velkými 15–20 cm dlouhými listy s výraznou špičkou a lesklým vzhledem. Vyžadují pouze tropické typy klimatu, nízké teploty je poškozují. Indočínská skupina zahrnuje stromy do výšky 5 m, listy jsou lesklé a nebývají zcela otevřené. Semena obsahují kolem 40 % oleje, který slouží hlavně k potravinářským a technickým účelům. Listy a mladé výhonky se mohou používat jako zelenina a mají využití i v medicíně. To se týká především zeleného čaje, neboť je cenným zdrojem antioxidantů, především flavonoidů a vitamínu C. (Valíček, 2002).

Čajovník lze rozmnožovat několika způsoby. Dříve se vysévala semena nebo vysazovaly odnože, dnes se dává přednost vysazování sazenic, které se získávají řízkováním vybraných matečních rostlin (Wachendorf, 2007).

Obr. 1 Rostlina *Camellia sinensis*



3.1.2 Produkce, spotřeba

Indie, společně s Čínou, patří mezi největší producenty čaje na světě. Na třetím místě je Keňa. V posledních letech produkce čaje výrazně vzrostla (tab. 1).

Tab. 1 Produkce čaje ve vybraných produkčních zemích (v 1000 tunách)

| Stát/ Období | 1957 | 1958 | 2012 | 2013 |
|--------------|---------|---------|-----------|-----------|
| Indie | 307, 92 | 323, 66 | 1 129, 00 | 1 200, 40 |
| Keňa | 100, 00 | 110, 42 | 373, 10 | 436, 30 |

Zdroj: FAO (2014); Žáček (1962)

Spotřeba čaje v České republice a ve světě se výrazně liší. Například v Anglii, která je známá jako země čaje, byla v roce 2013 spotřeba 1,98 kg na obyvatele za rok.

Spotřeba čaje v roce 2013 v Japonsku, kde se pořádají slavné čajové obřady, byla 0,96 kg na obyvatele za rok (FAO, 2015). V České republice se dle statistického průzkumu z roku 2013 vypije průměrně 0,25 kg čaje na obyvatele za rok.

3.1.3 Technologie výroby

Skližené čajové listy se zpracovávají různými technologiemi, jejichž výsledkem jsou různé konečné produkty.

3.1.3.1 Čaj černý

Tradiční postup přípravy čaje začíná po zavadnutí čajových listů, které probíhá v prostředí proudícího vzduchu při teplotě blízké okolí po dobu 12–16 h. Listy se svinují na přístrojích zvané rollery. Během svinování se uvolňuje buněčná šťáva, která smáčí celý list a tak dochází k fermentaci. Fermentace probíhá při teplotě 18–24 °C po dobu od 4 min do 6 h a dochází při ní k řadě chemických a fyzikálních reakcí (především ke katalyzované enzymatické reakci tříslovin) a čaj tak získává charakteristickou barvu, vůni a chuť. Nejdůležitějším momentem výroby černého čaje je tzv. přerušení fermentace, k tomu dochází zahájením sušení o teplotě přibližně 100 °C, čaj se dále suší vzduchem o teplotě 65 °C. Následuje třídění a balení (Kadlec et al., 2013)

Technologie CTC (crushing, tearing, curling tj. drcení, trhání, svinování) je označení pro způsob zpracování čajových listů, kdy se svinují zavadlé listy na speciálně upraveném rolleru za současného mačkání, trhání a drcení. Neefektivněji roller pracuje s listy o vlhkosti 68–70 %. Dále následuje proces fermentace a sušení. Výhodou takto připravených čajů je silná barvicí schopnost v nálevu. Čaje připravené touto metodou jsou velmi žádané do smáčecích sáčků.

Metoda LTP (Lawrie tea processor), pojmenována podle svého vynálezce, je časově i nákladově úspornější. Čajové lístky jsou nasekány rotujícím nožem na velmi malé kousky a nařezané padají do fermentačního žlabu, kde je čeká oxidační proces. Jedná se o zkrácený způsob zpracování čajových listů. Vlhkost listů by neměla přesáhnout 71 % (Recman, 2003).

3.1.3.2 Čaj zelený

Při výrobě zeleného čaje se listy čajovníku nefermentují. Obsažené třísloviny a chlorofyl se nemění a čaj si tak uchovává zelenou barvu. Listy se pouze spaří při teplotě 85–90 °C, aby došlo k inaktivaci enzymů. Dále se suší při teplotě 95 °C, svinují a nakonec se dosušují, leští a třídí (Recman, 2003).

3.1.3.3 Čaj žlutozelený

Žlutozelený čaj je středně fermentovaný a je výrobním druhem známým pod označením *Oolong*. Připravuje se podobně jako čaj zelený s tím rozdílem, že prodělává ještě nedokonalou fermentaci a suší se ve stínu (Žáček, 1962).

3.1.3.4 Čaj bílý

Jedná se o sušené nerozvinuté pupeny, silně ochmýřené čajovými chloupky. Získává se sušením nefermentovaných listových pupenů na slunci. Na trhu bývá označován jako *Flowery Peko* tj. čajový květ. Využívá se i ke krášlení černých čajů, ke kterým se přidává v množství 3–4 % (Pettigrew, 2001).

3.1.4 Rozdělení dle struktury

Čaje se při třídění rozlišují do několika skupin (Kadlec et al., 2013):

- **Listové čaje (obr. 2):**

- Flowery Orange Pekoe: Obsahuje velké množství zlatavých pupenů a velmi dobře svinuté první mladé lístky a malé stopky
- Orange Pekoe: Skládá se z drobných lístků dobře svinutých, obsahuje velké množství zlatavých výhonků, malé množství stopek a hrubších listů
- Pekoe: Obsahuje listy střední velikosti
- Pekoe Souchong: Obsahuje větší listy
- Souchong: Je tvořen převážně velkými listy, které nejsou dostatečně svinuté a fermentované
- Congu: Tvořen velkými listy nedostatečně svinutými a fermentovanými

Obr. 2 Rozdělení listových čajů podle postavení listů na rostlině



- **Zlomkové čaje:**
 - Broken Orange Pekoe: Obsahuje dobře svinuté části jemných listů, zlatavých pupenů a stopek. Patří k velmi kvalitním druhům čaje.
 - Broken Pekoe: Složen z drobných, ale hrubších listů a částí řapíku. Zlatové pupeny většinou neobsahuje.
 - Broken Pekoe Souchong: Složen z úlomků špatně svinutých, velkých a hrubých listů.
- **Čajové drtě:** Jedná se o čaj získané síťováním při výrobě po vyfoukání prachu a nečistot. Většinou obsahují malé zlomky listové tkáně.
- **Čajový prach:** Jedná se nejdrobnější druh čaje získaný při prosévání čaje jako odpad nejjemnějšího síta.

Výše uvedené druhy čajů se podle balení prodávají buď jako čaje sypané nebo porcované (ve smáčecích sáčcích).

3.2 Káva

3.2.1 Botanická charakteristika

Kávovník patří do čeledi *Rubiaceae* (mořenovité) a zahrnuje několik druhů. Kávovník může být keřovitý, stromovitý a někdy i liánovitý vzrůstu. Od roku 1947 se používá uznávaná klasifikace rodu, kterou zpracoval francouzský botanik a taxonom Auguste Jean Baptiste Chevalie. Rod rozdělil do čtyř sekcí: *Eucoffea*, *Agrocoffea*, *Paracoffea* a *Maskarocoffea*. Nejvýznamnější sekcí je *Eucoffea*, která zahrnuje všechny významné druhy a dělí se do pěti podsekcí: **1. podsekcce:** *Erythrocoffea* zahrnuje druhy *C. arabica*, *C. canephora*, *C. congensis*, *C. lebruniana* a *C. moka*. **2. podsekcce:** *Nanocoffea* zahrnuje druhy *C. brevipes*, *C. munilis*, *C. montana*, *C. mayombensis* a *C. togoensis*. **3. podsekcce:** *Pachycoffea* zahrnuje druhy *C. abeokutae*, *C. excelsa*, *C. klainii*, *C. liberica* a *C. oyemensis*. **4. podsekcce:** *Melanocoffea* zahrnuje druhy *C. affinis*, *C. carissoi* a *C. stenophylla*. **5. podsekcce:** *Mozambicoffea* zahrnuje druhy *C. eugenioides*, *C. ligustroides*, *C. racemosa*, *C. salvatrix*, *C. schumanniana* a *C. zanguabarie*.

Nejnámějším druhem je *C. arabica*, kávovník arabský (obr. 3), jehož sklizeň představuje asi 65 % světové produkce. Stálezelený keř nebo nízký strom, původem z vyšších poloh Etiopie, dorůstá do výšky 2–3 m, při nepravidelném stříhání může být vysoký až 6 m. Listy jsou krátce řapíkaté, vstřícně postavené na stonku s délkou až 15 cm. Květy jsou oboupohlavné, pětičetné a přisedlé po dvou až devíti ve svazečcích v úžlabí listů. Plod je elipsoidní, asi 15 mm dlouhá peckovice. V průběhu zrání je plod červený až červenofialový, ale existují i zelenožluté odrůdy. V dužnatém mezokarpu a blanitém endokarpu jsou uložena dvě zelená semena (obr. 4), která jsou z jedné strany plochá s hlubokou podélnou rýhou. Pokud je v peckovici jen jedno semeno, je kulovité. Semena obsahují průměrně 1,3 % bílkovin, 12 % tuků, 9 % sacharidů a 1–1,5 % kofeinu. U druhu rozlišujeme dvě variety. *C. arabica* var. *typica*, s užšími listy, které jsou při rašení bronzové a *C. arabica* var. *bourbon* s širšími listy, které jsou při rašení zelené. Nejdůležitější odrůdy jsou buď mutanty těchto variet, nebo jejich kříženci (Valíček, 2002).

C. canephora var. *robusta*, kávovník robusta, pochází z tropických deštných lesů povodí řeky Kongo. Ve světové produkci kávy má přibližně 30% podíl, avšak stále roste na úkor *C. arabica*, v důsledku větší přizpůsobivosti stanovištním podmínkám a odolnosti proti chorobám, zejména proti listové rzi *Hemileia vastatrix*, která velmi ohrožuje plantáže *C. arabica*.

Keř nebo nízký strom s dlouhými větvemi dorůstá výšky 6–12 m. Listy jsou 15–30 cm dlouhé, eliptické, krátce špičaté. Plodem jsou 0,8–0,16 mm peckovice kulovitěho nebo široce elipsoidního tvaru. V kombinaci s *C. arabica* se používá do směsí a k výrobě instantní kávy.

Z velkého počtu druhů jsou nejvýznamnější ještě tři odrůdy. *C. liberica*, kávovník libeřský, pochází z nížinných deštných lesů tropického pobřeží západní Afriky. Pěstuje se hlavně v Libérii, Kamerunu a na Pobřeží slonoviny. Stálezelené keře nebo stromy dorůstající výšky až 15 m. Listy jsou velké, tmavě zelené, lesklé, podlouhle a eliptické. Květy jsou po 6–7 nahloučené v úžlabí listů. Plodem je elipsoidní až 30 mm dlouhá peckovice s velmi silnou a málo šťavnatou dužinou, která se špatně odděluje od semen. Kvalita kávy je nízká, protože má velmi hořce trpkou příchuť, používá se spíš do směsí. *C. excelsa*, tzv. kávovník šari, roste nejvíce v Kongu a Vietnamu, kde může dorůstat výšky až 20 m. Káva je nízké kvality, protože má velmi hořkou chuť, ale má vysoký obsah kofeinu. *C. stenophylla*, kávovník úzkolistý, roste v Kongu, Guineji a Sierra Leone. Strom může dosahovat výšky až 7 m, listy jsou poměrně malé, tmavozelené. Plody jsou kulovité a v době zralosti černé. (Valíček, 2002).

Obr. 3 Rostlina *Coffea arabica*



Obr. 4. Zrno *Coffea arabica*



3.2.2 Produkce, spotřeba

Káva se pěstuje v přibližně 70 zemích světa. Mezi největší producenty kávy patří Brazílie, která na trhu představuje asi 40 % celkové produkce na světě, jedná se především o kávu Arabica. Na dalších místech světového pořadí jsou Vietnam (16 % světové produkce) a Indonésie produkující především kávu Robusta.

Etiopie, tedy země, ze které káva pochází, je až na pátém místě (ECF-Coffee, 2014). Konkrétní výnosy vybraných produkčních zemí jsou uvedeny v tabulce 2.

Za období 2009/2010 činil podíl kávy z kávovníku arabského 60,5 % světové produkce a z kávovníku statného 39,4 % (Hilten, 2011).

Tab. 2 Přehled výnosu (t) a plochy (ha) sklizených kávovníkových plantáží vybraných produkčních zemí za období 2009/2010

| Stát | Výnos (t) | Plocha sklizených kávov. Plantáží (ha) |
|-------------|------------------|---|
| Brazílie | 2 906 320 | 2 158 560 |
| Vietnam | 1 105 700 | 514 400 |
| Indonésie | 684 076 | 1 268 480 |
| Etiopie | 270 000 | 395 003 |

Zdroj: FAO (2012)

Největšími vývozci kávy byly v roce 2009 Brazílie (27% podíl), Vietnam (16% podíl) a Indonésie s 8% podílem na světovém trhu (tab. 3). Celkový vývoz v roce 2009 činil 6 135 809 tun (FAO, 2012). Brazílie vyváží hlavně nepraženou kávu. Za období 2009/2010 vyvezla 92,2 % nepražené kávy, 0,3 % pražené kávy a 7,5 % rozpustné kávy (Hilten, 2011).

Tab. 3. Množství (t) exportované kávy ze zemí produkujících kávu v období 2009/2010

| Stát | Množství (t) |
|-------------|---------------------|
| Brazílie | 1 639 390 |
| Vietnam | 991 733 |
| Indonésie | 510 189 |
| Etiopie | 129 833 |

Zdroj: FAO (2012)

V období od června 2013 do května 2014 byl celkový objem vývozu kávy 6,5 milionu tun. Evropská unie je zdaleka největším dovozcem kávy, je cílem přibližně 45 % veškerého vývozu. V roce 2013 se do EU dovezly 3 miliony tun kávy ve formě zelené nebo již zpracované kávy.

Evropa má nejvyšší spotřebu kávy na obyvatele, ročně se zde vypije 2,5 milionů šálků kávy, což se rovná 4 kg pražené kávy na obyvatele za rok (ECF-Coffee, 2014).

Obyvatel České republiky podle posledních průzkumů vypije přibližně 5,4 kg, za rok.

3.2.3 Technologie výroby

Zpracování kávy začíná sklizní kávovníkových plodů, které musí být dostatečně vyzrálé (mají charakteristicky zbarvenou slupku). Plody se češou a plavením ve velkých nádržích se čistí. Semena se z nich získávají dvěma způsoby:

- **Suchým způsobem**, při kterém se plody suší rozprostřené v tenkých vrstvách na cihlových nebo betonových plochách po dobu 5–15 dnů na slunci, kde se několikrát denně přehazují. Z vysušených plodů se na loupacích strojích vyloučí kávová zrna, která se strojně čistí a třídí podle velikosti a jakosti. Tento způsob zpracování je méně nákladný a káva má nižší jakost. Vzniká nepraná, přírodní káva. Tento způsob zpracování se používá především v Brazílii a západní Africe (Kadlec et al., 2013).
- **Mokrým způsobem**, při kterém se z plodů plavením zbavených nečistot a vadných plodů v mačkacím stroji oddělí část dužniny od kávových zrn uzavřených v pergamenové slupce. Zbytky dužniny se odstraní fermentací. Vypraná káva v pergamenové slupce se suší a vysušená se na loupacích strojích vytrídí podle velikosti, případně se leští. Káva získaná tímto způsobem má vyšší kvalitu. Vzniká praná káva. Tento způsob zpracování se používá například ve střední Americe, Mexiku nebo východní Africe (Kadlec et al., 2013).

Takto upravená kávová zrna se označují jako surová, neboli zelená káva, která se uvádí na světový trh s kávou a slouží jako surovina pro výrobu pražené kávy.

Pražení je jednou z nejdůležitějších operací ovlivňujících kvalitu kávy. Káva se praží v pražicích strojích horkým vzduchem, za neustálého míchání při teplotě 160–220 °C po dobu 5–30 minut. Během pražení se odpařuje voda a dochází k řadě chemických reakcí. Objem kávy se zvětšuje až o 40 %. Rozsáhlým změnám podléhají sacharidy a bílkoviny. Těmito reakcemi vznikají látky ovlivňující chuť, vůni a barvu. Po upražení se káva během 4–10 minut zchladí v sítích nebo v chladicích bubnech pomocí studeného vzduchu. Rychlé zchlazení je nutné pro zachování aroma kávy, které je u čerstvě upražené kávy velice výrazné, ale po 3–5 dnech se zjemní. Káva se poté případně mele a balí, nejčastěji vakuově (Hrabě et al., 2007).

3.2.4 Výrobky

Smekalová (2006) rozdělila výrobky z kávových semen do několika skupin:

- Káva pražená zrnková: Kávová zrna musí být matná až s vyloučeným olejem na povrchu. Musí mít charakteristickou barvu a aroma. Nálev musí být čistě kávové až výrazně ostré vůně a velmi jemné až výrazně ostré kávové, hořké chuti
- Káva pražená mletá: Káva musí být jednotně mletá, kávově hnědá s kávovou vůní. Požadované vlastnosti nálevu jsou stejné jako u kávy pražené zrnkové
- Káva instantní (rozpustná): Získává se z vodného extraktu mleté kávy sušením, sušením za sníženého tlaku, lyofilizací. Při sušení, případně po něm, se přidává cukr
- Kávový extrakt bez kofeinu: Kofein se odstraňuje extrakcí ze zelené kávy pomocí organických rozpouštědel. Obsah kofeinu může být maximálně 3 %
- Aromatizovaná (ochucená) rozpustná káva: Přidávají se např. syrovátka, sušené mléko, rostlinné oleje a další látky určené k aromatizaci
- Kávový extrakt sušený: Kávový extrakt ve formě prášku, granulí, vloček nebo kostek, u něhož sušina na bázi kávy činí min. 95 % hmotnosti sušiny

3.3 Kakao

3.3.1 Botanická charakteristika

Kakaovník patří do čeledi *Sterculiaceae*, stále zelené stromy s hustou korunou, původem z tropické Ameriky. Z velkého počtu druhů je nejvýznamnější *Theobroma cacao*, kakaovník pravý (obr. 5), pěstovaný pravděpodobně už v 5. století středoamerickými indiány. Je to strom dorůstající výšky 3–5 m s tlustým kmenem a plstnatými mladými větvemi. Listy střídavé, podlouhle eliptické, až přes 30 cm dlouhé, celokrajné, lesklé, při rašení bronzově červené později tmavě zelené.

Květy oboupohlavné mohou být ve svazečcích na kmenu a silných větvích nebo jednotlivě. Kalich je růžový, koruna bělavá, žlutavá nebo růžová. Kakaovník kvete ve dvou hlavních obdobích, ale květy se v menším množství tvoří po celý rok. Na jeden plod připadá přibližně 500 květů.

Plod má elipsoidní tvar, až 30 cm dlouhá bobule s hladkým nebo bradavčítým povrchem rozděleným deseti podélnými brázdami. Může být žlutý, žlutooranžový,

hnědočervený až červený. Různě tlustý perikarp uzavírá obvykle pět komor, v každé z nich je 4–14 kulovitých nebo lehce zploštělých semen. Semena, tzv. kakaové boby, jsou asi 2 cm dlouhá s bělavým osemením, na průřezu bílá, nahnědlá nebo nafialovělá. Mohou být sladké až trpké chuti. Podíl semen na celkové hmotnosti plodu je asi 25 %.

Čerstvě sklizená semena obsahují průměrně 8,5 % bílkovin, 30 % tuku, 10 % sacharidů, 2,4 % theobrominu a 0,8 % kofeinu (Schwan et Fleet, 2015). Z pěstitelského i komerčního hlediska se *T. cacao* rozděluje do tří skupin:

„Forastero“ (obr. 6) je nejrozšířenější. Plody široce elipsoidní, žluté barvy. Perikarp je tlustý, tvrdý a semena jsou zploštělá. Roste planě v celém povodí Amazonky.

„Criollo“ (obr. 6) má plody pouze na kmenu žluté nebo červené, hluboce rozbrázděné, s výraznou špičkou. Perikarp je měkký, tenký, semena kulovitá, výborné kvality. Pěstuje se zejména ve Střední Americe, na pobřeží Venezuely, na Madagaskaru, Srí Lance a v Indonésii (Wood, 1975).

„Trinitario“ (obr. 6) vznikla pravděpodobně křížením určitých populací skupin Forastero a Criollo. Plody se vyznačují značnou variabilitou tvarům zbarvením a kvality semen.

V hlavních pěstitelských oblastech Afriky, Ameriky i Asie se dnes pěstují nejrozmanitější kříženci uvedených skupin. (Valíček, 2002).

Obr. 5 Rostlina *Theobroma cacao*



Obr. 6 Vzhled plodů odrůd kakaovníku



3.3.2 Produkce, spotřeba

Produkce kakaových bobů neustále rostla, ale po roce 2010 začala nepatrně klesat. Je to ovlivněno nejen úrovní životního prostředí, ale také ekonomikou a chováním spotřebitele.

Dlouhodobě největším producentem kakaa je Afrika, konkrétně Pobřeží Slonoviny a Ghana (70 % celkové světové produkce). Na druhém místě byla do roku 1986 Brazílie (tab 4). Poté přišlo období, kdy většinu stromů napadla vážná a rychle se šířící choroba. Dnes Brazílie zaujímá přibližně 5 % celkové světové produkce. Jižní Amerika, původní oblast kakaovníku, se na světové produkci podílí necelými 2 %.

Tab. 4 Produkce kakaových bobů ve vybraných letech (v 1000 tunách)

| Stát/ Období | 1955 | 1972 | 2009 |
|-------------------|-------|-------|---------|
| Pobřeží Slonoviny | 70,0 | 178,0 | 1 382,4 |
| Ghana | 237,0 | 412,0 | 729,0 |
| Brazílie | 168,0 | 156,0 | 170,5 |
| Mexiko | 14,0 | 31,0 | 27,5 |

Zdroj: FAO (2002); ICCO (2010)

Stoupající spotřebu kakaa dnes zabezpečuje odrůda Forastero, které ovládá celosvětový trh s kakaem. Na druhém místě je odrůda Trinitario. Celosvětovou spotřebu kakaa tvoří zhruba 80–85 % Forastero, 15–20 % Trinitario a 5–10 % odrůdy Criollo.

Spotřeba zpracovaného kakaa je v České republice přibližně 5,5 kg na osobu za rok, touto spotřebou se blíží spotřebě kakaa ve Spojených Státech Amerických (5,6 kg).

3.3.3 Výrobky

Dle Žáčka (1962) se výrobky z kakaového prášku se rozdělují na:

- Holandské kakao: Vzniká při procesu promytí kakaového prášku roztokem uhličitanu draselného, který neutralizuje kyselost kakaa na hodnotu pH 7. má jemnější, ale přitom plnější chuť
- Kakao na vaření: Surový kakaový prášek
- Instantní kakao: Extrahovaný kakaový prášek, obohacený o cukr. Obsah kakaa je zde velmi nepatrný
- Čokoláda: Směs sušiny kakaových zrn a kakaového másla. Může být oslazená cukrem a obohacena o další suroviny např. ovoce, ořechy atd.

3.3.4 Technologie výroby

Sklizeň se provádí, když červenofialové kakaové boby přecházejí do oranžového odstínu a zelené plody získávají žluté zbarvení. Doba sklizně není rozhodující. Zralé tobolky mohou být ponechány na stromě po dobu dvou až tří týdnů, pokud na stromě zůstanou déle, dochází ke klíčení semen uvnitř tobolky. Sklizeň se provádí odseknutím plodů zahnutým nožem, nesmí však dojít k poškození kůry kakaovníku, protože nové květy vyrůstají ze stejných míst jako staré. Po rozříznutí plodu se semena vybírají ručně a ukládají se do čistých nádob. K získání jednoho kilogramu suchých bobů je potřeba sklidit 20–30 kg čerstvých bobů (Wickens, 1955; McKelvie, 1958).

Po sklizni přichází fáze třídění a fermentace. Délka fermentace se rozlišuje podle zpracovávaného množství a podle odrůdy. Malý pěstitelé, hlavně v oblasti Afriky, třídí semena ručně a vybraná semena plošně rozprostřou a přikryjí listy banánovníku. Po 2–3 dnech je dobře promíchají a opět přikryjí. Po šesti dnech končí proces fermentace. Při zpracování většího množství semen se k třídění používají stroje, které semena zbaví nežádoucích nečistot, prachu a příměsí a zároveň dojde k roztrídění semen podle velikosti (Žáček, 1962). Po té se semena dají do velkých nádob o objemu 150–450 kg a nechají se fermentovat po dobu 2–8 dnů. Během fermentace dochází k biochemickým procesům, při kterých kakao získává charakteristickou vůni a chuť. Aktivují se enzymy mikroorganismů a vlastní enzymy kakaového jádra.

V první fázi fermentace dochází k anaerobní přeměně zkvasitelných cukrů na ethanol a oxid uhličitý pomocí kvasinek rodu *Saccharomyce* (Pettipher, 1986). Současně dochází působením pektidas k rozrušení buněk plodové dužiny a ze semen se uvolňuje fermentační šťáva. Odbouráním dužiny se zlepšuje provzdušnění vrstvy fermentovaných a jader a nastává aerobní fáze kvašení, při které dochází k přeměně ethanolu na kyselinu octovou působením bakterií rodu *Acetobacter* a *Bacterium* (Quesnel, 1972). Při vlastní enzymatické činnosti kakaového jádra dochází k činnosti buněčných enzymů, které zmírňují především trpkou chuť a zajišťují charakteristické červenohnědé zbarvení v důsledku oxidace tříslovin a hydrolýzy glykosidů.

Po fermentaci následuje proces sušení. Je nutné snížit obsah vody z 35 % na přibližně 6–8 %. Toho se dosáhne dvojitým způsobem. Malí pěstitelé nechávají kakaová jádra rozprostřená na slunci na palmových listech, sušení probíhá 6–9 dní podle okolní vlhkosti. Při zpracování většího množství se používají sušárny vakuové nebo s nepřímým vyhříváním. V sušárnách probíhá sušení při 60 °C po dobu 3–5 dní. Při obou způsobech sušení je potřeba

dát pozor především na počáteční fázi sušení, kdy se na povrchu jader může vytvořit křusta, která brání intenzivnímu odpařování vody (Nielson, 2005; Wood, 1961).

Pokud jsou jádra dostatečně vysušená, nastává proces drcení a mletí. Boby jsou drceny v drtičce, kde se mezi ozubenými válci rozdrtí na kousky. Ze získané drtě se exhaustorem odstraní kakaové slupky, které jsou lehčí než drť kakaového jádra. Během drcení se drť neustále prosévá a hrubé části se vrací k opětovnému rozdrcení. Dobře vytríděná kakaová drť by neměla obsahovat více než 2 % slupek (Žáček, 1962).

Po fázi drcení následuje fáze oddělení tuku: vylisování kakaového másla, zbytek (kakaový koláč) obsahuje jen 15–22 % tuku a jeho mletím se vyrábí kakaový prášek.

3.4 Biologicky aktivní látky

Biologicky aktivní látky slouží jako biokatalyzátory a již v nízkých koncentracích dokáží měnit strukturu a vlastnosti látek přítomných v organismu a jejich fyzikálně-chemické reakce. Mohou působit pozitivně i negativně. Mnoho biologicky aktivních látek působí například jako antioxidanty, příznivě působí na krevní cévy, srdeční činnost a centrální nervovou soustavu, ale zároveň u některých látek může pravidelnou či nadměrnou konzumací dojít k vytvoření závislosti. Obecně však převažují jejich pozitivní účinky na lidské zdraví.

Tato skupina zahrnuje široké spektrum látek různé chemické povahy, řadí se sem například enzymy, vitaminy, minerální látky a přírodní látky vyskytující se v rostlinách.

V současnosti jsou biologicky aktivní látky přidávány k takzvaným funkčním potravinám. Jedná se o potraviny s přidanou nutriční hodnotou, které příznivě ovlivňují jednu nebo i několik tělesných funkcí (Kalač, 2003).

3.4.1 Polyfenolické látky

Jedná se o sekundární metabolity rostlin. V rostlině mají mnoho funkcí, například je chrání před oxidačním stresem, ultrafialovým zářením, býložravci, nebo mohou fungovat jako signální molekuly. V lidském organismu mají také mnoho biologických funkcí. V současné době je známo více než 8000 sloučenin. Jejich molekula je složena z dvou a více fenolových jednotek. Rozdělujeme je na fenolové kyseliny, stilbeny, lignany a flavonoidy (Mandelová, 2005).

Fenolové kyseliny mají mnoho derivátů. Mohou vycházet například z kyseliny benzoové, významným zástupcem je kyselina gallová. Ta je součástí hydrolizovatelných tríslovin. Dále jsou odvozeny od kyseliny skořicové, kde významnými zástupci jsou kyselina kávová nebo kyselina *p*-kumarová.

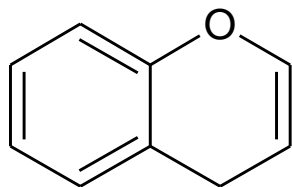
Stilbeny mají význam v rostlinné i živočišné říši. Mají schopnost napodobovat účinky ženských hormonů estrogenů, proto jsou řazeny mezi fytoestrogeny, nejznámějším zástupcem je resveratrol obsažený v révě vinné (*Vitis vinifera*) (Dercks et Creasy, 1989).

Lignany mají regulační funkci při růstu rostlin, dále chrání rostlinu proti patogenům a mohou se chovat i jako antioxidanty.

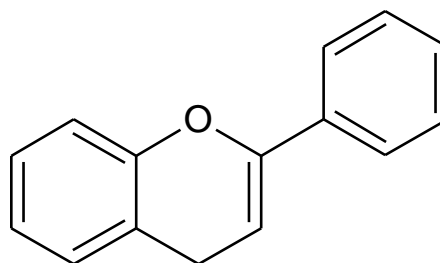
Mezi nejvýznamnější polyfenolické látky patří flavonoidy. Jsou obsaženy především v bobech kakaovníku a v listech čajovníku.

Flavonoidy obsahují v molekule 2 benzenové kruhy spojené tříuhlíkovým řetězcem (C₆-C₃-C₆). U většiny je C₃ řetězec součástí pyranového kruhu. Jsou tedy odvozeny od kyslíkaté heterocyklické sloučeniny 2H-chromenu (obr. 7) substituovaného v poloze C-2 fenylovou skupinou, která se nazývá flavan (obr. 8). Flavanový skelet se skládá ze dvou benzenových kruhů a jednoho kruhu odvozeného od 2H-pyranu (Velíšek, 2003).

Obr. 7 2H-chromen



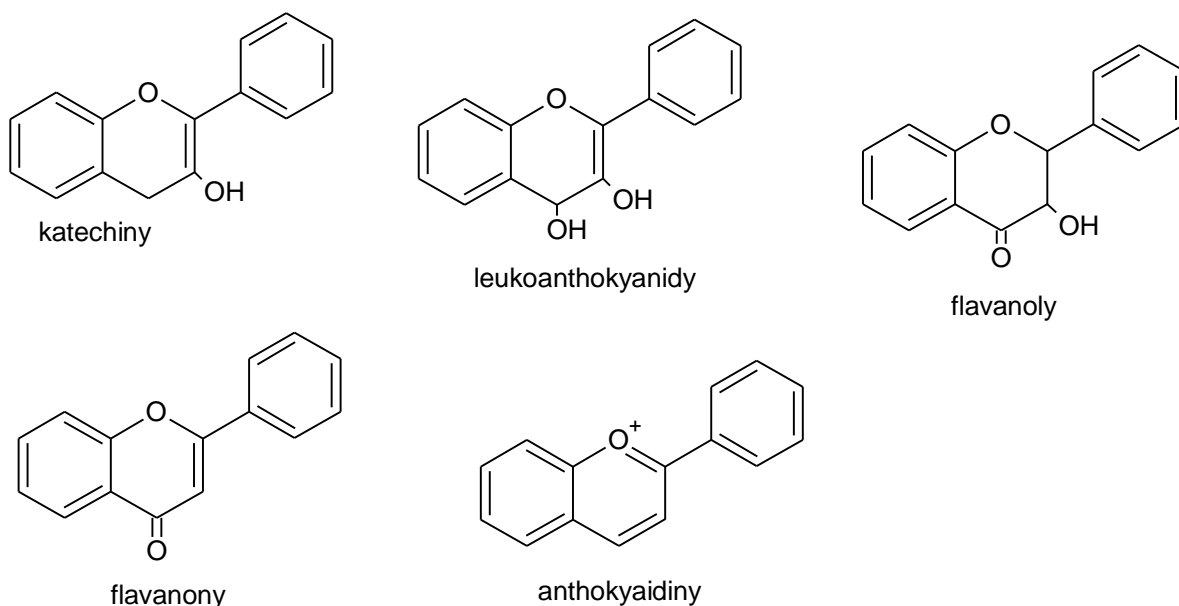
Obr. 8 Flavan



Často bývají všechny tři kruhy substituovány hydroxyskupinami nebo methoxyskupinami a jednotlivé deriváty se liší stupněm oxidace a počtem substituentů. Podle stupně oxidace C₃ řetězce rozlišujeme základní struktury flavonoidů (obr. 9):

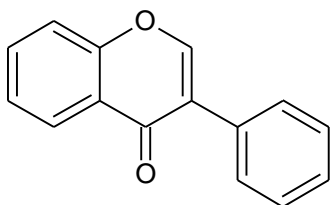
- 1) Katechiny (flavan-3-oly)
- 2) Leukoanthokyanidiny (flavan-3,4-dioly)
- 3) Flavanoly
- 4) Flavanony
- 5) Anthokyanidiny

Obr. 9 Základní struktury flavonoidních látek



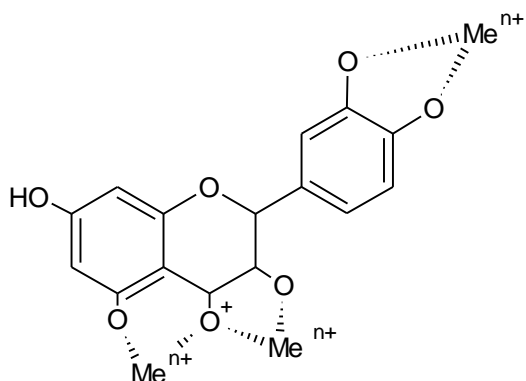
Další méně běžnou skupinou flavonoidů jsou isoflavonoidy (obr. 10). Ty mají pyranový kruh spojený s benzenovými kruhy v poloze C-3. Potravinářsky významnými jsou isoflavony, které slouží především jako barvivo (Velíšek, 2003).

Obr. 10 Isoflavony



Antioxidační účinek polyfenolů má několik mechanismů působení. Řada flavonoidů a dalších polyfenolů inhibuje enzymy zodpovědné za produkci superoxidového anion-radikálu (např. xanthioxidasa) a enzymy podílející se na tvorbě volných radikálů (např. cyklooxygenasa, lipooxygenasa). Některé polyfenoly vytváří chelátové vazby s kovy (obr. 11), např. s mědí a dvojmocným železem. Volné ionty těchto kovů se účastní tvorby reaktivních kyslíkových forem.

Obr. 11 Vazebná místa kovů v molekule flavonoidů



Část polyfenolů je snadno oxidovatelná. Schopnost oxidace závisí na redoxním potenciálu. Látky s nízkou hodnotou redoxního potenciálu jsou schopny redukovat volné radikály s oxidačními účinky, např. superoxidový a hydroxylový.

Při reakci poskytují vodík a samy se přeměňují na málo reaktivní fenoxylový radikál nebo neradikálové chinoidní formy (Manach, 2004).

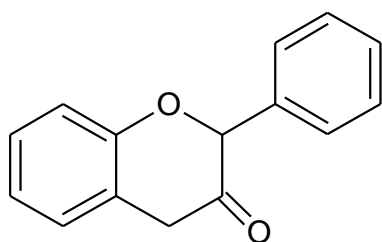
3.4.1.1 Čaj

V listech čajovníku jsou obsaženy především katechiny. Celkový obsah katechinů je závislý na způsobu zpracování čajových listů. Čaj zelený obsahuje těchto látek podstatně více než čaj černý, to je dáno tím, že zelený čaj se nefermentuje.

Během fermentace čajových listů dochází k reakcím mezi katechiny, které jsou původně v čaji zeleném a vznikají polyfenoly specifické pro černý čaj, například theaflavin s oranžovou barvou a thearubigin s hnědou barvou (Muramatsu, 1991). Obsah katechinu se v zeleném čaji pohybuje v rozmezí 10–18 %, zatímco v čaji černém okolo 8 % (Žáček, 1994).

Katechiny jsou po chemické stránce deriváty flavan-3-olu (obr. 12). Základními stavebními látkami této skupiny je pět jednoduchých látek: (+)-katechin, (-)-epikatechin, (-)-epigallokatechin, (-)-epikatechin gallát, (-)-epigallokatechin gallát (Friedman et al. 2005).

Obr. 12 Favan-3-ol



Zabraňují usazování LDL cholesterolu na vnitřní straně cév, mají antioxidační účinky a v poslední době se o nich nejvíce mluví v souvislosti s prevencí rakoviny. Například zelený čaj má silné antikarcinogenní účinky. Katechiny obsažené v zeleném čaji blokují enzym urokinázu, který je ve větším množství produkován právě rakovinnými buňkami. S pomocí tohoto enzymu rakovinné buňky napadají živé tkáně a dochází k jejich nadměrnému rozmnožování (Kuroda et Hara, 1999).

Polyfenoly zeleného čaje snižují účinek enzymu matrix-metaloproteinasy (podílí na rozpadu aterosklerotických plátů) (Kukačka et al., 2007) a zároveň zvyšují aktivitu jeho tkáňových inhibitorů a tím dochází ke zpomalení růstu nádorů.

Významným pozitivem katechinů jsou jejich antioxidační vlastnosti. V jednom klinickém experimentu bylo testováno 18 zdravých mužů, kterým byl podán ze zeleného čaje (254 mg katechinů na osobu). Po jedné hodině od podání jim byla testována plasma na antioxidační kapacitu. Osoby, které přijaly extrakt ze zeleného čaje, měly výrazně nižší hodnoty fosfatidylcholin hydroperoxidu (oxidovaná forma fosfatidylcholinu- fosfolipid přítomný v plasmatických membránách) a naopak vyšší hladinu čajového EGCG (epigallokatechin gallát), což ukazuje na vyšší antioxidační kapacitu (Nakagawa et al., 1999).

Jiná studie sledovala tentýž ukazatel na deseti zdravých subjektech (5 mužů a 5 žen, ve věku 23–25 let). Zjistilo se, že příjem 150 ml zeleného čaje neznamenal významný nárůst antioxidační kapacity plasmy, zatímco po příjmu 450 ml zeleného čaje byla pozorována antioxidační kapacita 12 % (po 60 min.) a 12,7 % (po 120 min.) oproti výchozím hodnotám (Sung et al., 2000).

Mnoho lidských onemocnění jsou charakterizovány trvalými zánětlivými procesy. Proto antioxidační vlastnosti čajových polyfenolů jsou velmi diskutovaným tématem vědeckých studií. Čajové polyfenoly mají přímé i nepřímé antioxidační účinky na buněčné úrovni. Ty zahrnují přímé zachycování volných radikálů, chelatačních kovových iontů a snížení hladiny zánětlivých cytokinů (Minamisawa et al., 2004).

Dalším přínosem katechinů je ovlivnění hladiny cukru v krvi. Neovlivňují aktivitu lipáz, které rozkládající tuky, ani aktivitu trypsinu, který štěpí peptidové vazby bílkovin. Inhibují pouze aktivitu amylázy a sacharózy, které štěpí škrob a sacharózu na jednodušší sacharidy. Pravidelné pití čaje tedy může snižovat hladinu cukru v krvi, aniž by ovlivnilo trávení tuků a bílkovin (Sakai et Hara, 1995).

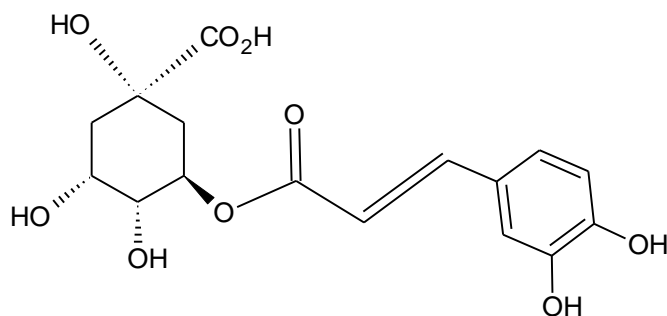
Studie také ukázaly, že epigallokatechin-3-gallát (EGCG), může pomoci regulovat zažívací systém. Účinky čajových polyfenolů a různých druhů čajů zpracovaných z čerstvých listů na aktivitu pankreatické α -amylasy byly studovány s použitím bramborového škrobu a vařených brambor jako substrátů. Testy na obou substrátech ukázaly, že nízká koncentrace polyfenolů výrazně zvýšila činnost α -amylasy. Interakce polyfenolů s enzymem škrobu vedla ke snížení antioxidační kapacity. Výsledky také ukázaly, že všechny tři druhy čajů významně zvyšují aktivitu α -amylasy pro široký rozsah koncentrací (0,34–27,14 mg.ml⁻¹) (Gao et al., 2013; Kwon et al., 2008).

Například, Hara a Honda (1990) zjistili, že polyfenoly inhibují α -amylasu nekompetitivní způsobem, zatímco jiní výzkumníci zjistili, že polyfenoly a extrakt ze zeleného čaje měly malý nebo žádný inhibiční efekt na α -amylasy. Kromě toho, inhibice α -amylasy se zdá být závislá i na druhu čaje (např. zelený, černý, oolong čaj). Bylo zjištěno, že černý čaj měl podstatný inhibiční účinek vůči α -amylase, zatímco zelený čaj ukázal nejvyšší aktivační účinek (Koh et al., 2010; Quesille-Villalobos et al., 2013).

3.4.1.2 Káva

Obsah polyfenolů, podobně jako u čaje, závisí na procesu fermentace a pražení. V kávě je významná především kyselina chlorgenová (obr. 13), jedná se o ester kyseliny kávové a chinové, během pražení se mění na alkaloid trigonelin (Slanina et Táborská, 2004).

Obr. 13 Kyselina chlorgenová



Nepražená káva obsahuje v sušině v průměru 4–8 % kyseliny chlorogenové, zatímco káva pražená 3,2–4,9 % (Žáček, 1994).

Reprezentuje významnou část antioxidantů, které se podílejí na neutralizaci volných radikálů, které běžně přijímáme potravou, tekutinami i vzduchem. Volné radikály jsou charakterizovány nepárovými elektrony. V přítomnosti kyslíku se na místo nepárového elektronu naváže molekula kyslíku a vzniká peroxylový radikál, který se snaží získat z jiné sloučeniny chybějící elektron, čímž vytváří jiný volný radikál. Tato řetězová reakce je přerušena buď vazbou dvou radikálů na sebe, nebo reakcí s antioxidantem (Velíšek, 2003).

Nejznámější vznik volných radikálů probíhá v dýchacím řetězci, kde oxidací vzdušným kyslíkem vzniká energie a jako vedlejší produkty volné radikály superoxid a volný hydroxylový radikál (Vignoli, 2011).

Kyselina chlorogenová, má prokázané biologické účinky v tenkém střevě, kde mění formu přijímané glukózy, inhibuje činnost glukosa-6-fosfát, který má klíčovou úlohu v regulaci glukózy v metabolismu. Jedná se o ester glukózy a kyseliny fosforečné, kdy je fosfátová skupina navázána na 6' uhlíku glukosy. Při glykolytickém rozkladu se mění nejprve na fruktosa-6-fosfát a následně sérií reakcí na pyruvát. Má význam v buněčné energetice, protože poskytuje velké množství Adenosintrifosfátu (ATP) (Vodrážka, 2007).

3.4.1.3 Kakao

Kakao je bohatým zdrojem chemických látek obsažených v rostlinných pletivech. V nezkvašených kakaových bobech je přibližně 65–70 % polyfenolů a 3 % anthokyanů. Množství obsažených polyfenolů se liší podle odrůdy kakaových bobů a stupně fermentace (Frank et Pahl, 1998). Během kvašení probíhá řada reakcí s polyfenoly, jednak dochází ke kondenzaci a také k reakcím s proteiny a peptidy. Po konci procesu fermentace zůstává v kakaových bobech přibližně 20 % polyfenolů (Lee, 2003).

Kakao má nejvyšší obsah flavanolů ze všech potravin a je významným přispěvatelem celkovému přísunu flavonoidů v potravě (Rusconi et Conti, 1999).

Flavonoidy mají prokazatelné antioxidační účinky a pomáhají v prevenci kardiovaskulárních onemocnění, což je to komplex poruch kardiovaskulárního systému. Počáteční fází je vývoj aterosklerózy, kdy se začíná na vnitřní straně cév usazovat cholesterol a může dojít k omezení průtoku krve cévami, také může dojít k tvorbě krevních sraženin nebo

trombóze a ke zvýšení krevního tlaku. Sraženiny mohou ucpat cévy v místech své tvorby, nebo se mohou utrhnout a usadit se kdekoli v oběhovém systému. Pokud sraženina ucpe cévu, která zásobuje krví životně důležitý orgán, např. srdce, dochází k infarktu myokardu, nebo mozek s důsledkem mozkové mrtvice. Ochranný účinek flavonoidů kakaového kakaového spočívá v jejich schopnosti zabránit oxidaci LDL cholesterolu volnými radikály, což je počáteční krok tvorby aterosklerotických částic v cévách (Ariefjohan et Savaiana, 2006).

Střevní absorpce polyfenolů je vysoká. Většina polyfenolů podléhá hydrolyze v trávicím traktu a poté jsou metabolizovány v tračníku mikroflórou z velké části na fenolické kyseliny, které mohou být dále absorbovány. Po absorpci polyfenolů a jejich metabolitů jsou dále vázány v tkáních. Tyto transformace vedou k řadě metabolitů, které si většinou zachovávají antioxidační aktivitu (Slanina et Táborská, 2004).

3.4.2 Alkaloidy

Jako alkaloidy označujeme dusíkaté báze, které se nalézají v rostlinách. Kromě několika méně významných alifatických aminů a menšího počtu významnějších aromatických bází obsahuje většina alkaloidů dusíkový atom, resp. dusíkové atomy v různých heterocyklických útvarech. Alkaloidy slouží rostlině především jako ochrana před živočichy (Trojánek et Bláha, 1959). V rostlině se tvoří z největší části ve zcela mladých buňkách, ale uloženy mohou být na nejrůznějších místech. Jejich vznik a mohutnost tvorby je ovlivněna řadou zevních podmínek, jako je např. kvalita půd a množství dusíkatých látek v ní, pH půdy, světlo, vlhkost apod. (Wehner, 1934). V rostlině se mohou vyskytovat volně, ale větší část je vázána ve formě solí s organickými kyselinami (Trojánek et Bláha, 1959).

Z chemického hlediska rozlišujeme dvě základní skupiny alkaloidů: alkaloidy heterocyklické a alkaloidy s exocyklickými atomy dusíku. Heterocyklické alkaloidy jsou přírodní dusíkaté sloučeniny, obsahující dusíkový heteroatom v kruhu (Velíšek, 2009).

Boit (1961) rozdělil alkaloidy na základě skeletu a biosyntetických prekurzorů do několika skupin:

- 1) Isochinolinové alkaloidy (kodein, morfin)
- 2) Chinolinové alkaloidy (chinin)
- 3) Tropanové alkaloidy (tropin, skopolamin)
- 4) Indolové alkaloidy (ergometrin)
- 5) Piperidinové alkaloidy (piperidin)

- 6) Pyridinové alkaloidy (nikotin, ricinin)
- 7) Steroidní alkaloidy (solandin)
- 8) Purinové alkaloidy (kofein, theobromin, theofylin)

Biogeneticky jsou alkaloidy odvozené většinou od aminokyselin. Jde zejména o aminokyseliny ornithin, lysin, fenylalanin, tyrozin, tryptofan a histidin. Na syntéze alkaloidů se mohou účastnit i další aminokyseliny, jako je glycin, cystein, methionin, kyselina asparagová a prolin (Boit, 1961).

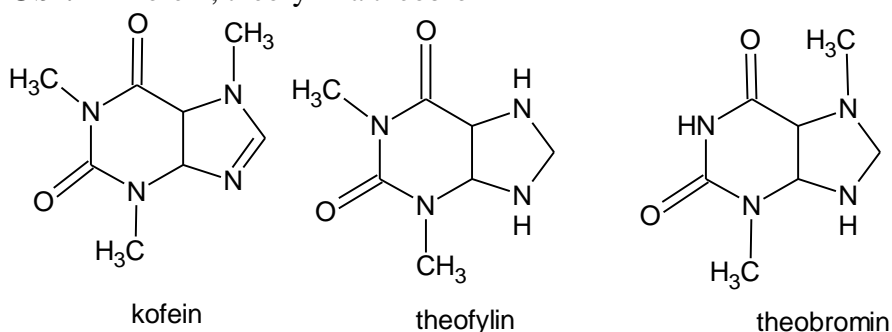
Základními reakcemi při biosyntéze alkaloidů je vznik iminů a Mannichova kondenzace.

Při vzniku iminů reaguje aldehyd nebo keton s aminem. Při Mannichově kondenzaci reaguje elektrofilní karbonylová skupina aldehydu s nukleofilem, např. sekundárním aminem. Vzniká hydroxyderivát, přičemž po odštěpení hydroxyskupiny vzniká kation, který reaguje s dalším nukleofilním činidlem. Z dalších reakcí se uplatňuje zejména dekarboxylace, alkylace a oxidace aminů na aldehydy (Mothers et Schütte, 1969).

V čaji, kávě a kakau jsou obsaženy zástupci purinových alkaloidů a to theofylin, theobromin a kofein (obr. 14). Purinové alkaloidy vznikají methylací xanthinu dusíkem.

Syntéza methylovaných xantinů v rostlinách úzce souvisí s růstem rostlin, tvorbou výhonků a semenáčků čaje a vývojem plodu kakaových a kávových rostlin (Keller et al. 1972; Suzuki et Takahashi, 1976). V *Coffea arabica* je kofein syntetizován v perikarpu, transportován do semen a kumulován během vývoje plodu (Baumann et Wanner, 1972).

Obr. 14 Kofein, theofylin a theobromin



Nejvýznamnějším purinovým alkaloidem je kofein, který je doprovázen theobrominem, theofyllinem, paraxanthinem, heteroxanthinem a methylmočovými kyselinami. Kofein je triviální název sloučeniny 1,3,7-trimethylxanthin (Suzuki et Takahashi 1976; Velíšek, 2003).

Purinový kruh v kofeinu není odvozen z rozpadu nukleové kyseliny, ale vzniká přímo z purinových nukleotidů následující cestou: 7-methyl-purin nukleotid → 7-methylxantin → 3,7-dimethylxantin → 1,3,7-trimethylxantin (Suzuki et Takahashi, 1976).

Kofein z kávy se vstřebává rychleji než čajový kofein. Je to způsobeno přítomnými polyfenolickými látkami. Účinek kofeinu z čaje nastupuje pomaleji, ale trvá podstatně déle. Kofein z kávy dosahuje maximální koncentrace v krvi do 2 hodin po požití, biologický poločas setrvání v těle se pohybuje v rozmezí od 3 do 10 hodin. U kuřáků je tento poločas snížený o 30–50 %. U žen užívajících perorální antikoncepci, nebo těhotných je biologický poločas setrvání v organismu až dvojnásobný.

V malých dávkách působí kofein jako stimulant centrálního nervového systému. Má velmi dobrou propustnost tkáněmi, snadno proniká do lidského mozku, kde ovlivňuje nervový systém. Podporuje uvolňování adrenalinu a kortisonu. To má za následek těkavost, nesoustředěnost a nepřírozenou podrážděnost. Dále spolu s theofylinem urychluje a prohlubuje dýchání, zvyšuje srdeční činnost a ovlivňuje krevní tlak. Zmírňuje svalovou únavu a vzbuzuje schopnost vyššího výkonu (Fredholm, 1999).

Nebylo prokázáno, že by kofein zvyšoval hladinu cholesterolu v krvi nebo riziko chorob srdce a cév, ale osoby s vysokým krevním tlakem by měli být při pití kávy opatrnější. Dosud nebyly prokázány ani návykové účinky kofeinu při dodržování doporučené denní dávky (400 mg kofeinu), ale při pravidelném pití kávy může u některých jedinců docházet k toleranci, což znamená, že už nedochází k výše popsaným účinkům, nebo se snižuje jejich intenzita (Higdon, 2006).

Kofein a theofylin se váží na receptor adenosinu. Podobnost v chemické struktuře mezi adeninovou částí adenosinu a kofeinové molekuly je příčinou k tomu, že může dojít k navázání na adenosinové receptory. Adenosin a kofein působí na lidský organismus opačně, např. hlavní účinek adenosinu v mozku je zastavit nervovou aktivitu, zatímco kofein nervovou aktivitu zvyšuje (Higdon, 2006).

Nevýhodou kofeinu je, že působí jako lehké diuretikum. To je způsobeno tím, že podporuje prokrvení ledvin a tím může docházet ke zvýšenému vylučování moči, tento účinek je však nepatrný a především krátkodobý. Další nežádoucí vlastností kofeinu je snadné proniknutí biologickými ochrannými bariérami např. přes placentu do krve plodu. To znamená, že z kávy vypité matkou se kofein dostává do krevního oběhu plodu a také do mateřského mléka.

Může také způsobovat spontánní potavy, nebo předčasné porody (Best, 1999). Nadměrný příjem kofeinu (nad 3000 mg denně) může způsobovat sníženou porodní hmotnost novorozence (Braunwald et al., 2001).

Po požití se kofein dostane do žaludku, kde se musí nejprve vstřebat a proniknout žaludeční stěnou do krevních vlásečnic, odkud krví proniká dál do těla. V játrech se pak metabolizuje na více než 25 různých látek, které jsou následně vyloučeny močí. Dochází k chemické přeměně molekuly kofeinu pomocí enzymů, které z molekuly kofeinu odštěpí methylovou skupinu, vznikají látky, které mají jen dvě methylové skupiny místo tří. Ty jsou pak z krve odfiltrovány ledvinami.

Dalším alkaloidem obsaženým především v kakau a v malém množství i v čaji je theobromin. Jeho název je odvozen od původního názvu kakaovníku (*Theobroma*). Chemicky se jedná o 3,7-dimethylxanthin. Na lidský organismus má podobné účinky jako kofein, ale se slabším projevem.

Theofylin je ve stopovém množství obsažen v čajových lístcích. Chemicky se jedná o sloučeninu 1,3-dimethylxanthin. Je izomerem theobrominu. Uvolňuje hladké svalstvo průdušek, proto je používán při bronchiálních obtížích. Spolu s kofeinem, ve vyšších dávkách, povzbuzuje dýchání. Jejich působením na nervová centra v horní části míchy, která řídí intenzitu dechu, se zvyšuje účinek oxidu uhličitého, který tato centra dráždí při rychlejším dýchání za účelem odbourání oxidu uhličitého v krvi. Dále má výraznější diuretické účinky než kofein (Schmidt et al., 2006).

3.4.2.1 Čaj

V čaji je obsažen především alkaloid kofein (tzv. tein), v menší míře ho doprovázejí theobromin a theofylin. Obsah je přibližně 2,5–5,5 % kofeinu, 0,07–0,17 % theobrominu a stopové množství theofylinu, řádově 0,002–0,003 % (Žáček, 1962).

Množství kofeinu v listech čajovníku souvisí s mnoha faktory, jako je např. oblast sklizně, klimatické podmínky, doba a způsob sklizně, zpracování a skladování. Černé čaje obsahují v jednom šálku (150 ml) podle druhu 40–120 mg kofeinu, zelené čaje od 15 do 75 mg kofeinu. Porcovaný čaj obsahuje v průměru 48,9 mg kofeinu a čaj sypaný 15,3 mg kofeinu. Množství skutečného kofeinu v hotovém nálevu je závislé na způsobu přípravy čaje, především na teplotě vody při zalití a na době vyluhování. Vzhledem k tomu, že zelený čaj je

připravován z vody o nižší teplotě a zároveň vyluhován většinou kratší dobu než čaj černý, je obsah kofeinu v hotovém zeleném čaji nižší (Recman, 2003).

3.4.2.2 Káva

V kávě je obsahově nejvíce zastoupen, podobně jako u čaje, kofein. Obsah kofeinu ovlivňuje především druh kávovníku, oblast pěstování, způsob sklizně, zpracování a skladování. V zrnech kávovníku je při sklizni přibližně 4,5–5,2 % kofeinu. Při procesu pražení klesá obsah asi na polovinu. Pražená káva arabica má oproti jiným praženým kávám nižší obsah kofeinu, konkrétně 0,7–1,5 %, pražená káva robusta má 2,2–2,4 % kofeinu (Žáček et Žáček, 1994). Nepražená (zelená) kávová zrna obsahují přibližně 2,5 % kofeinu. Orientačně se v jednom šálku (150 ml) nachází u filtrované kávy arabica 80–130 mg kofeinu, u filtrované kávy robusta 140–200 mg kofeinu, filtrovaná káva bez kofeinu obsahuje 2–12 mg a instantní káva nejčastěji 65–90 mg kofeinu (Augustin, 2003).

3.4.2.3 Kakao

V kakau je nejvíce zastoupen alkaloid theobromin. Surové kakaové boby obsahují v sušině průměrně 1,5 % theobrominu a asi 0,2 % kofeinu. Po upražení stoupá obsah theobrominu až na 1,6 %. Podobně jako u čaje a kávy, i u kakaa má podstatnou roli na obsahu theobrominu podnebí, oblast pěstování, způsob zpracování a skladování. V kakaových produktech se obsah theobrominu pohybuje od 1,5 % do 2,5 %. Např. kakaová hmota obsahuje přibližně 1,58 % theobrominu a kakaový prášek až 2,5 % theobrominu (Bright, 2001). Čokoláda obsahuje 0,5–2,7 % theobrominu (Žáček et Žáček, 1994), bílá čokoláda obsahuje jen stopové množství theobrominu, je to způsobeno mléčným základem a menším obsahem kakaové hmoty (používá se 15% kakaové máslo) (Kadlec et al., 2013).

3.4.3 Vitaminy a minerální látky

3.4.3.1 Vitaminy

Vitaminy jsou organické nízkomolekulární sloučeniny syntetizované autotrofními organismy. Heterotrofní organismy je syntetizují jen ve velmi omezené míře, většinu vitaminů je proto nutné přijmout potravou, jako exogenní látky (Velíšek, 2009). Jsou tedy esenciálními živinami, které jsou vyžadovány v mnoha oblastech biochemické látkové přeměny, včetně syntézy DNA, výroby energie a biosyntetických drah (Onakpoya et Jeffrey, 2014). Jsou zapojeny v celé řadě enzymatických pochodů. Některé jsou aktivátory enzymatického systému, součástí enzymů nebo vstupují do metabolických procesů přímo (Fajfrová, 2011).

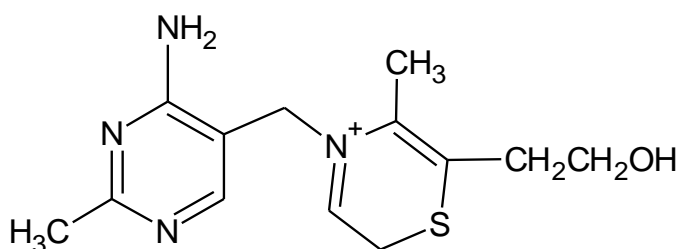
Podle rozpustnosti dělíme vitaminy na dvě základní skupiny (Campbell, 2014):

- 1) Vitaminy rozpustné ve vodě (skupina vitaminů B, vitamin C)
- 2) Vitaminy rozpustné v tucích (vitamin A, vitamin D, vitamin E, vitamin K)

Vitamin B₁

Vitamin B₁ (obr. 15) ve své struktuře obsahuje pyrimidinový kruh (4-amino-2-methylpyrimidin) spojený methylenovou skupinou na pátém uhlíku s dusíkem thiazolového cyklu. Vyskytuje se především jako volná látka nebo ve formě fosforečných esterů (monofosfátu, difosfátu a trifosfátu) (Velíšek, 2009).

Obr. 15 Vitamin B₁



Vitamin B₁ má význam v metabolických procesech. Enzymem thiaminfosfotransferásou, který je přítomen v játrech a mozku, je přeměněn na aktivní formu thiamindifosfát. Thiamindifosfát je koenzymem enzymových reakcí, při kterých je přemísťován aktivovaný aldehydový zbytek.

Patří k nim oxidativní dekarboxylace α -ketokyselin (např. dekarboxylace pyruvátu) a transketolázová reakce. Oxidativní dekarboxylace jsou důležité v metabolismu sacharidů a aminokyselin, transketolázová reakce probíhá v pentózovém cyklu, ve kterém jsou syntetizovány redukční ekvivalenty NADPH, deoxyribosa nebo ribosa k syntéze nukleových kyselin (Engelking, 2015).

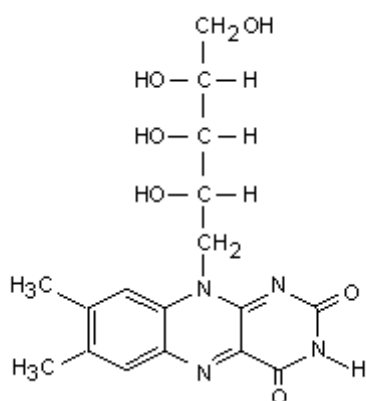
Potřebné množství vitamínu souvisí s přijatým množstvím sacharidů, především monosacharidů. Proto se na každých 4200 kJ energie získávané z cukru doporučuje příjem 0,4-0,6 mg thiaminu. (Velíšek, 2009). Denní doporučené množství thiaminu je pro dospělého muže 1,2 mg, pro ženu 1,1 mg a pro těhotné a kojící 1,4 mg (Fajfrová, 2011).

V zeleném čaji se obsah thiaminu pohybuje v rozmezí 0,1-0,6 mg na 100 g čaje. V kakau je obsah přibližně 0,01 mg na 100 g práškového kakaa (National Institute of Health and Welfare, 2011).

Vitamin B₂

Vitamin B₂ (obr. 16), je chemicky 7,8-dimethyl-10-(1'-D-ribityl) isoalloxazin. Vyskytuje se převážně ve formě ribolavin-5-fosfát a flavinadenindinukleotid (FAD), ale může se vyskytovat i jako volná látka (Velíšek, 2009).

Obr. 16 Vitamin B₂



Vitamin B₂ je prospěšný pro stav kůže, očí a pro funkci srdce. Jelikož má významný vliv na metabolismus cukrů, tuků a aminokyselin, ovlivňuje celkovou energetickou přeměnu v organismu (Heller et al., 1974). Jako součást enzymů v dýchacím řetězci je nezbytný pro základní buněčný metabolismus. Aktivní forma vitamínu B₂ je flavinmononukleotid (FMN)

a flavinadeninukleotid (FAD) (Velíšek, 2009). Přeměna je ovlivňována hormony štítné žlázy a některými léčivými. FMN a FAD jsou prostetické skupiny mnoha oxidoredukčních enzymů, jako je například oxidasa α -aminokyselin (pro deaminaci aminokyselin, xanthoxidasa (pro odbourávání purinů), aldehyddehydrogenasa (pro rozklad aldehydů) a NADH dehydrogenáza (součást dýchacího řetězce v mitochondriích) (Caballero et al., 2016).

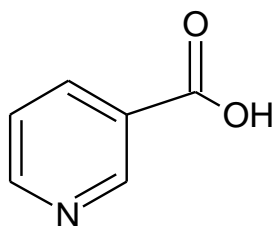
Denní doporučené množství riboflavinu je pro dospělé muže 1,6 mg, pro ženy 1,3 mg a pro těhotné a kojící 1,6–1,7 mg (Fajfrová, 2011).

V zeleném čaji se obsah pohybuje od 1,1 do 1,4 mg na 100 g čaje. V kakau je obsah přibližně 0,2 mg na 100 g kakaového prášku (National Institute of Health and Welfare, 2011).

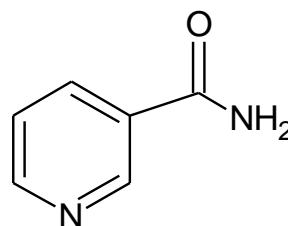
Vitamin B₃

Vitamin B₃ je společným označením pro nikotinovou kyselinu (3-pyridinkarboxylová kyselina) (obr. 17) a její amid (nikotinamid) (obr. 18), obě sloučeniny mají stejnou biologickou účinnost (Velíšek, 2009).

Obr. 17 3-pyridinkarboxylová kyselina



Obr. 18 Nikotinamid



Nikotinamid je součástí nikotinamidadeninukleotidu NAD (resp. jeho oxidované formy NAD⁺ a redukované formy NADH) a jeho fosforečného esteru nikotinamidadeninukleotidfosfátu NADP (NADP⁺ a NADPH), které jsou koenzymy několika set různých enzymů. Oba koenzymy se účastní přenosu elektronů v respiračních systémech, např. ve většině reakcí Krebsova cyklu.

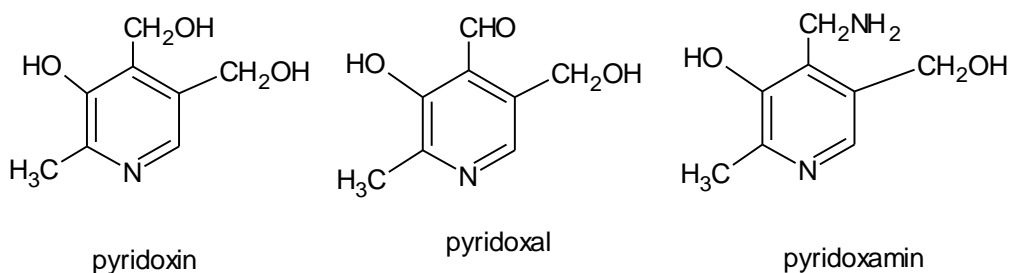
Při biosyntéze a katabolismu těchto sloučenin vznikají různé deriváty niacinu, např. N-methylnikotinová kyselina, která je produktem katabolismu rostlin a hub (Lule et al., 2016). Člověk má významnou, ale omezenou možnost syntetizovat niacin z tryptofanu pomocí enzymů obsahujících jako kofaktor vitamin B₆. Udává se, že pro syntézu 1 mg niacinu je potřeba 3484 mg tryptofanu (Velíšek, 2009).

Tento vitamin je důležitý k uvolňování energie ze sacharidů. Má spoluúčast na řízení hladiny krevního cukru, správné funkci nervového systému a zažívacího traktu.

Denní doporučené množství pro dospělé je 16–22 mg (Fajfrová, 2011). V kakau se obsah pohybuje v průměru kolem 5,7 mg na 100 g (Velíšek, 2009).

Vitamin B₆

Vitamin B₆ je společné označení pro tři pyridinové deriváty: pyridoxin, pyridoxal a pyridoxamin (obr. 19). Všechny tyto látky, společně se svými fosfáty, jsou účinné jako vitamíny, jejich deriváty se účastní metabolismu aminokyselin a sacharidů. Aktivní formou tohoto vitamínu je pyridoxal-5-fosfát (Velíšek, 2009).



Vitamin B₆ má centrální roli v metabolismu aminokyselin a jako koenzym glykogenfosforylasy dokáže také ovlivňovat aktivitu steroidních a dalších hormonů, které působí prostřednictvím regulace genové exprese. Nízká koncentrace vitamínu B₆ je spojena se zvýšenou citlivostí na steroidní hormon a může být faktorem v rozvoji hormonálně-dependentní rakoviny prsu, dělohy a prostaty. Estrogeny nezpůsobují nedostatek vitamínu B₆, ale vysoké dávky vitamínu B₆ mohou překonat některé z vedlejších účinků estrogenů. Při vysokých úrovních příjmu může dojít ke smyslovému poškození nervů (Caballero et al., 2013).

Denní doporučené množství pro dospělé je 1,5–2 mg (Fajfrová, 2011). V zeleném čaji se prakticky nevyskytuje, ale je obsažen v čaji černém. V kakau se obsah pohybuje kolem 0,8 mg na 100 g (National Institute of Health and Welfare, 2011).

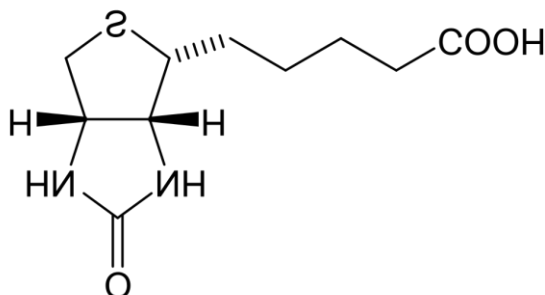
Vitamin B₇

Vitamin B₇ (obr. 20) je kondenzátem močoviny a thiofenu se zbytkem kyseliny valerové. Vitamin B₇ má významnou úlohu v karboxylačních reakcích. Je kofaktorem enzymů schopných vázat oxid uhličitý do různých chemických sloučenin (Engelking, 2015).

Rozeznávají se tři skupiny enzymů s vitamínem B₇ jako kofaktorem: karboxylasy, transkarboxylasy a dekarboxylasy, které se uplatňují např. v biosyntéze mastných kyselin, nebo katabolismu aminokyselin (Velíšek, 2009).

Denní doporučené množství pro dospělé je 30–100 µg (Fajfrová, 2011). V zeleném čaji a kakau se prakticky nevyskytuje, ale nalézá se v čaji černém a v čaji oolong, avšak ve velmi malém množství (Žáček, 1994).

Obr. 20 Vitamin B₇

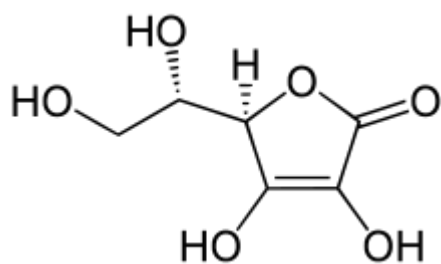


Vitamin C

Základní biologicky aktivní sloučeninou je kyselina askorbová. Ze čtyř stereoisomerů vykazuje aktivitu pouze L-askorbová kyselina a její isomer D-askorbová kyselina (Velíšek, 2009).

Vitamin C (obr. 21) je pro člověka důležitou součástí stravy. Podílí se především na hydroxylačních reakcích v organismu, dále na biosyntéze prostaglandinů, stimuluje transport sodných, chloridových a zřejmě i vápenatých iontů. Uplatňuje se také v metabolismu cholesterolu. Nejdůležitější funkcí jsou jeho antioxidační vlastnosti, kdy jeho donory elektronů reagují s aktivními formami kyslíku a s oxidovanými formami vitaminu E, které zabezpečují ochranu vitaminu E a lipidů membrán před oxidací (Engelking, 2015). Napomáhá vstřebávání železa z potravy a inhibuje tvorbu nitrosaminů (Padayatty et al., 2003).

Obr. 21 Vitamin C

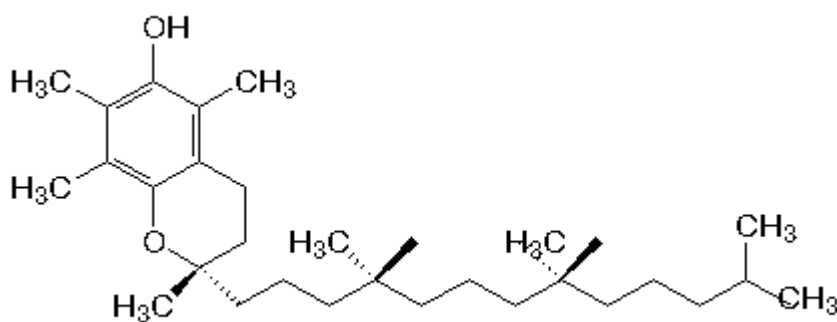


Obsah vitamínu C v zeleném čaji se pohybuje od 110 do 250 mg na 100 g. V čaji černém se obsah pohybuje od 50 do 100 mg na 100 g čaje (National Institute of Health and Welfare, 2011).

Vitamin E

Vitamin E (obr. 22) je odvozen od diterpenoidního alkoholu fytolu, ale obsahuje navíc methylovou skupinu v poloze C-2 a hydroxyskupinu v poloze C-6 chromanového cyklu. Přítomnost těchto funkčních skupin je nezbytná pro biologickou aktivitu všech osmi vitamérů (Velíšek, 2009).

Obr. 22 Vitamin E (α -tokoferol)



Vitamin E má osm vitamérů: alfa-, beta-, gama-, delta-tokoferol a alfa-, beta-, gama- a delta-tokotrienol. Alfa-tokoferol je biologicky nejaktivnější ze všech vitamérů. Jednotlivé tokoferoly a tokotrienoly se liší polohou a počtem methylových skupin v chromanovém cyklu (Velíšek, 2009).

Vitamin E je pasivně absorbován ve spojení s jinými vitaminy rozpustnými v tucích, kde se následně balí v střevním traktu do chylomikronů. Vitamin E je spolu se selenem hlavním prvkem proti peroxidaci lipidů obsažených v buněčných membránách. Tokoferoly působí jako antioxidanty tím, že rozbijí radikálové řetězové reakce (Engelking, 2015).

Doporučená denní dávka vitamínu E pro dospělé je 15 mg (Fajfrová, 2011). V zeleném čaji je obsaženo 20–70 mg vitamínu E. Kakao obsahuje v průměru 13,8 mg na 100 g kakaového prášku (National Institute of Health and Welfare, 2011).

Vitamin K

Vitamin K je derivátem menadionu (2-methyl-1,4-naftochinon) s nenasyceným isoprenoidním postranním řetězcem v poloze C-3 aromatizovaného jádra (Velíšek, 2009).

Vitamin K se rozděluje na několik druhů. Vitamin K₁ v konfiguraci *cis* není biologicky aktivní. Vitamin K₂ se běžně vyskytuje v konformaci *trans* (Engelking, 2015; Velíšek, 2009). Je potřebný pro kostní kalcifikaci, účastní se tvorby hemokoagulačních faktorů (faktor II, VII, IX a X) a důležitým koenzymem při transportu karboxylových skupin (Fajfrová, 2011).

Doporučené denní množství je pro dospělého člověka 75 µg. V kakaovém prášku je obsah 4,6 µg na 100 g (National Institute of Health and Welfare, 2011).

3.4.3.2 Minerální látky

Minerální látky jsou pro lidský organismus esenciální a musí tedy být součástí výživy. Nemají žádnou metabolickou hodnotu, ale podílejí se na výstavbě tělesných tkání, podmiňují stálý osmotický tlak v tělních tekutinách, regulují, aktivují a kontrolují metabolické pochody a jsou důležité i pro vedení nervových vzruchů. Uplatňují se i jako aktivátory nebo součásti hormonů a enzymů, také jsou nezbytné pro jejich tvorbu (Velíšek, 2009).

Minerální látky také regulují hospodaření s tekutinami a předávají elektrické signály mezi buňkami, zajišťují potřebnou acidobazickou rovnováhu. Minerální látky a stopové prvky zajišťují i v nepatrných množstvích, životně důležité činnosti různých tělesných funkcí, jako je zažívání, metabolismus, vyměšování nebo rozmnožování (Kvasničková, 1998; Mindell, 2000).

Minerální látky se rozlišují, podle množství potřebného pro organismus, na:

- 1) Makroelementy (vápník, fosfor, hořčík, draslík, sodík, síra)
- 2) Mikroelementy (železo, jód, zinek, měď, mangan, chlór, selen)
- 3) Stopové prvky (křemík, vanad, nikl, bór)

Mezi makroelementy vyskytující se jak v čaji, tak v kávě i kakau patří především draslík, vápník, fosfor.

Draslík

Draslík, společně se sodíkem a chloridem, udržuje acidobazickou rovnováhu a osmotický tlak tekutin uvnitř a vně buněk organismu. Kromě toho je potřebný pro aktivaci některých enzymů, např. glykolytických enzymů a enzymů dýchacího řetězce. Draslík

významně ovlivňuje svalovou aktivitu, zejména aktivitu srdečního svalu (Kvasničková, 1998). Resorpce draslíku v trávicím traktu je poměrně rychlá a účinnost dosahuje až 90 %.

Denní množství draslíku přijatého potravou je 2–5,9 g. Z těla je vylučován z velké části močí. V potravinách se draslík vyskytuje převážně ve formě volných iontů a v některých rostlinných materiálech je obsah mimořádně vysoký a může dosáhnout až 2 %, např. v čaji a pražené kávě (Velíšek, 2009).

Obsah, ve 100 g materiálu, je v pražené kávě přibližně 2020 mg, v černém čaji 2160 mg, v čaji zeleném 3000 mg, a v kakaovém prášku může být obsah až 3490 mg (Mindell, 2000; Velíšek, 2009).

Vápník

Vápník je hlavní minerální složkou lidského těla. Jeho celkový obsah činí asi 1500 g, přičemž 99 % z tohoto množství je obsaženo v kostech a zubech ve formě fosforečnanu vápenatého (Hopfenitzová, 1999). Hlavními biologickými funkcemi vápníku, kromě stavební funkce, je účast na nervové a svalové činnosti. Také je významný ve vazbě na bílkoviny a jako součást látek potřebných pro srážlivost krve. Řada metabolických dějů je regulována vápenatými ionty prostřednictvím jejich vazby na sérový polypeptid kalmodulin, který ovlivňuje aktivitu některých enzymů např. adenylátcyklasa a spolu s hořčíkem také aktivitu ATPasy (Mindell, 2000).

Obsah, na 100 g hmoty, se v černém i zeleném čaji činí 430 mg, v pražené kávě je kolem 130 mg a v kakau 105 mg (Velíšek, 2009).

Fosfor

Tělo dospělého člověka obsahuje 420–840 g fosforu, přičemž 80,9 % tohoto množství se nachází v kostech a zubech. Hlavními prvky kostní hmoty jsou, kromě fosforu, vápník a fluor (Kvasničková, 1998). Je resorbován v tenkém střevě hlavně ve formě HPO_4^{2-} .

Resorpce i exkrece fosforu je zčásti závislá na obsahu vápníku ve stravě a naopak. Je-li jeden z těchto prvků přítomen ve velkém nadbytku, zvýší se exkrece druhého prvku (Velíšek, 2009).

Fosfor má v organismu několik funkcí, které souvisejí s tím, v jakých sloučeninách je vázán. Jsou to zejména funkce stavební, funkce v energetickém metabolismu a dále funkce aktivační, regulační a katalytické. Ze sloučenin fosforu jsou složeny důležité části biologických struktur, např. anorganické fosfáty v kostech a zubech, fosfolipidy v biomembránách (Velíšek, 2009).

Hydrolyza makroergických fosfátů, jako jsou ATP a GTP, umožňuje uskutečnění energeticky náročných biosyntetických reakcí.

Naopak v katabolických procesech (oxidativní fosforylace, glykolýza) je chemická energie z odbouraných substrátů uložena do ATP (Velíšek, 2009).

Obsah fosforu, na 100 g materiálu, se v černém čaji pohybuje kolem 630 mg, v zeleném čaji kolem 620 mg, v pražené kávě 160 mg, v kakau 660 mg (Kvasničková, 1998).

Kromě těchto hlavních minerálních prvků se v čaji, kávě a kakau vyskytují další prvky s nezanedbatelným obsahem.

Železo

Množství železa v lidském organismu je asi 3–5 g. Nejvyšší koncentrace se nacházejí v krvi, játrech a slezině, nižší koncentrace jsou v ledvinách, srdci a kosterním svalu. Funkce železa souvisí především s tím, v jakých orgánech a sloučeninách je obsažen. Železo je hlavně součástí hemových proteinů (hemoglobin, myoglobin), kde se podílí na transportu kyslíku krevním řečištěm a skladování kyslíku ve svalové tkáni (Velíšek, 2009).

Doporučené denní dávky železa jsou pro ženy 15 mg a pro muže 10 mg. Těhotným ženám se doporučuje dávka 30 mg. Nedostatečný příjem železa vede k anémii (chudokrevnosti) a může snižovat reakce imunitního systému (Kvasničková, 1998; Mindell, 2000; Velíšek, 2009).

Železo je obsaženo především v kávových zrnech a listech černého čaje. Obsah v pražené kávě bývá 41 mg.kg⁻¹ a v černém čaji 110–310 mg.kg⁻¹ sušiny. (Velíšek, 2009).

Měď

Měď patří mezi esenciální prvky a měďnaté ionty jsou součástí aktivních center řady enzymů (superoxid dismutasa, oxidoreduktasy, hydroxylasy). Enzym superoxid dismutasa je významný pro ochranu subcelulárních struktur před poškozením oxidačními reakcemi, resp. před volnými radikály (Hopfenitzová, 1999; Velíšek, 2009).

Doporučené denní množství pro člověka je 1,5–3 mg. Měď je obsažena především v pražených zrnech kávy (8,2 mg.kg⁻¹ sušiny) a v černém čaji (11–33 mg.kg⁻¹ sušiny) (Velíšek, 2009).

Mangan

V těle dospělého je obsaženo asi 10–20 mg manganu. Vyšší koncentrace manganu jsou především v kostech, játrech, pankreatu a ledvinách. Nižší koncentrace (0,2–0,3 mg.kg⁻¹) se nacházejí v mozku, slezině, srdci a plicích. Nejvíce je mangan zastoupen v mitochondriích. Některé enzymy (např. pyruvátkarboxylasa) ve své molekule obsahují čtyři molekuly manganu ve formě Mn²⁺ (Velíšek, 2009).

Resorpce manganu z potravy probíhá ve všech částech tenkého střeva. Účinnost u dospělého člověka je 3–4 % (Kvasničková, 1998). Mangan je významný pro správný metabolismus cukrů a jeho nedostatek může vést k nebezpečí onemocnění Diabetes mellitus.

Dlouhodobý nedostatek manganu může vést především k problémům v cévním systému, protože dochází k nežádoucím změnám v metabolismu cholesterolu a jeho zvýšenému ukládání na cévní stěnu. Tento jev v dlouhodobém měřítku zvyšuje riziko vzniku kardiovaskulárních chorob. Doporučená denní dávka pro dospělého člověka je 2–3mg (Mindell, 2000).

Obsah manganu, na 100 g hmoty, v černém a zeleném čaji pohybuje je v rozmezí od 32 mg do 104 mg, v pražené kávě 1,5 mg. V kakaovém prášku je obsah manganu ve velmi malém množství (Velíšek, 2009).

Zinek

Tělo dospělého člověka obsahuje 1,4–3,0 g zinku. Vysoké koncentrace zinku se nacházejí především v kůži, vlasech a nehtech, dále se nachází v očních tkáních, játrech, ledvinách, slezině a v mužských pohlavních orgánech (Velíšek, 2009). Resorpce zinku v trávicím traktu probíhá v celé délce tenkého střeva a je regulována buňkami střevní sliznice. Účinnost resorpce je přibližně 30 %.

Zinek je součástí mnoha molekul, které vstupují do katalyzačních reakcí metabolických drah (např. alkoholdehydrogenasa, superoxid dismutasa). Také tvoří komplexy s peptidovým hormonem pankreatu, insulinem (Mindell, 2000; Velíšek, 2009).

Obsah, na 100 g materiálu, se pohybuje v černém a zeleném čaji v rozmezí 2,3–3,8 mg, v pražené kávě 0,6–0,8 mg a v kakaovém prášku 6,9 mg (Hopfenzitzová, 1999; Mindell, 2000).

4 Závěr

Na obsah biologicky aktivních látek v pochutinách má vliv jak odrůda, tak způsob zpracování dané komodity. V kávě je nejvýznamnější biologicky aktivní složkou kofein (0,7–2,5 %), patřící do skupiny alkaloidů. Kofein stimuluje centrální nervovou soustavu a srdeční činnost. Pražením kávových zrn klesá obsah kofeinu přibližně na polovinu a pražená zrna *Coffea arabica* obsahují menší množství kofeinu, než pražená zrna odrůdy *Coffea robusta*, proto jsou výrobky z odrůdy *C. arabica* vhodnější pro konzumenty, kteří jsou citlivější na účinky kofeinu.

V čaji jsou nejvýznamnější biologicky aktivní složkou polyfenolické látky, konkrétně katechiny (8–18 %). Katechiny jsou především silnými antioxidanty. Podobně jako u kávy, obsah souvisí hlavně se způsobem zpracování. Při fermentaci čajových listů dochází k vzájemné reakci katechinů, a tím ke vzniku méně účinných polyfenolických sloučenin, které jsou typické pro černý čaj. Čaj zelený, který fermentací neprošel, proto obsahuje větší množství „pravých“ katechinů.

V kakau, podobně jako u čaje, jsou významnou biologicky aktivní složkou polyfenolické látky, konkrétně flavonoidy (20 %). Kakaové produkty, s vyšším obsahem kakaové hmoty, obsahují nejvíce flavonoidů ze všech potravin a proto výrobky z nich, mohou v menším množství působit příznivě na lidské zdraví. Flavonoidy mají silné antioxidační účinky a dokáží například bránit oxidaci LDL cholesterolu, který se může usazovat na vnitřní straně cév a způsobit rozvoj kardiovaskulárních onemocnění.

Vitaminy a minerální látky se v čaji, kávě a kakau vyskytují v malém množství a v lidském organismu slouží buď jako aktivátory nebo součásti metabolických reakcí a enzymatického systému. Z vitaminů jsou nejvíce zastoupeny vitamin C a vitamin E, z minerálních látek mají v pochutinách nejvyšší obsahy draslík a fosfor.

Káva, čaj i kakao mohou, při přiměřené konzumaci, vykazovat pozitivní účinky na lidské zdraví a sloužit i jako prevence před současnými civilizačními chorobami.

5 Seznam literatury

- Ariefjohan, M. W., Savaiana, D. A. 2006. Chocolate and cardiovascular health: is it good to be true ?. *Nutrition Reviews*. 63 (12 Pt 1). 427–430.
- Augustin, J. 2003. Povídání o kávě: kávovníkové zrno (*Coffea arabica*), káva a kávoviny jako významné potravinářské pochutiny s obr. příl. Fontana. Olomouc. 354 s. ISBN: 8073360403.
- Baumann, T. W., Wanner, H. 1972. Untersuchungen über den transport von kaffeine in der Kaffepflanze (*Coffea arabica*). *Planta*. 108. 11–20.
- Best, B. 1999. Is Caffeine a Health Hazard?. *Pharmacological Reviews*. 51 (1). 83–133.
- Boit, H. 1961. Ergebnisse der Alkaloidchemie bis 1960. Akademie Verlag. Berlin. 359 s.
- Braunwald, E., Fauci, A.S. Kasper, D. L. Hauser, S. L. Longo, D. L. Jameson, J. L. 2001. *Harrison's principles of internal medicine*. McGraw-Hill Professional Publishing. New York. 2629 s. ISBN: 0070072728.
- Bright, Ch. 2001. Chocolate Could Bring the Forest Back. *World Watch Magazine*. 14 (6). 28.
- Caballero, B., Allen, L., Prentice, A. 2013. *Encyclopedia of Human Nutrition* (3. vyd.). Oxford. Academic Press. 2190 s. ISBN: 9780123750839.
- Caballero, B., Finglas, P., Toldrá, F. 2016. *Encyclopedia of Food and Health*. Academic Press. 4006 s. ISBN: 9780081005965.
- Campbell, I. 2014. Macronutrients, minerals, vitamins and energy. *Anaesthesia & Intensive Care Medicine*. 15 (7). 344–349.
- Dercks, W., Creasy L. L. 1989. *Physiological and Molecular Plant Pathology*. Department of Pomology, Cornell University, Plant Science Building. 34. 189–202.

- Engelking, L. R. 2015. Textbook of Veterinary Physiological Chemistry (Third Edition). Oxford. Academic Press. 773 s. ISBN: 9780123919090.
- Fajfrová, J. 2011. Vitaminy a jejich funkce v organismu. Interní medicína v praxi. 13 (12). 466–468.
- Frank, R. L., Pahl, T. E. 1998. Regulation of phytonutrients. The Manufacturing Confectioner. 78 (10). 55–61.
- Fredholm, B. 1999. Actions of caffeine in the brain with special reference to factors that contribute to its widespread use. Pharmacological Review. 61 (1). 83–133.
- Friedman, M., Kim, S. Y., Lee, S. J. Han, G. P., Han, J. S., Lee, K. R., Kozukue, N. 2005. Distribution of catechins, theaflavins, caffeine, and theobromine in 77 teas consumed in the United States. Journal of Food Science. 70 (9). 550–559.
- Heller, S. P., Salkeld, R. M., Korner, W. E. 1974. Riboflavin status in pregnancy. The American Journal of Clinical Nutrition. 27. 1225–1239.
- Higdon, J. 2006. Coffee and health a review of recent human research. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 46 (2). 11–23.
- Hilten, H. J. 2011. The Coffee Exporter's Guide. International Trade Centre. Switzerland. 267 s. ISBN: 9789291373949.
- Hopfenzitzová, P. 1999. Minerální látky. Praha. Ikar Praha. 88 s. ISBN: 8072544217.
- Hrabě, J., Buňka F., Hoza I. 2007. Technologie výroby potravin rostlinného původu. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Zlín. 189 s. ISBN: 9788073185206.
- Kadlec, P., Melzoch, K., Voldřich, M. 2013. Co byste měli vědět o výrobě potravin?: technologie potravin. KEY Publishing. Praha. ISBN: 9788074180606.

Kalač, Pavel. 2003. Funkční potraviny: kroky ke zdraví. Dona. České Budějovice. 130 s. ISBN: 8073220296.

Keller, H., Wanner, H., Baumann T. W. 1972. Kaffeinsynthese in früchten und gewebeulturen von *Coffea arabica*. Planta. 108. 339–350.

Kukačka, J., Zikmundová, K., Kotaška, K., Halačová, M., Vajtr, D., Průša, R. 2007. PAPP-A a matrixové metaloproteinázy 3 a 9 u pacientů se smíšenou dyslipoproteinémií. Klinická Biochemie a Metabolismus. 15 (36) No 2. 85–88.

Kuroda, Y., Hara, Y. 1999. Antimutagenic and anticarcinogenic activity of tea polyphenols. Mutation Research. 436. 69–97.

Kvasničková, A. 1998. Minerální látky a stopové prvky, esenciální minerální prvky ve výživě. ÚZPI Praha. Praha. 128 s. ISBN: 808510941.

Lee, K. W. 2003. Cocoa Has More Phenolic Phytochemicals and a Higher Antioxidant Capacity than Teas and Red Wine. Journal of Agricultural and Food Chemistry 51 (25). 7292–7295.

Lule, V. K., Garg, S., Gosewade, S. C., Tomar, S. K., Khedkar, C. D. 2016. Niacin. In: Encyclopedia of Food and Health. Academic Press. 4006 s. ISBN: 9780081005965.

Manach, C. 2004. Polyphenols: food sources and bioavailability. American Society for Clinical Nutrition. 79. 727–747.

Mandelová, L. 2005. Polyfenoly: rozdělení a výživa. Výživa a potraviny. 1. 10–14.

McKelvie, A. D. 1958. The polythene sheet method of rooting cacao cutting. Journal of Tropical Agriculture. 34. 260–265.

Mindell, E. 2000. Vitaminová bible pro 21. století. Praha. Euromedia Group-Knižní klub v Praze. 303 s. ISBN: 8024204061

- Minamisawa, M., Yoshida, S., Takai, N. 2004. Determination of biologically active substances in roasted coffees using a diode-array HPLC system. *Analytical Sciences*. 20 (2). 325–328.
- Mothers, K. Schütte, H. R. 1969. *Biosynthese der Alkaloide*. Deutscher Verlag der Wissenschaften. Berlin. 21. 221–227.
- Muramatsu, K. 1991. Summary and prospect of physiological function researches of tea. *Science of Tea*. 6. 205–213.
- Nakagawa K, Ninomiya M, Okubo T. 1999. Tea catechin supplementation increases antioxidant capacity and prevents phospholipid hydroperoxidation in plasma of humans. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 47. 3967–3973.
- Nielson, D. S. 2005. Yeast populations associated with Ghanaian cocoa fermentations analysed using denaturing gradient gel electrophoresis. *Yeast*. 22. 271–284.
- Onakpoya, I. J., Jeffrey, A. K. 2014. Vitamins, amino acids, and drugs and formulations used in nutrition. *Side Effects of Drugs Annual*. 35. 607–615.
- Padayatty, S. J., Katz, A., Wang, Y., Eck, P., Kwon, O., Lee, J., Chen, S., Corpe, Ch Dutta, A., Dutta, S. K., Levine, M. 2003. Vitamin C as an Antioxidant: Evaluation of Its Role in Disease Prevention. *Journal of American College of Nutrition*. 22 (5). 18–35.
- Pettigrew, J. 2001. *Čaj: rádce pro znalce*. Slovart. Praha. 192 s. ISBN: 807209212.
- Pettipher, G. L. 1986. Analysis of cocoa pulp and the formulation of a standardised artificial cocoa pulp medium. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 37. 297–309.
- Quesnel, V. C. 1972. Slimy fermentations. *Cocoa Growers'bull*. 18. 19–23.

- Recman, T. 2003. Zelený čaj. 1. české vyd. Svojtka & Co. Malá knihovnička zdraví. Praha. 133 s. ISBN: 8072376519.
- Rusconi, M., Conti, A. 1999. Theobroma cacao L., Food of the Gods: A scientific approach beyond myths and claims. *Pharmacological Research*. 6. 5–13.
- Sakai, M., Hara, Y. 1995. Inhibition of saccharine digestive enzymes by tea catechins. *Journal of Food Science*. 38. 77–81.
- Schmidt, B. Roberts, R. S., Davis, P., Doyle, L. W., Barrington, K. J., Ohlsson, L. 2006. Caffeine therapy for apnea of prematurity. *The New England Journal of Medicine*. 354. 2112–2121.
- Schwan, R. F., Fleet, G. 2015. Cocoa and coffee fermentations. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton. 611 s. ISBN: 1439847916.
- Slanina, J., Táborská, E. 2004. Příjem, biologická dostupnost a metabolismus rostlinných polyfenolů u člověka. *Chemické listy*. 98. 239–245.
- Smekalová, B. Káva. 2006. Ottovo nakladatelství. Praha, 63 s. ISBN: 8073603950.
- Sung, H., Nah, J., Chun, S. 2000. In vivo antioxidant effect of green tea. *European Journal of Clinical Nutrition*. 54. 527–529.
- Suzuki, T., Takahashi, E. 1976. Purine and purine alkaloids metabolism in *Camellia* and *Coffea* plant. *Phytochemistry*. 15. 1230–1235.
- Trojánek, J., Bláha, K. 1959. Otázka definice pojmu alkaloid. *Chemické listy*. 53. (1–6). 13.
- Valíček, P. 2002. Užitkové rostliny tropů a subtropů. Academia. Praha. 486 s. ISBN: 8020009396.
- Velíšek, J. 2009. *Chemie potravin II.* (3. vyd.). Osis. Tábor. 623 s. ISBN: 9788086659169.

Velíšek, J. 2003. Chemie potravin III. Osis. Tábor. 368 s. ISBN: 808665902X.

Vignoli, J. A. 2011. Antioxidant activity, polyphenols, caffeine and melanoidins in soluble coffee. The influence of processing conditions and raw material. Food Chemistry. 124. 863–868.

Vodrážka, Z. 2007. Biochemie. Academia. Praha. 192 s. ISBN: 9788020006004.

Český statistický úřad [online]. Praha. Aktualizace 3. prosince 2015. [cit. 2016–02–28]. Dostupné z: <<https://www.czso.cz/csu/czso/spotreba-potravin-2013-de0e4yvg8q>>.

European Coffee Federation (ECF). European Coffee Report 2013/14. [online.]. Belgium. Aktualizace 29. června 2005. [cit. 2015–10–25]. Dostupné z: <http://www.ecf-coffee.org/images/European_Coffee_Report_2013-14.pdf>.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT [online]. Roma. Aktualizace 5. května 2012. [cit. 2015–11–12]. Dostupné z: <<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/006/y5143e/y5143e00.pdf>>.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. Contribution of tea production and exports to food security, rural development and smallholder welfare in selected producing countries [online]. Roma. Aktualizace 7. března 2015. [cit. 2015–12–20]. Dostupné z: <<http://www.fao.org/3/a-i4485e.pdf>>.

National Institute of Health and Welfare. [online]. Helsinki. Aktualizace 9. července 2011. [cit. 2016–03–19]. Dostupné z <<http://www.fineli.fi/food.php?foodid=20&lang=en>>.

6 Seznam obrázků

Obrázek 1: Rostlina *Camellia sinensis*

Zdroj: <https://www.google.cz/search?hl=cs&site=imghp&tbn=isch&source=hp&biw=1366&bih=643&q=%C4%8Dajovn%C3%ADk&oq=%C4%8Dajovn%C3%ADk&gs_l=img.3..014j0i3013j0i2413.1746.2869.0.3062.8.6.0.2.2.0.231.702.0j3j1.4.0....0...1ac.1.64.img..2.6.734.mmjgf328FxQ#imgrc=5ASMOmlRAxgDdM%3A>. [cit. 2016–01–15]

Obrázek 2: Rozdělení listových čajů podle postavení listů na rostlině

Zdroj: <https://www.google.cz/search?hl=cs&site=imghp&tbn=isch&source=hp&biw=1366&bih=643&q=%C4%8Dajovn%C3%ADk&oq=%C4%8Dajovn%C3%ADk&gs_l=img.3..014j0i3013j0i2413.1746.2869.0.3062.8.6.0.2.2.0.231.702.0j3j1.4.0....0...1ac.1.64.img..2.6.734.mmjgf328FxQ#hl=cs&tbn=isch&q=Rozd%C4%9Blen%C3%AD+listov%C3%BDch+%C4%8Daj%C5%AF+podle+postaven%C3%AD+list%C5%AF+na+rostlin%C4%9B&imgrc=WIPVfbK5V3FpXM%3A>. [cit. 2016–01–15].

Obrázek 3: Rostlina *Coffea arabica*

Zdroj: <https://www.google.cz/search?hl=cs&site=imghp&tbn=isch&source=hp&biw=1366&bih=643&q=coffea+arabica&oq=coffea&gs_l=img.1.0.013j0i3017.3372.4203.0.6332.6.5.0.1.1.0.189.505.0j3.3.0....0...1ac.1.64.img..2.4.521.s8zwFo8PooA#imgrc=veglDAWdiEwUNM%3A>. [cit. 2016–01–15].

Obrázek 4: Zrno *Coffea arabica*

Zdroj: <https://www.google.cz/search?q=zrno+coffea+arabica&espv=2&biw=1366&bih=643&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjD-cKsloTMAhXkKJoKHegIC0UQ_AUIBigB#imgrc=YeNy3APbmgqL7M%3A>. [cit. 2016–01–15].

Obrázek 5: Rostlina *Theobroma cacao*

Zdroj: <https://www.google.cz/search?hl=cs&site=imghp&tbn=isch&source=hp&biw=1366&bih=643&q=Rostlina+Theobroma+cacao&oq=Rostlina+Theobroma+cacao&gs_l=img.3...770.770.0.1118.1.1.0.0.0.146.146.0j1.1.0....0...1ac.1.64.img..0.0.0.Udlx1SVm164#hl=cs&tbn=isch&q=Theobroma+cacao&imgrc=46PYyEEfvz_ESM%3A>. [cit. 2016–01–15].

Obrázek 6: Vzhled plodů odrůd kakaovníku

Zdroj: <https://www.google.cz/search?hl=cs&site=imghp&tbm=isch&source=hp&biw=1366&bih=643&q=plody+kakaovn%C3%ADku&oq=plody+kakaovn%C3%ADku&gs_l=img.3..0i24.848903.855547.0.855739.26.16.5.5.5.0.244.1835.0j10j2.12.0....0...1ac.1.64.img..4.22.1942.QNTBt9iNvR8#hl=cs&tbm=isch&q=plody+kakaovn%C3%ADku+criollo+trinitario+forastero&imgc=Bc0yv9YWR22nCM%3A>. [cit. 2016–01–15].