

# Biologicky aktivní látky ve vybraných rostlinách rodu *Camellia*

Eva Oriňaková

---

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: **Eva ORIŇAKOVÁ**

Osobní číslo: **T07114**

Studijní program: **B 2901 Chemie a technologie potravin**

Studijní obor: **Chemie a technologie potravin**

Téma práce: **Biologicky aktivní látky ve vybraných rostlinách rodu  
Camellia**

Zásady pro vypracování:

- 1. Stučně pojednat o historii, botanické charakteristice a technologickém zpracování čajovníku v potravinářském průmyslu.**
- 2. Na základě dostupné literatury rozdělit jednotlivé skupiny biologicky aktivních látek dle jejich chemické struktury a stručně charakterizovat jejich vlastnosti.**
- 3. Krátce pojednat o účincích vybraných rostlin rodu Camellia na lidský organismus.**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] J. VELÍŠEK: Chemie potravin 2, OSSIS, Tábor 2002.

[2] J. VELÍŠEK: Chemie potravin 3, OSSIS, Tábor 2002.

[3] N. K. Jain, M. Siddigi, J. Weisburger: Protective Effects of Tea on Human Health. CABI, 2006.

[4] Dle provedení literární rešerše s využitím databáze Chemical Abstracts.

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Michal Rouchal**

Ústav chemie

Datum zadání bakalářské práce:

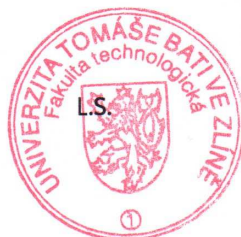
**11. února 2010**

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*

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby <sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užit 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 24.05.2010

*Oriňaková Eva*  
.....

<sup>17</sup> zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

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

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

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

<sup>21</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

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

<sup>31</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

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

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

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

## **ABSTRAKT**

Základním cílem předložené bakalářské práce je pojednat o nejvýznamnějších biologicky aktivních látkách ve vybraných rostlinách rodu *Camellia*. Dále jsou zmíněny základní historické mezníky v dějinách čaje, botanická charakteristika, technologie výroby a protektivní účinky rostlin rodu *Camellia* na lidský organismus.

Klíčová slova: biologicky aktivní látka, *Camellia*, čaj, ochranný účinek

## **ABSTRACT**

The essential purpose of presented bachelor thesis is description of the most important biologically active compounds included in selected plants of the genus *Camellia*. The basic historical milestones in tea history, botanical characteristic, production technology and protecting effects of plants of the genus *Camellia* on the human body are also described.

Keywords: biologically active compound, *Camellia*, tea, protecting effect

## **Poděkování**

Chtěla bych poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce, Ing. Michalovi Rouchalovi, za odborné a cenné rady, doporučení a čas, který mi věnoval při sestavování bakalářské práce. Dále bych ráda poděkovala Ing. Martině Ošřádalové z Veterinární a farmaceutické univerzity Brno, Ústavu vegetabilních potravin a rostlinné produkce za poskytnuté informace k dané problematice.

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

## OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 HISTORIE ČAJE</b> .....	<b>12</b>
1.1 HISTORICKÉ MEZNÍKY V DĚJINÁCH ČAJE.....	12
<b>2 BOTANICKÁ CHARAKTERISTIKA</b> .....	<b>14</b>
<b>3 TECHNOLOGIE VÝROBY ČAJE</b> .....	<b>17</b>
3.1 SBĚR ČAJOVNÍKOVÝCH LÍSTKŮ.....	17
3.2 ZAVADNUTÍ A SVINOVÁNÍ ČAJOVNÍKOVÝCH LÍSTKŮ.....	18
3.3 FERMENTACE ČAJOVNÍKOVÝCH LÍSTKŮ.....	18
3.4 SUŠENÍ A TRÍDĚNÍ ČAJOVNÍKOVÝCH LÍSTKŮ .....	19
<b>4 CHEMICKÉ SLOŽENÍ ČAJE</b> .....	<b>20</b>
<b>5 BIOLOGICKY AKTIVNÍ LÁTKY</b> .....	<b>22</b>
5.1 PURINOVÉ ALKALOIDY .....	22
5.1.1 Kofein.....	24
5.1.2 Theobromin .....	25
5.1.3 Theofyllin .....	26
5.2 FLAVONOIDY .....	26
5.2.1 Katechiny.....	28
5.2.2 Flavonoly a jejich glykosidy.....	31
5.3 SAPONINY .....	31
5.4 TRÍSLOVINY.....	32
5.5 PŘÍRODNÍ BARVIVA .....	33
5.6 SILICE.....	35
<b>6 VLIV ROSTLIN RODU <i>CAMELLIA</i> NA LIDSKÝ ORGANISMUS</b> .....	<b>36</b>
6.1 ČAJ A PREVENCE RAKOVINY .....	36
6.2 ÚČINEK ČAJE PROTI KARDIOVASKULÁRNÍM ONEMOCNĚNÍM .....	37
6.3 ANTIDIABETICKÝ ÚČINEK ČAJE.....	38
6.4 PREVENTIVNÍ ÚČINKY ČAJE PROTI OBEZITĚ.....	38
6.5 OCHRANNÉ ÚČINKY ČAJE PROTI PLICNÍMU ONEMOCNĚNÍ.....	39
6.6 CHEMOPREVENTIVNÍ ÚČINKY ČAJE PROTI DEMENCI.....	39
6.7 ČAJ A ÚSTNÍ HYGIENA .....	39
<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>41</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b> .....	<b>43</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK</b> .....	<b>47</b>



<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>48</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>49</b>

## ÚVOD

S rostlinami rodu *Camellia* se setkáváme každodenně v podobě lahodného čajového nápoje. Tyto rostliny původně pochází z oblasti Indie, Číny a z jejich okolních zemí. V našich zeměpisných šířkách je pěstování těchto rostlin docela obtížné, neboť jim vyhovuje deštivé a teplé podnebí s průměrnými ročními teplotami kolem 18 °C.

První zmínky o čaji na našem území se objevují teprve v 19. století v díle Jana Svatopluka Presla „*Všeobecný rostlinopis*“. Naproti tomu historie čaje ve světě je dlouhá několik tisíc let. Během této doby se z čaje nestal jen druhý nejužívanější nápoj, ale dostal se i do tradic mnoha kultur, které povýšily pití čaje na významnou společenskou událost. Již od počátku lidé pozorovali pozitivní účinky těchto rostlin na lidský organismus, přičemž zjišťovali, že různá úprava a užívání této rostliny přispívá k lepšímu stavu lidského organismu. Spolu s rozvojem přírodních věd se dostaly rostliny rodu *Camellia* do popředí zájmu řady odborných pracovišť na celém světě. Není studována jen chemická kompozice jednotlivých rostlin tohoto rodu, ale také možnosti izolace, identifikace či syntetické přípravy nově objevených sloučenin. Stranou není ponechán ani případný vliv těchto látek na lidský organismus.

Hlavním cílem této práce bude deskripce již identifikovaných sloučenin obsažených v čaji, které mají prokazatelně pozitivní účinek na lidský organismus. Jedná se zejména o purinové alkaloidy, flavonoidy, saponiny, třísloviny, přírodní barviva a silice. Je všeobecně známo, že čajové nápoje působí jako silné antioxidanty. Za antioxidační schopnost jsou zodpovědné převážně flavonoidní látky, zejména katechiny (epigallokatechin-3-gallát). Dále se vyznačují antimikrobiálními a povzbuzujícími účinky, což platí zejména pro purinové alkaloidy, mezi něž patří kofein, theobromin a theofyllin.

Předložená práce bude dále pojednávat o historii rostlin rodu *Camellia*, botanické charakteristice, chemickém složení a technologii výroby čaje nebo o vlastních účincích rostlin rodu *Camellia* na lidský organismus.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 HISTORIE ČAJE

S historií čaje se pojí mnoho pověstí a bohatá tradice. Archeologické výzkumy dokázaly, že se čaj z volně rostoucích čajovníků zpočátku neužíval ani jako nápoj, nýbrž jako potravina. Například v Thajsku se napařované listy balily do kuliček a jedly se solí, česnekem, olejem a sušenými rybami. V oblastech Indie se čaj jedl s anýzovými semínky a se solí a v Barmě si lidé čajové listy nakládali a používali jako salát [1].

Čajovník nese své latinské jméno *Camellia sinensis* po brněnském rodákovi Jiřím Kammelovi (Georg Josef Kammel), který se narodil 21. 4. 1661. Jako misijní jezuitský lékárník působil na ostrově Luzon na Filipínách celkem 17 let a zde také napsal své stěžejní dílo: „*Přehled rostlin a ostatních keřů rostoucích na Luzonu, hlavním ostrově Filipín*“. Jiří Kammel zemřel na amébiázu v roce 1706 [2].

Za kolébku pěstování čajovníku je považována Jihovýchodní Asie, konkrétně Čína. První písemné zmínky o čaji pocházejí z let asi 3000 př. n. l. [1].

### 1.1 Historické mezníky v dějinách čaje

V následující tabulce jsou uvedeny historické mezníky v dějinách čaje.

Tabulka 1. Významné mezníky v historii čaje [1, 3]

Období	Událost
2737 př. n. l.	V čínské lékařské knize se objevuje první písemná zmínka o čaji jako o léčivém nápoji.
221 př. n. l.	Zavedení daně z čaje.
350 n. l.	V čínském slovníku Er-Ja se objevila první zmínka o pěstování čaje. Čaj se v této epoše používal především k léčení nervových a trávicích obtíží.
479 n. l.	Turečtí obchodníci na mongolských hranicích směňují své zboží za čaj.
350–600 n. l.	Čínští pěstitelé zdokonalují techniku pěstování čaje, aby vyhověli větší poptávce po čaji.

Tabulka 1. Pokračování

780 n. l.	Lu Jü napsal knihu „ <i>Čcha-t'ing</i> “ neboli „ <i>Klasické pojednání o čaji</i> “. Ve svém díle popisuje správné techniky pěstování, zpracování a přípravy čaje.
850 n. l.	Sulejman napsal knihu „ <i>Pojednání o čaji od dvou arabských cestovatelů</i> “, díky němuž se západní svět seznamuje s čajem.
kolem r. 1450 n. l.	Murata Šúkó dává pevný řád japonskému čajovému obřadu.
1517 n. l.	Portugalští námořníci přijíždějí do Číny a nakupují čaj.
1606 n. l.	Holandská Východoindická společnost dováží první náklad čínského čaje do Evropy.
1635 n. l.	První zprávy o pití čaje v Evropě.
1660 n. l.	Britská vláda ukládá daň z dovozu čaje.
1834 n. l.	V Indii je proveden první pokus o pěstování čaje.
1848 n. l.	Britský dobrodruh Robert Fortune se vydává za čínského obchodníka, aby vyzvěděl tajemství o pěstování čínského čaje.
1869 n. l.	Plísňové onemocnění zničí celou úrodu kávy na Ceylonu (dnešní Srí Lanka). Místo kávy se zde začíná pěstovat čaj a stává se důležitým vývozním artiklem této země.
20. století	Obliba čaje stoupá souběžně s tím, jak vědecký výzkum potvrzuje prospěšnost čaje lidskému zdraví.

## 2 BOTANICKÁ CHARAKTERISTIKA

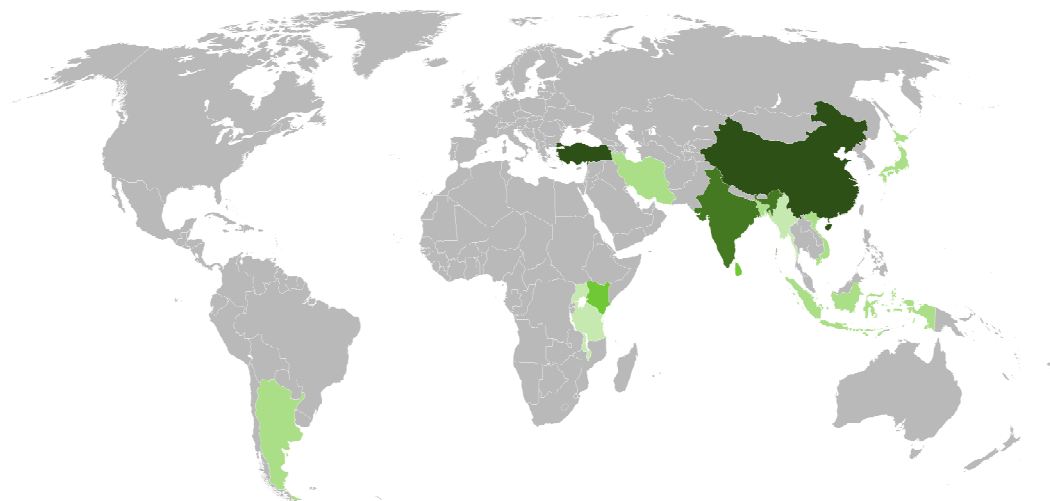
Čajovníky jsou stálezelené rostliny, které rostou v tropickém nebo v subtropickém pásmu [4]. Patří do rodu *Camellia*, který zahrnuje 267 druhů a poddruhů stromů a keřů z čeledi *Theaceae*, čajovníkovitých [2].



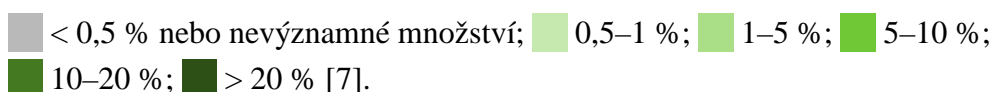
Obrázek 1. *Camellia sinensis* (L.) Kunté [5]

Ideální podmínky pro pěstování čajovníku se nacházejí v nadmořské výšce nad 1200 m nad mořem. Ve vyšších nadmořských výškách (okolo 3000 m nad mořem) roste čajovník pomaleji. Úroda z těchto nadmořských výšek je menší, ale o to jsou vyrobené čaje kvalitnější. Čajovníky nejlépe rostou v kyselé půdě (pH 4,0–5,5) s nízkým obsahem vápníku a nesnáší trvalejší zamokření, neboť dochází k uhnívání kořenů (projevuje se žloutnutím nadzemní části rostliny a následným uhynutím) [2]. Těmto rostlinám vyhovuje deštivé a teplé podnebí s teplotou kolem 18 °C. Také jim prospívají ranní mlhy [1].

Čajovník původně pochází z oblasti Assamu v Indii, z jižní Číny, z Barmy, Thajska, Laosu, Vietnamu a Kambodže [2]. Největšími producenty čaje jsou Indie, Čína, Srí Lanka, Keňa, Turecko, Indonésie, Japonsko a Vietnam [6]. Podíl jednotlivých zemí na světové produkci čaje v roce 2008 je uveden na Obrázku 2.



Obrázek 2. Procenta z celkové produkce čaje v roce 2008



Podle původního výskytu čajovníku se z botanického hlediska rozlišují hlavní skupiny nazývané jako „jat“ (džát) [2, 4]. Rozlišujeme džát čínský, assamský a indočínský [2]. Jozef Augustin ve své knize [4] uvádí další skupinu nazvanou různé křížence čajovníků.

Čínská skupina zahrnuje subtropické čajovníky, které se vyznačují keřovitým vzrůstem (2–3 m) [2]. Do této skupiny zařazujeme čajovník *Camellia sinensis* L. [4]. Listy těchto čajovníků mají zelenou barvu, jsou střídavé, vejčité až dlouze protáhlé [8]. Průměrná délka listu je 4–7 cm [2], ale mohou dosahovat délky až 12 cm [8]. Okraje listů jsou silně zubaté a květy se vyznačují pěti až sedmi kališními lístky a stejným počtem korunních plátek. Korunní plátky jsou bílé, nažloutlé až lehce růžové [8]. Optimální teplota pro pěstování tohoto čajovníku je 15–20 °C [2]. Tyto rostliny jsou velice odolné a snesou pokles teplot až do -13 °C. Nejvyšší kvalitu čaje poskytují první sklizně [2].

Assamskou skupinu čajovníků představují mohutnější stromy, které dosahují výšky až kolem 30 m. Těmto rostlinám vyhovuje tropické klima, tudíž pokles teploty pod -4 °C jej poškozují [2, 4]. Do této skupiny patří čajovník *Camellia assamica* neboli čajovník indický. Tato rostlina byla objevena v 19. století a vyznačuje se lesklými, většími, tenčími a zřídka nevýrazně zubatými listy s výraznou špičkou [2, 4, 8]. Dále se vyznačuje šedou, kaštanovohnědou až popelavě modrou barvou kůry. Optimální teplota pro pěstování tohoto

čajovníku je 20–25 °C [2]. V praxi se rozlišuje pět assamských džátů: manipuri, lishai, bruma, tmavolistý a světle popelavý assam [4].

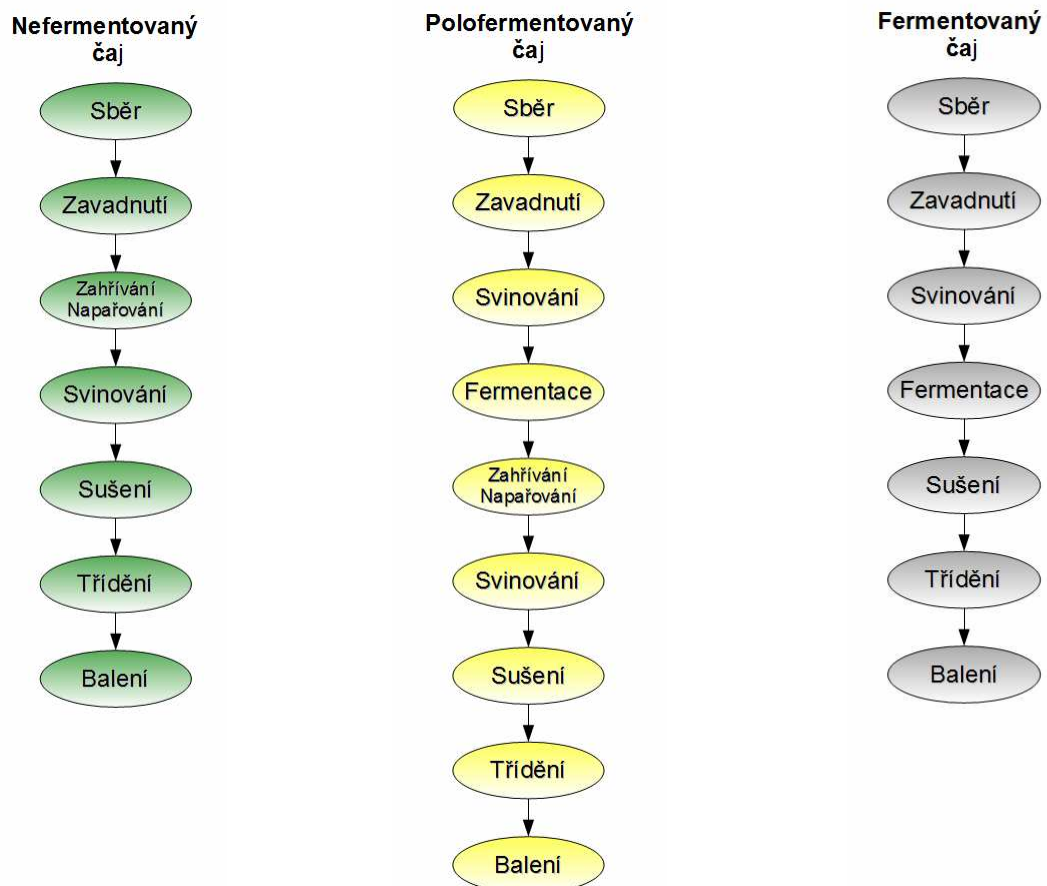
Indočínskou skupinu čajovníků tvoří nízké tropické stromy, které dorůstají do výšky asi pěti metrů [2, 4]. Listy těchto čajovníků jsou lesklé, hladké, lehce ozubené a dosahují délky až 8 cm [4]. Tyto čajovníky jsou nejméně rozšířeny [2] a pěstují se výhradně na Srí Lance [4].

Hybridní čajovníky jsou tvořeny kříženci čínských, assamských a indočínských džátů [4]. Tyto rostliny poskytují vyšší výnosy, ale nedosahují vysoké jakosti jako původní rostliny [2, 4].



### 3 TECHNOLOGIE VÝROBY ČAJE

Technologie výroby čaje zahrnuje následující kroky: sběr čajovníkových lístků, zavadnutí, zahřívání/napařování (pouze u polofermentovaných a nefermentovaných čajů) svinování, fermentaci (při výrobě zeleného čaje neprobíhá), sušení, třídění a balení. Jednotlivé kroky nezbytné pro výrobu technologicky odlišných typů čajů jsou schématicky znázorněny na Obrázku 3.



Obrázek 3. Schématické znázornění postupu výroby čaje

#### 3.1 Sběr čajovníkových lístků

Sběr čajovníkových lístků probíhá po 4, až 5 letech po vysazení rostliny [2]. Tyto čajovníkové lístky se sklízí 4–5krát ročně, na Ceyloně dokonce až 30krát [9]. Sběr se provádí na většině plantáží klasickým ručním způsobem nebo s použitím speciálních nůžek. Na některých plantážích se sběr provádí s využitím mechanizace, hlavně v rovinatém terénu. Strojově se sklízí čajovníkové lístky převážně v Rusku a ojediněle

v Japonsku [4]. Ruční sběr je vhodnější než strojový, protože ovlivňuje kvalitu čaje. U ruční sklizně se musí dbát na správné ulamování nejkvalitnějších koncových výhonků a také je k rostlině šetrnější. Naopak u strojové sklizně dochází ke sběru koncových výhonků různé kvality, přičemž mohou být poškozeny i rostliny [1].

Při sbírání se otrhávají mladé, koncové výhonky čajovníku, které nazýváme „fleše“. Fleše se skládají ze dvou až pěti mladých lístků a z vrcholového (terminálního) pupenu, označovaného jako „tip“. Fleše rozdělujeme na jemné, střední a hrubé. Jemným flešem se označuje výhonek z listového puku a dvou lístků [10]. Tyto fleše jsou velmi bohaté na aromatické a extraktivní látky [10] a používají se na přípravu vysoce kvalitních čajových nápojů [4]. Za střední fleš se považuje pupen a tři lístky, hrubým flešem se označuje výhonek z puku a pěti lístků [4].

### 3.2 Zavadnutí a svinování čajovníkových lístků

Zavadnutí probíhá ve speciálních místnostech za konstantní teploty (20–24 °C) a relativní vlhkosti (75 %). Zavadlé listy se dále svinují na strojích nazývaných rollery. Při svinování dochází k narušení povrchu listů a uvolnění buněčné šťávy. Oxidace některých složek buněčné šťávy podmiňuje fermentační proces [3].

### 3.3 Fermentace čajovníkových lístků

Fermentace probíhá ve zvláštních místnostech na dřevěných lískách za regulovaného mikroklimatu, kde se mění barva listů z původní zelené na medově červenou [3] až červenohnědou [10]. Změna barvy je způsobena rozkladem chlorofylu za vzniku feofytinů [10, 11].

Během fermentace vzniká čajovníkový éterický olej a pro každý druh čajovníkových listů charakteristická vůně [4]. Dále se při fermentaci uvolňuje kofein a oxidují se třísloviny [10]. Podle způsobu fermentace rozdělujeme čaje do tří skupin, a to na fermentované, nefermentované a polofermentované. Mezi nefermentované čaje patří především zelené a bílé čaje. Mezi polofermentované čaje řadíme Wu-lung, který je spíše znám pod jménem Oolong a mezi fermentované čaje patří černý a červený čaj [12]. Vícenásobnou fermentací čajovníkových listů vznikají vysoce kvalitní čaje, které se označují jako Pu-erh čaje [10].

### 3.4 Sušení a třídění čajovníkových lístků

Po fermentaci se čaj suší při vyšších teplotách cirkulujícím suchým vzduchem, přičemž dochází k inaktivaci enzymů a ke změně barvy čajového listu na hnědočernou až černou [9, 10]. Změna barvy je způsobena karamelizací cukru [10].

Po usušení se čaj třídí na sítích. Neprosítované čajové lístky postupují do lámacího stroje, kde vzniká zlomkový čaj, který se sítuje znovu. Tato technologie se označuje jako ortodoxní a v posledních letech je vytlačována způsobem označovaným „CTC“ (z anglického crushing – tearing – curling; drcení – trhání – rolování). Od ortodoxního výrobního postupu se liší tím, že před rolováním je list silně narušen na speciální rezačce. Buněčná šťáva z listů je silněji vylučována a tím dochází k výraznější fermentaci [9]. Předností takto vyrobených čajovníkových listů je jejich silná barvicí mohutnost v čajovém nápoji. Nevýhodou této technologie je kratší doba trvanlivosti čajovníkových listů [4].

## 4 CHEMICKÉ SLOŽENÍ ČAJE

Čerstvé natrhané lístky rostlin rodu *Camellia* obsahují 75–80 % vody, zbytek tvoří sušina [13]. Nejvýznamnějšími složkami sušiny jsou sacharidy, pektinové látky, vitaminy a minerální látky.

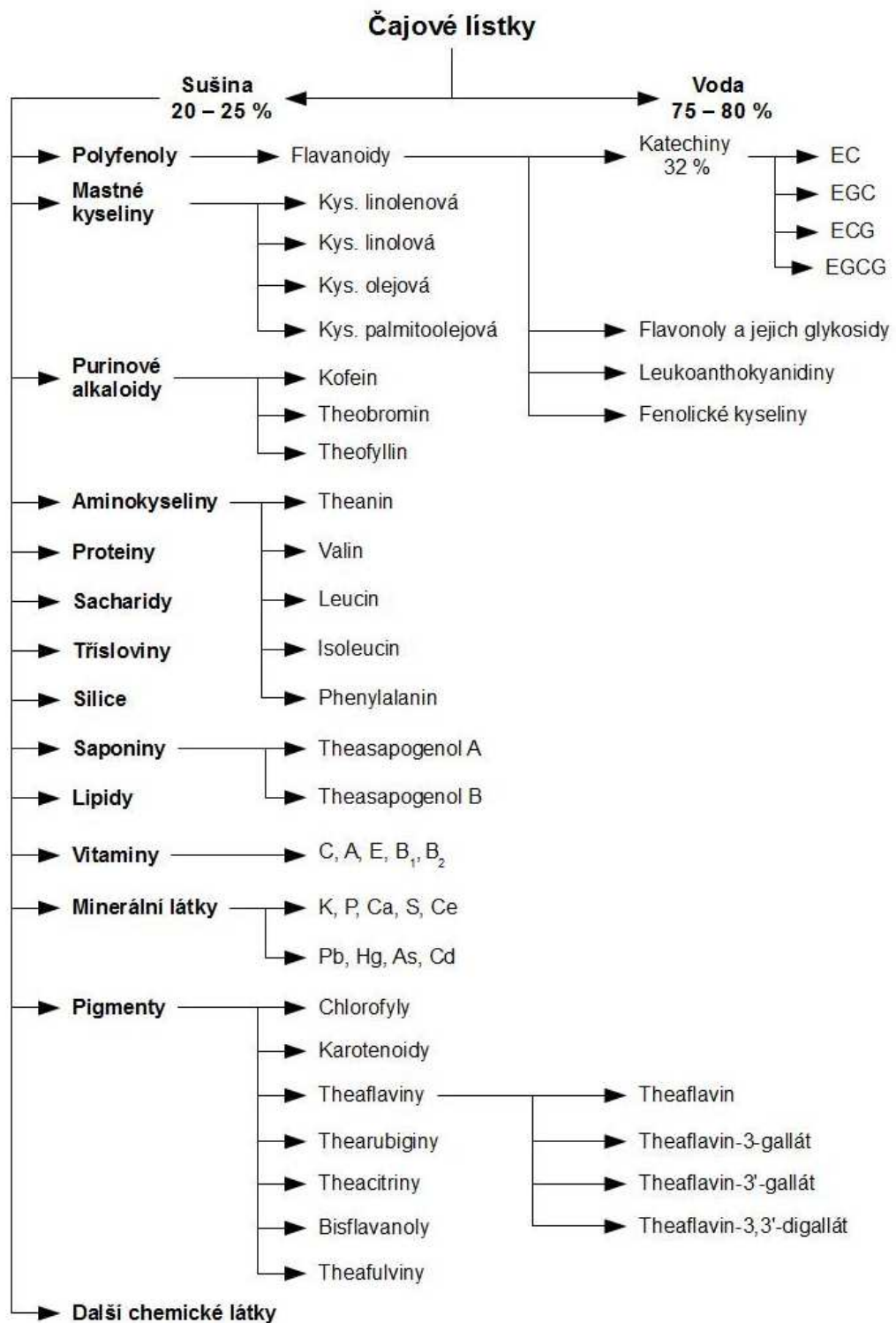
Sacharidy tvoří 0,73 až 1,4 % suché hmotnosti čajovníkových listů. Z toho polysacharidy (škrob) 0,82 až 2,9 %. Pektinové látky jsou zastoupeny v 6,1 %.

Lipidy tvoří 4–9 % ze sušiny čerstvých čajovníkových listů. Hlavní mastnou kyselinou v čaji je kyselina linolenová. Dominantní aminokyselinou je theanin neboli 5-*N*-ethylglutamin, tvoří 2 % sušiny z 50 % z celkových aminokyselin.

V čajovníkových listech jsou obsaženy jak hydrofilní, tak lipofilní vitaminy. Z hydrofilních se jedná zejména o vitaminy B<sub>1</sub> a B<sub>2</sub> a C, z lipofilních jsou zastoupeny vitaminy skupiny A a E.

V černém čaji je zastoupeno různé množství minerálních látek. V největším množství se nachází draslík, fosfor, vápník, síra a chlor. V čaji se také nachází stopová množství toxických prvků, zejména olovo, rtuť, arsen a kadmium [11].

Černé a zelené čaje obsahují přibližně stejná množství kofeinu (1,5–4 %), flavonoidů 33 % a flavanolů 3 %. Naopak se liší množstvím katechinů, kdy v černém čaji jsou katechiny zastoupeny v maximálním množství 9 %, zatímco v zeleném čaji je obsaženo až 30 % katechinů [11]. Na Obrázku 4 jsou schematicky naznačeny jednotlivé skupiny látek (a jejich významní členové) obsažené v čaji.



Obrázek 4. Chemické složení čajovníku

## 5 BIOLOGICKY AKTIVNÍ LÁTKY

Moderními analytickými metodami se doposud podařilo v různých typech čajovníkových listů identifikovat přibližně 400 různých látek. Všechny přítomné sloučeniny vzájemně dotvářejí poměrně rozsáhlý nespecifický, biologický komplex látek [4]. Mezi nejvýznamnější biologicky aktivní látky čaje patří flavonoidy, třísloviny, purinové alkaloidy, silice a vitaminy.

### 5.1 Purinové alkaloidy

Alkaloidy jsou dusíkaté bazické sloučeniny, které vznikají jako sekundární metabolity rostlin. Tvoří heterogenní skupinu látek zahrnující více než 5000 chemických individuů [11]. Slovo alkaloid je arabsko-řecká složenina „*al-kal-oid*“, která v překladu znamená „*zásadám podobný*“ [14, 15]. Alkaloidy jsou většinou pevné, bezbarvé, lipofilní a ve vodě málo rozpustné sloučeniny. Bazicitu těchto látek vyvolává přítomnost atomu dusíku v molekule, a to především dusík umístěný v heterocyklu [16, 17].

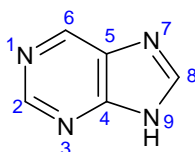
Nejčastěji se tyto látky vyskytují ve vyšších rostlinách, a to především v kořenech, semenech, listech a kůře [11]. Rostlina zpravidla obsahuje jeden hlavní alkaloid, který je doprovázen řadou strukturně podobných sloučenin [16, 17]. Dále se nacházejí v některých druzích mechů (plavuně, přesličky), hub, ale setkat se s nimi lze také u bakterií [11]. U živočichů se alkaloidy vyskytují vzácně [16, 17]. Výjimečné jsou z tohoto pohledu některé druhy hmyzu, které často obsahují alkaloidy rostlinného původu [11].

Význam alkaloidů pro rostlinu není jednoznačný. Předpokládá se, že jejich prudký účinek může být ochranou před parazity a býložravci. Další možností je, že alkaloidy mohou být dusíkatými odpadními látkami rostlinného organismu, ale většinou se tento dusík rostlinám nedostává, pak by zřejmě měly umět metabolizovat alkaloidy zpět. Biosyntéza alkaloidů je pro rostlinu energeticky náročná a vyžaduje účast specifických enzymů (aminoxidázy), a proto musí mít nezanedbatelný význam, který prozatím není znám [16, 17].

Některé alkaloidy mají výrazné biologické účinky a ve formě solí s anorganickými či organickými kyselinami, zajišťující vyšší rozpustnost účinné látky v polárních médiích (např. voda), jsou důležitými léčivy [18]. Své uplatnění nacházejí alkaloidy při léčbě

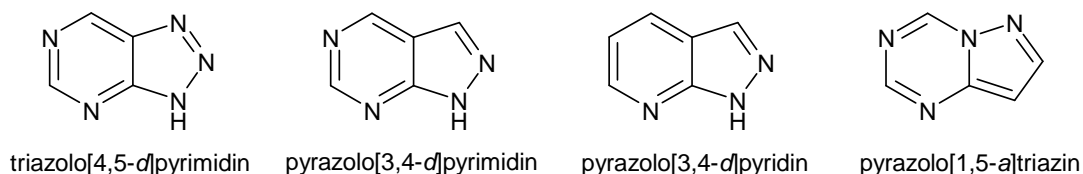
některých neurodegenerativních onemocnění (např. Parkinsonova choroba či migréna) [19].

Imidazo[4,5-*d*]pyrimidin, obecně známější spíše pod jeho triviálním označením purin, byl takto poprvé pojmenován nositelem Nobelovy ceny za chemii Emilem Fischerem v roce 1884 [20]. Na Obrázku 5 je uvedena struktura 9*H*-isomeru purinového skeletu včetně používaného číslování jednotlivých atomů tohoto kondenzovaného heterocyklu.



Obrázek 5. Struktura purinového kruhu

Sloučeniny s purinovým skeletem představují širokou skupinu látek, u nichž byla popsána řada biologických účinků. Mohou tak vystupovat jako látky inhibující aktivitu mnoha enzymů či kompletování mikrotubulu, induktory interferonu či agonisté/antagonisté receptorů adenosinu. Existuje celá řada heterocyklických analogů purinového kruhu, například thiazolo[4,5-*d*]pyrimidin, pyrazolo[3,4-*d*]pyrimidin, pyrazolo[3,4-*d*]pyridin, pyrazolo[1,5-*a*]triazin aj. (Obrázek 6) [21].



Obrázek 6. Heterocyklické analogy purinového kruhu

Mezi nejrozšířenější alkaloidy v potravinách patří sloučeniny s purinovým skeletem. Jsou to mono-, di- nebo tri-methylderiváty xanthinu, který se přirozeně vyskytuje ve dvou tautomerních formách (Obrázek 7), a sice jako 3,4,5,9-tetrahydropurin-2,6-dion (**1**) a purin-2,6-diol (**2**) [16, 22]. Za významný purinový alkaloid je považován kofein, který obvykle bývá doprovázen theobrominem, theofyllinem, dále také paraxanthinem a methylmočovými kyselinami [11].





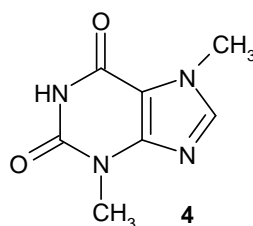
látky. Po požití této látky dochází také ke zvýšení činnosti dýchacího a oběhového ústrojí, což vede k vyššímu okysličování mozku a tím samozřejmě ke zvyšování duševní bdělosti, zkracování reakční doby a ke zlepšení výkonnosti svalů [11]. Za nežádoucí účinek kofeinu je považována zvýšená sekrece kyseliny chlorovodíkové žaludeční sliznicí [14, 15].

Kofein z čaje působí jinak než kofein z kávy. Kofein obsažený v čaji stimuluje především vegetativní nervový systém, zatímco kofein z kávy způsobuje přímé uvolnění adrenalinu. To znamená, že kofein z čaje působí na sympatikus i na parasympatikus, stimuluje tyto nervy, a podle míry jejich podráždění jsou nadledvinky drážděny k produkci adrenalinu. Tento proces je pozvolný a kontinuální, organismus není nucen rychle štěpit nadměrné množství adrenalinu, proto účinek trvá déle [25, 26].

U těhotných žen může kofein ovlivňovat vývoj plodu, snižovat porodní váhu a přispívat k tvorbě kosterních a jiných anomálií [11]. Smrtelná dávka kofeinu při orálním užití je u dospělých 10 g, což je rovno přibližně 125 šálků čaje nebo 75 šálků kávy. U dětí se uvádí smrtelná dávka  $100 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  [27].

### 5.1.2 Theobromin

Theobromin (**4**, Obrázek 9) je bezbarvý, hořký krystalický prášek nerozpustný ve vodě se sumárním vzorcem  $\text{C}_7\text{H}_8\text{N}_4\text{O}_2$  a systematickým názvem 3,7-dimethylpurin-2,6-dion. Vyznačuje se podobnými, ale slabšími účinky jako kofein [28, 29]. Název theobromin je odvozen od rodového názvu kakaovníku, tedy od slova *Theobroma* [28]. V sušině čajovníkových listů je tohoto alkaloidu obsaženo přibližně 0,16 % až 0,20 % [13].



Obrázek 9. Strukturní vzorec theobrominu

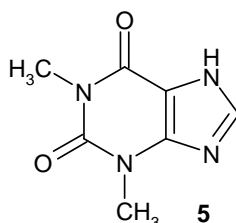
Theobromin byl objeven v kakaových bobech v roce 1841 ruským chemikem Alexandrem Voskresenským a v roce 1878 byl poprvé izolován ze semen kakaovníku *Theobroma cacao* L. [23]. Krátce poté, v roce 1882, byl německých chemikem Hermannem Fischerem syntetizován z xanthinu (**1**, **2**). Po jeho objevení se využíval

k terapeutickým účelům, například při edémech, syfilis a při poruchách oběhového aparátu (ateroskleróze, některých cévních chorobách, angíně pectoris, hypertenzi) [30].

V současnosti se tato látka používá jako vazodilatační činidlo (k rozšíření cév), diuretikum, prostředek na povzbuzení srdce a pro prevenci rakoviny [28, 31]. Theobromin působí mírně toxicky pro řadu živočišných druhů, například myši, krysy, králíky atd. [28].

### 5.1.3 Theofyllin

Theofyllin,  $C_7H_8N_4O_2$ , (**5**, Obrázek 10) byl poprvé izolován z čajovníkových listů Albrechtem Kosselem v roce 1889. Systematický název theofyllinu může být uveden jako 1,3-dimethylpurin-2,6-dion. Vyskytuje se ve formě bezbarvého krystalického nebo amorfního prášku bez typického zápachu, ale s výraznou hořkou chutí [32]. V sušině listů čajovníku je ho zastoupeno méně než 0,04 % [13]. Struktura theofyllinu, který je známý pro své antiastmatické účinky, byla (kromě běžných metod strukturní analýzy) potvrzena také pomocí rentgenové difrakční analýzy, kdy byl publikován jeho kokrystal s kyselinou gentisovou (2,5-dihydroxybenzoová kyselina), která se používá jako nesteroidní protizánětlivé léčivo [33].



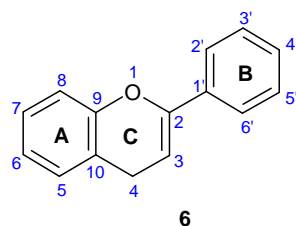
Obrázek 10. Theofyllin

Theofyllin se vyznačuje vyšší toxicitou a působí méně stimulačně než kofein. V lékařství se používá při léčbě astmatu, protože roztahuje průdušky a tím usnadňuje dýchání, také zvyšuje výkonnost srdce a má močopudné vlastnosti [23, 34].

## 5.2 Flavonoidy

Flavonoidy neboli flavonoidní látky jsou velkou skupinou rostlinných látek odvozených od flavanu [15]. Flavanový skelet (**6**, Obrázek 11) se skládá ze dvou benzenových kruhů (**A** a **B**) a z kruhu odvozeného od pyranu (**C**), přičemž kruh **B** je spojen s pyranovým kruhem v poloze C2. Všechny tři kruhy bývají běžně substituovány hydroxy-

nebo methoxyskupinami. Tyto sloučeniny se vyskytují jako volné látky nebo častěji jako glykosidy [11].

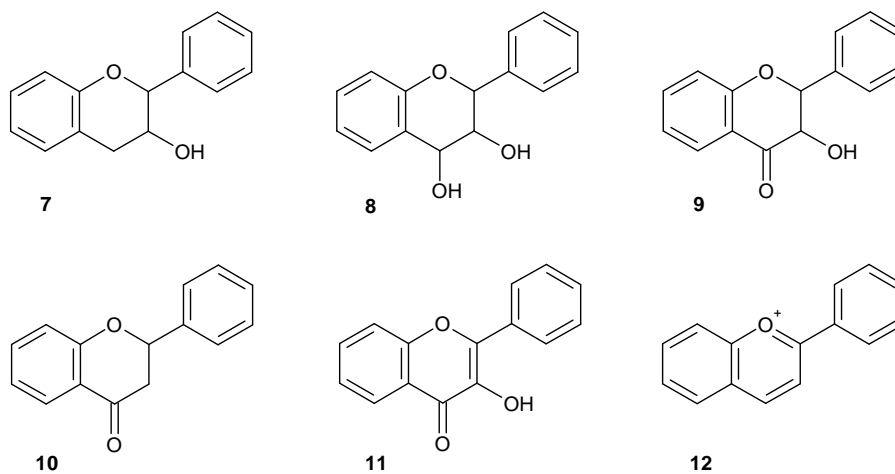


Obrázek 11. Struktura flavanového skeletu

Flavonoidy obsahují větší množství hydroxylových skupin (polyfenoly) a v současnosti se považují za významné přírodní antioxidanty. Jejich hlavním zdrojem je zejména zelený čaj, citrusové plody a víno [15].

Základní struktury flavonoidů (Obrázek 12) jsou:

- katechiny (**7**)
- leukoanthokyanidiny (**8**)
- flavanonoly (**9**)
- flavony (**10**)
- flavonoly (**11**)
- anthokyanidiny (**12**) [11].



Obrázek 12. Základní skelety vybraných flavonoidů

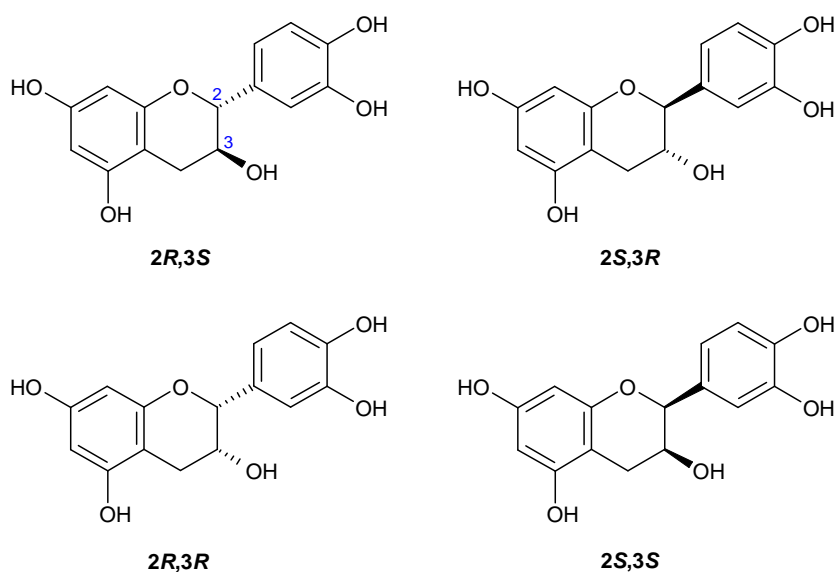
V následující části kapitoly budou blíže charakterizovány pouze katechiny a flavonoly.

### 5.2.1 Katechiny

Katechiny neboli flavan-3-oly (7, Obrázek 12) zaujímají přední místo z přítomných flavonoidních sloučenin [4]. Katechiny jsou bezbarvé, ve vodě rozpustné sloučeniny s vysokým oxidačním potenciálem. Tyto látky se vyznačují hořkou chutí. Katechiny podléhají v lidském těle velmi rychlým a komplexním biotransformačním procesům [35]. Vyznačují se silnou antioxidační a antimikrobiální aktivitou s pozitivními účinky na lidské zdraví [36].

V některých druzích mohou být zastoupené až 30% podílem ze všech fenolových sloučenin. Katechiny ovlivňují chuť a barvu čaje [37].

Katechin je příkladem sloučeniny se dvěma stereogenními centry (C2 a C3), což znamená, že jsou možné jeho čtyři stereoisomery, jak je ukázáno na Obrázku 13.



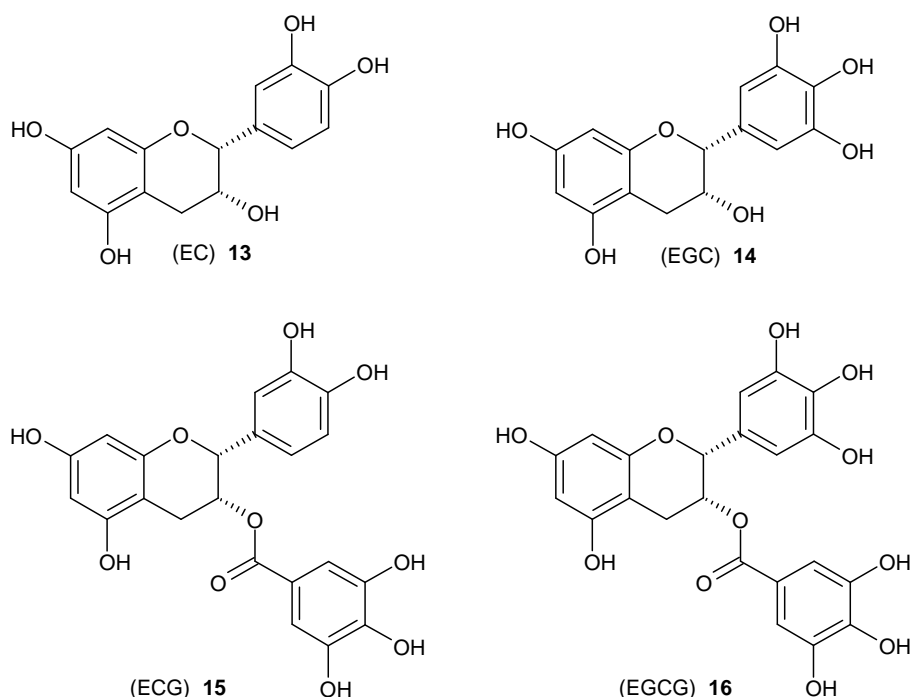
Obrázek 13. Čtyři stereoisomery katechinu

Čtyři stereoisomery katechinu tvoří pouze dva páry enantiomerů, kdy stereoisomer *2R,3S* je zrcadlovým obrazem isomeru *2S,3R* a stereoisomer *2S,3S* je zrcadlovým obrazem isomeru *2R,3R*. Nalézt lze také isomery s opačnou konfigurací jen na jednom stereogenním centru. Takové sloučeniny se označují jako diastereoisomery. Kompletní popis všech stereoisomerů katechinu je uveden v Tabulce 2 [38].

Tabulka 2. Vztahy mezi jednotlivými stereoisomery katechinu

Stereoisomer	Enantiomer	Diastereoisomery
2 <i>R</i> ,3 <i>S</i>	2 <i>S</i> ,3 <i>R</i>	2 <i>R</i> ,3 <i>R</i> a 2 <i>S</i> ,3 <i>S</i>
2 <i>S</i> ,3 <i>R</i>	2 <i>R</i> ,3 <i>S</i>	2 <i>R</i> ,3 <i>R</i> a 2 <i>S</i> ,3 <i>S</i>
2 <i>R</i> ,3 <i>R</i>	2 <i>S</i> ,3 <i>S</i>	2 <i>R</i> ,3 <i>S</i> a 2 <i>S</i> ,3 <i>R</i>
2 <i>S</i> ,3 <i>S</i>	2 <i>R</i> ,3 <i>R</i>	2 <i>R</i> ,3 <i>S</i> a 2 <i>S</i> ,3 <i>R</i>

Za hlavní katechiny čaje jsou považovány (-)-epikatechin (EC, **13**), (-)-epigallokatechin (EGC, **14**), (-)-epikatechingallát (ECG, **15**) a (-)-epigallokatechin-3-gallát (EGCG, **16**) [39]. Strukturální vzorce zmíněných sloučenin jsou uvedeny na Obrázku 14. Před názvem jednotlivých katechinů se uvádí také znaménko optické rotace (+) nebo (-) [35]. Nutno zdůraznit, že znaménko optické rotace nesouvisí s prostorovým uspořádáním a s označením konfigurace *R* nebo *S*. Z toho vyplývá, že mezi konfigurací *R,S* a smyslem nebo hodnotou optické otáčivosti není žádná přímá souvislost [38].



Obrázek 14. Strukturální vzorce hlavních katechinů obsažených v čaji

### **Epikatechin (EC)**

Tento z medicínského hlediska významný antioxidant se dále nachází například také v čajovníku čínském, vinné révě, jablkách a dalším ovoci [11].

### **Epigallokatechin-3-gallát (EGCG)**

EGCG patří do skupiny vysoce účinných bioflavonoidů. EGCG je, kromě jiných polyfenolů, jako například (+)-katechin (C), (–)-epikatechin (EC), (–)-epigallokatechin (EGC) a (–)-epikatechingallát (ECG), hlavní bioaktivní složkou v listech zeleného čaje *Camellia sinensis* [40].

EGCG je zastoupen v největším podílu cca 9–13 % sušiny. EGCG se vyskytuje pouze v (–) formě a proto se přesněji uvádí (–)-epigallokatechin-3-gallát [35].

EGCG působí příznivě na lidský organismus. Má antitrombotické účinky a také snižuje absorpci cholesterolu. Stejně jako všechny bioflavonoidy inhibuje oxidaci LDL, a tím chrání cévy před vznikem aterosklerotických plátů. V závislosti na dávce, EGCG snižuje hladinu glukózy v krvi, inhibuje sekreci inzulínu a snižuje absorpci glukózy. Kromě toho má antialergické a silné antioxidační účinky. Nedávné studie ukazují, že EGCG stimuluje imunitní systém, má antivirotické a antibakteriální účinky. Dále EGCG brání adhezi některých druhů bakterií na tkáňové buňky, takže nemohou proliferovat. Antibakteriální účinky EGCG mohou také snížit vznik zubního kazu a plaku [40].

Toxicita EGCG je nízká. Letální dávky polyfenolů ze zeleného čaje jsou asi 3 g·kg<sup>-1</sup> u samic, nebo více než 5 g·kg<sup>-1</sup> u samců myší. U potkanů byla provedena klinická studie, kdy se podávala denní dávka 75 mg·kg<sup>-1</sup> během 3 měsíců, ale nebyly prokázány žádné toxické příznaky. U zdravých jedinců byla provedena čtyřtýdenní klinická studie zabývající se bezpečností perorálního podávání 800 mg EGCG denně. Studie prokázala, že tato dávka je bezpečná pro zdravé jedince ženského i mužského pohlaví a u zdravých mužů jsou bezpečné a tolerované perorální dávky až do výše 1600 mg za den [35].

### 5.2.2 Flavonoly a jejich glykosidy

Flavonoly jsou společně s flavony důležitými žlutými rostlinnými barvivy. V listech *Camellia sinensis* se flavonoly a jejich glykosidy nacházejí ve větším množství než v ovoci.

Hlavními složkami všech čajů jsou zejména tyto glykosidy: 3-glukosidy, 3-galaktosidy, 3-rutinosidy, u kvercetinu také 3-rhamnosid, u kvercetinu a kemferolu také 3-rhamnoglukosidy a 3-glukorhamnogalaktosidy, které významně přispívají k trpké chuti čajových nálevů. V zeleném čaji bývá obsaženo 1,5–1,7 % glykosidů v sušině, v černých čajích 1,7–4,0 % a v instantních čajích 2,6–3,1 % [11].

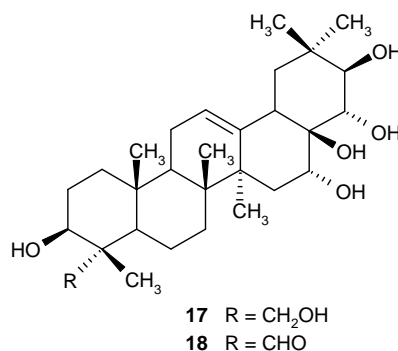
## 5.3 Saponiny

Saponiny tvoří různorodou skupinu heteroglykosidů vyznačující se trpkou a hořkou chutí. Vyskytují se převážně v rostlinách a jejich množství závisí hlavně na druhu rostliny a klimatických podmínkách.

V minulosti byly saponiny považovány výhradně za toxické a antinutriční látky. Z dnešního pohledu jsou toxické jen některé, většina z nich však za toxické považována není a některé dokonce vykazují příznivé účinky. Jejich toxický účinek spočívá v hemolýze erytrocytů a jiných buněk. Hlavní příčinou je interakce saponinů s cholesterolem v buněčných stěnách. Při vysokých dávkách toxických saponinů dochází k poškození jater a k selhání dýchání vedoucí ke komatu [11].

Saponiny reagují podobně jako s cholesterolem také s dalšími steroly a s žlučovými kyselinami (tvorbou micel). Inhibují jejich absorpci, což souvisí s metabolismem cholesterolu a tedy i s prevencí kardiovaskulárních onemocnění [11].

*Camellia sinensis* obsahuje jako hlavní saponiny theasapogenol A (**17**) a theasapogenol B (**18**) a další příbuzné sloučeniny – theasapogenoly C–E [11]. Sloučeniny **17** a **18** se vzájemně liší pouze v jednom drobném detailu, a to přítomností primární hydroxylové skupiny v případě látky **17**, která je u sloučeniny **18** nahrazena aldehydovou skupinou (Obrázek 15).



Obrázek 15. Theasapogenol A a B

## 5.4 Třísloviny

Pod pojmem třísloviny nebo také tanniny se uvádí fenolové sloučeniny, které interagují s proteiny [37]. V čajovníkových listech tvoří významnou skupinu látek obsahující přibližně 122 druhů tříslovin. Samotné třísloviny podléhají strukturálním změnám a praktické zvládnutí těchto procesů tvoří základ technologie výroby a finálního zpracování čajovníkových listů [4].

Třísloviny se dělí na dvě velké skupiny látek, a to na hydrolyzovatelné a na kondenzované třísloviny. Hydrolyzovatelné tanniny jsou polymery esterů gallové kyseliny tedy zkráceně polygalloylestery. Kondenzované tanniny nebo také flavolany jsou polymery některých flavonoidních látek se strukturou 3-hydroxyflavanu. Prakticky se třísloviny vyskytují v libovolné kombinaci kondenzovaných a hydrolyzovatelných tříslovin a nazývají se souhrnně komplexní třísloviny [37].

Obsah tříslovin je v různých druzích čajovníkových listů rozdílný. Zelený čaj obsahuje nejvíce tříslovin (10 až 27 %), naopak v černém čaji jsou třísloviny zastoupeny v menší míře a to od 5 do 12 %. Čajovníkové listy pěstované ve vysokohorských polohách obsahují větší množství tříslovin než listy z nížinných oblastí. Třísloviny dodávají čajovým nápojům mírně natrpklou příchuť [4].

Množství tříslovin je možné regulovat způsobem přípravy čajového nápoje a to tak, že pokud zkrátíme extrakci na 2 až 3 minuty, vyluhují se pouze aromatické látky. Při prodloužení doby extrakce na 5 až 7 minut se vyluhuje značné množství tříslovin [4]. Pro zmírnění hořkosti čaje se doporučuje přidání mléka nebo smetany [4, 37]. Při přidání mléka do čaje dochází k navázání oxidovaných polyfenolů na mléčný kasein, tím získá čaj méně ostrou chuť, neútočí na žaludek a lépe je přijímán tělem [37, 41].

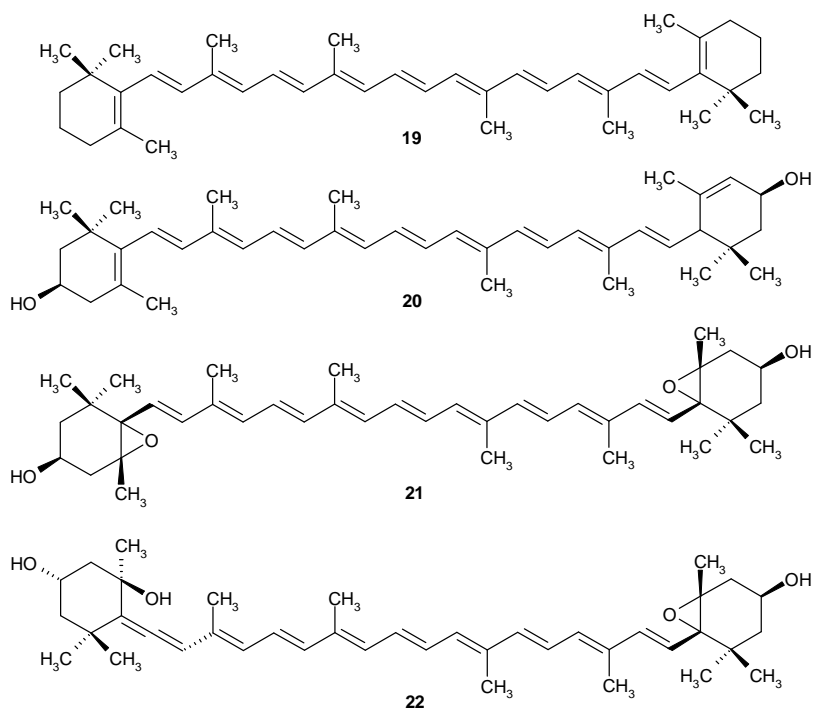


V listech čajovníku byly zjištěny z hlediska rozpustnosti dvě formy tříslovin. Volné třísloviny, extrahované vodou i organickými rozpouštědly a vázané třísloviny zejména s bílkovinami, které nejsou rozpustné ve vodě, dají se ale vyluhovat alkalickými roztoky. Pravděpodobně se v tomto případě jedná o vazbu tříslovin na bílkoviny vodíkovou vazbou. Obsah vázaných a volných tříslovin závisí na stupni zralosti listů čajovníku. Stárnutím čajovníkových listů klesá obsah monomerních fenolových sloučenin a stoupá obsah tříslovin. Při skladování čajovníkových listů se obsah tříslovin snižuje o 40 až 50 %. Předpokládá se, že katechiny a třísloviny mají přímý vliv na syntézu aromátů přítomných v čajovníkových listech [4].

Čajové třísloviny blahodárně ovlivňují trávicí trakt, protože mají schopnost vázat a odvádět z organismu škodlivé látky. Dále pomáhají při kapilárním krvácení, revmatickém zánětu srdeční nitroblány, při vysokém krevním tlaku a kurdějích [4].

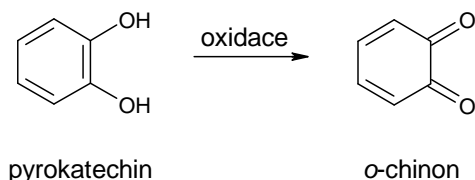
## 5.5 Přírodní barviva

Čerstvé čajové lístky obsahují značné množství pigmentů, převážně chlorofyl a, chlorofyl b a karotenoidy. Z více než 15 karotenoidových barviv je dominantní  $\beta$ -karoten (**19**), lutein (**20**), violaxathin (**21**) a neoxanthin (**22**), jejichž struktury jsou na Obrázku 16 [42].



Obrázek 16. Struktury vybraných karotenoidových barviv čaje

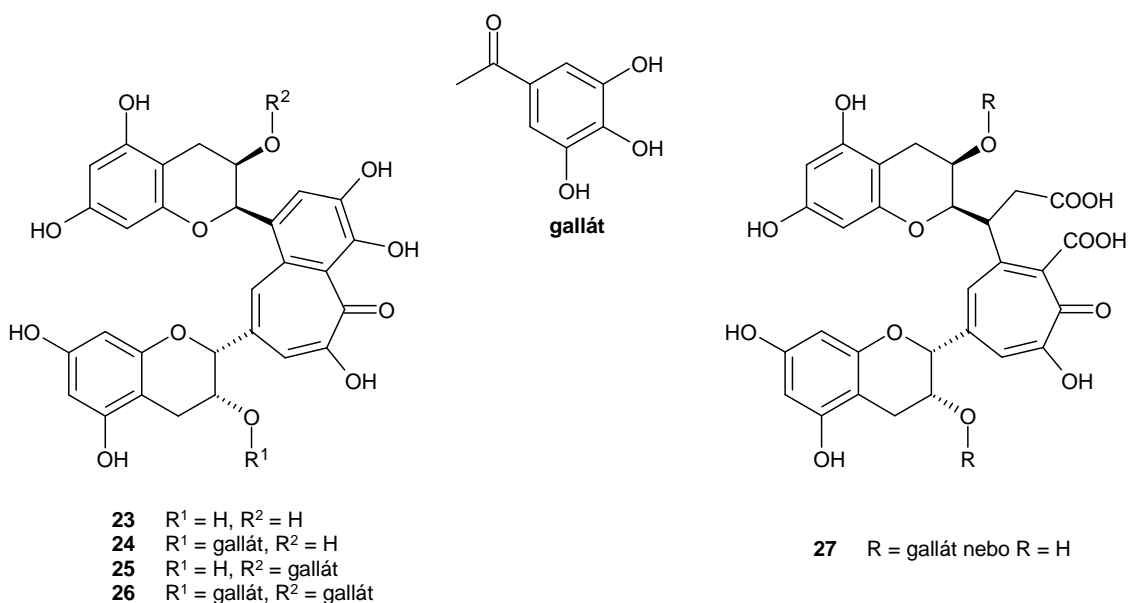
Barevné pigmenty černého čaje vznikají kondenzací *o*-chinonů s přítomnými katechiny. *o*-Chinony vznikají během fermentace oxidací katechinů oxidoreduktasami při reakcích enzymového hnědnutí, například oxidací benzen-1,2-diolu neboli pyrokatechinu (Obrázek 17).



Obrázek 17. Oxidace pyrokatechinu

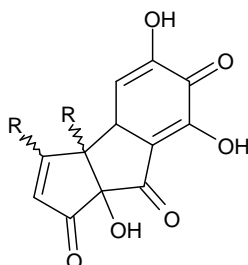
V černém čaji rozeznáváme dvě základní skupiny pigmentů, theaflaviny a thearubiginy. Dříve se souhrnně označovaly jako oxytheotanniny.

Theaflaviny jsou rozpustné dimerní flavonoidy zářivě oranžové až červené barvy obsahující sedmičlenný tropolonový kruh. Thearubiginy jsou rozpustné až nerozpustné produkty oxidace. Tvoří velmi heterogenní směs červeno-žlutých až oranžovo-hnědých pigmentů [11, 43]. Na Obrázku 18 jsou znázorněny struktury theaflavinu (**23**), theaflavin-3-gallátu (**24**), theaflavin-3'-gallátu (**25**), theaflavin-3,3'-digallátu (**26**) a předpokládaná struktura thearubiginu (**27**).



Obrázek 18. Struktura theaflavinů a thearubiginu

Kromě těchto dvou definovaných skupin pigmentů vznikají také červené epithiaflavinové kyseliny, bezbarvé bisflavanoly, žluté theacitriny (Obrázek 19) a hnědé theafulviny dosud ne zcela známé struktury. Na tmavé barvě čaje se také výrazně podílejí feofytiny, které vznikají při fermentaci z chlorofylů [11].



R = A- a C-kruhy flavanového skeletu

Obrázek 19. Obecná struktura theacitrinů

## 5.6 Silice

Silice jsou bezdusíkaté, intenzivně vonící těžké olejovité látky obsažené v různých částech rostlin. Představují bohatou směs sloučenin, v nichž převládají terpenické sloučeniny [44]. Často bývají nazývány jako éterické oleje, protože se za vysokých teplot nebo po uplynutí určité doby vypařují [1, 41]. Odpařováním silic se vytváří ochranné ovzduší kolem rostliny. Předpokládá se, že toto ovzduší chrání rostlinu před plísněmi, bakteriemi a škodlivým hmyzem [44]. Někdy se také silice označují jako aromatické látky neboť dodávají čaji vůni a podílejí se i na jeho chuti [1, 41].

V listech čajovníku se silice tvoří během růstu rostliny [24]. V některých druzích čaje bylo nalezeno až 500 různých druhů silic a jejich obsah se liší podle druhu čaje [1]. Zelený čaj má mnohem více silic než černý. Při výrobě černého čaje dochází k fermentaci a touto úpravou se silice mírně vytrácejí, proto je méně aromatický než čaj zelený [41]. Z jemně drcených listů se uvolňují silice rychleji, než z listů celých. Nejvíce silic obsahuje jasmínový čaj 0,06–0,4 % [1, 24]. Silice stimulují peristaltiku zažívacího traktu, napomáhají trávení a také emulgaci tuků [24].

## 6 VLIV ROSTLIN RODU *CAMELLIA* NA LIDSKÝ ORGANISMUS

Čajové lístky obsahují řadu bioaktivních molekul, které mohou mít pozitivní vliv na lidský organismus. Nejvýznamnější z nich jsou flavonoidy (převážně katechiny), u nichž byla zjištěna antioxidační a antikarcinogenní aktivita [45]. V menší míře ovlivňují zdraví i aminokyseliny (převážně theatin), bílkoviny, kofein, vitamin C, sacharidy, polysacharidy a lipidy [46]. V mnoha studiích bylo prokázáno, že každodenní konzumací zeleného čaje dochází ke snížení výskytu závažných onemocnění, jakými jsou například rakovina nebo kardiovaskulární onemocnění [47, 48]. Pití čaje dále příznivě působí na demenci, prodlužuje délku lidského života, snižuje riziko aterosklerózy, nervových problémů, obezity, diabetu mellitus, onemocnění ledvin, jater, plic, ale také snižuje riziko vzniku chřipky, SARS, dokonce i AIDS [49].

### 6.1 Čaj a prevence rakoviny

Zelený čaj je jeden z nejslibnějších antikarcinogenních nápojů, který celkově snižuje riziko onemocnění rakovinou. Proti rakovině ve specifických orgánech nebo tkáních dokáže cíleně bojovat polyfenoly. Zelený čaj má navíc jednu velice specifickou schopnost, a to bránit nežádoucím vedlejším účinkům běžného léčení rakoviny, jako je ozařování a chemoterapie [1]. Různé studie poskytly důkazy, že polyfenoly (zejména EGCG) kromě svých antioxidačních vlastností ovlivňují také molekulární mechanismy podílející se na angiogenezi, metastazování a regulaci programované buněčné smrti (tzv. apoptózy) [50, 51]. Inhibice karcinogeneze byla prokázána u rakoviny kůže, plic, jícnu, žaludku, jater, prsu, duodena a tenkého střeva, slinivky břišní, tlustého střeva, močového měchýře, prostaty a mléčné žlázy [49, 52].

#### **Rakovina plic**

Ilja C. W. Arst provedl pomocí databáze PubMed v roce 2007 literární průzkum týkající se vlivu flavonoidů čaje na rakovinu plic. Z této práce vyplývá, že některé sloučeniny (zejm. katechiny) mají prokazatelný vliv na snížení rizika vzniku tohoto onemocnění. Dále uvádí, že signifikantní rozdíly mezi vlivem čaje černého a zeleného nebyly nalezeny v žádné s publikovaných prací [53]. Nutno podotknout, že výsledky několika studií provedených na laboratorních zvířatech ukazují silné chemoprotektivní účinky čaje proti vzniku rakoviny plic [54].

### **Rakovina prostaty**

Rakovina prostaty je nejběžnějším typem rakoviny u Američanů, naopak v Japonsku mají nejnižší výskyt rakoviny prostaty na světě. Vědci ze střediska pro výzkum rakoviny při Chicagské univerzitě objevily, že EGCG ze zeleného čaje tlumí růst nádorů prostaty a zároveň snižuje velikost již existujících nádorů [55, 56].

### **Rakovina jater**

Rakovina jater je asi dvakrát častější u mužů než u žen. Dr. James Klauni z Lékařské fakulty Univerzity v Indiapolisu se domnívá, že extrakt ze zeleného čaje může sloužit jako účinný nástroj v prevenci proti rakovině jater. Zjistil, že u myší, které byly tímto extraktem ošetřovány, byly buňky v játrech méně poškozeny volnými radikály, komunikace mezi buňkami se zlepšila a replikace DNA probíhala rovněž správně, což jsou tři faktory, které napomáhají snížení rizika onemocnění rakovinou jater, dokonce i tehdy, jsou-li játra neustále vystavena působení karcinogenů [1].

### **Rakovina močového měchýře**

K rakovině močového měchýře dochází nejčastěji u kuřáků a zaměstnanců v závodech, které se zabývají výrobou barviv, chemikálií, zpracováním kůže, výrobou gumy. Polyfenoly mohou zmírňovat některé následky kouření. Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny zjistila, že kuřáci, kteří své tělo dostatečně zásobují polyfenoly, jsou částečně chráněni před škodlivými účinky, které mají tabákové karcinogeny na slizniční buňky močového měchýře [1].

## **6.2 Účinek čaje proti kardiovaskulárním onemocněním**

Řada výzkumů potvrdila, že pití čaje snižuje riziko vzniku kardiovaskulárních onemocnění, zejména infarktu myokardu a cévní mozkové příhody. Čajové nápoje, jak černé tak zelené, obsahují značné množství polyfenolů, které působí jako účinné antioxidanty. Inhibují oxidaci LDL cholesterolu indukovanou reaktivními kyslíkovými radikály [57].

### 6.3 Antidiabetický účinek čaje

Antidiabetické účinky vykazují čajové nápoje připravené ze zeleného čaje, černého čaje i oolongu. Přesný mechanismus antidiabetického účinku čaje však není stále jasný, ačkoliv byla navržena řada různých hypotéz. Lidský organismus i zvířata chrání před cukrovkou pravděpodobně čajové flavonoidy, které údajně snižují účinek glukózy. Také bylo prokázáno, že EGCG má podobný účinek jako inzulin. Cukrovka neboli diabetes mellitus je chronická porucha metabolismu sacharidů, která se projevuje zvýšenou koncentrací glukosy v krvi nad  $5,5 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ . U černého a zeleného čaje byly zjištěny preventivní a léčebné účinky při studiích prováděných na laboratorních potkanech. Zelený čaj byl více efektivní jako preventivní, naopak černý čaj byl účinnější jako léčebný [46].

Ve studii provedené na Taiwanu na dvaceti jedincích, kteří měli diabetes typu II bylo dokázáno, že čaj a jeho složky účinně působí na snížení hladiny glukosy v krvi. Těmto lidem bylo po dobu 30 dnů podáváno 1500 ml čaje. Následně bylo zjištěno, že kofein a čajové polyfenoly významně snížily hladinu glukosy v plazmě z počáteční koncentrace  $229 \pm 53,9 \text{ mg}\cdot\text{dl}^{-1}$  na  $162,2 \pm 29,7 \text{ mg}\cdot\text{dl}^{-1}$  [58].

### 6.4 Preventivní účinky čaje proti obezitě

Obezita má všechny předpoklady k tomu stát se jednou z nejzávažnějších epidemických hrozeb 21. století. Úroveň obezity je kontrolována pomocí BMI (váha v kilogramech dělená výškou v metrech na druhou). Pokud je BMI větší než 25, člověk trpí obezitou. Vysoké BMI zvyšuje riziko mnoha nemocí, například srdečních chorob, cukrovky, vysokého krevního tlaku, apod. Výskyt obezity je velmi vysoký hlavně ve vyspělých zemích, včetně USA a Evropy. V těchto zemích je jeden ze tří až pěti dospělých obézní [46].

Čaj je všeobecně považován za dietní potravinu. Mnohé studie dokázaly antiobezitní potenciál různých látek obsažených v zeleném a černém čaji, oolongu i Pu-erhu. Tyto studie byly prováděny u myší a potkanů. U myší bylo přimícháno do stravy 2 až 4 % zeleného čaje ve formě prášku. Bylo zjištěno, že došlo k poklesu váhy až o 35 %. Ve stravě obsahující čajové katechiny nad 0,2 % došlo ke snížení váhy za 27 týdnů krmení a u myší krmených čajovými katechiny v koncentraci 0,5 % došlo k redukci váhy za 12 týdnů [59]. Tyto výsledky jasně ukázali, že snížení tělesné hmotnosti mělo

za následek především snížení hromadění tuku. Hlavní vliv na redukci váhy měl kofein a theatin. Kofein způsobil zvýšenou rychlost metabolismu a oxidaci tuků *in vivo*. U potkanů byla intraperitoneálně (do břišní dutiny) aplikována denní dávka katechinů po dobu 7 dní v koncentraci 81 až 92 mg·kg<sup>-1</sup>. Studie ukázaly, že hmotnost potkanů se významně snížila nebo došlo k zabránění přibývání na váze. Bylo prokázáno, že čajové katechiny působí antiobezitně i u člověka [60].

## 6.5 Ochranné účinky čaje proti plicnímu onemocnění

Mezi nemoci dýchacího ústrojí zařazujeme nemoci dýchacích cest, plicního parenchymu a cévní onemocnění plic. Klinické a experimentální studie týkající se čaje se soustředí převážně na rakovinu plic a na onemocnění dýchacích cest. U infekcí dýchacích cest, experimentální studie odhalily, že čajové extrakty vykazují antivirovou a antibakteriální aktivitu. Klinické studie dokázaly, že kloktání čaje působí preventivně proti chřipce a inhalace čaje působí na methicilin-rezistentní *Staphylococcus aureus* (MRSA) [46].

## 6.6 Chemopreventivní účinky čaje proti demenci

Demence je progresivní, ireverzibilní úpadek duševní funkce způsobené Alzheimerovou nemocí, mozkovou mrtvicí, Creutzfeldt-Jakobovou nemocí a jinými chorobami, které řadíme mezi tzv. neurodegenerativní onemocnění. Epidemiologické studie v Japonsku ukázaly, že výskyt cévní mozkové příhody byl významně nižší u lidí, kteří konzumují více než pět šálek zeleného čaje denně. Bylo zjištěno, že katechiny mají preventivní účinek proti arterioskleróze a theanin má neuroprotektivní účinek v ischemické neuronální smrti [46, 61].

V současné době se testuje ve spolupráci s pacienty s demencí bezpečnost a vliv zeleného čaje obsahujícího theanin, katechiny a další složky na lidskou demenci [46].

## 6.7 Čaj a ústní hygiena

Čaj lze považovat za potravinu, která pozitivně působí na zdraví ústní dutiny. Chrání před tvorbou zubního kazu a plaku a také před paradentózou. Za tuto ochranu především vděčíme čajovým polyfenolům hlavně katechinům [46].

Studie na potkanech infikovaných *Streptococcus mutans* ukázaly, že strava obsahující polyfenoly zeleného čaje významně snížila vznik zubních kazů. Při podávání pitné vody s 0,1 % polyfenolů zeleného čaje došlo také ke zmenšení celkové praskliny zubního kazu [46].



## ZÁVĚR

Rostliny rodu *Camellia* se využívají již odpradáva. Nejstarší písemné zmínky sahají až do roku 3000 před naším letopočtem, kdy archeologické výzkumy potvrdily, že lidé, využívaly čaj více jako potravinu než jako nápoj. V dnešní době jsou čajové nápoje každodenní součástí našeho života.

Rod *Camellia* zahrnuje přibližně 267 druhů a poddruhů stromů a keřů z čeledi *Theaceae* a každá z těchto rostlin se vyznačuje jinou botanickou charakteristikou. Výroba čaje se skládá z několika důležitých kroků, které se od sebe liší podle typu výsledného produktu, tedy zda jde o fermentovaný (černý čaj), nefermentovaný (zelený čaj) nebo polofermentovaný čaj (Oolong). Černé čaje jsou aromatictější a tmavší barvy díky složitým chemickým reakcím, které probíhají při fermentaci.

Čajovníky obsahují různé chemické sloučeniny, které dohromady vytvářejí nspecifický biologický komplex. Mezi nejvýznamnější biologicky aktivní látky obsažené v čaji patří flavonoidy, purinové alkaloidy, třísloviny, silice, saponiny a vitaminy. Purinové alkaloidy jsou dusíkaté bazické sloučeniny, přičemž za nejvýznamnější lze považovat kofein, theobromin a theofyllin, které se vyznačují hořkou chutí a pozitivními účinky na lidský organismus (např. kofein zahání únavu a stimuluje metabolismus). Další skupinou látek jsou flavonoidy, zejména pak katechiny, které se vyznačují vysokým oxidačním potenciálem. Mezi nejúčinnější bioflavonoidy patří epigallokatechin-3-gallát (EGCG). Působí jako antioxidant, snižuje absorpci cholesterolu, má antitrombotické, antialergické, antivirotické a antibakteriální účinky. Saponiny inhibují absorpci cholesterolu a žlučových kyselin, čímž preventivně předcházejí kardiovaskulárním onemocněním. Theasapogenol A a theasapogenol B jsou hlavními saponiny rostlin *Camellia sinensis*. Další skupinou látek jsou třísloviny dodávající čaji natrpklou příchut'. Blahodárně ovlivňují trávicí trakt, protože odvádějí z organismu škodlivé látky, pomáhají při kapilárním krvácení, revmatickém zánětu srdeční nitroblány, při vysokém krevním tlaku a kurdějích. Čajové lístky obsahují různé pigmenty, například chlorofyly, karotenoidy, theaflaviny, thearubiginy a další. Mezi látky podílející se na aroma a chuti čaje patří silice, které stimulují peristaltiku zažívacího traktu, napomáhají trávení a také emulgaci tuků. Také vitamin C, jenž patří mezi přírodní antioxidanty, se považuje za pomocníka při nachlazení a ochranou látkou před vznikem chřipky.

Mnoha studii bylo dokázáno, že zelený čaj pomáhá při prevenci rakoviny, proti vzniku a růstu nádorů, artritidě, demenci a chrání před vznikem zubního kazu a plaku. Ostatní čaje, včetně zeleného, snižují riziko vzniku kardiovaskulárních onemocnění, zejména infarktu myokardu a cévní mozkové příhody. Mají hepatoprotektivní účinky a preventivně působí proti obezitě, diabetu mellitus, stárnutí a proti nemocem dýchacího ústrojí. Velký podíl na těchto účincích mají převážně polyfenoly a katechiny.

Díky všem látkám obsažených v rostlinách rodu *Camellia* se jeho jednotlivý zástupci stali důležitou součástí našeho života. Naši pozornost si čajové nápoje v počátcích získaly především díky jeho aroma, chuti a povzbuzujícím účinkům. V dnešní době si náš zájem zaslouží nejen pro jeho nezaměnitelné organoleptické a dietetické vlastnosti, ale také s ohledem na fakt, že může být použit jako efektivní nástroj při prevenci vzniku celé řady onemocnění nebo jako pomocná „medikace“ při jejich léčbě. I když není dokonale prostudováno komplexní působení čajových složek, lze se s jistotou říci, že čaj lidskému organismu nikterak neškodí, ale spíše prospívá.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] L. A. Mitscher, V. Dolby: *Kniha o zeleném čaji: Čínský pramen mládí* **2006**, 191 s, editor: M. Janouchová, Praha, ISBN 80-903305-9-2.
- [2] J. Arcimovičová, P. Valíček: *Vůně čaje* **2000**, 145 s, Benešov, ISBN 80-86231-10-0.
- [3] V. Wachendorfová: *Čaj* **2007**, 96 s, Praha, ISBN 978-80-7209-922-1.
- [4] J. Augustin: *Povídání o čaji: Čajovníkový list (Camellia sinensis L.), čaj, jako potravinářská pochutina, léčebný, mystický nápoj a jiné tonizující nápoje světa* **2001**, 217 s, Olomouc, ISBN 80-86179-75-3.
- [5] URL: <[http://www.erboristeriailmelograno.it/erbario\\_dettagli.php?id=249](http://www.erboristeriailmelograno.it/erbario_dettagli.php?id=249)>  
[cit. 2010-4-13].
- [6] P. Kadlec: *Technologie potravin II* **2007**, 236 s, Praha: VŠChT, ISBN 80-7080-510-2.
- [7] URL: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Tea>> [cit. 2010-2-10]
- [8] J. G. Rohwer: *Tropické rostliny* **2002**, 288 s, 1. vyd. Praha, ISBN 80-242-0774-5.
- [9] J. H. Kocman: *Čajové minimum* **1998**, 48 s, 5. vyd. Tišnov, ISBN 80-85799-34-0.
- [10] O. Rop, J. Hrabě: *Nealkoholické a alkoholické nápoje* **2009**, 126 s, 1. vyd. Zlín, ISBN 978-80-7318-748-4.
- [11] J. Velíšek: *Chemie potravin 3* **2002**, 368 s, 2. upr. vyd. Tábor, ISBN 80-86659-02-X.
- [12] E. A. Haaseová, R. Wu: *Léčíme se čínskými čaji* **2003**, 128 s, Praha, ISBN 80-237-3802-X.
- [13] G. A. Spiller: *Caffeine* **1998**, 374 s, USA, ISBN 0-8493-2647-8.
- [14] J. Dostál, H. Paulová, J. Slanina, E. Tábořská: *Biochemie pro bakaláře* **2003**, 174 s, 1. vyd. Brno, Lékařská fakulta, ISBN 80-210-3232-4.
- [15] J. Dostál, P. Kaplan a kolektiv: *Lékařská chemie II* **2001**, 223 s, 1. vyd. Brno, Lékařská fakulta, ISBN 80-210-2731-2.

- [16] J. Moravcová: *Biologicky aktivní přírodní látky*. Interní studijní pomůcka VŠCHT v Praze, Fakulta potravinářské a biochemické technologie, **2006**, Praha.
- [17] T. Mištová: *Alkaloidy obsažené v rostlinách čeledi Papaveraceae Juss.* **2009**, 40 s, UTB ve Zlíně, Fakulta technologická.
- [18] J. Dostál a kol.: *Bioorganická Chemie* **2007**, 165 s, 2. vyd. MU Brno, ISBN 978-80-210-3789-2.
- [19] F. Hampl, S. Rádl, J. Paleček: *Farmakochemie* **2007**, 450 s, 2. vyd. VŠCHT Praha, ISBN 978-80-7080-639-5.
- [20] H. Rosemeyer: *Chem. Biodivers.* **2004**, 1, 361–401.
- [21] M. Legraverend, D. S. Grierson: *Bioorg. Med. Chem.* **2006**, 14, 3987–4006.
- [22] H. Ashihara et al.: *Phytochemistry* **2008**, 69, 841–856.
- [23] W. Sneader: *Drug discovery a history* **2005**, 468 s, United Kingdom, ISBN 0-471-89979-8.
- [24] K. Chow, I. Krammerová: *Všechny čaje Číny* **1998**, 284 s, 2. upr. vyd. Praha, ISBN 80-85905-54-X.
- [25] L. Klosterman: *Drugs the facts about caffeine* **2007**, 115 s, New York, ISBN 0-7614-2242-0.
- [26] B. A. Weinberg, B. K. Bealer: *The world of caffeine – The science and culture of the world's most popular drug* **2001**, 397 s, New York, ISBN 0-415-92722-6.
- [27] S. A. Maisto, M. Galizio, G. J. Connors: *Drug use and abuse* **2008**, 484 s, 5. edition USA, ISBN 0-495-09207-X.
- [28] A. T. Tu: *Food poisoning – Handbook of natural toxins* **1992**, 624 s, New York, ISBN 0-8247-8652-1.
- [29] J. W. Hertrampf, F. Piedad-Pascual: *Handbook on ingredients for aquaculture feeds* **2000**, 624 s, The Netherlands, ISBN 1-4020-1527-5.
- [30] S. Berger, D. Sicker: *Classics in spectroscopy – Isolation and structure elucidation of natural products* **2009**, 645 s, Germany, ISBN 978-3-527-32617-4.
- [31] M. Pelikán: *Potravinářský zpravodaj*, **2004**, V, 9, s. 31.

- [32] C. O. Chichester: *Advances in food research* **1969**, 300 s, London.
- [33] S. Aitipamula et al.: *Acta Cryst.* **2009**, E65, o2126–o2127.
- [34] P. M. Dewick: *Medicinal natural products – A biosynthetic approach* **2009**, 539 s, 3. edition United Kingdom, ISBN 978-0-470-74168-9.
- [35] S. M. E. Gorissen: *Der Einsatz von Lactoferrin und Epigallocatechingallat in der Prophylaxe parodontaler Erkrankungen der Katze* **2004**, 223 s, Inaugural-Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität München, der Tierärztlichen Fakultät.
- [36] M. P. Almajano, R. Carbó, J. A. L. Jiménez, M. H. Gordon: *Food Chem.* **2008**, 108, 55–63.
- [37] J. Velíšek: *Chemie potravin 2* **2002**, 320 s, 2. upr. vyd. Tábor, ISBN 80-86659-01-1.
- [38] John McMurry: *Organická chemie* **2007**, 1176 s, 1. vyd. VUT v Brně a VŠCHT v Praze, editor: Jiří Svoboda, ISBN 978-80-214-3291-8.
- [39] J. W. Drynan, M. N. Clifford, J. Obuchowicz, N. Kuhnerti: *Nat. Prod. Rep.* **2010**, 27, 417–462.
- [40] K. Elsbett: *Untersuchungen zum Einfluss von Vitamin C und Epigallocatechin Gallat in Kombination mit Lactoferrin auf die Zahngesundheit bei der Katze* **2004**, 204 s, Inaugural-Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität München, der Tierärztlichen Fakultät.
- [41] J. N. Pratt, D. Rosen: *Rádce milovníka čaje* **1999**, 128 s, Praha, ISBN 80-7205-6727.
- [42] P. O. Owuor: *Tea Chemistry* **2003**, 5743–5752.
- [43] Y. Wang, Ch.-T. Ho: *J. Agric. Food. Chem.* **2009**, 57, 8109–8114.
- [44] M. Ošřádalová: *Hodnocení organoleptických vlastností vybraných bylinných čajů* **2007**, 110 s, UTB ve Zlíně, Fakulta technologická.
- [45] P. Stratil, V. Kubáň: *Chem. Listy* **2004**, 98, 379–387.
- [46] N. K. Jain, M. Siddiqi, J. Weisburger: *Protective effects of tea on human health* **2006**, 223 s, CABI United Kingdom, ISBN 1-84593-112-2.

- [47] J. Spilková, T. Siatka: *Praktické lékárenství – Fytoterapie* **2006**, 5, 227–228.
- [48] J. Suzuki, M. Isobe, R. Morishita, R. Nagai: *Mediators of inflammation* **2009**, 5 s.
- [49] A. B. Sharang: *Food Res. Int.* **2009**, 42, 529–535.
- [50] S. Gupta, B. Saha, A. K. Giri: *Mutat. Res.* **2002**, 512, 37–65.
- [51] Ch. S. Yang, Y. Wang, G. Lu, S. C. Picinich: *Nat. Rev. Cancer* **2009**, 9, 429–439.
- [52] T.-D. Way, H.-Y. Lin, K.-T. Hua, J.-Ch. Lee, W.-H. Li, M.-R. Lee, Ch.-H. Shuang, J.-K. Lin: *Food. Chem.* **2009**, 114, 1231–1236.
- [53] I. C. W. Arts: *J. Nutr.* **2008**, 138, 1561S–1566S.
- [54] J. Clark, M. You: *Mol. Nutr. Food Res.* **2006**, 50, 144–151.
- [55] D. N. Syed, Y. Suh, F. Afaq, H. Mukhtar: *Cancer Lett.* **2008**, 265, 167–176.
- [56] M. Saleem, V. M. Adami, I. A. Siddiqui, H. Mukhtar: *Nutr. Cancer* **2003**, 47, 13–23.
- [57] D. L. McKay, J. B. Blumberg: *J. Am. Coll. Nutr.* **2002**, 21, 1–13.
- [58] K. Hosoda, M. Wang, M. Liao, C. Chuang, M. Iha, B. Clevidence, J. Yamamoto: *Diabetes Care* **2003**, 26, 1714–1718.
- [59] T. Murase, A. Nagasawa, J. Suzuki, T. Hase, I. Tomikitsu: *Int. J. Obes.* **2002**, 26, 1459–1464.
- [60] Y.-H. Kao, R. A. Hiipakka, S. Liao: *Endocrinology* **2000**, 141, 980–987.
- [61] Ch. Ramassamy: *Eur. J. Pharmacol.* **2006**, 545, 51–64.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

AIDS	Acquired immune deficiency virus (syndrom získaného selhání imunity)
BMI	Body mass index
C	Katechin
DNA	Deoxyribonukleová kyselina
EC	Epikatechin
ECG	Epikatechin gallát
EGC	Epigallokatechin
EGCG	Epigallokatechin-3-gallát
EU	Evropská Unie
HDL	High-density lipoprotein
LDL	Low-density lipoprotein
SARS	Severe acute respiratory syndrome (syndrom náhlého selhání dýchání)

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1. <i>Camellia sinensis</i> (L.) Kunte.....	14
Obrázek 2. Procenta z celkové produkce čaje v roce 2008.....	15
Obrázek 4. Chemické složení čajovníku.....	21
Obrázek 5. Struktura purinového kruhu.....	23
Obrázek 6. Heterocyklické analogy purinového kruhu.....	23
Obrázek 7. Tautomerní formy xanthinu.....	24
Obrázek 8. Strukturní vzorec kofeinu.....	24
Obrázek 9. Strukturní vzorec theobrominu.....	25
Obrázek 10. Theofyllin.....	26
Obrázek 11. Struktura flavanového skeletu.....	27
Obrázek 12. Základní skelety vybraných flavonoidů.....	27
Obrázek 13. Čtyři stereoisomery katechinu.....	28
Obrázek 14. Strukturní vzorce hlavních katechinů obsažených v čaji.....	29
Obrázek 15. Theasapogenol A a B.....	32
Obrázek 16. Struktury vybraných karotenoidových barviv čaje.....	33
Obrázek 17. Oxidace pyrokatechinu.....	34
Obrázek 18. Struktura theaflavinů a thearubiginu.....	34
Obrázek 19. Obecná struktura theacitrinů.....	35



**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1. Významné mezníky v historii čaje.....	12
Tabulka 2. Vztahy mezi jednotlivými stereoisomery katechinu.....	29