

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ  
AGRONOMICKÁ FAKULTA**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**BRNO 2015**

**DAGMAR HOLČÍKOVÁ**

**Mendelova univerzita v Brně**  
**Agronomická fakulta**  
**Ústav chemie a biochemie**

---



**Agronomická  
fakulta**

**Mendelova  
univerzita  
v Brně**



**Přehled fenolových látek v bylinných čajích**  
Bakalářská práce

*Vedoucí práce:*  
RNDr. Jozef Kováčik, Ph.D.

*Vypracovala:*  
Dagmar Holčíková

---

Brno 2015

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

## Čestné prohlášení

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

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

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

V Brně dne:.....

.....  
podpis

## **Poděkování**

Ráda bych poděkovala mému vedoucímu bakalářské práce panu RNDr. Jozefu Kováčikovi, Ph.D. za odborné vedení, poskytnuté informace, cenné rady a připomínky. Dále děkuji mé rodině za jejich podporu při studiu.

## **ABSTRAKT**

Tématem mé bakalářské práce je Přehled fenolových látek v bylinných čajích. Nejprve jsou uvedeny druhy čajů pocházející z listů čajovníku čínského (*Camellia sinensis*). Poté se práce podrobněji věnuje bylinným drogám a jejich klasifikaci. U vybraných drog jsou uvedeny obsahové látky a léčebné účinky. V další části jsou popsány nejdůležitější látky obsažené v bylinných čajích, tedy minerální látky, terpeny, vitamíny, alkaloidy a nejvíce jsou charakterizovány fenolové látky. Práce se zabývá především jejich klasifikací, stručným popisem a uvádí nejznámější zástupce každé skupiny fenolových látek. Součástí práce je experiment, kdy se stanovuje obsah fenolových látek a vitamínu C v plodech rostliny rakytník řešetlákový (*Hippophae rhamnoides*).

**Klíčová slova:** byliny, fenolové látky, rakytník řešetlákový

## **ABSTRACT**

The topic of my bachelor thesis is Overview of phenolic compounds in herbal infusions. The first part of work describes the types of tea from the leaves of Chinese Tea (*Camellia sinensis*). The next part is focused on herbal drugs and their classification. For selected drugs are mentioned the substances and therapeutic effects. The next section describes the most important substances in herbal infusions, namely minerals, terpenes, vitamins, alkaloids, and the phenolic compounds are characterized by the most. The work deals mainly with their classifications, gives a brief description, and mentions the most famous representative of each group of phenolic compounds. The experiment determines the content of phenolic compounds and vitamin C in berries of the sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides*).

**Keywords:** herbs, phenolic compounds, sea buckthorn

## OBSAH

1	ÚVOD .....	8
2	CÍL PRÁCE .....	9
3	LITERÁRNÍ PŘEHLED.....	10
3.1	Čajovník čínský .....	10
3.2	Druhy čajů.....	10
3.2.1	Černý čaj.....	10
3.2.2	Zelený čaj .....	11
3.2.3	Oolong .....	11
3.2.4	Bílý čaj.....	12
3.2.5	Žlutý čaj.....	12
3.2.6	Tmavé čaje.....	12
3.3	Bylinné čaje .....	12
3.4	Klasifikace bylinných drog.....	13
3.4.1	Naťové drogy.....	13
3.4.2	Květové drogy .....	14
3.4.3	Listové drogy.....	14
3.4.4	Plodové drogy.....	15
3.4.5	Kořenové drogy .....	16
3.5	Obsahové látky v čajích.....	16
3.5.1	Minerální látky .....	16
3.5.2	Organické látky .....	17
3.5.2.1	Terpeny.....	17
3.5.2.2	Vitamíny .....	18
3.5.2.3	Alkaloidy .....	19
3.6	Fenolové látky.....	20
3.6.1	Jednoduché fenoly .....	24
3.6.2	Fenolové kyseliny a aldehydy .....	24
3.6.3	Acetofenony a fenylctové kyseliny .....	24
3.6.4	Skořicové kyseliny .....	24
3.6.5	Kumariny .....	25
3.6.6	Flavonoidy.....	25
3.6.6.1	Chalkony.....	26

3.6.6.2	Aurony .....	27
3.6.6.3	Isoflavony, isoflavanony a neoflavonoidy.....	27
3.6.6.4	Flavanony .....	27
3.6.6.5	Flavanonoly .....	27
3.6.6.6	Flavanoly .....	27
3.6.6.7	Flavony .....	28
3.6.6.8	Flavonoly .....	28
3.6.6.9	Anthokyanidiny .....	28
3.6.6.10	Anthokyany .....	29
3.6.7	Biflavony .....	30
3.6.8	Benzofenony, xanthony a stilbeny .....	30
3.6.9	Betakyany .....	30
3.6.10	Lignany.....	30
3.6.11	Lignin .....	31
3.6.12	Tanniny.....	33
3.6.12.1	Kondenzované tanniny .....	33
3.6.12.2	Hydrolyzovatelné tanniny.....	33
4	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST.....	35
4.1	Rostlinný materiál.....	35
4.2	Postup.....	36
4.3	Výsledky a diskuze .....	37
5	ZÁVĚR .....	40
6	PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY .....	41
7	SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ .....	44
8	SEZNAM ZKRATEK.....	45
9	PŘÍLOHY .....	46



# 1 ÚVOD

Fenolové látky patří mezi nejvýznamnější sekundární metabolity rostlin. V rostlinách plní řadu důležitých funkcí. Podílejí se na růstu, vývoji a obraně rostlin.

Po chemické stránce se jedná o velmi různorodou skupinu látek. Stanovení obsahu polyfenolů v jednotlivých rostlinách, částech rostlin či potravinách je velmi důležité. Mají vliv nejen na barvu a chuť, ale také na kvalitu potravin a technologické zpracování. Především mají pozitivní účinky na lidské zdraví. Vykazují antioxidační, antikarcinogenní, protizánětlivé, anticholesterolemické a další účinky. Tyto příznivé vlivy se připisují právě antioxidačním vlastnostem polyfenolických sloučenin (zejména derivátům katechinů).

Jedním z nejvýznamnějších zdrojů polyfenolů je podle mnohých studií zelený čaj. Ovšem ani čaje z bylin nemají obsah těchto sloučenin zanedbatelný, a proto i bylinné čaje je vhodné pít z hlediska pozitivního vlivu na zdraví konzumenta.

Cílem praktické části bakalářské práce je stanovení celkového obsahu rozpustných fenolů reakcí s Folin-Ciocalteu činidlem. Pro experiment jsou použity plody rostliny rakytník řešetlákový (*Hippophae rhamnoides*). O této léčivé rostlině se v současné době hodně mluví. Plody zlepšují celkový stav organismu a zvyšují jeho výkonnost. Jsou plné vitamínů a dalším biologicky aktivních látek, které vykazují preventivní a léčebné účinky. Tyto látky jsou nejen v plodech, ale i v listech a kořenech. Taktéž rakytníkový olej je efektivním léčebným prostředkem s širokým rozsahem působení.

## 2 CÍL PRÁCE

Cílem bakalářské práce bylo:

- prostudovat odbornou literaturu,
- prostudovat odbornou anglicky psanou literaturu,
- klasifikovat bylinné drogy a jejich obsahové látky,
- charakterizovat fenolové látky,
- stanovit obsah celkových rozpustných fenolů v plodech rakytníku řešetlákového.

## 3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

### 3.1 Čajovník čínský

Čajovník je zřejmě nejstarší kulturní rostlinou světa. Pochází z Číny, kde se pěstuje asi 2500 let. Čajovníky jsou stálezelené rostliny z rodu čajovník (*Camellia*) čeledi čajovníkovité (Theaceae). Původně se pěstovaly dva druhy: *Camellia sinensis* a *Camellia assamica*. První z nich je rostlina keřovitého vzrůstu s malými listy, dobře snáší chlad ve vysokých nadmořských výškách. Tropická rostlina *Camellia assamica* je stromovitého vzrůstu a vyžaduje teplé podnebí. List čajovníku je vždy zelený, lesklý a v mládí porostlý jemnými chloupky. Květy ani plody se nezpracovávají (WACHENDORF, 2007).

Existuje celá škála kritérií, podle kterých můžeme čaje rozdělit (země původu, plantáže, nadmořské výšky, doby sklizně, aj.). Nejpoužívanější je rozlišení na čaj černý (fermentovaný), oolong (částečně fermentovaný), zelený a v některých zdrojích se uvádí bílý, žlutý a tmavý. Všechny tyto čaje jsou variantou zpracování téže rostliny – čajovníku čínského.

Fermentace znamená kvašení, tento proces ale v čaji ani zdaleka neprobíhá. Ve skutečnosti se jedná o oxidaci polyfenolů, která vede k chemickým změnám v čajových lístcích a způsobuje jejich tmavnutí. Černý, zelený, částečně oxidovaný a tmavý čaj se liší způsobem i dobou oxidace (THOMOVÁ, THOMA, 2002).

Polyfenoly tvoří až 35 % sušiny čaje. Nejčastěji vyskytující se polyfenoly jsou flavanoly jako jsou (-) epikatechin gallát, (-) epigallocatechin, (-) epigallocatechin galát, (-) epikatechin, (+) katechin a jejich deriváty, dále flavonoly (quercetin, kampferol a jejich glykosidy), flavony, fenolové kyseliny a depsidy (kyselina gallová, kyselina chlorogenová, theogallin) (SHAHIDI, NACZK, 2003).

### 3.2 Druhy čajů

#### 3.2.1 Černý čaj

V Číně se nazývá též červený. Je oxidován nejvíce, více než polovina jeho polyfenolů je zoxidována. Po natrhání a vytřídění jsou čajové lístky rozprostřeny na sušící plata. Po několika hodinách listy zavadnou, změkknou a mohou být zavinuty do ruliček. Dnes se to děje v rolovacím stroji po dobu 30 až 60 minut. Při tomto procesu jsou narušeny buněčné membrány a přírodní polyfenoly se dostávají do styku se vzdušným kyslíkem a enzymem polyfenolázou, který proces oxidace katalyzuje.

V čajových lístcích dochází k nevratným chemickým změnám, jejichž výsledek je černý čaj. Svinuté lístky se nechají oxidovat až 3 hodiny při teplotě 24 až 29 °C. Oxidace je zastavena prudkým zahřáním listů, pak se čaj dosušuje, zbavuje stonků a nečistot a roztrídí se podle velikosti lístků (THOMOVÁ, THOMA, 2002).

V průběhu fermentace z čajových katechinů vznikají bisflavanoly, theaflaviny, thearubiginy a jiné oligomery s krátkým řetězcem. Takto se chlorofyl v listech přeměňuje, důkazem je změna zelené barvy na červenou (MESQUITA, QUEIROZ, 2013).

Pro zpracování listů se často používá technologie nazvaná CTC (crushing-tearing-curling, tj. drcení-trhání-svinování). Při této metodě jsou lístky svinovány a zároveň drceny a trhány. Buněčná šťáva se pak z buněk vylučuje intenzivněji a produkt má silnější barvicí schopnost. Tato technologie se využívá hlavně při výrobě porcovaných čajů (ARCIMOVIČOVÁ, VALÍČEK, 2000).

### **3.2.2 Zelený čaj**

Zelený čaj vůbec neprochází procesem oxidace a zanechá si tak všechny přírodní polyfenoly. Čajové lístky se po otrhání nechají zavadnout ve stínu maximálně 2 hodiny nebo se začnou ihned zpracovávat – tedy deenzymovat. Oxidaci je zabráněno opražením na pánvi, propařováním nebo pečením. Poté se lístky tvarují a suší (THOMOVÁ, THOMA, 2002).

Čaj vyluhovaný z takto upraveného materiálu má světle zelenou až žlutavou barvu, protože chlorofyl a třísloviny v listech se nemění chemickou reakcí, jako je tomu u čajů fermentovaných (ARCIMOVIČOVÁ, VALÍČEK, 2000).

### **3.2.3 Oolong**

Oolong je částečně oxidovaný čaj. Lístky se sbírají v plné zralosti. Na rozdíl od zeleného čaje se nechávají zavadnout na přímém slunci. Poté jsou protřásány ve velkých bambusových válcích, čímž dojde k narušení okrajů lístků. V důsledku toho lístky na okrajích oxidují mnohem rychleji než ve středu (THOMOVÁ, THOMA, 2002). Ve chvíli, kdy lístky začnou na okrajích červenat, zatímco jejich střed zůstává zelený, je proces oxidace přerušen sušením. Sušení probíhá za vyšších teplot a čaj má někdy připečenější chuť a zároveň obsahuje méně vody, je tedy trvanlivější (CHOW, KRAMMER, 1998).

### 3.2.4 Bílý čaj

Bílé čaje obsahují rozhodující množství ochmýřených, dosud nerozvinutých tipsů, spojených s několika nedorostlými lístky. Po nasbírání se lístky nechají zavadnout a přetřásáním na platech se mírně pomačkají, čímž se naruší jejich buněčné membrány a dochází ke slabé oxidaci, která je brzy přerušena sušením či propařením (THOMOVÁ, THOMA, 2002). Lístky se nezavinují ani netvarují, jejich chuť a vůně se nejméně blíží čerstvému čaji (ARCIMOVIČOVÁ, VALÍČEK, 2000).

### 3.2.5 Žlutý čaj

Tímto názvem bývají označovány tzv. císařské čaje (žlutá je barva čínských císařů), tak se označovaly nejkvalitnější čaje odváděné císařskému dvoru jako daň. Ovšem jde o spornou kategorii, protože některé zdroje uvádějí, že se jedná o zelený čaj, který je při pozvolném sušení dodatečně oxidován (THOMOVÁ, THOMA, 2002).

### 3.2.6 Tmavé čaje

Nejznámější čaj, který se řadí mezi tmavé je Pchu-er. Je poněkud neobvyklý. Prochází totiž dvojitou fermentací. Nejčastěji bývá slisován do cihel, koláčů nebo misek. Takto vydrží řadu let i desetiletí. Dlouhodobým skladováním získá zemité a zatuchlé aroma a nezaměnitelnou chuť (THOMOVÁ, THOMA, 2002).

## 3.3 Bylinné čaje

Léčivé rostliny, byliny, obsahující terapeuticky účinné látky. Jsou plané i pěstované. Byliny se před použitím upravují nejčastěji sušením, tak aby obsahové látky byly stabilizovány. Z čerstvé matečné rostliny se sušením stává droga. Drogou může být ojedinele celá rostlina, ale nejčastěji se používají jednotlivé části rostlin (nať, květ, list, plod, kořen). Drogou může dále být produkt látkové výměny např. silice (NEUGEBAUEROVÁ, 2009).

Čaje jsou vodné odvary z rostlin. V závislosti na obsahových látkách se zalévají buď horkou, nebo studenou vodou. Například slizové látky se v horké vodě rychle rozkládají, a proto se drogy, které je obsahují, zalévají studenou vodou a nechají se louhovat při pokojové teplotě. Čaj připravený z tvrdších částí rostlin, z kůry nebo kořenů, se má vařit minimálně 15 minut, aby se účinné látky uvolnily do vody. Plody obsahující silice, se mají před zalitím rozmačkat a čaj po zalití přikrýt pokličkou, aby silice neunikly. Čaj by se měl pít čerstvý, aby se obsažené látky nestačily rozložit (STUMPF, 2013).

Byliny mají mnohostranný léčebný účinek. Používají se často jako diuretika (prostředek podporující činnost ledvin, a tím vylučování moči), diaforetika (prostředky podporující pocení, potopudný účinek), adstringencia (prostředek stahující, místně zužující cévy a snižující vyměšování), antiflogistika (působí proti zánětům, zmírňují překrvení zanícených míst organismu), expektorancia (podporují uvolňování hlenů a usnadňují vykašlávání), karminativa (proti nadýmání, plynatosti), spasmolytika (prostředek omezující bolestivé stahy hladkého svalstva), a další (BEGUIVINOVÁ, MÜLLEROVÁ, 2003).

### 3.4 Klasifikace bylinných drog

#### 3.4.1 Naťové drogy

Bazalka pravá (*Ocimum basilicum* L.) obsahuje 2,5 ml/kg silice (65 – 85 % metylchavikol, linalool), třísloviny. Používá se jako expektorans, působí protizánětlivě, pomáhá při trávicích obtížích (TREBEN, 2009).



Obr. 1 Bazalka pravá  
(<http://loghouseplants.com/plants/shop/basil-genovese-ocimum-basilicum/>)

Drogou meduňky lékařské (*Melissa officinalis* L.) jsou listy i nať. Obsahuje silice, flavonoidy, třísloviny. Má sedativní, antibakteriální účinky, pomáhá při nervových, žaludečních a srdečních potížích.

Šalvěj lékařská (*Salvia officinalis* L.) obsahuje silice (tujon, cineol, borneol, aj.), třísloviny, hořčiny, saponiny. Používá se jako antiflogistikum, antiseptikum, adstringens (MIKA, 1991).

Mezi naťové drogy dále patří benedikť lékařský (*Cnicus benedictus* L.), blín černý (*Hyoscyamus niger* L.), dobromysl obecná (*Origanum vulgare* L.), jablečník obecný (*Marrubium vulgare* L.), konopice bleďožlutá (*Galeopsis segetum*), majoránka zahradní (*Majorana hortensis* Moench), pelyněk estragon (*Artemisia dracunculus* L.), řepík lékařský (*Agrimonia eupatoria* L.), třezalka tečkovaná (*Hypericum perforatum* L.),

tymián obecný (*Thymus vulgaris* L.), vrbovka malokvětá (*Epilobium parviflorum*), yzop lékařský (*Hyssopus officinalis* L.).

### 3.4.2 Květové drogy

Heřmánek pravý (*Matricaria chamomilla* L.) je bylina s širokým léčebným účinkem. Obsahovými látkami jsou silice (bisabolol, bisabолоxid, chamazulen), hořčiny, glykosidy. Užívá se na špatné trávení, nehojící se rány a k uklidnění. Má silné protizánětlivé účinky, mírní křeče (TREBEN, 2009).



Obr. 2 Heřmánek pravý

([http://calphotos.berkeley.edu/cgi/img\\_query?enlarge=0000+0000+0207+0114](http://calphotos.berkeley.edu/cgi/img_query?enlarge=0000+0000+0207+0114))

Divizna velkokvětá (*Verbascum densiflorum* L.) obsahuje především sliz, saponiny, flavonoidy (rutin, hesperidin, apigenin), silice, karotenoidní barviva. Využívá se při zánětech průdušek, žaludku, střev.

V levanduli úzkolisté (*Levandula angustifolia* L.) nalezneme poměrně velké množství silic (linaloolu, linalyl acetátu, limonenu, kafru). Používá se jako sedativum, při kašli, v kosmetickém průmyslu (NEUGEBAUEROVÁ, 2009).

Dále se zde řadí měsíček lékařský (*Calendula officinalis* L.), topolovka růžová (*Alcea rosea* L.), sléz lesní (*Malva sylvestris* Boiss), třapatka nachová (*Echinacea purpurea* Moench), bez černý (*Sambucus nigra* L), lípa srdčitá (*Tilia cordata* L).

### 3.4.3 Listové drogy

Hlavní účinnou látkou máty peprné (*Mentha x piperita* L.) jsou silice (až 50 % tvoří mentol), dále třísloviny, hořčiny, flavonoidy. Jako droga slouží jak list, tak i nať. Vykazuje silné antiseptické účinky a pomáhá při potížích s trávením (NEUGEBAUEROVÁ, VÁBKOVÁ, 2011).

Jitrocel kopinatý (*Plantago lanceolata* L.) obsahuje glykosidy (aukubin), slizy, vitamín C. Působí protizánětlivě, urychluje hojení ran (TREBEN, 2009).



Obr. 3 Jitrocel kopinatý ([http://cs.wikipedia.org/wiki/Jitrocel\\_kopinat%C3%BD](http://cs.wikipedia.org/wiki/Jitrocel_kopinat%C3%BD))

Celá rostlina náprstníku vlnatého (*Digitalis lanata* L.) je prudce jedovatá. Obsahuje kardioglykosidy (digitoxin). Užívá se jako kardiotonikum – stimuluje srdeční sval (MIKA, 1991).

Mezi listové drogy dále patří medvědice lékařská (*Arctostaphylos uva-ursi* L.).

#### 3.4.4 Plodové drogy

Patří zde dnes hodně vyhledávaný ostropestřec mariánský (*Silybum marianum* L.). Obsahuje tzv. silymarinový komplex tvořený flavonoidy silybinem, silidianinem a silichristinem. Dále obsahuje histamin, hořčiny, aj. Chrání jaterní buňky před chemickými procesy zodpovědnými za většinu poškození a pomáhá obnovit poškozené buňky jater (JANČA, ZENTRICH, 1995).



Obr. 4 Ostropestřec mariánský ([http://en.wikipedia.org/wiki/Silybum\\_marianum](http://en.wikipedia.org/wiki/Silybum_marianum))

Kmín kořený (*Carum carvi* L.) obsahuje vysoký podíl silic (karvon, limonen), dále bílkoviny, flavonoidy. Využívá se jako stomachikum, karminativum, má bakteriostatický účinek (NEUGEBAUEROVÁ, 2009).



Mezi další plodové drogy patří anýz vonný (*Pimpinella anisum* L.), fenykl obecný (*Foeniculum vulgare* Mill.), koriandr setý (*Coriandrum sativum* L.), len setý (*Linum usitatissimum* L.), mák setý (*Papaver somniferum* L.), paličkovice nachová (*Claviceps purpurea* L.), pískavice řecké seno (*Trigonella foenum – graceum* L.).

### 3.4.5 Kořenové drogy

Lékořice lysá (*Glycyrrhiza glabra* L.) patří do čeledi bobovité. Kořen obsahuje 3 – 5 % saponinů (glycyrrhizin), dále glukózu, kumariny, škrob, flavonoidní glykosidy, flavanony, isoflavony. Používá se při poruchách trávení, podporuje uvolňování a vykašlávání hlenů z dýchací soustavy.

U rulíku zlomocného (*Atropa bella-donna* L.) se jako droga využívá kořen i list. Rulík obsahuje 0,3 % tropanových alkaloidů (především hyoscyamin, atropin a skopolamin). Používá se při křečovitých bolestech trávicího ústrojí. Atropin snižuje nitrooční tlak, rozšiřuje zornice, posiluje srdeční činnost. Smrtelná dávka alkaloidů se udává v setinách gramů (MIKA, 1991).



Obr. 5 Rulík zlomocný ([http://en.wikipedia.org/wiki/Atropa\\_belladonna](http://en.wikipedia.org/wiki/Atropa_belladonna))

Mezi kořenové drogy dále patří proskurník lékařský (*Alcea rosea* L.), čekanka obecná (*Cichorium intybus* L.), jehlice trnitá (*Ononis spinosa* L.), kozlík lékařský (*Valeriana officinalis* L.), lopuch větší, (*Arctium lappa* L.), puškvorec obecný (*Acorum calamus* L.) (NEUGEBAUEROVÁ, 2009).

## 3.5 Obsahové látky v čajích

### 3.5.1 Minerální látky

Mimo prvky C, H a O, které tvoří základ všech organických látek, obsahují rostliny řadu dalších prvků. Vyskytují se především ve sloučeninách anorganických a označují se jako prvky minerální. Většina prvků je pro rostlinu nenahraditelná a nezbytná, takové prvky se označují jako esenciální. Plní v rostlině specifické úlohy, účastní se

metabolických procesů, atd. Podle svého funkčně nezbytného obsahu v sušině jsou prvky označovány jako makrobiogenní a mikrobiogenní. Mezi makrobiogenní prvky patří C, H, O, N, K, Ca, Mg, Fe, P, S, jsou v 1 kg sušiny obsaženy v množství větším než 1 g. Mikrobiogenní prvky jsou např. Cl, Zn, B, Cu, Mn aj. Jejich obsah v rostlinách je menší než 0,1 g v 1 kg sušiny (PROCHÁZKA, 2007).

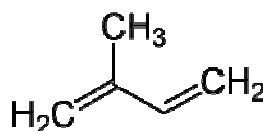
Minerální látky jsou v rostlinách obsaženy většinou v organických vazbách, organismus je tedy dobře vstřebává. Některé rostliny jsou na minerály bohatší, ale prakticky se tyto látky nacházejí ve všech rostlinách. Známé jsou například křemičitany, soli vápníku, draslíku a hořčíku (JANČA, ZENTRICH, 1994).

Významnými prvky pro lidský organismus jsou draslík, vápník, sodík, hořčík, chlor, fosfor, síra a železo. Nezbytné jsou také stopové prvky, např. jod, fluor, měď, mangan, zinek, aj. Obsah minerálních látek se mění podle výživy rostliny, není tedy stálý a neměnný. Rozborem sušiny nebo popela můžeme zjistit, které prvky rostlina přijala ze svého prostředí (HLAVA, VALÍČEK, 2005). V oblasti vyžití léčivých rostlin je kvantitativně nejvýznamnější draslík. Ve vysokých látkách působí močopudně (IBURG, 2010).

### 3.5.2 Organické látky

#### 3.5.2.1 Terpeny

Terpeny jsou malé organické molekuly s ohromnou strukturní rozmanitostí. Některé z nich mají ve struktuře řetězce přímé a další obsahují kruhy. Některé patří mezi uhlovodíky a jiné obsahují kyslík. Bez ohledu na jejich patrné strukturní rozdíly jsou všechny terpeny strukturně příbuzné. Obsahují strukturní jednotku isopren (2-methylbuta-1,3-dien) (MCMURRY, 2007).



Obr. 6 Isopren (<http://de.wikipedia.org/wiki/Terpene>)

Biosyntéza terpenů vychází z acetyl-CoA. Syntetizují se acetát mevalonátovou cestou (NOVÁČEK, 1991).

Terpeny se dělí podle počtu izoprenových jednotek. Vznikají podle tzv. izoprenového pravidla, které navrhl Leopold Růžička. Jedná se v podstatě o spojování izoprenových jednotek v pořadí hlava-pata. Jako hlava se označuje atom uhlíku C<sub>1</sub> a pata C<sub>4</sub>.

Klasifikace terpenů:

- Monoterpeny jsou desetiuhlíkaté sloučeniny (10 C) biosyntetizované ze dvou isoprenových jednotek (2 IJ); myrcen, linalool, geraniol, mentol, karvon, pinen
- Seskviterpeny: 15 C, 3 IJ; farnesol, humulon, azuleny
- Diterpeny: 20 C, 4 IJ; fytol, steviol
- Sesterterpeny: 25 C, 5 IJ
- Triterpeny: 30 C, 6 IJ; skvalen, betulin, limonin
- Tetraterpeny: 40 C, 8 IJ; karotenoidy

Mezi terpeny patří silice neboli éterické oleje. Ty jsou uvolňovány destilací rostlinných materiálů s vodní parou. Silice se soustřeďují v mezibuněčných prostorech, ve žláznatých chlupcích, v nádržkách, kanálcích apod. Jejich obsah v rostlině kolísá jak během vývoje rostliny, tak i během dne. Silice mají mnohostranný léčebný účinek. Některé působí i na centrální nervový systém, povzbuzují chuť k jídlu, překrvují pokožku, působí močopudně. Mezi byliny s velkým obsahem silic patří máta, mateřídouška, divizna, hluchavka. Silice, případně jejich izolované složky, se používají jako léčiva, k chuťové či čichové úpravě léků, v potravinářství, kuchyni, při výrobě nápojů nebo parfémů, atd. (MCMURRY, 2007).

### 3.5.2.2 Vitamíny

Vitamíny jsou nízkomolekulární organické sloučeniny potřebné ve stopových množstvích, také nazývané jako biokatalyzátory. Uplatňují se jako koenzymy v enzymových reakcích (MCMURRY, 2007).

Podle rozpustnosti je dělíme na:

- Vitamíny rozpustné v tucích – A, D, E, K
- Vitamíny rozpustné ve vodě – B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, B<sub>5</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>7</sub>, B<sub>9</sub>, B<sub>12</sub>, C

Je nutné je přijímat potravou. Nedostatek vitamínů se projevuje řadou příznaků. Lehčí formy nedostatku vitamínů se nazývají hypovitaminózy, těžší formy avitaminózy. Při příjmu nadbytečného množství dochází k hypervitaminóze, ta se ovšem vyskytuje pouze u vitamínů rozpustných v tucích. Nadbytek vitamínů rozpustných ve vodě se vyloučí močí z těla ven (HLAVA, VALÍČEK, 2005).

Čaj obsahuje vitamín C a E s antioxidačním působením, vitamíny skupiny B, vitamín K a P (CHOW, KRAMMER, 1998).

Rostliny a jejich části jsou na vitamíny poměrně bohaté. O rostlinných vitamínech je známo, že jsou účinnější než jejich syntetické napodobeniny.

### 3.5.2.3 Alkaloidy

Alkaloidy jsou dusíkaté, většinou heterocyklické organické látky alkalické povahy. Vznikají při metabolismu aminokyselin. Vyskytují se volné, ale častěji vázané na organické kyseliny ve formě snadno rozpustných solí ve vodě. Většinou se jedná o pevné krystalické látky, bezbarvé, bez zápachu se silnou hořkou chutí (NOVÁČEK, 1991).

Alkaloidy jsou důležitá skupina biologicky aktivních aminů. Jsou syntetizovány rostlinami k ochraně před hmyzem a dalšími živočichy. Všechny alkaloidy jsou toxické a při užití velkého množství mohou zapříčinit smrt (WADE, 2013).

Největší obsah alkaloidů obsahují rostliny těsně před rozkvetem nebo v začátku květu. Největší zastoupení alkaloidů mají semena, listy, kůra a kořeny. Květy mají zastoupení nižší. V rostlině se nacházejí většinou ve skupinách příbuzného charakteru a ne samostatně. Většina je jedovatá (JANČA, ZENTRICH, 1994).

Rostliny, které obsahují alkaloidy jako hlavní účinnou látku by měly být přijímány jen pod lékařským dohledem. Například atropin nacházející se v rulíku zlomocném způsobuje již při dávce 0,5 mg psychomotorický neklid, zmatení, záchvaty zuřivosti. V nízkých dávkách v součinnosti s jinými obsahovými látkami mohou pozitivně ovlivnit léčivé účinky rostlin. Alkaloidy obecně způsobují zvýšení krevního tlaku, povzbuzují nervy a utišují křeče (IBURG, 2010).

Typickými zástupci jsou například mák setý *Papaver somniferum* se známými alkaloidy morfinem, papaverinem a kodeinem. Dále rulík zlomocný *Atropa belladonna*

obsahující atropin a skopolamin. Také oměj šalamounek *Aconitum napellus* s akonitinem a bělotrn kulatohlavý s nejedovatým echinopsinem (JANČA, ZENTRICH, 1994).

Alkaloidy můžeme podle jejich struktury dělit do několika skupin. K nejvýznamnějším skupinám patří:

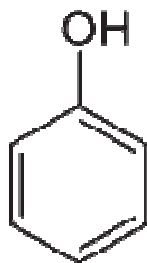
- Fenylalkylamin – efedrin, taxin, kapsaicin
- Chinolizidinové – lupinin, lupanin, spartein
- Pyridinové a piperidinové – nikotin, normikotin, lobelin, koniin, piperin, ricinin
- Tropanové – atropin, hyoscyamin, skopolamin, kokain
- Chinolinové a isochinolinové – chinin, morfin, kodein, papaverin
- Indolové – psilocybin, reserpin, strychnin, ergometrin
- Purinové – kofein, theofylin, theobromin (NOVÁČEK, 1991).

### 3.6 Fenolové látky

Fenolové látky (neboli polyfenoly) patří mezi nejvýznamnější sekundární metabolity rostlin. Zastupují různé funkce. Ovlivňují růst a vývoj rostlin, barvu, vůni. Ochraňují rostliny před býložravci a různými patogeny nebo naopak přitahují opylovače. Nicméně, některé z nich jsou toxické (VERMERRIS, NICHOLSON, 2006).

Jedná se o heterogenní skupinu sloučenin, která se vyskytuje téměř ve všech potravinách. Uplatňují se zde především jako látky vonné a chuťové. V potravinách se vyskytují buď jako primární složky silic nebo vznikají sekundárně při zpracování potravin, například termickým procesem nebo působením mikroorganismů (VELÍŠEK, HAJŠLOVÁ, 2009).

Fenolové látky obsahují ve své struktuře aromatický kruh, na který je napojena jedna nebo více hydroxylových skupin. Celá skupina fenolových látek je založena na struktuře fenolu (VERMERRIS, NICHOLSON, 2006).



Obr. 7 Fenol (<http://en.wikipedia.org/wiki/Phenol>)

Fenolické látky jsou v mnoha směrech podobné alkoholům s alifatickou strukturou. Aromatický kruh ovlivňuje vlastnosti hydroxylové skupiny. Kvůli aromatickému kruhu

je vodík z hydroxylové skupiny labilní, důsledkem toho mají fenoly slabě kyselý charakter.

V rostlinách se nevyskytují jako volné sloučeniny, ale většinou jako estery nebo glykosidy. To si musíme uvědomit, pokud chceme fenoly z rostlinných pletiv extrahovat.

Polyfenoly zahrnují velkou a různorodou skupinu chemických látek. V tabulce je uvedeno členění podle počtu uhlíků v molekule.

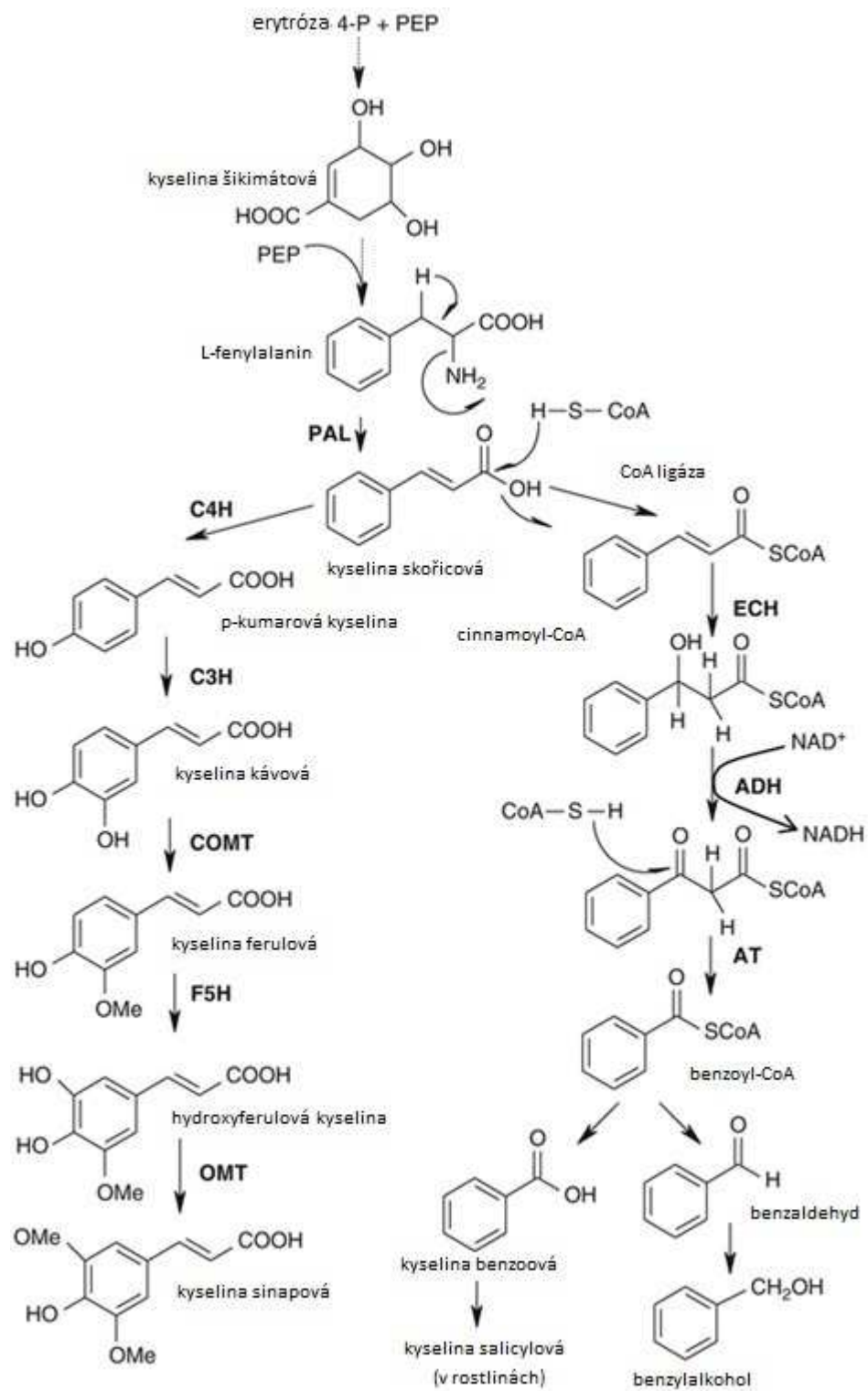
Tab. 1 Rozdělení fenolových látek (upraveno podle VERMERRIS, NICHOLSON, 2006)

struktura	skupina látek
C <sub>6</sub>	jednoduché fenoly
C <sub>6</sub> -C <sub>1</sub>	fenolové kyseliny a příbuzné sloučeniny
C <sub>6</sub> -C <sub>2</sub>	acetofonony a fenyloctové kyseliny
C <sub>6</sub> -C <sub>3</sub>	skořicové kyseliny, cinamylaldehydy, cinamylalkoholy
C <sub>6</sub> -C <sub>3</sub>	kumariny, izokumariny, chromony
C <sub>15</sub>	chalkony, aurony, dihydrochalkony
C <sub>15</sub>	flavany
C <sub>15</sub>	flavony
C <sub>15</sub>	flavanony
C <sub>15</sub>	flavanonoly
C <sub>15</sub>	antokyanidiny
C <sub>15</sub>	antokyany
C <sub>30</sub>	biflavonyly
C <sub>6</sub> -C <sub>1</sub> -C <sub>6</sub> , C <sub>6</sub> -C <sub>2</sub> -C <sub>6</sub>	benzofenony, xantony, stilbeny
C <sub>6</sub> , C <sub>10</sub> , C <sub>14</sub>	chinony
C <sub>18</sub>	betakyany
lignany, neolignany	dimery nebo oligomery
ligniny	polymery
tanniny	oligomery nebo polymery
flobafeny	polymery

Některé aromatické látky v rostlinách se syntetizují acetát-malonátovou cestou. Většina aromatických látek se však syntetizuje šikimátovou cestou.

Biosyntetická cesta kyseliny šikimátové začíná reakcí fosfoenolpyruvátu z glykolýzy a D-erytróza-4-fosfátu z pentózového cyklu. Tyto primární metabolity vstupují do dalších reakcí, jejichž konečným produktem je aminokyselina fenylalanin. Dalšími reakcemi vznikají tyrozin a tryptofan (MASAROVÍČOVÁ, REPČÁK, 2002).

Fenylalanin je výchozí látka pro biosyntézu kyseliny skořicové. Jedná se o deaminaci, kterou katalyzuje enzym fenylalaninamoniolyáza (PAL). Všechny rostliny mají schopnost deaminovat fenylalanin na kyselinu skořicovou, ale deaminace tyrosinu, která vede ke vzniku 4-hydroxyskořicové kyseliny je omezenější (především u rostlin čeledi lipnicovité) (VELÍŠEK, CEJPEK, 2008).

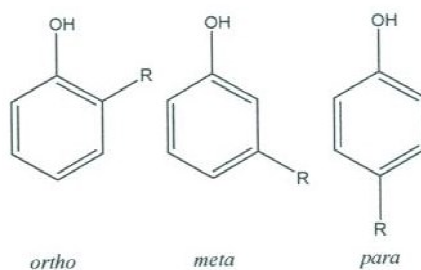


Obr. 8 Biosyntéza hlavních fenolových látek  
 (upraveno podle [http://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007%2F978-3-642-22144-6\\_64](http://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007%2F978-3-642-22144-6_64))



### 3.6.1 Jednoduché fenoly

Na aromatický kruh je navázána jedna nebo více hydroxylových skupin. Polohu substituentů na benzenovém jádře lze vyjádřit pomocí předpon ortho- (poloha 1,2-), meta- (poloha 1,3-) a para- (poloha 1,4-) (VERMERRIS, NICHOLSON, 2006).



Obr. 9 Znázornění vzájemné polohy substituentů (VERMERRIS, NICHOLSON, 2006).

Složky udírenského kouře jsou například fenoly hydrochinon (obr. 3 v příloze), guajakol, isoeugenol a salicylaldehyd, které vykazují antioxidační a antimikrobní účinky. Mezi jednoduché fenoly dále patří floroglucin (obr. 1 v příloze), pyrokatechin (obr. 2 v příloze), pyrogalol (obr. 4 v příloze) a také tymol a karvakrol (obsaženy v tymiánu) a další složky koření vykazující antioxidační aktivitu (VELÍŠEK, 1999).

### 3.6.2 Fenolové kyseliny a aldehydy

Fenolové kyseliny jsou charakteristické přítomností karboxylové skupiny substituované na fenolu. Jsou odvozené z různých míst šikimátové cesty. Patří zde kyselina p-hydroxybenzoová, galová, protokatechová, salicylová a vanillová.

Příbuznou skupinou jsou hydroxybenzaldehydy, které mají aldehydovou skupinu místo karboxylové. Například vanilin, který způsobuje vůni vanilky (VELÍŠEK, 1999).

### 3.6.3 Acetofenony a fenylactové kyseliny

Acetofenony jsou sloučeniny, které se v přírodě vyskytují jen vzácně (VERMERRIS, NICHOLSON, 2006).

### 3.6.4 Skořicové kyseliny

Máme šest známých skořicových kyselin se strukturou C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>. Všechny rostliny obsahují alespoň tři z nich: kyseliny skořicová, p-skořicová, kávová, ferulová, 5-hydroxyferulová a sinapová (VERMERRIS, NICHOLSON, 2006).

Deriváty kyseliny skořicové tvoří v rostlinách estery s jinými látkami nebo glykosidy. Nejběžnější estery fenolových kyselin jsou depsidy. V rostlinách se často

vyskytuje 3-depsid kyseliny kávové s kyselinou chinovou, což je kyselina chlorogenová. Všechny přírodní estery kyseliny chinové se označují jako kyselina chlorogenová. Ta se nejčastěji vyskytuje v zelené kávě a bramborech. Tepelnou úpravou se degraduje (VELÍŠEK, 1999).

V semenech a v nadzemních částech brukvovitých rostlin se nachází estery skořicových kyselin s kyselinou jablečnou, zejména sinapyol malát v listech, v semenech dominují estery cholinu, které jsou při klíčení přeměněny na příslušné maláty a v kořenech sinapyol cholin (VERMERRIS, NICHOLSON, 2006).

Kyselina rosmarinová je esterem kyseliny kávové. Patří mezi významné antioxidanty a nachází se v rozmarýnu a majoránce (VELÍŠEK, 1999).

### **3.6.5 Kumariny**

Jedná se o početnou skupinu látek, které hrají důležitou roli v odolnosti proti chorobám a škůdcům a také v toleranci vůči UV záření (VERMERRIS, NICHOLSON, 2006). Kumariny jsou laktony, vznikají cyklizací kyseliny o-hydroxy-cis-skořicové. V rostlinách se vyskytují hydroxy- a metoxyderiváty kumarinu, zejména umbeliferon (obr. 5 v příloze) a hermarin, které inhibují klíčení a prodlužovací růst (MASAROVICHOVÁ, REPČÁK, 2002).

Ester umbeliferonu se používá jako substrát pro nescifickou esterázu enzymových zkoušek a ve fluorescentních imunoanalýzách.

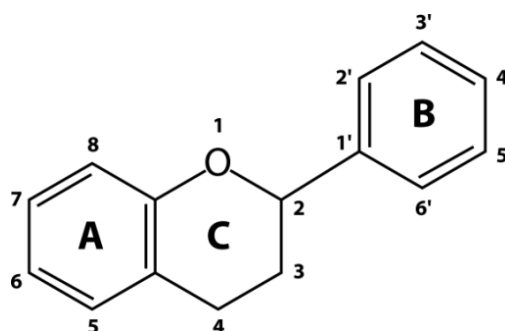
Isokumarin, jako je bergenin (obr. 6 v příloze), má strukturu podobnou kumarinu, ale pozice kyslíku a karboxylové skupiny je otočená. Isokumariny hrají významnou roli v obranných reakcích. Bergenin inhibuje růst prachových plísní na hrachu (VERMERRIS, NICHOLSON, 2006).

### **3.6.6 Flavonoidy**

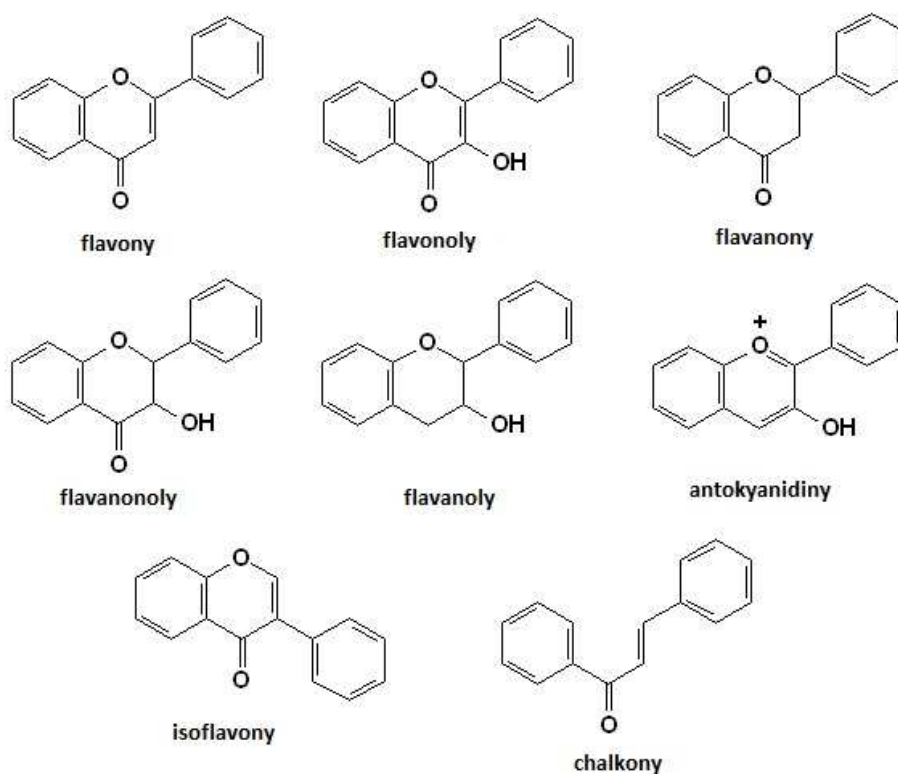
Flavonoidy jsou jedna z nejrozmanitějších a nejrozšířenějších skupin přírodních látek. Vyskytují se ve všech částech rostlin, včetně ovoce, pylu a jádřového dřeva. Flavonoidní sloučeniny se obvykle vyskytují v rostlinách jako glykosidy (KELLER, 2009).

Jsou největší skupinou fenolových látek. Struktura je tvořena patnáctiuhlíkovým skeletem C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub>, tedy dvě benzenová jádra (kruhy A a B) jsou spojena tříuhlíkovým řetězcem. C<sub>3</sub> řetězec většiny flavonoidních látek je součástí heterocyklického kruhu odvozeného od 2H-pyranu, ten představuje kruh C. Kruh A vznikl kondenzací tří molekul malonyl-CoA. Kruh B vznikl z p-coumaroyl-CoA (VELÍŠEK, HAJŠLOVÁ,

2009). Pro typické flavonoidy platí, že meta-hydroxylová skupina z kruhu A, poskytne kyslík ke vzniku šestičlenného heterocyklu (VERMERRIS, NICHOLSON, 2006).



Obr. 10 Flavan (<http://www.robertbarrington.net/flavonoid-structure/>)



Obr. 11 Struktura hlavních skupin flavonoidů  
(upraveno podle <http://supplementscience.org/antioxidants.html>)

### 3.6.6.1 Chalkony

Chalkony a dihydrochalkony mají lineární tříuhlíkový řetězec, který spojují dvě benzenová jádra. Chalkony na rozdíl od dihydrochalkonů obsahují v C<sub>3</sub> řetězci dvojnou vazbu. Butein (obr. 7 v příloze) je chalkon obsažen ve žlutých pigmentech rostlin. Zástupcem dihydrochalkonu je phloridzin (obr. 8 v příloze), ten se nachází v listech jablek (VERMERRIS, NICHOLSON, 2006).

### 3.6.6.2 Aurony

Aurony (obr. 9 v příloze) vznikají cyklizací chalkonů. Meta-hydroxylová skupina reaguje s  $\alpha$ -uhlíkem z  $C_3$  řetězce, následně dojde k vytvoření pětičlenného heterocyklu. Aurony jsou součástí žlutých pigmentů rostlin (VELÍŠEK, HAJŠLOVÁ, 2009).

### 3.6.6.3 Isoflavony, isoflavanony a neoflavonoidy

Isoflavony (obr. 10 v příloze), isoflavanony a neoflavonoidy (obr. 11 v příloze) mají také strukturu  $C_6-C_3-C_6$ , ale kruh B je navázán na kyslíkatý heterocyklus v jiné pozici (VERMERRIS, NICHOLSON, 2006). Pokud je kruh B navázán na pyranový kruh C v poloze  $C_3$ , sloučeniny se nazývají isoflavonoidy (odvozené od isoflavanu). Pokud je spojení v poloze  $C_4$ , nazývají se neoflavonoidy (odvozené od neoflavanu) (GROTEWOLD, 2006).

### 3.6.6.4 Flavanony

Ve struktuře flavanonů obsahuje heterocyklus také keto skupinu, ale je zde jednoduchá vazba mezi C-C (VERMERRIS, NICHOLSON, 2006). Flavanony vznikají z chalkonů, jsou to meziprodukty při tvorbě flavonů a izoflavonoidů. Flavanony naringenin (obr. 12 v příloze) a eriodyktol se vyskytují ve formě glykosidů, např. v citrusových plodech (VELÍŠEK, 1999).

### 3.6.6.5 Flavanonoly

Flavanonoly (neboli 3-hydroxyflavanony, 2,3-dihydroflavanoly) jsou biosyntetickými meziprodukty při tvorbě flavonolů, katechinů, proantokyandinů a antokyanů (MASAROVICHOVÁ, REPČÁK, 2002). Příkladem je taxifolin (obr. 13 v příloze), znám jako dihydroquercitin (VERMERRIS, NICHOLSON, 2006).

### 3.6.6.6 Flavanoly

Heterocyklus flavanolů obsahuje pouze nasycené vazby, řadí se zde katechiny a leucoanthocyanidiny.

Leukoanthocyanidiny se uvádějí jako flavan-3,4-cis-diol. Obsahují v kruhu B dvě hydroxyskupiny (na  $C_3$  a  $C_4$ ). Jsou syntetizovány z flavanonolů redukcí keto skupiny na  $C_4$ . Leukokyanidin (obr. 14 v příloze) ( $-OH$  skupina na  $C_3$  a  $C_4$ ) a leucodelphinidin ( $-OH$  skupina na  $C_3$ ,  $C_4$  a  $C_5$ ) jsou obsaženy ve dřevě a hrají důležitou roli ve vzniku kondenzovaných tanninů (VERMERRIS, NICHOLSON, 2006).

Katechiny se označují jako flavan-3-ol, představují největší třídu přirozeně se vyskytujících C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub> monomerních flavonoidů. Patří zde například katechin (obr. 15 v příloze), epikatechin a galokatechin (obr. 16 v příloze) (GROTEWOLD, 2006). Katechiny se vyskytují také jako estery, kdy například kyselina gallová esterifikuje hydroxylovou skupinu v pozici 3.

Katechiny jsou monomerními jednotkami kondenzovaných tanninů. Monomerní flavan-3-oly s jednou hydroxyskupinou (na C<sub>4'</sub>) jsou afzelechiny, s dvěma hydroxyskupinami (na C<sub>3'</sub> a C<sub>4'</sub>) se nazývají katechiny a pokud mají tři hydroxyskupiny (na C<sub>3'</sub>, C<sub>4'</sub> a C<sub>5'</sub>) jedná se od gallokatechiny. Jelikož flavan-3-oly obsahují v molekule dva chirální atomy uhlíku (C<sub>2</sub> a C<sub>3</sub>) mají schopnost tvořit isomery (+) a (-) (VELÍŠEK, HAJŠLOVÁ, 2009).

### 3.6.6.7 Flavony

Flavony se syntetizují z flavanonů, kdy je do heterocyklu zavedena dvojná vazba mezi druhým a třetím uhlíkem. Zde patří luteolin, apigenin (4',5,7-trihydroxyflavon) (obr. 17 v příloze) a tangeritin (VERMERRIS, NICHOLSON, 2006).

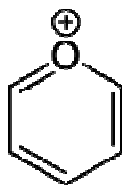
### 3.6.6.8 Flavonoly

Flavonoly vznikají dehydrogenací dihydroflavonolů, dvojitá vazba se tvoří také na heterocyklu mezi druhým a třetím uhlíkem. Od flavonů se však liší přítomností hydroxylové skupiny na třetím uhlíku. Nacházejí se téměř ve všech orgánech rostlin. Mohou být bezbarvé nebo bílé a žluté (MASAROVÍČOVÁ, REPČÁK, 2002). Někteří autoři uvádějí flavonoly jako hydroxyflavony.

Nejrozšířenější flavonoly v přírodě jsou kaemferol (5,7,4' hydroxyflavon) (obr. 18 v příloze), quercetin (5,7,3',4' hydroxyflavon) (obr. 19 v příloze) a myricetin (5,7,3',4',5' hydroxyflavon) (VERMERRIS, NICHOLSON, 2006).

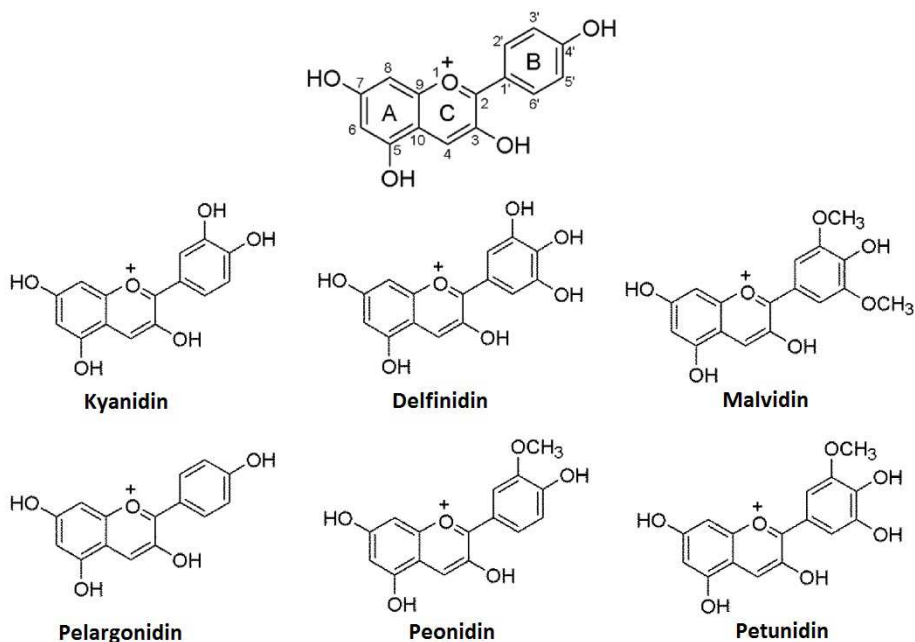
### 3.6.6.9 Anthokyanidiny

Heterocyklus anthokyanidinů je pyryliový kation nebo též flavyliový (2-fenylbenzopyryliový) kation (VELÍŠEK, 1999).



Obr. 12 Pyryliový kation ([http://en.wikipedia.org/wiki/Pyrylium\\_salt](http://en.wikipedia.org/wiki/Pyrylium_salt))

Anthokyanidiny jsou v rostlinách velmi rozšířené, jsou zodpovědné za barvu květů a plodů. Typickými zástupci anthokyanidinů jsou pelargonin (oranžovo-červený), cyanidin (červený), peonidin (růžovo-červený), delphinidin (modro-fialový), petunidin (modrý) a malvidin (purpurový).



Obr. 13 Přehled nejvýznamnějších anthokyanidinů

(upraveno podle <http://www.intechopen.com/books/apoptosis-and-medicine/cytocidal-effects-of-polyphenolic-compounds-alone-or-in-combination-with-anticancer-drugs-against-ca>)

Tyto látky jsou přítomny ve vakuolách barevných rostlinných tkání, jako jsou listy nebo okvětní plátky. Barva pigmentu závisí na pH, přítomnosti kovových iontů a kombinaci substituovaných cukrů a acylesterů (VERMERRIS, NICHOLSON, 2006).

### 3.6.6.10 Anthokyany

Anthokyany jsou glykosidy anthokyanidinů rozpustné ve vodě. Sacharidy se nejčastěji připojují na aglykon anthokyanidin v poloze 3, pokud se připojují dva sacharidy, váží se zpravidla do poloh 3 a 5. Nejčastěji se váže glukosa. Cukry často bývají acylovány fenolovými kyselinami (kávovou, p-kumarovou a ferulovou) (VERMERRIS, NICHOLSON, 2006).

Typickým příkladem je petanin (obr. 20 v příloze), který můžeme najít v rostlinách čeledi lilkovité (Solanaceae).

### 3.6.7 Biflavony

Biflavony mají kostru  $C_{30}$ . Jedná se o dimery flavonu. Nejznámější je ginkgetin (obr. 21 v příloze) pocházející z *Ginkgo biloba* (VERMERRIS, NICHOLSON, 2006).

### 3.6.8 Benzofenony, xanthyony a stilbeny

Benzofenony a xanthyony mají strukturu  $C_6-C_1-C_6$ . Xanthyony jsou žlutá barviva (VERMERRIS, NICHOLSON, 2006). Některá z nich se používají jako potravinářská barviva. Potravinářsky významný xanthon je mangiferin (obr. 22 v příloze), který se vyskytuje v mangu (VELÍŠEK, 1999).

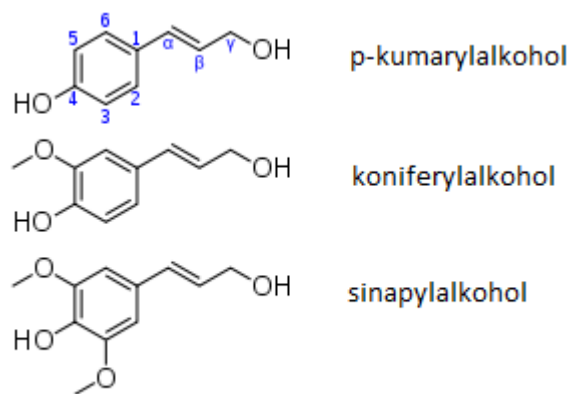
Struktura stilbenů je  $C_6-C_2-C_6$  (VERMERRIS, NICHOLSON, 2006). Řada sloučenin stilbenu vykazuje významné biologické vlastnosti (antimikrobní účinky), avšak jako přirozená barviva nemají téměř žádný význam. Pinosylvin se nachází především v jádrovém dřevě stromů, kde zabraňuje rozpadu dřeva způsobeném mikroorganismy. Resveratrol (obr. 23 v příloze) je fytoalexin, to jsou látky syntetizované rostlinou jako součást obranné reakce vůči biotickému a abiotickému stresu. Vyskytující se hlavně u rostlin z čeledí révovité (Vitaceae), bobovité (Fabaceae) a borovicovité (Pinaceae) (VELÍŠEK, CEJPEK, 2008).

### 3.6.9 Betakyany

Betakyany se vyskytují výhradně jako glykosidy. Jedná se o červené pigmenty, které zodpovídají za červenou barvu řepy. Mají absorpční spektra podobná antokyanům, ale ve své struktuře obsahují navíc dusík. Příkladem je betanidin (obr. 24 v příloze). Betaxanthiny jsou chemicky příbuzné betakyanům, ale nejsou to fenoly (VERMERRIS, NICHOLSON, 2006).

### 3.6.10 Lignany

Lignany mají strukturu  $(C_6-C_3)_n$ . Jsou to dimery nebo oligomery vyplývající ze spojení tří fenyylpropanoidů (monolignolů): koniferylalkohol, sinapylalkohol a p-kumarylalkohol (MASAROVICHOVÁ, REPČÁK, 2002). Lignanům se připisují obranné a ochranné funkce (VELÍŠEK, CEJPEK, 2008). Jsou lokalizovány v dřevnatých stoncích a v semenech, hrají důležitou roli v odpuzování hmyzu a některé z nich mají léčivé účinky.



Obr. 14 Struktura tří běžně se vyskytujících fenyylpropanoidů  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Monolignol>

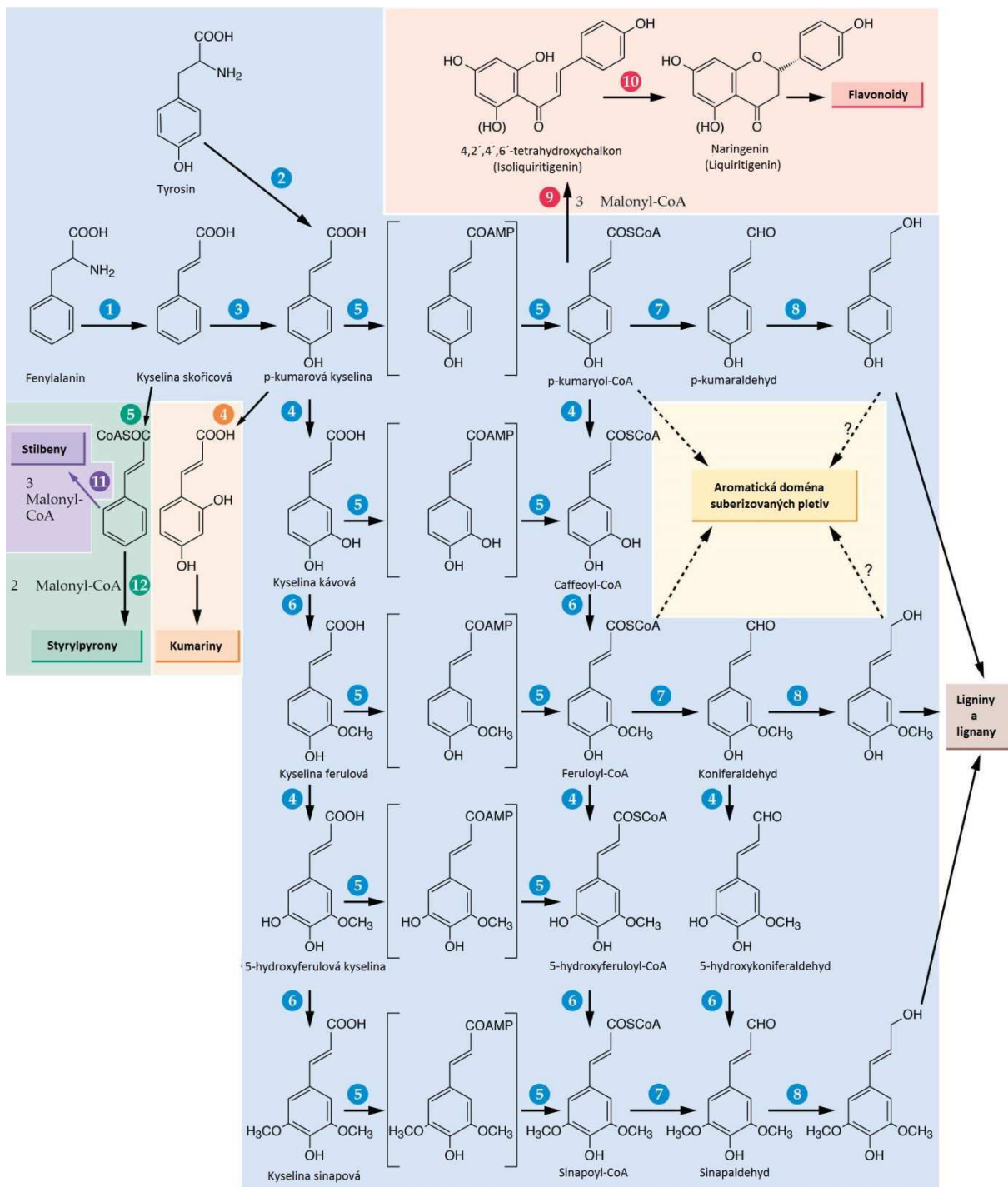
Termín lignany označuje dimery vzniklé z fenyylpropanů, které jsou spojeny přes vazbu 8-8', zatímco neolignany jsou dimery nebo oligomery, které obsahují jiné vazby než 8-8'. Většina lignanů vykazuje optickou aktivitu. V jednom určitém druhu nalezneme pouze jeden enantiomer. Příkladem lignanů jsou (+)-pinoresinol (obr. 25 v příloze) a (+)-sesamin (obr. 26 v příloze) (VERMERRIS, NICHOLSON, 2006).

### 3.6.11 Lignin

Lignin je po celulóze druhým nejrozšířenějším bio-polymerem na světě. Zajišťuje strukturální podporu rostlin. Je hydrofobní a usnadňuje transport vody přes vodní pletivo. Chemická složitost a zřejmý nedostatek v pravidelnosti struktury dělá z ligninu mimořádně vhodnou fyzickou bariéru proti hmyzu a houbám (VERMERRIS, NICHOLSON, 2006). Molekula ligninu postrádá pravidelnost a opakující se jednotky, přesná struktura se nedá přesně určit, protože je kovalentně vázaný na celulózu a hemicelulózu buněčné stěny (MASAROVÍČOVÁ, REPČÁK, 2002).

Podobně jako lignany, je lignin syntetizován ze tří fenyylpropanoidů (prekurzory ligninu) - koniferylalkoholu, sinapylalkoholu a p-kumarylalkoholu. Do ligninu jsou začleněny další složky, ale v malém množství. Například: koniferaldehyd, sinapaldehyd, tyramineferulat, acetát, atd. Lignin je tvořen radikálovou polymerizací, ale není opticky aktivní (VERMERRIS, NICHOLSON, 2006).





Obr. 15 Biosyntéza prekurzorů ligninu

(upraveno podle <http://www.uky.edu/~dhild/biochem/18/lect21.html>)

Vysvětlivky enzymů: 1 = PAL, 2 = TAL (v jednoděložných rostlinách), 3 = cinnamát-4-hydroxyláza, 4 = hydroxylázy, 5 = CoAligázy katalyzující spojení AMP a CoA, 6 = *O*-methyltransferáza, 7 = cinnamoyl-CoA-NADPH oxidoreduktázy, 8 = cinnamylalkoholdehydrogenáza, 9 = chalkónsyntáza, 10 = chalkónizomeráza, 11 = stilbensyntáza, 12 = styrylpyronsyntáza

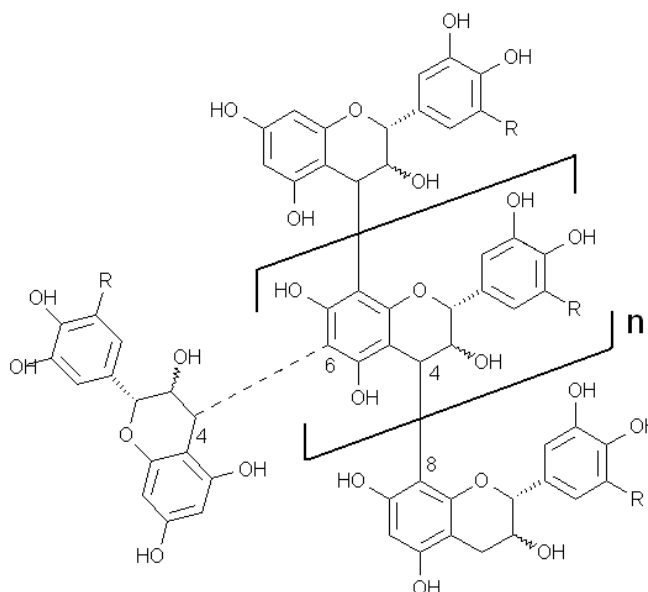
### 3.6.12 Tanniny

Tanniny často nazývané jako třísloviny se dělí na dvě skupiny: kondenzované a hydrolyzovatelné.

#### 3.6.12.1 Kondenzované tanniny

Kondenzované tanniny nebo také proanthokyanidiny jsou oligomery nebo polymery flavonoidních látek se strukturou flavan-3-ol (katechiny). Oligomery určují hořkou chuť ovoce, ovocných šťáv, čaje aj. Vyšší polymery hrají důležitou roli při vzniku barviv červených vín, tvorbě zákalů piva i vína (VELÍŠEK, HAJŠLOVÁ, 2009).

Struktura proanthocyanidinů závisí na polohách vazeb mezi monomerními jednotkami flavan-3-ol. Vazba mezi monomerními jednotkami obvykle bývá v poloze C<sub>4</sub> horní jednotky a v poloze C<sub>8</sub> dolní jednotky (tvoří se lineární polymery) a může být buď  $\alpha$ - (pod rovinou kruhu) nebo  $\beta$ - (nad rovinou kruhu). To jsou proanthokyanidiny typu B. Flavanolové jednotky mohou být také spojeny vazbou v poloze C<sub>4</sub> horní jednotky a v poloze C<sub>6</sub> dolní jednotky (tvoří se rozvětvené polymery) (VELÍŠEK, HAJŠLOVÁ, 2009).



Obr. 16 Schematické znázornění kondenzovaných tanninů, lineární (vazba 4→8), rozvětvený (vazba 4→6) ([http://en.wikipedia.org/wiki/Condensed\\_tannin](http://en.wikipedia.org/wiki/Condensed_tannin))

#### 3.6.12.2 Hydrolyzovatelné tanniny

Hydrolyzovatelné tanniny jsou deriváty 1,2,3,4,6-penta-O-galloyl- $\beta$ -D-glukopyranosy (obr. 28 v příloze), obsahují kyselinu gallovou (obr. 27 v příloze)

vázanou esterovými vazbami na D-glukosu. Dělí se do dvou skupin: gallotanniny a ellagotanniny (SHAHIDI, NACZK, 2003).

Kyselina gallová prostřednictvím hydroxyskupin váže další molekuly téže kyseliny a tvoří tak řetězce. Pentasubstituované galloylglukosy jsou prekurzorem vzniku komplexních molekul gallotanninů. Hydrolýzou gallotanninů vznikají kyselina gallová a D-glukosa. Gallotanniny nacházejí uplatnění jako potravinářská čířidla k prevenci vzniku zákalů. Získávají se například z duběnek (VELÍŠEK, HAJŠLOVÁ, 2009).

Ellagotaniny (kyselina ellagová – obr. 29 v příloze) vznikají oxidací dvou sousedních zbytků kyseliny gallové molekule pentagalloylglukosy a jejich spojením kovalentní vazbou (VERMERRIS, NICHOLSON, 2006). Ellagotaniny se používají také jako čířidla a jsou složkou různých extraktů a nálevů (např. bylinných čajů). Jednoduchých ellagotanninů je známo několik stovek. Patří mezi ně korilagin (obr. 30 v příloze), nacházející se v listech brusnice brusinky (*Vaccinium vitis-ideae* L.), geraniin, tellimagrandin, pedunkulagin a kasuariktin. Oligomery vznikají především oxidací polymerů. Příkladem je agrimoniin, který se vyskytuje v rostlinách čeledi růžovité (Rosaceae) (VELÍŠEK, HAJŠLOVÁ, 2009).

## 4 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

### 4.1 Rostlinný materiál

Rakytník řešetlákový je dvoudomá rostlina, která patří do čeledi hlošnovitých (Elaeagnaceae). Pochází z Asie. Jedná se o hustě větvený keř dorůstající do výšky 1,5 – 6 m. Trnité větve tvoří korunu různých tvarů. Plod je kulovitá nebo vejcovitá bobule, dlouhá 5 – 10 mm a široká 3 – 5 mm. Díky vysokému obsahu karotenoidů, jsou plody i dužnina zbarveny od žlutě, oranžové až červeně (VALÍČEK, HAVELKA, 2008).

Druh rakytník řešetlákový se vyznačuje bohatou proměnlivostí, je velmi přizpůsobivý podmínkám prostředí a vhodný pro kultivaci a hospodářské využití. V závislosti na půdních podmínkách a klimatu dorůstá různé výšky, má různě zbarvené plody, olistění, množství trnů na větvích atd. (BAJER, 2014).

Plody byly používány v Asii, Rusku a v Evropě po dlouhá staletí. Dnes si rakytník získává zvláštní pozornost, vzhledem k vysokému obsahu zdraví prospěšných látek. Mezi ně patří, vitamíny rozpustné v tucích, mastné kyseliny, lipidy, organické kyseliny, aminokyseliny, sacharidy, vitamíny (C, skupina B), flavonoidy, fenoly, terpeny a tanniny. Množství obsahových látek je také velmi variabilní v závislosti na prostředí (LALIT a kol., 2011).



Obr. 17 Rakytník řešetlákový (<http://www.itmonline.org/arts/seabuckthorn.htm>)

Plody rakytníku použité při stanovení:

- Mražené (při teplotě -20 °C),
- volně sušené (1 měsíc při laboratorní teplotě),
- sušené při teplotě 60 °C,
- sušené při teplotě 90 °C,
- koupené sušené.

## 4.2 Postup

Kromě kouspených plodů, byly všechny bez pecky. Pro stanovení se tedy použilo jen oplodí. Extrakce probíhala v 1 ml 80% metanolu v ředění 10 mg (pro suché vzorky) nebo 100 mg (pro mražené vzorky). Homogenizace probíhala za přídatku mořského písku. Pro každý typ vzorku byla určena absolutní sušina (vysušené do konstantní hmotnosti při 90 °C), aby bylo možné vyjádřit výsledky na absolutní suchou hmotnost. Po důkladném promíchání byl odpipetován 1 ml vzorku do zkumavky Eppendorf. Následovala centrifugace vzorků při teplotě do 10 °C, po dobu 15 min, 14 000 otáček/min. Poté byly vzorky přefiltrovány přes Syringe filter 0,45 µm a použity pro stanovení celkových rozpustných fenolů a vitamínu C spektrofotometricky (přístroj Agilent/HP UV-Vis 8453).

### **Stanovení celkových rozpustných fenolů**

Do eppendorfových zkumavek bylo napipetováno 470 µl destilované vody a 30 µl supernatantu z homogenátů. Dále bylo přidáno 975 µl 2% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> a 25 µl 2 N Folin-Ciocalteu činidla. Celkový objem směsi byl tedy 1,5 ml. Po promíchání byly vzorky umístěny do sušárny po dobu 1 hodiny při 45 °C. Po uplynutí doby a ochlazení na laboratorní teplotu byly měřena absorbance při 750 nm.

Spolu s ostatními vzorky byl připraven slepý vzorek, který neobsahuje supernatan, je tedy složen pouze z 500 µl destilované vody, 975 µl 2% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> a 25 µl 2 N Folin-Ciocalteu činidla. Výsledky vycházejí z kalibrační křivky sestavené s kyselinou gallovou (KOVÁČIK, BAČKOR, 2007).

### **Stanovení vitamínu C (redukované kyseliny askorbové)**

K 1 ml supernatantu byl přidán 1 ml 5% kyseliny trichloroctové, 1 ml etanolu, 0,5 ml 0,4% H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>-etanol, 1 ml 5% bathophenanthroline-etanolu, 0,5 ml 0,03,% FeCl<sub>3</sub>-etanolu. Směs by inkubována při 30 °C po dobu 90 min. Poté byla změřena absorbance při 534 nm. Obsah kyseliny askorbové byl stanoven s pomocí standardní křivky (WANG a kol., 1991).

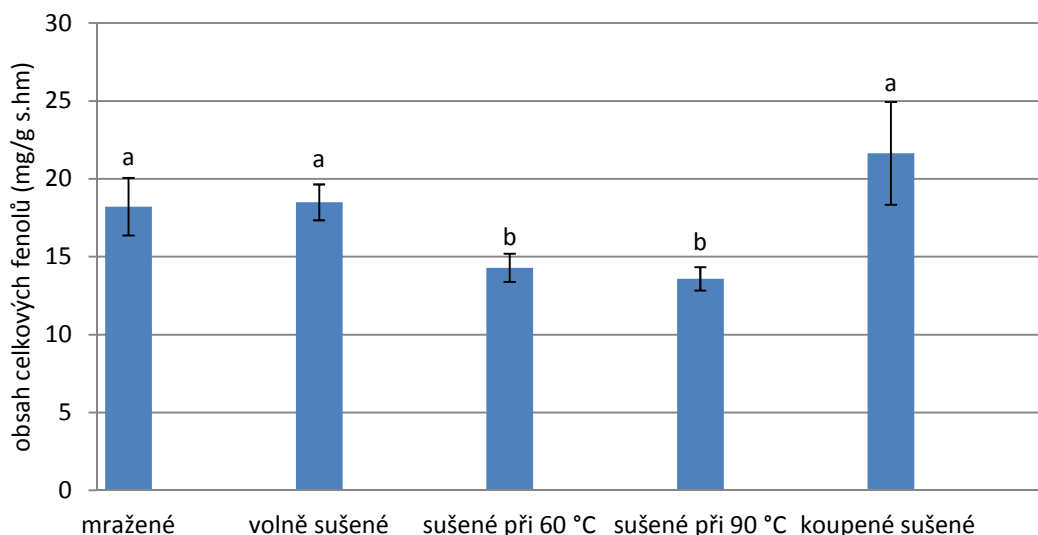
### 4.3 Výsledky a diskuze

Stanovení obsahu fenolových látek bylo provedeno u pěti vzorků plodů (mražené, volně sušené, sušené při 60 °C a 90 °C, koupené sušené). Stanovení bylo provedeno u každého vzorku vždy třikrát (n = 3). Pomocí zjištěné absorbance, byla dosažením do rovnice z kalibrační křivky vypočítána koncentrace fenolových látek v mg/l. Koncentrace byla poté přepočítána na celkový obsah fenolů v mg/g suché hmotnosti. Z této hodnoty byl vypočítán průměrný obsah celkových polyfenolů viz graf 1.

Výsledný obsah polyfenolů může být ovlivněn jinými nefenolovými látkami, které také vykazují redukční účinky (vitamíny, aminokyseliny,...). Z tohoto důvodu bylo provedeno stanovení obsahu kyseliny askorbové viz graf 2.

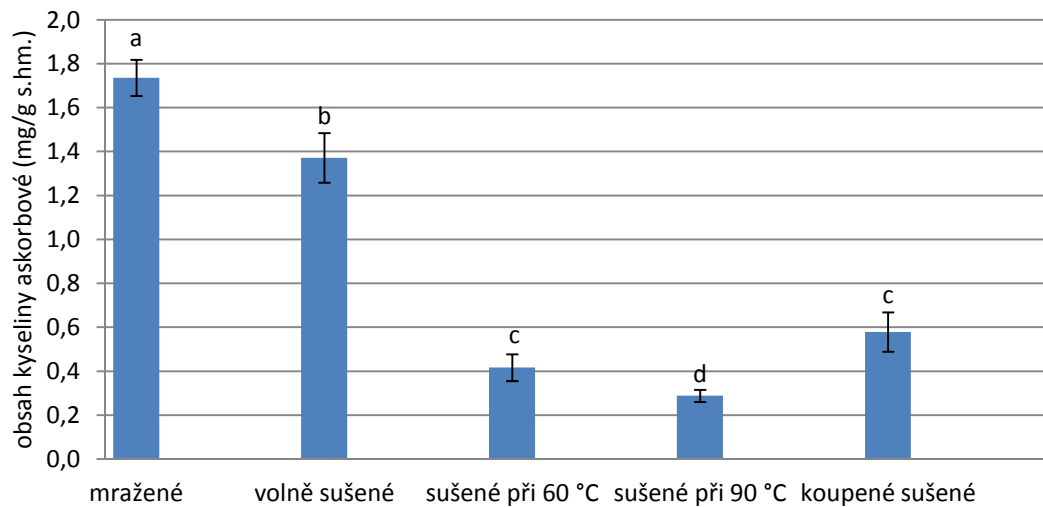
Tab. 2 Průměrný obsah vody (%) ve vzorcích

mražené plody	86,76
volně sušené	14,12
sušené při 60 °C	14,06
sušené při 90 °C	5,12
koupené sušené plody	4,95



Graf 1 Obsah celkových rozpustných fenolů v plodech rakytníku řešetlákového

Data jsou průměrné hodnoty  $\pm$  směrodatné odchylky v podobě úseček (n = 3). Hodnoty označené stejným písmenem se statisticky neliší podle Tukeyova testu (P < 0,05).



Graf 2 Obsah kyseliny askorbové v plodech rakytníku řešetlákového

Data jsou průměrné hodnoty  $\pm$  směrodatné odchylky v podobě úseček ( $n = 3$ ). Hodnoty označené stejným písmenem se statisticky neliší podle Tukeyova testu ( $P < 0,05$ ).

Obsah celkových rozpustných polyfenolů byl stanoven u pěti vzorků. Na základě statistiky provedené podle Tukeyova testu bylo zjištěno, že mezi vzorky plodů mražených, volně sušených a koupených sušených nejsou statisticky významné rozdíly, souhrnně jsou tyto vzorky označeny písmenem „a“. Obdobně je tomu u vzorků plodů sušených při 60 °C a 90 °C, mezi kterými nejsou významné rozdíly a byly označeny písmenem „b“. Z výsledků tedy vyplývá, že obsah polyfenolů u plodů mražených, volně sušených a koupených sušených je vyšší než u plodů sušených při 60 °C a 90 °C.

Bittová a kol. měřili obsah polyfenolů v plodech rakytníku obdobnou metodou, plody sušili při teplotě 40 °C. Při stanovení zjišťovali obsah polyfenolů v závislosti na době sběru. U plodů sbíraných v srpnu byl obsah v rozmezí 13,3 – 17,3 mg GAE/g, v září obsah činil 10,7 – 12,8 mg GAE/g a v říjnu stanovili obsah na 13 mg GAE/g. Taktéž stanovovali obsah polyfenolů v semenech, a to v období od května do října. Celkový obsah byl v rozmezí 39,3 – 59,7 mg GAE/g (nejnižší v květnu a naopak nejvyšší v říjnu). Další zkoumanou částí byly lístky. Ty byly sbírány v období od dubna do října. Nejvyšší hodnoty 103 mg GAE/g byly naměřeny v květnu a červnu, nejnižší obsah byl měřen v srpnu 71,6 mg GAE/g (BITTOVÁ a kol., 2014).

Obsah polyfenolů mohou ovlivnit nefenolové látky, které mají také redukční účinky. Proto bylo provedeno stanovení kyseliny askorbové. Výsledky ukázaly, že obsah kyseliny askorbové je pouze 0,3 – 1,7 mg/g s. hm. Tyto hodnoty odpovídají 2,2 – 9,7 % z celkového obsahu polyfenolů. To znamená, že interference kyseliny askorbové s Folin-Ciocalteu činidlem nemají zásadní vliv na obsah polyfenolů. Z výsledků je rovněž patrné, že pokud chceme v plodech uchovat co nejvíce vitamínu C, je vhodné je uchovávat zmražené.

Obsah vitamínu C v plodech rakytníku kolísá podle odrůd, stupně zralosti a podmínek prostředí. Plody neobsahují enzym askorbát oxidáza, který oxiduje vitamín C, proto je vit. C dobře uchovatelný i ve zpracovaných produktech. Autor Bajer ve své knize uvádí průměrný obsah vitamínu C 360 – 450 mg/100 g plodů (BAJER, 2014).



## 5 ZÁVĚR

Bylinné čaje jsou odvary z rostlin. Mohou být každodenní součástí lidské stravy. Byliny jsou velmi prospěšné rostliny. Obsahují mnoho látek, které mají pozitivní účinek na lidský organismus. Slouží jako prevence proti různým nemocem. Jednou z nejdůležitějších vlastností je antioxidační aktivita, tedy schopnost ničit volné radikály a zabránit tak oxidačním procesům v těle. Tuto schopnost mají především fenolové sloučeniny, kterým se ve své práci věnuji nejvíce.

Rakytník řešetlákový je rostlina s všestrannými léčebnými účinky. Mnohé studie tyto účinky potvrzují. Z rakytníku můžeme k léčení použít všechny jeho části – kořen, kůru, listy, květy, plody i semena. Používal se již v dávné minulosti. Pomáhá při zánětech, léčí sliznice, zlepšuje zrak, urychluje hojení ran, podporuje funkci orgánů, vykazuje regenerační účinky, může být účinnou prevencí proti kardiovaskulárním onemocněním. Může být také dobrým pomocníkem při stresu a zvýšené fyzické zátěži. Rakytník je přírodním koncentrátem mastných kyselin a vitamínů (především skupiny B, C, E, K). Obsahuje mnohonásobně více karotenu než mrkev nebo dýně. Důležitou složkou je významný antioxidant vitamín E, který zabraňuje ucpávání cév a tím snižuje riziko infarktu.

Z výsledků stanovení je zřejmé, že největší obsah fenolových látek si uchovaly plody mražené, volně sušené a koupené sušené. Výsledné hodnoty byly srovnatelné s uvedenou studií. Vzhledem k tomu, že obsah polyfenolů mohou ovlivnit nefenolové látky, které mají také redukční účinky, byl stanoven obsah vitamínu C. Nicméně hodnoty u všech vzorků nebyly natolik vysoké, aby nějak zásadně ovlivnily obsah fenolových látek.

## 6 PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY

- ARCIMOVIČOVÁ, Jana a Pavel VALÍČEK, 2000: *Vůně čaje*. Start, Benešov, 145 s.
- BAJER, Jiří, 2014: *Rakytník: zázračná rostlina, oranžový poklad...* 1. vyd. Mladá fronta, Praha, 157 s., [16] s. obr. příl.
- BEGUIVINOVÁ, Helena a Hana MÜLLEROVÁ, 2003: *Rostlinná medicína*. Reader's Digest Výběr, Praha, 352 s.
- BITTOVÁ, Miroslava, Eliška KREJZOVÁ, Vendula ROBLOVÁ, Petr KUBÁŇ a Vlastimil KUBÁŇ, 2014: Monitoring of HPLC profiles of selected polyphenolic compounds in sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.) plant parts during annual growth cycle and estimation of their antioxidant potential, s.1152-1161. *Central European Journal of Chemistry*, Databáze online [cit. 2014-03-25]. Dostupné na: <http://link.springer.com/article/10.2478%2Fs11532-014-0562-y#page-2>.
- CHOW, Kit a Ione KRAMMER, 1998: *Všechny čaje Číny*. Amana, Praha,
- GROTEWOLD, Erich, 2006: *The science of flavonoids*. Springer, New York, 273 s.
- HLAVA, Bohumír a Pavel VALÍČEK, 2005: *Léčivé byliny: [rady pěstitelům]*. Aventinum, Praha, 191 s.
- IBURG, Anne, 2010: *Přírodní medicína: obsahové látky, léčebné účinky*, Rebo, Čestlice, 285 s.
- JANČA, Jiří a Josef A. ZENTRICH, 1994: *Herbář léčivých rostlin: 1. díl*. Eminent, Praha, 288 s.
- JANČA, Jiří a Josef A. ZENTRICH, 1995: *Herbář léčivých rostlin: 3. díl*. Eminent, Praha, 287 s.
- KELLER, Raymond B., 2009: *Flavonoids: biosynthesis, biological effects and dietary sources*. Nova Science Publishers, New York, 347 s.
- KOVÁČIK, Jozef a Martin BAČKOR, 2007: Phenylalanine ammonia-lyase and phenolic compounds in chamomile tolerance to cadmium and copper excess, s. 185-193. *Water Air and Soil Pollution 185*, Databáze online [cit. 2014-03-25]. Dostupné na: <http://link.springer.com/article/10.1007/s11270-007-9441-x#page-1>
- LALIT, M. Bal, Venkatesh MEDA, S.N. NAIK, Santosh SATYA, 2011: Sea buckthorn berries: A potential source of valuable nutrients for nutraceuticals and cosmoceuticals.

s. 1718-1727, *Food Research International* 44. Databáze online [cit. 2014-03-24]. Dostupné na: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996911001591>

MASAROVIČOVÁ, Elena a Miroslav REPČÁK, 2002: *Fyziológia rastlín*. Univerzita Komenského, Bratislava, 303 s.

MCMURRY, John, 2007: *Organická chemie*. VUTIUM, Brno, 1176 s.

MESQUITA, Vera Lúcia Valente a Christian QUEIROZ, 2013: Enzymatic browning: Polyphenol oxidase in foods and food processing, s. 378-418. In: ESKIN N.A.M. a SHAHIDI F. (eds). *Biochemistry of foods*, 565 s.

MIKA, Karol, 1991: *Fytoterapia pre lekárov*. Osveta, Martin, 379 s.

NEUGEBAUEROVÁ, Jarmila, 2009: *Léčivé, aromatické a kořeninové rostliny*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, Online [cit. 2014-11-13], Dostupné na: <http://tilia.zf.mendelu.cz/ustavy/553/lakr/>

NEUGEBAUEROVÁ, Jarmila. a J. VÁBKOVÁ, 2011: Antioxidační aktivita a látky fenolické povahy v rodu máta (*mentha l.*), s. 395-401, In: SALAŠ P. (ed). *Rostliny v podmínkách měnícího se klimatu*, online [cit. 2015-03-21]. Dostupné z: <http://www.cbks.cz/Rostliny2011/prispevky/NeugebauerovaVabkova.pdf>

NOVÁČEK, František, 1991: *Fytochemické základy botaniky*. Fontána, Olomouc, 284 s.

PROCHÁZKA, Stanislav, 2007: *Botanika: morfologie a fyziologie rostlin*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, 242 s.

SHAHIDI, Fereidoon a Marian NACZK, 2003: *Phenolics in food and nutraceuticals*. CRC Press, Boca Raton, 558 s.

STUMPF, Ursula, 2013: *Naše léčivé rostliny: [určování a užívání]*. Ikar, Praha, 255 s.

THOMOVÁ, Soňa a Michal THOMA, 2002: *Příběh čaje*. Argo, Praha, 398 s.

TREBEN, Maria, 2009: *Byliny z Boží zahrady: nejlepší rady z mého receptáře pro zdraví a pohodu*. Eminent, Praha.

VALÍČEK, Pavel a Emil V. HAVELKA, 2008: *Rakytník řešetlákový: rostlina budoucnosti*. Start, Benešov, 86 s.

VELÍŠEK, Jan a Jana HAJŠLOVÁ, 2009: *Chemie potravin*. OSSIS, Tábor, 623 s.

VELÍŠEK, Jan, 1999: *Chemie potravin 3*. OSSIS, Tábor, 342 s.

VELÍŠEK, Jan a Karel CEJPEK, 2008: *Biosynthesis of food components*. OSSIS, Tábor, 497 s.

VERMERRIS, Wilfred a Ralph L. NICHOLSON, 2006: *Phenolic compound biochemistry*. Springer, Dordrecht, 276 s.

WADE, L., 2013: *Organic chemistry*. Pearson, Boston, 1258 s.

WACHENDORF, Viola von, 2007: *Čaj*. Slovart, Praha, 96 s.

WANG SH-Y, JIAO HJ, FAUST M, 1991: Changes in ascorbate, glutathione, and related enzyme activities during thidiazuron-induced break of apple, s. 231-236, *Physiologia Plantarum* 82, Databáze online [cit. 2014-03-25]. Dostupné na: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1399-3054.1991.tb00086.x/full>

## 7 SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ

### Seznam obrázků

Obr. 1 Bazalka pravá.....	13
Obr. 2 Heřmánek pravý .....	14
Obr. 3 Jitrocel kopinatý.....	15
Obr. 4 Ostropestřec mariánský.....	15
Obr. 5 Rulík zlomocný .....	16
Obr. 6 Isopren.....	17
Obr. 7 Fenol.....	20
Obr. 8 Biosyntéza hlavních fenolových látek .....	23
Obr. 9 Znázornění vzájemné polohy substituentů.....	24
Obr. 10 Flavan.....	26
Obr. 11 Struktura hlavních skupin flavonoidů .....	26
Obr. 12 Pyryliový kation .....	28
Obr. 13 Přehled nejvýznamnějších anthokyanidinů.....	29
Obr. 14 Struktura tří běžně se vyskytujících fenylpropanoidů.....	31
Obr. 15 Biosyntéza prekurzorů ligninu .....	32
Obr. 16 Schematické znázornění kondenzovaných tanninů, lineární .....	33
Obr. 17 Rakytník řešetlákový.....	35

### Seznam tabulek

Tab. 1 Rozdělení fenolových látek.....	21
Tab. 2 Průměrný obsah vody (%) ve vzorcích .....	37

### Seznam grafů

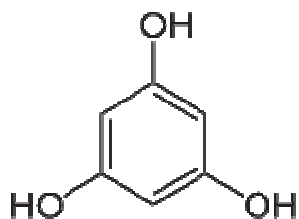
Graf 1 Obsah celkových rozpustných fenolů v plodech rakytníku řešetlákového... 37	37
Graf 2 Obsah kyseliny askorbové v plodech rakytníku řešetlákového .....	38

## 8 SEZNAM ZKRATEK

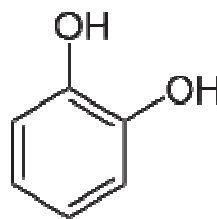
Acetyl –CoA	acetylkoenzym A
AMP	adenosine monophosphate (adenosinmonofosfát)
CTC	crushing-tearing-curling (drcení-trhání-svinování)
GAE	gallic acid equivalent (ekvivalent kyseliny gallové)
IJ	izoprenová jednotka
NADPH	nicotinamide adenine dinucleotide phosphate (nikotinamidadenindinukleotidfosfát)
PAL	phenylalanine ammonia-lyase (fenylalaninamoniumlyáza)
s. hm.	suchá hmotnost
TAL	tyrosine ammonia-lyase (tyrosinamoniumlyáza)

## 9 PŘÍLOHY

### I. Jednoduché fenoly



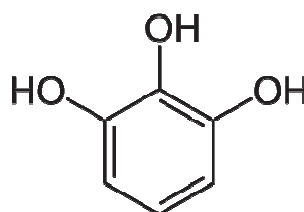
a)



b)



c)



d)

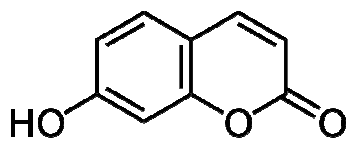
a) Obr. 1 Floroglucin (<http://de.wikipedia.org/wiki/Phloroglucin>)

b) Obr. 2 Pyrokatechin (<http://cs.wikipedia.org/wiki/Pyrokatechol>)

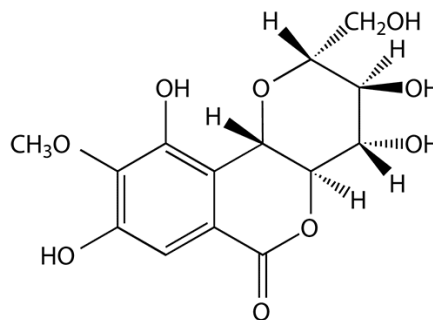
c) Obr. 3 Hydrochinon (<http://cs.wikipedia.org/wiki/Hydrochinon>)

d) Obr. 4 Pyrogallol (<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pyrogallol2.svg>)

### II. Kumariny



a)



b)

a) Obr. 5 Umbeliferon

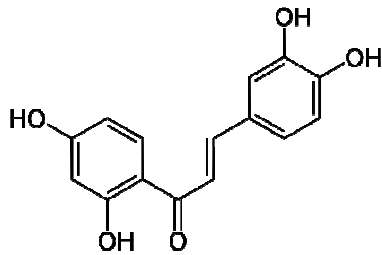
([http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Umbelliferone\\_acsv.svg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Umbelliferone_acsv.svg))

b) Obr. 6 Bergenin

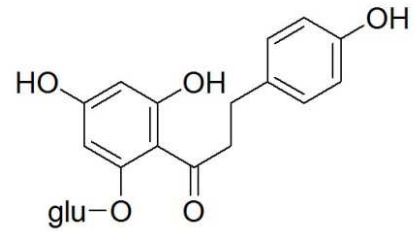
([http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Umbelliferone\\_acsv.svg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Umbelliferone_acsv.svg))

### III. Flavonoidy

#### Chalkony



a)

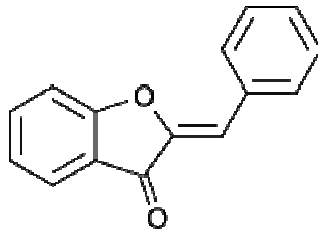


b)

a) Obr. 7 Butein (<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Butein.svg>)

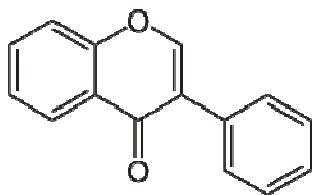
b) Obr. 8 Phloridzin (<http://www.nature-standard.com/product/html/?424.html>)

#### Aurony

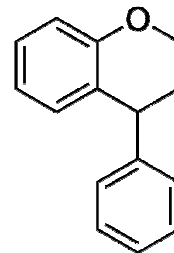


Obr. 9 Aurony (<http://en.wikipedia.org/wiki/Aurone>)

#### Isoflavony, isoflavanony a neoflavanoidy



a)



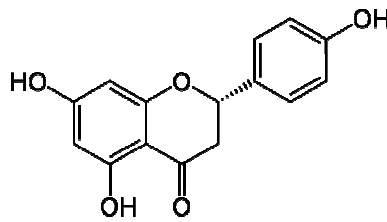
b)

a) Obr. 10 Isoflavon (<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Isoflavon.svg>)

b) Obr. 11 Neoflavonoid (<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Neoflavonoid.PNG>)

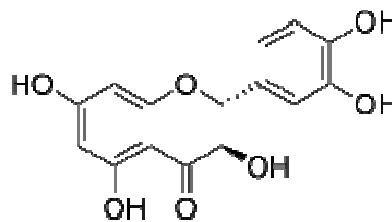


## Flavanony



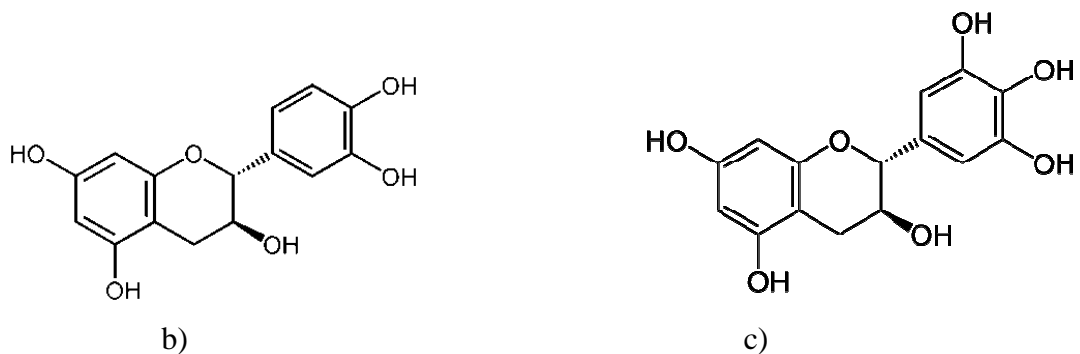
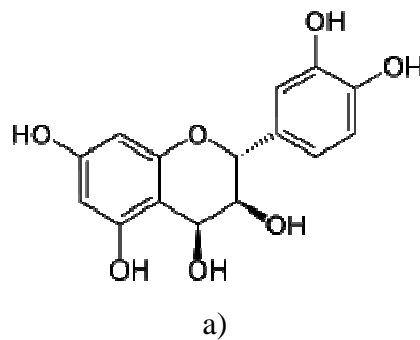
Obr. 12 Naringenin (<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Naringenin.svg>)

## Flavanonoly



Obr. 13 Taxifolin (<http://en.wikipedia.org/wiki/Taxifolin>)

## Flavanoly

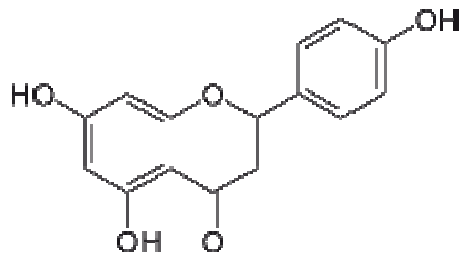


a) Obr. 14 Leukocyanidin (<http://en.wikipedia.org/wiki/Leucocyanidin>)

b) Obr. 15 Katechin (<http://en.wikipedia.org/wiki/Catechin>)

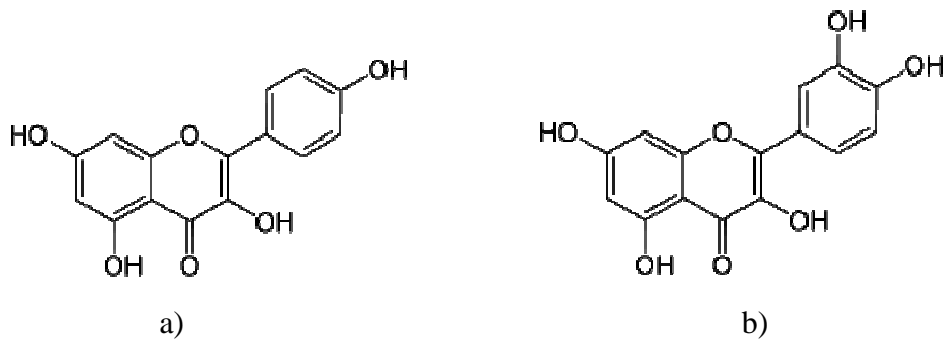
c) Obr. 16 Galokatechin (<http://en.wikipedia.org/wiki/Catechin>)

## Flavony



Obr. 17 Apigenin (<http://en.wikipedia.org/wiki/Apigenin>)

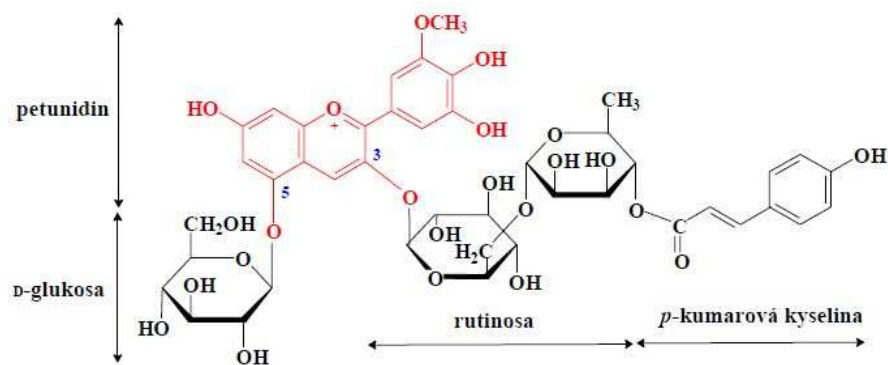
## Flavonoly



a) Obr. 18 Kaempferol (<http://en.wikipedia.org/wiki/Kaempferol>)

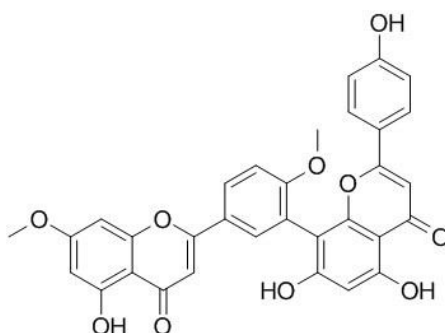
b) Obr. 19 Quercetin (<http://en.wikipedia.org/wiki/Quercetin>)

## Anthokyan



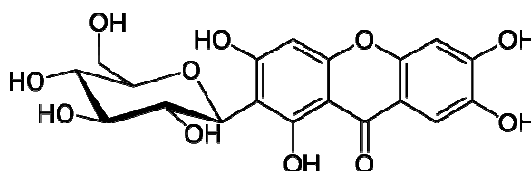
Obr. 20 Petanin (<http://www.wikiskripta.eu/index.php/Anthokyan>)

#### IV. Biflavony

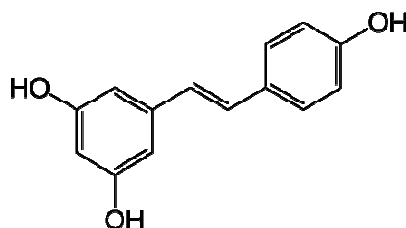


Obr. 21 Ginkgetin (<http://www.chemfaces.com/natural/Ginkgetin-CFN90173.html>)

#### V. Benzofenony

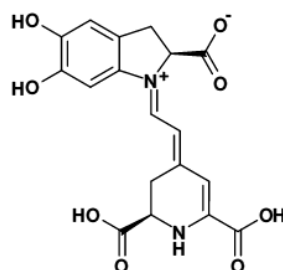


Obr. 22 Mangiferin (<http://en.wikipedia.org/wiki/Mangiferin>)



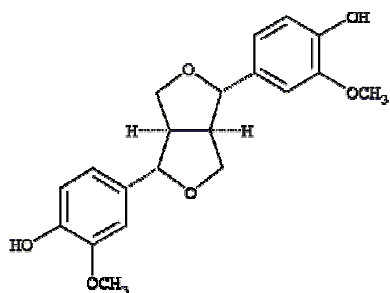
Obr. 23 Resveratrol (<http://en.wikipedia.org/wiki/Resveratrol>)

#### VI. Betakyany

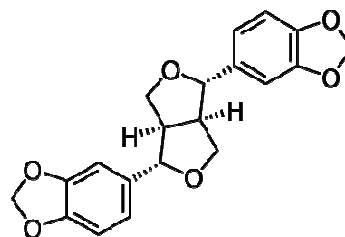


Obr. 24 Betanidin  
(<http://wildflowerfinder.org.uk/Flowers/M/Mangelwurzel/Mangelwurzel.htm>)

## VII. Lignany



a)



b)

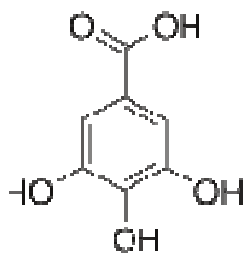
a) Obr. 25 Pinoresinol

([http://kanaya.naist.jp/knapsack\\_jsp/information.jsp?word=C00007190](http://kanaya.naist.jp/knapsack_jsp/information.jsp?word=C00007190))

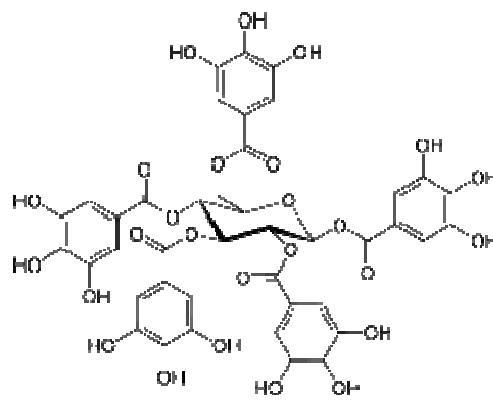
b) Obr. 26 Sesamin (<http://en.wikipedia.org/wiki/Sesamin>)

## VIII. Tanniny

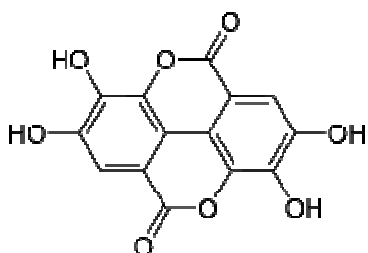
### Hydrolyzovatelné tanniny



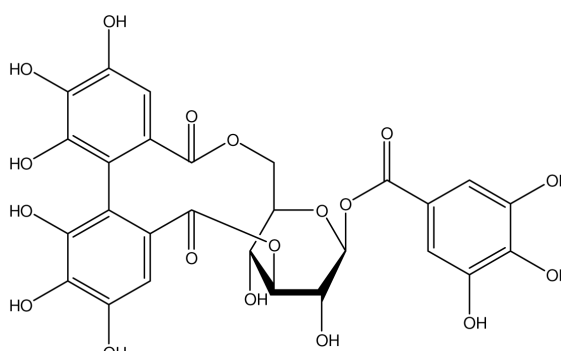
a)



b)



c)



d)

a) Obr. 27 Kyselina gallová ([http://en.wikipedia.org/wiki/Gallic\\_acid](http://en.wikipedia.org/wiki/Gallic_acid))

b) Obr. 28 1,2,3,4,6-penta-O-galloyl-β-D-glukopyranosa

([http://en.wikipedia.org/wiki/1,2,3,4,6-Pentagalloyl\\_glucose](http://en.wikipedia.org/wiki/1,2,3,4,6-Pentagalloyl_glucose))

c) Obr. 29 Kyselina ellagová ([http://en.wikipedia.org/wiki/Ellagic\\_acid](http://en.wikipedia.org/wiki/Ellagic_acid))

d) Obr. 30 Korilagin (<http://www.mdpi.com/1422-0067/13/3/3203/htm>)