Taniny a jiné trpce působící složky v produktech rostlinného původu

Denisa Záblacká

Bakalářská práce
2016

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav analýzy a chemie potravin
akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení:	**Denisa Záblacká**
Osobní číslo:	**T13664**
Studijní program:	**B2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor:	**Technologie a řízení v gastronomii**
Forma studia:	**prezenční**
Téma práce:	**Taniny a jiné trpce působící složky v produktech rostlinného původu**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. **Charakteristika trpce působících složek – taninů, tříslovin.**
2. **Vlastnosti, účinky a význam nejdůležitějších tříslovin.**
3. **Popis zdrojů a výskyt taninů, tříslovin v produktech rostlinného původu.**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] VELÍŠEK, Jan a Jana HAJŠLOVÁ. Chemie potravin 2. 3.vyd. Tábor: OSSIS, 2009. ISBN 978-80-86659-16-9.
[2] ČOPÍKOVÁ, J., Z. WIMMER, O. LAPČÍK, L. CAHLÍKOVÁ, L. OPLETAL, J. MORAVCOVÁ a P. DRAŠAR. Přírodní látky svíravé a trpké chuti. Chem. Listy 108, 2014, s. 1053-1057.
[3] GADKARI, Pravin V. a Manohar BALARAMANA. Catechins: Sources, extraction and encapsulation: A review. Food and Bioproducts Processing 93, 2015, s. 122-138.
[4] JUNEJA, Lekh R., Mahendra P. KAPOOR, Tsutimu OKUBO a Theertham P. RAO. Green tea polyphenols: nutraceuticals of modern life. Boca Raton: CRC Press/Taylor, 2013. ISBN 978-143-9847-886.
[5] ASHOK, Praveen K. a Kumud UPADHYAYA. Tannins are Astringent. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry 1, 2012, s. 45-50. ISSN 2278-4136.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Soňa Škrovánková, Ph.D.**
Ústav analýzy a chemie potravin

Datum zadání bakalářské práce: **20. ledna 2016**

Termín odevzdání bakalářské práce: **6. května 2016**

Ve Zlíně dne 20. ledna 2016

doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
děkan

UNIVERZITA TOMÁŠE BATI VE ZLÍNĚ
Fakulta technologická
L.S.

Ing. Jiří Mlček, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: ZÁBLACKÁ DENISA Obor: TŘG

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně 6.5.2016

Záblacká

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

(1) Vysoká škola 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.

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

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

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

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

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

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

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá charakteristikou trpce působících složek v rostlinných produktech i se zaměřením na jejich využití v průmyslu. Je popsáno rozdělení tříslovin na základě jejich chemického složení – hydrolyzovatelné a kondenzované taniny, charakteristika polyfenolových složek a výskyt zástupců tříslovin. Jsou charakterizovány nejvýznamnější zdroje tříslovin v produktech rostlinného původu – čajovník čínský, kakaovník pravý, réva vinná, trnka obecná, mangovník indický.

Klíčová slova: taniny, třísloviny, trpká chuť, polyfenoly, zástupci, zdroje

ABSTRACT

The bachelor thesis deals with the characteristics of astringent components in plant products and the focus on their industry utilization. The distribution of tannins based on their chemical composition – hydrolysable and condensed tannins, polyphenol characterization, and the presence of tannins representatives are described. The most significant sources of plant products containing tannins are also characterized - tea, cacao, grapevine, blackthorn, and mango.

Keywords: tannins, astringent taste, polyphenols, representatives, plant sources

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucí mé bakalářské práce Ing. Soni Škrovánkové, Ph.D. za odborné vedení, poskytnuté informace, podnětné připomínky, věnovaný čas a cenné rady, které mi poskytla při zpracování bakalářské práce.

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

OBSAH

ÚVOD **9**
1 TŘÍSLOVINY **10**
1.1 ROZDĚLENÍ TŘÍSLOVIN 11
1.2 UPLATNĚNÍ TŘÍSLOVIN 12
1.2.1 Čiření vín 12
1.2.2 Činění (vydělávání) usní 13
2 HYDROLYZOVATELNÉ TŘÍSLOVINY **14**
2.1 GALLOTANINY 16
2.2 ELLAGOTANINY 17
2.2.1 Monomery 17
2.2.2 Oligomery 19
3 KONDENZOVANÉ TŘÍSLOVINY **22**
3.1 MONOMERY KONDENZOVANÝCH TŘÍSLOVIN 23
3.2 PRONTHOKYANIDINY 25
4 TŘÍSLOVINY V PRODUKTECH ROSTLINNÉHO PŮVODU **28**
4.1 ČAJOVNÍK ČÍNSKÝ 28
4.1.1 Zelený a bílý čaj 29
4.1.2 Černý čaj 31
4.1.3 Oolong čaj 32
4.2 KAKAOVNÍK PRAVÝ 33
4.3 RÉVA VINNÁ 36
4.3.1 Třísloviny hroznů - semen a slupek 38
4.3.2 Třísloviny vína 39
4.3.2.1 Kondenzované třísloviny 39
4.3.2.2 Hydrolyzovatelné třísloviny 41
4.3.3 Zdravotní účinky tříslovin vína 41
4.4 TRNKA OBECNÁ 42
4.5 MANGOVNÍK INDICKÝ 43
4.6 ANGREŠT INDICKÝ 44
ZÁVĚR **46**
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY **47**
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK **57**
SEZNAM OBRÁZKŮ **58**
SEZNAM TABULEK **59**

ÚVOD

Podnětem pro podráždění chuťových receptorů umístěných především na jazyku, jsou tzv. chuťové látky. Chuťový vjem je vnímán vymezenou oblastí ústní dutiny u základních chutí: sladké, slané, kyselé, hořké a umami. Chuťové receptory reagují i na další látky, které jsou zaznamenávány celou ústní dutinou, jako je i vjem trpké chuti. Trpká neboli svíravá, adstringentní chuť nepatří mezi pět základních chutí z toho důvodu, že mnozí autoři zařazují tuto vlastnost mezi pocity.

Trpkou chuť není jednoduché popsat. Hlavní příčinou svíravě trpké chuti jsou třísloviny, taniny. Tyto sloučeniny patří mezi rostlinné polyfenoly. Polyfenolické látky jsou přírodní látky, které jsou jako sekundární metabolity zastoupeny v každé vyšší rostlině a patří k nim mnoho typů sloučenin: flavonoidy, které jsou dále členěny na flavony, flavanoly, isoflavony, aurony, chalkony, flavan-3,4-dioly, fenolkarboxylové kyseliny, kumariny, anthokyanová barviva. Rostliny vytváří polyfenolické látky na svou obranu proti škůdcům a chorobám, protože mnoho z nich má fungicidní, baktericidní a virocidní účinky.

Příkladem tříslovin, které jsou obsaženy v rostlinách, jsou hydrolyzovatelné třsloviny, které jsou děleny na gallotaniny a ellagotaniny, a kondenzované třísloviny, jejichž zástupci jsou afzelechiny, katechiny a gallokatechiny.

Třísloviny jsou součástí mnoha rostlin rostoucích v našich podmínkách, ale i rostlin rostoucích v tropickém a subtropickém podnebném pásmu. K rostlinám, jejichž charakteristickou složkou jsou taniny, patří čajovník čínský, kakaovník pravý, réva vinná, trnka obecná, mangovník indický a amla, což je angrešt indický. Ve vyšším množství jsou přítomny také v brusince, granátovém jablku, hrušce, nezralém banánu, šalvěji, třezalce, muškátu, šafránu nebo petrželi.

Látky trpké chuti mají hodně zdraví prospěšných účinků, mohou působit proti zánětům, urychlují hojení ran a mají rovněž zklidňující a mírně znecitlivující vlastnosti. Svíravé látky pomáhají zastavit průjmy, krvácení a snížit pocení díky tomu, že stahují cévy.

1 TŘÍSLOVINY

Třísloviny jsou organické sloučeniny, které patří do skupiny rostlinných polyfenolů. Jsou to polymery polyfenolů s relativně vysokou molekulovou hmotností a s velkým množstvím fenolických hydroxylových skupin ve své struktuře, které s proteiny tvoří komplexy. Třísloviny jsou ve vodě rozpustné a vytváří v ní koloidní roztoky. Mimo to jsou rozpustné i v alkoholech a acetonu. Se stupněm polymerace se však rozpustnost mění, tudíž malé množství dlouhých kondenzovaných tříslovin je ve vodě nerozpustných [1].

Stejně jako všechny fenoly, také třísloviny mají schopnost reagovat s chloridem železitým. Želatina a soli těžkých kovů je srážejí z vodných roztoků [4].

V minulosti se často používala definice, která charakterizuje třísloviny jako ve vodě rozpustné fenolové sloučeniny o molekulové hmotnosti 500 až 3000 a více Da, které kromě klasických reakcí charakteristických pro fenoly mohou precipitovat alkaloidy, želatinu a proteiny. Avšak dalším vědeckým zkoumáním a zjištěním přesné struktury komplexů polyfenolů jako kondenzovaných tříslovin a galloylpolyesterů ztratila tato definice na významu [4].

Třísloviny nesou název podle přípravku tříslo, který se získává z rozdrcené kůry stromů nebo ostatních částí rostlin, a které se používá k vydělávání kůží. Jde o nažloutlé nebo světle hnědé částice, které mají podobu prášku či vloček. Po chemické stránce tvoří třísloviny velké množství polymerních fenolových sloučenin, jež se vyskytují v potravinách rostlinného původu. V ústech při kontaktu se slinami vyvolávají fenolové sloučeniny nepříjemnou svíravou a trpkou chuť. Svíravá chuť je taková, kdy po konzumaci nápojů či potravin obsahujících třísloviny, např. červeného vína, zeleného či černého čaje nebo nezralého ovoce, je v ústech cítit sucho a drsný pocit na jazyku a patře. Příčinou vzniku trpké chuti je reakce tříslovin s bílkovinami ústní dutiny, které vytvářejí sraženiny. Lze tedy říci, že třísloviny jsou fenolové sloučeniny, které reagují s bílkovinami. Na to, do jaké míry budou spolu tyto dvě látky reagovat, má vliv množství hydroxylových skupin a jejich rozmístění, primární, sekundární a terciární struktura bílkovin a mnoho dalších okolností [5].

U potravin, ve kterých se třísloviny vyskytují, ovlivňují jejich chuťové vlastnosti. Toto ovlivnění může být žádoucí, a to u potravin, pro které je tato chuť typická, jako jsou čaj,

káva, kakao, u nichž je možné trpkost zmírnit podáváním s mlékem či smetanou. Nebo může být ovlivnění nežádoucí, vyskytující se u nezralého ovoce, např. banánů [8].

Hlavním zdrojem tříslovin jsou především vyšší rostliny. Taniny se nachází v následujících rostlinných pletivech:

- ve vnějších částech pupenů, kde zaujímají funkci, která chrání pupeny před mrazem,
- v listech, ve kterých mají u stálezelených rostlin rovnoměrné rozložení, kde plní ochranou funkci před predátory díky tomu, že dodávají listem nepříjemnou trpkou chuť,
- v kořenech, nejčastěji v podkožní vrstvě hned pod epidermis a plní zde ochrannou funkci v podobě chemické bariéry, která chrání kořeny před penetrací a zvláště před kolonizací (napadením) rostlinnými patogeny,
- v semenech se vyskytují mezi vnější a aleuronovou vrstvou a vykazují alopatické a baktericidní účinky,
- v kmeni mají úlohu regulace růstu a rovněž zvyšují údržnost dřeva díky jejich schopnosti inhibovat mikroby [5].

Ve velkém množství se nachází v čaji a kávě. U taninů je známo, že často snižují vstřebávání některých látek v těle. Nadměrná konzumace čaje a kávy může vést např. k nedostatku vápníku a železa v těle. Konzumace těchto nápojů ve vysokých dávkách může přispět k osteoporóze a anémii. Jako prevence těchto onemocnění je vhodné pít čaj a kávu s přídavkem mléka a rovněž je doporučeno, konzumovat kávu nebo čaj mezi jednotlivými chody. Jak už bylo zmíněno, taniny jsou používány také při výrobě piva a vína, kde jsou využívány pro svou čiřící schopnost [5].

1.1 Rozdělení tříslovin

Třísloviny vyšších rostlin je z chemického hlediska možné rozdělit do dvou hlavních tříd, na třísloviny hydrolyzovatelné a kondenzované [4].

Mezi hydrolyzovatelné třísloviny jsou řazeny polymery esterů kyseliny gallové, nazývané polygalloylestery. Kyselina gallová (3,4,5-trihydroxybenzoová) vzniká v metabolismu kyseliny šikimové a to přímou dehydrogenací kyseliny 3-dehydrošikimové, případně oxidací kyseliny protokatechové, která je odvozena od kyseliny kávové [4].

Pojem kondenzované třísloviny, často nazývány jako flavolany, zahrnuje polymery vybraných flavonoidních látek, jejichž struktura je tvořena 3-hydroxyflavanem [8].

Pro hydrolyzovatelné a kondenzované taniny bývá používán také pojem komplexní taniny, což jsou různá seskupení hydrolyzovatelných a kondenzovaných taninů [8].

1.2 Uplatnění tříslovin

Třísloviny mají velmi široké využití a uplatnění, používají se v kožedělném průmyslu k činění usní, a v potravinářském průmyslu k rafinaci piva či vína [5].

1.2.1 Čiření vín

V alkoholických i nealkoholických nápojích jsou třísloviny nežádoucí, protože v nich společně s bílkovinami vytváří zákaly a usazeniny. Z vína, piva a ovocných šťáv jsou proto třísloviny odstraňovány. Z vína jsou třísloviny společně s ostatními nežádoucími látkami odstraňovány v průběhu čiření, které je prováděno za účelem zisku čiré šťávy bez zákalu a obsahu sedimentů. Během tohoto procesu jsou do šťávy z hroznů přidávána čiřidla, která jsou podle jejich účinku rozdělena do tří základních skupin:

1) čiřidla založená na absorpci nebo chemické reakci – aktivní uhlí, kyanoželeznatan draselný, polyvinylpyrolidon (PVPP),
2) čiřidla s kladným nábojem – vaječný bílek, želatina, kasein, vyzina a další bílkovinná čiřidla,
3) čiřidla se záporným nábojem – tanin, agar, bentonit, kyselina křemičitá, kaolin a další [8].

Vyzina je druh kolagenu, který je využíván jako čiřící přípravek při výrobě kvasných nápojů. Je získáván ze sušených měchýřů jeseterovitých ryb a je dávkována v množství 1 g/hl [10].

Tanin je tříslovina se záporným povrchovým nábojem. Vyznačuje se schopností vysrážet bílkoviny. K čiření vín je používána společně se želatinou v množství 2-15 g/hl. Nejčastěji je používána k urychlení čiření bílých vín s nízkým obsahem tříslovin [13].

Čiření vín je prováděno mezi prvním a druhým stáčením. Víno je možné ponechat v klidu, přičemž by se samovolně vyčistilo a došlo by k jeho stabilizaci. Takový proces je přirozenější, avšak velmi zdlouhavý a nese s sebou spoustu rizik. Čiření není nutné provádět vždy,

jedná-li se však o větší vinařství nebo o výrobu lahvového vína, určeného k dlouhodobému skladování, tedy archivaci, čiření a s ním spojená filtrace jsou operace vedoucí k dobrým výsledkům. Čiření je zdravotně nezávadný proces, pomocí kterého lze poměrně snadno zabránit možnému znehodnocení vína. Proces je založen na povrchové adsorpční vlastnosti čiřidel a na jejich schopnosti srážet se s některými nežádoucími látkami přítomnými ve víně. Nejlepších výsledků při srážení látek je docíleno u vín s vyšší koncentrací kyselin a při teplotě 25 °C. Celý proces srážení a usazování trvá zpravidla dva až tři týdny. Zakalení vína je možné zjistit a to změřením speciálním přístrojem nefelometrem (zákaloměr) [9].

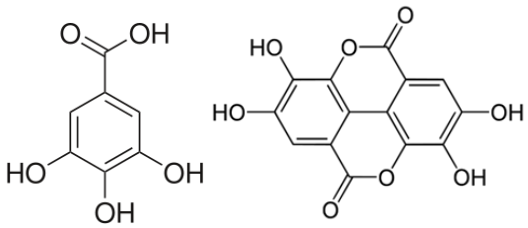
1.2.2 Činění (vydělávání) usní

Třísloviny se již od středověku používají k činění usní. Používány jsou třísloviny přírodní, které se vyskytují prakticky ve všech rostlinách nebo třísloviny synteticky vyrobené, tzv. syntany. Jde o polymerní sloučeniny s relativně nízkou molekulovou hmotností, při jejichž syntéze se uplatňují fenolové sloučeniny, fenoly, kresoly. Jako kondenzační činidla jsou používána formaldehyd a furfural v kyselém prostředí. Z přírodních tříslovin jsou stálejší hydrolyzovatelné třísloviny (dubová kůra) ve srovnání s kondenzovanými (smrková kůra). Nejvíce jsou uplatňovány při vydělávání hověziny, kdy vyčiněná kůže je po této úpravě odolnější vůči vyšším teplotám, vlhkosti, působení bakterií a enzymů, účinkům zředěných zásad a kyselin, je prodyšná a po usušení velmi pevná, pružná a netvrdne. Třísločiněné usně mají světle hnědou barvu a jsou z nich vyráběna pouzdra na zbraně, brašny a aktovky [1].

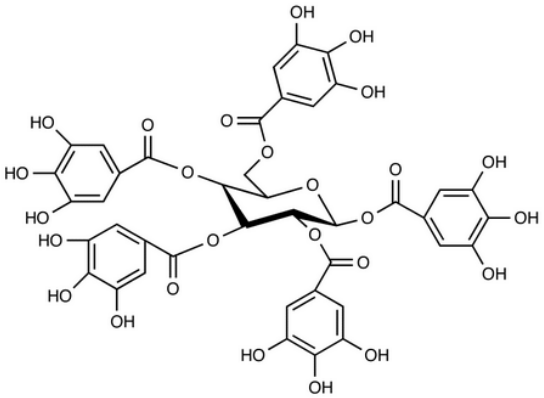
Při ošetřování usní se nesmí používat polární rozpouštědla z toho důvodu, že způsobují migraci tříslovin na povrch, a useň tak tmavne a křehne [16].

2 HYDROLYZOVATELNÉ TŘÍSLOVINY

Hydrolyzovatelné třísloviny jsou estery cukrů nebo příbuzných polyolů s rozdílným počtem molekul fenolických kyselin. Novější literatura je definuje jako polymery esterů gallové kyseliny – polygalloylestery, jejichž relativní molekulová hmotnost je přibližně do 5 kDa. Hydrolyzovatelné třísloviny vznikají hydrolýzou tříslovin, která je způsobena slabými zásadami, slabými kyselinami či enzymy esterázami (tanázou neboli taninacylhydrolázou). Při této interakci vznikají sacharidy (nejčastěji dochází k uvolnění D-glukózy) a fenolová kyselina – gallová nebo ellagová (Obr. 1). Podle toho, zda ve své struktuře obsahují kyselinu gallovou nebo ellagovou jsou děleny do dvou skupin hydrolyzovatelných tříslovin. Pokud ve své struktuře obsahují kyselinu gallovou, která je esterovými vazbami připojena k sacharidu D-glukózy, jsou dané třísloviny označovány jako gallotaninny. Pokud však dojde ke vzniku kyseliny hexahydroxydifenylové (HHDP), která v kyselých hydrolyzátech taninů samovolně přechází (laktonizuje – cyklizuje) na ellagovou kyselinu, jsou tyto produkty nazývány ellagotaniny. U obou skupin hydrolyzovatelných tříslovin jde o deriváty 1,2,3,4,6-penta-*O*-galloyl-β-D-glukopyranózy (Obr. 2) [4].



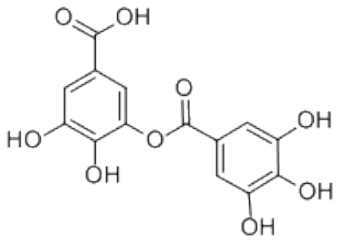
Obr. 1. Kyselina gallová a ellagová [18]



Obr. 2. 1,2,3,4,6-penta-O-galloyl-β-D-glukopyranóza [19]

Byly izolovány i modifikované ellagotaniny, které vznikají připojením derivátu fenylchromanu na molekulu esteru kyseliny hexahydroxydifenylové a glukózy. Konkrétně se jedná o sloučeniny: flavano-ellagotaniny, prokyanidino-ellagotanin či flavono-ellagotanin. Jednoduché nebo komplexní gallotaniny, ellagotaniny a dehydroellagotaniny jsou charakteristické pro krytosemenné dvouděložné rostliny, kterými jsou byliny (krvavec, řepík, jahodník), ovocné stromy patřící do čeledi růžovité, zvláště slivoň a jabloň, z čeledi révovitých réva vinná, a mnoho tropických rostlin (čajovník, mangovník, kakaovník, angrešt indický) [4].

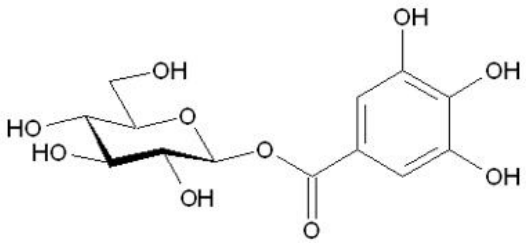
Hydrolyzovatelné třísloviny jsou velmi reaktivní látky, které stabilizují anthokyaniny za tvorby stabilních polymerních barviv a jsou schopné reagovat s různými biologickými polymery (bílkovinami, polysacharidy) za vzniku stabilních chemických komplexů. Anthokyaniny, anthokyany, jsou nejrozšířenější skupinou rostlinných barviv, které dodávají mnoha druhům ovoce, zeleniny a květin oranžovou, červenou, fialovou a modrou barvu. Z chemického hlediska jde o heteroglykosidy, jejichž aglykony, tzv. anthokyanidiny, jsou vzájemně si podobné hydroxyderiváty flavanu. Hydrolyzovatelné třísloviny jsou schopny vytvářet depsidové řetězce, které vznikají navázáním molekuly gallové kyseliny na hydroxylovou skupinu další molekuly kyseliny gallové. Vzniklé řetězce obsahují dva až pět molekul této kyseliny a depsid tvořený dvěma takovými molekulami je označován jako *m*-digallová kyselina (Obr. 3). Takto vzniklé řetězce galloylglukózy jsou nazývány jako jednoduché galloylglukózy, a díky tomuto pojmenování jsou odlišovány od komplexních molekul, které nesou název pravé gallotaniny [17].



Obr. 3. Kyselina m-digallová [22]

2.1 Gallotaniny

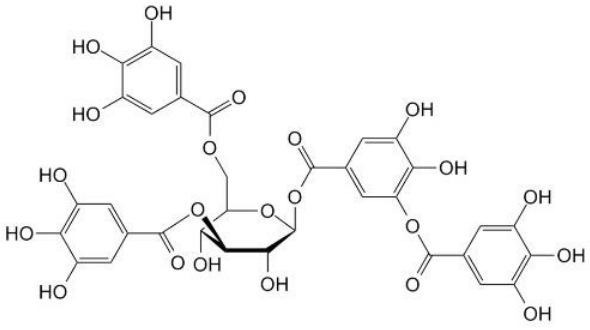
Syntéza gallotaninů vychází z gallové kyseliny a aktivované formy glukózy, kdy dochází ke vzniku meziproduktu 1-*O*-galloyl-β-D-glukopyranóza (β-glukogallin) (Obr. 4), která má funkci donoru galloylových zbytků při biosyntéze di- až 1,2,3,4,6-penta-*O*-galloyl-β-D-glukopyranózy [8].



Obr. 4. 1-O-galloyl-β-D-glukopyranóza [23]

Mono- a digalloylestery glukózy kvůli své nízké molekulové hmotnosti nemají typické vlastnosti třísloviny, tedy schopnost srážet, precipitovat proteiny. Klasické vlastnosti třísloviny jsou charakteristické jen pro triestery a jejich vyšší homology [8].

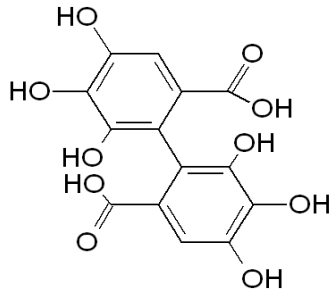
Mezi gallotaniny patří produkty, které jsou dostupné pod názvem tanin nebo třísloviná kyselina (Obr. 5). Třísloviná kyselina se nachází v listech a kůře mnoha druhů rostlin, významnými zdroji jsou hálky (duběnky keře *Rhus semialata*) a boby trnité dřeviny nazývané tara (*Caesalpinia spinosa*). Semena této tropické rostliny, které rostou v lusku, jsou zdrojem stejnojmenné gumy tara, která se používá v mnohých potravinářských produktech jako zahušťovadlo a stabilizátor. Jelikož se jedná o přídatnou látku, je označována číselným kódem E417 a používá se při výrobě zmrzlin či masných výrobků, na jejichž povrchu tvoří požadovaný film [5].



Obr. 5. Třísloviná kyselina [30]

2.2 Ellagotaniny

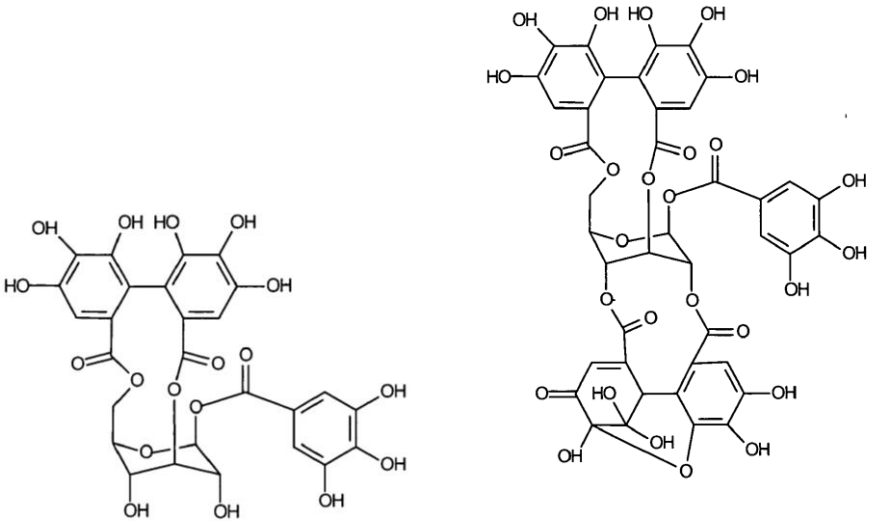
Ellagotaniny vznikají oxidací dvou sousedních zbytků gallové kyseliny a jejich spojením kovalentní vazbou. Jejich struktura je složena z hexahydroxydifenylových zbytků odvozených od 3,4,5,3',4',5'-hexahydroxydifenylové kyseliny (Obr. 6), která vzniká hydrolýzou těchto zbytků. K typickým zdrojům ellagických tříslovin patří dřevo dubu (*Quercus L.*) nebo kaštanu (*Castanea sativa*) [17].



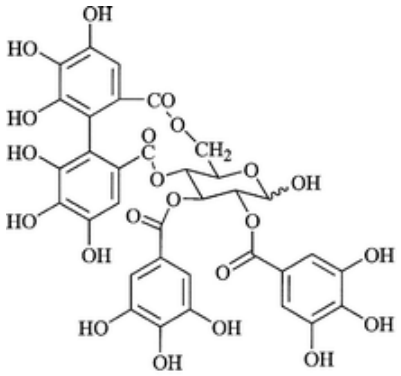
Obr. 6. 3,4,5,3',4',5'-hexahydroxy-difenylová kyselina [31]

2.2.1 Monomery

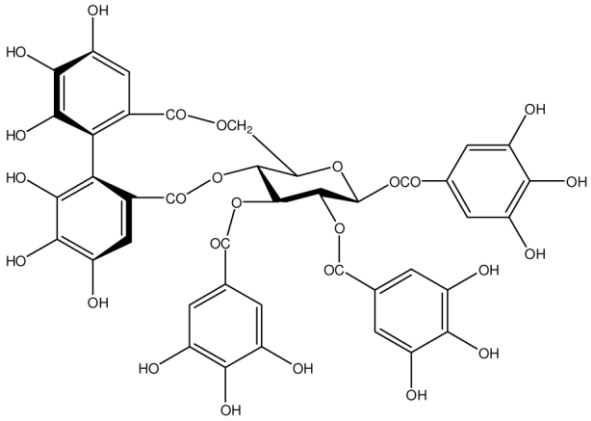
Monomerní ellagotaniny jsou široce zastoupeny v přírodě, kde se jejich počet pohybuje v řádu několika stovek. Jedním z nejznámějších zástupců je korilagin (Obr. 7), který je obsažen v listech rostliny z čeledi vřesovcovitých (*Ericaceae*), brusince (brusnice brusinka, *Rhodococcus vitis-idaea*, syn. *Vaccinium vitis-idaea*). Do skupiny jednoduchých ellagotaninů, které lze nalézt v mnoha rostlinách v podobě monomerů, patří tellimagrandin I (Obr. 8) a tellimagrandin II (Obr. 9), které mají ve své struktuře vázanou jednu kyselinu ellagovou. Jednoduchými ellagotaniny jsou pedunkulagin a kasuariktin, které mají dvě ellagové kyseliny. Dalším zástupcem je také monomer geraniin (Obr. 7), který je součástí mnoha kakostovitých (pelargonie, kakost, pumpava) a pryšcovitých rostlin (angrešt indický, kaučukovník brazilský, pryšec). Jeho struktura je méně obvyklá, protože má dehydrohexahydroxybifenylovou strukturu a je tak řazen mezi tzv. dehydroellagotaniny. Příkladem těchto ellagotaninů jsou tzv. C-glukosidové taniny, které jsou součástí dubového dřeva a jejich zástupci jsou kastalagin a veskalagin [17].



Obr. 7. Korilagin a geraniin [32]



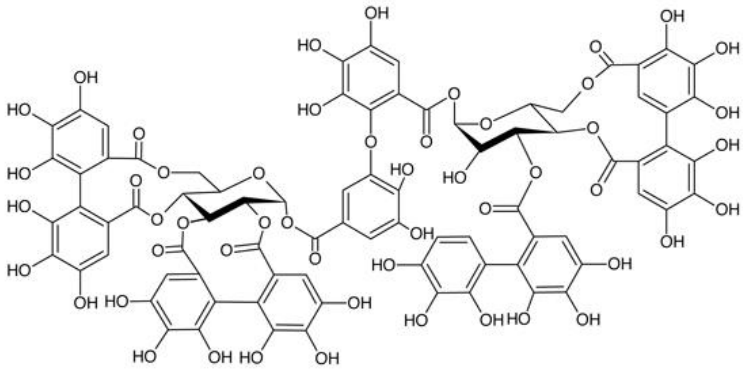
Obr. 8. Tellimagrandin I [33]



Obr. 9. Tellimagrandin II [34]

2.2.2 Oligomery

Produkty biochemických reakcí monomerů, především oxidace, jsou oligomerní ellagotaniny, nejběžněji di-, tri- a tetramery [8]o molekulové hmotnosti mezi 2000 až 5000 Da. Prvním popsaným oligomerem byl v roce 1982 agrimoniin (Obr. 10), který byl izolován z řepíku sibiřského z čeledi růžovité. Poté byly popsány další látky, přičemž dimery tvořily asi 85 % a trimery 10 % [4].



Obr. 10. Agrimoniin [36]

Vzhledem k strukturní rozmanitosti, bylo navrženo klasifikovat oligomerní ellagotaniny do pěti následujících skupin:

1. Typ GOG (nebo GOGOG)

Vazebná jednotka je složena ze dvou nebo tří zbytků kyseliny gallové (G) vázaných eterovou vazbou -O-, které obsahují hydroxylovou skupinu meta- (m-GOG, tj. dihydrodigalloyl) nebo para- (p-GOG, tj. isodihydrodigalloyl) s karboxylovou skupinou jedné jednotky a hydroxylovou skupinou ortho- s karboxylem další jednotky. Zástupcem GOG oligomerů je agrimoniin (m-GOG), který je součástí dvouděložných rostlin čeledi růžovitých. Především se vyskytuje v řepíku lékařském, tedy rostlině, která poskytuje drogu, řepíkovou nať, s obsahem tříslovin nejméně 5 %. Dále je přítomna v léčivé rostlině mochny nátržníku a rostlinách rodu růže. Dalším příkladem je nupharin v zástupcích čeledi leknínovité [4].

Obr. 11. Řepík lékařský [38]

2. Typ DOG

Vzniká spojením hexahydroxybifenyloylových jednotek s galloylovými. Vazebnou jednotku tvoří tergalloyl (tj. p-DOG), případně valoneoyl (tj. m-DOG). Éterová vazba zahrnuje vazbu hydroxylu v meta- nebo para-poloze se zbytkem hexahydroxydifenylové kyseliny. Příkladem tohoto typu jsou rugosiny a oenothin z různých zástupců čeledi pupalkovité (pupalka, vrbovka) a kyprejovité (kyprej vrbice, kuželovník, hlazenec či marhaník, česky granátovník) [4].

3. Typ GOD

Spojením atomu uhlíku zbytku hexahydroxydifenylové kyseliny a atomu kyslíku hydroxylové skupiny zbytku kyseliny gallové vzniká sanguisorbyl. Příkladem je sanguiin z rodu krvavec a ostružník z čeledi růžovitých [4].

4. Typ D(OG)2 (m,m'-; m,p-)

Jednotka, která spojuje dva monomery, má dvě eterové vazby mezi hydroxylovými skupinami dvou galloylových jednotek a jedné jednotky hexahydroxydifenylové kyseliny. Vyskytuje se v rostlinách rodu pryšec [4].

5. Typ C-glukosidových oligomerů

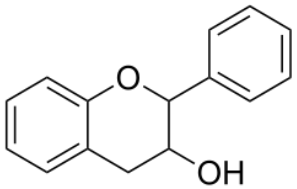
Jsou tvořeny monomery, které jsou spojeny vazbou C-C. Příkladem jsou grandinin a roburin A, které se společně s dalšími oligomerními ellagotaniny nachází v dubovém dřevě [8].

Přirozeně se ellagotaniny vyskytují v alkoholických nápojích, které jsou uchovávány v dubových sudech. Jde o nejrůznější destiláty jako koňak, whisky, bourbon, rum, některé druhy brandy a rovněž i kvalitnější vína. Během zrání alkoholických nápojů v dřevěných sudech dochází k uvolňování složek, které se v průběhu zrání vín a lihovin rozkládají, za vzniku aromatických látek, čímž obohacují organoleptické vlastnosti nápojů o vonné a chuťové složky [8].

Stejně jako gallotaniny, i ellagotaniny jsou využívány jako složky přírodních čiřidel. Jsou součástí komerčních čiřidel na bázi taninu a také jsou složkou extraktů a nálevů z léčivých bylin a kůry stromů, které slouží na přípravu čajů [8].

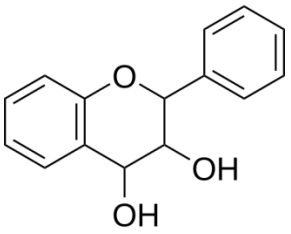
3 KONDENZOVANÉ TŘÍSLOVINY

Kondenzované třísloviny, jiným názvem proanthokyanidiny či flavolany, patří do skupiny flavonoidních látek, jež mají strukturu flavan-3-olu. Vytváří polymery složené ze 2 až 50, i více flavonoidních jednotek. Jednotky jsou složeny z flavan-3-olu (Obr. 12), katechinu a epikatechinu, spojených C-C vazbami, jež jsou odolné vůči hydrolytickému štěpení. Flavan-3-oly vznikají v metabolismu flavonoidů hydroxylací 3-flavanonu. Při hydroxylaci vznikají 2,3-dihydroflavon-3-oly, které jsou poté redukovány na flavan-3,4-dioly (Obr. 13) a následně na flavan-3-oly mechanismem, který doposud není zcela objasněn [4].



Obr. 12. Základní struktura flavan-3-olu [40]

Monomerní flavan-3,4-dioly neboli leukoanthokyanidiny jsou bezbarvé látky, které se vyskytují hlavně jako volné aglykony, vzácně i jako glykosidy. Při zahřívání s kyselinami dochází k jejich štěpení na bezbarvé katechiny a barevné anthokyanidiny (aglykoly anthokyanů), podle kterých jsou odvozeny triviální názvy leukoanthokyanidinů. Jejich zástupci je leukopelargonidin, leukokyanidin a leukodelfinidin. Jsou složkami třísloviny a prekurzory anthokyanidinů [17].



Obr. 13. Flavan-3,4-diol [42]

Oligomery, které byly vytvořeny kondenzací dvou až deseti jednotek flavanu a jejich molekulová hmotnost je přibližně do 5 kDa, mají svíravou a hořkou chuť. Třískovitost je charakteristická především pro hrozny a z nich vyrobené víno. Flavanoly jsou zodpovědné i za trpkost některého dalšího ovoce jako jsou jablka či hrušky a z nich vyrobené ovocné šťávy. Také jsou zodpovědné za trpkost čaje, kakaa a z něj vyrobené čokolády. Tyto oligomery bývají nazývány jako tanoidy [17].

Existují i mnohé polymery s relativní molekulovou hmotností až 400 kDa, které tyto chuťové vlastnosti nevykazují. Tyto vyšší polymery však mají také své uplatnění. Jsou nezbytnou součástí procesu výroby červených vín, kdy dochází k tvorbě barviv a mimo to se podílí na vzniku zákalů a usazenin ovocných šťáv a alkoholických nápojů (víno a pivo) [17].

3.1 Monomery kondenzovaných třísloviny

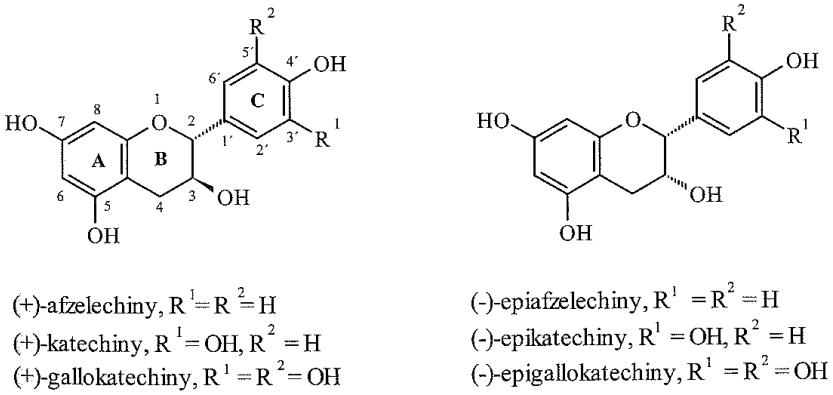
Mezi monomerní flavany patří katechiny. Jejich hlavní charakteristikou je, že nemají vlastnosti taninů. Katechiny jsou obvykle bezbarvé krystalické látky s hořkou, svíravou chutí. Jsou rozpustné v polárních rozpouštědlech, jako je voda a metanol a jejich rozpustnost závisí na teplotě, času a typu rozpouštědla, použitého pro extrakci. Extrakce katechinů je velmi obtížná, jelikož jsou v rostlinných pletivech často vázány na cukry nebo proteiny a dalším důvodem jsou i jejich fyzikální vlastnosti. Katechiny jsou nestabilní sloučeniny citlivé na světlo, oxidaci, vysokou teplotu a alkalické prostředí. Esterifikované katechiny mají charakteristickou trpkou a hořkou chuť, zatímco volné katechiny mají mírně trpkou a sladkou chuť [8].

Katechiny, respektive 3-hydroxyflavany jsou produkty oxidace, která je katalyzovaná enzymy. Obsahují dva aromatické kruhy, dvě a více hydroxylových skupin a většinou jsou vázány na kyselinu gallovou. Jejich struktura je kromě jejich počtu hydroxylových skupin ovlivněna také stereochemií výchozích jednotek flavan-3-olů, stereochemií vzájemné vazby jednotek tvořících oligomery, stupněm polymerace, případně modifikací C-3 hydroxyskupiny ve flavan-3-olech. Na základě počtu obsažených hydroxylových skupin jsou katechiny rozděleny do dvou skupin: volné katechiny a esterifikované katechiny. Katechin, gallokatechin, epikatechin, epigallokatechin jsou neesterifikované katechiny a esterifiko-

vané katechiny jsou epigallokatechin-gallát, epikatechin-gallát, gallokatechin-gallát a katechin-gallát [8].

Katechiny jsou součástí téměř všech potravin rostlinného původu, především ovoce a zeleniny a jsou přítomny v kůře a dřevě řady stromů. Používají se také jako barvivo. Katechiny se používají i pro výrobu potravinových doplňků a používány jsou i ve farmacii a kosmetice, při výrobě mastí pro zvýšení jejich trvanlivosti [41].

K monomerním flavan-3-olům patří afzelechiny, které mají v kruhu C na uhlíku C-4' jednu hydroxylovou (jejich kruh B je odvozen od 4-hydroxybenzoové kyseliny), dvě hydroxyskupiny (C-3' a C-4') v kruhu B obsahují katechiny (jejich kruh B je odvozen od protokatechuové kyseliny) a mají-li v kruhu (C-3', C-4' a C-5') tři hydroxyskupiny, jde o gallokatechiny (jejich kruh B je odvozen od gallové kyseliny) [17].



Obr. 14. Struktura flavan-3-olů [17]

V přírodě jsou běžně zastoupeny i estery afzelechinů s gallovou kyselinou vázanou v poloze C-3 kruhu C, nazývány jako afzelechin-galláty, dále katechin-galláty a gallokatechin-galláty, což jsou estery katechinů a gallokatechinů také s kyselinou gallovou vázanou v poloze C-3 kruhu C [17].

Flavan-3-oly včetně jejich gallátů mají ve své struktuře dva chirální uhlíkové atomy (C-2 a C-3), tudíž mají čtyři různé isomery. Tzv. (+)-afzelechiny, (+)-katechiny, (+)-gallokatechiny, (-)-afzelechiny, (-)-katechiny a (-)-gallokatechiny obsahují na uhlících C-2 a C-3 vodíky v (*E*)-konfiguraci. Příslušné epikatechiny a epigallokatechiny obsahují stejné atomy vodíku v (*Z*)-konfiguraci. Konkrétně se v přírodě vyskytují pouze (+) afzelechiny,

(+)-katechiny, (+)-gallokatechiny, (-)-epiafzelechiny, (-)-epikatechiny a (-)-epigallokatechiny [17].

Kondenzované třísloviny (+)-afzelechiny se nacházejí ve velkém množství v lišejnících, ve vyšších rostlinách čeledi vřesovcovitých, jírovcovitých, vavřínovitých a růžovitých. Glykosid afzelechin-3-*O*-α-L-rhamnopyranosid a dimery afzelechinů se vyskytují v kůře jihoafrického stromu *Cassipourea gerrardii*, patřící do čeledi kořenovníkovité, která vykazuje léčivé účinky. Proanthokyanidinové dimery afzelechiny, které se řadí mezi tzv. propelargonidiny, jsou obsaženy i v kůře slivoně trnky (*Prunus spinosa*). Příkladem dimeru obsahující afzelechiny je mahuannin A [17].

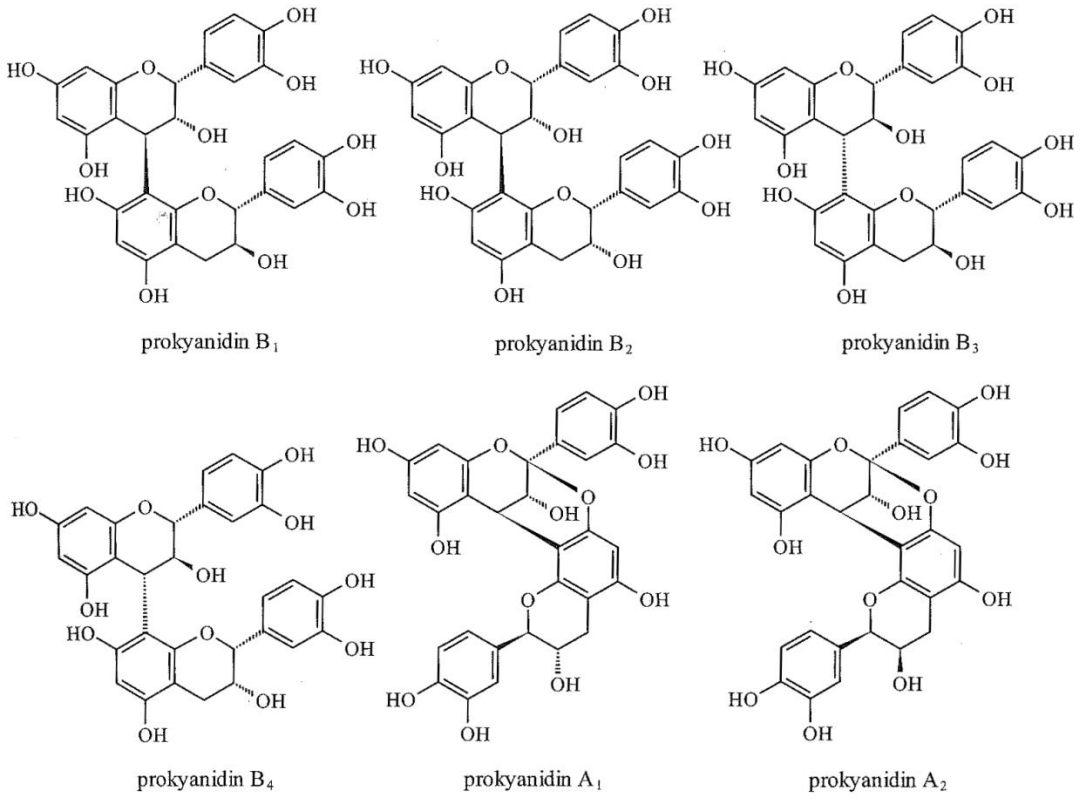
Obsah katechinů v ovoci je v řádech jednotek až stovek $mg.kg^{-1}$. K ovoci, ve kterém se katechiny vyskytují, patří jahody či meruňky a také jsou přítomny v listové a kořenové zelenině a luštěninách. Společně s gallokatechiny jsou v jablcích, hruškách, kakau, červeném vínu a v zelených čajových listech. Epikatechiny jsou obsaženy i v ostružinách, třešních, malinách a čokoládě. Jahody obsahují nejkomplexnější směs katechinů: katechin, jehož množství činí 75 % celkových katechinů, epikatechingallát (18 % celkových katechinů), epigallokatechin (5 % z celkových katechinů) a gallokatechin (3% z celkových katechinů). V hruškách a jablcích, především v jejich slupce, je přítomen (+)-katechin a (-)-epikatechin, v červeném víně je ve větší koncentraci obsažen navíc i (-)-epigallokatechin, součástí kakaa je (+)-katechin, (-)-epikatechin, (+)-gallokatechin a (-)-epigallokatechin a v zelených čajových listech jsou hlavními flavan-3-oly (-)-epigallokatechin-gallát, který představuje 60 % přítomných katechinů, a (-)-epikatechin-gallát, jehož koncentrace činí 10 %. U katechinů zeleného čaje byly prokázány antikarcinogenní účinky. Dalšími zdraví prospěšnými vlastnostmi katechinů jsou antioxidační a antibakteriální aktivita [8].

3.2 Pronthokyanidiny

Proanthokyanidiny jsou dimerní, vyšší oligomerní až polymerní sloučeniny, které vznikají kondenzací monomerních flavanolů za účasti katalyzátorů oxidoreduktáz. Hlavními zástupci proanthokyanidinů jsou prokyanidiny (proanthokyanidiny) typu A, B a C a prodelfinidiny [8].

Příklady nejběžnějších dimerních proanthokyanidinů jsou proanthokyanidin B_1 je epikatechin-(4β→8)-katechin, proanthokyanidin B_2 je epikatechin-(4β→8)-epikatechin, proant-

hokyanidin B_3 je katechin-(4α→8)-katechin, proanthokyanidin B_4 je katechin-(4α→8)-epikatechin, proanthokyanidin A_1 je epikatechin-(4β→8, 2β→*O*→7)-katechin a proanthokyanidin A_2 je epikatechin-(4β→8, 2β→*O*→7)-epikatechin. Příklady trimerních proanthokyanidiůn jsou proanthokyanidin B_1, neboli epikatechin-(4β→8)-epikatechin-(4β→8)-epikatechin a proanthokyanidin C_2, neboli katechin-(4α→8)- katechin-(4α→8)-epikatechin [17].



Obr. 15. Nejběžnější dimerní proanthokyanidiny [17]

Mezi jejich charakteristické vlastnosti patří schopnost inaktivovat kyslíkové radikály a chelatovat ionty kovů, a proto mohou hrát významnou roli v prevenci různých degenerativních onemocnění, zapříčiněných oxidativním stresem [45].

Proanthokyanidiny byly nalezeny ve všech skupinách rostlin. Proanthokyanidiny typu B se vyskytují nejčastěji v potravinářských surovinách a v potravinách. Proanthokyanidin B_1 je obsažen ve vysokých koncentracích v hroznech, čiroku a brusinkách, B_2 v jablkách, višních a kakaových bobech, B_3 v jahodách a chmelu, B_4 v malinách a borůvkách. Dalším

zdrojem proanthokyanidinů je listová a kořenová zelenina, luštěniny či meruňky. V černém rybízu se nachází dimer gallokatechin-(4α→8)-gallokatechin a gallokatechin-(4α→8)-epigallokatechin. Proanthokyanidiny A_1 a A_2 jsou obsaženy ve slupce oříšků podzemnice olejné a ovoce liči čínského nebo v kůře a květech trnky [4].

4 TŘÍSLOVINY V PRODUKTECH ROSTLINNÉHO PŮVODU

Třísloviny se vyskytují v mnoha rostlinách, rostoucích v různých podnebních pásech na celém světě. Nejméně jsou třísloviny zastoupeny v nižších rostlinách, konkrétně řasách, houbách a v mechu. Naopak nejvíce se jich nachází v kůře stromů, kde je jejich funkcí chránit stromy před vlivem nežádoucích mikroorganismů [5].

4.1 Čajovník čínský

Čajovník čínský (*Camellia sinensis*) je stálezelený keř nebo strom patřící do rodu *Camellia*, který roste v tropickém nebo subtropickém podnebném pásu. Jeho aromatické, mladé koncové výhonky, nazývány „fleš“, které tvoří obvykle dva mladé listy větvičeks a vrcholový (terminální) pupen, označován jako „tip“, jsou používány k výrobě čajů. Při zpracování a výrobě čajů je využíván proces fermentace, přesněji oxidace, kdy dochází k významným chemickým změnám třísloviny. Podle fermentace jsou rozlišovány 3 druhy čajů: nefermentovaný - bílý a zelený čaj, polofermentovaný - oolong čaj a fermentovaný - černý čaj. Vícenásobnou fermentací čajovníkových listů vznikají vysoce kvalitní čaje, které jsou označovány jako Pu-erh čaje [9].

Obr. 16. Čajovník čínský [47]

Čaj je, s výjimkou vody, nejvíce konzumovaným nápojem na světě. Je velmi oblíbený především díky jeho blahodárným účinkům na lidský organizmus, antioxidačním a antimikro-

biální vlastnostem. Zelený a černý čaj působí proti únavě a čajové třísloviny pozitivně ovlivňují trávicí trakt [48].

V čaji jsou přítomny polyfenoly, aminokyselina theanin, kofein a další složky. Jejich množství v jednotlivých druzích čajovníků je odlišné [48].

Obecně platí, že polyfenoly jsou produkovány jako sekundární metabolity vyšších rostlin a keřů, a mohou být rozděleny do dvou hlavních kategorií: proanthokyanidiny a polyestery kyseliny gallové a kyseliny hexahydroxydifenylové, včetně jejich derivátů. V čajích se přirozeně vyskytují ve vysokém množství flavan-3-oly katechiny, jejichž deriváty mají dvě fenolická jádra (A-kruh a B-kruh) spojená třemi uhlíkovými jednotkami (C2, C3, C4). Flavanolová struktura katechinů (3,3 ', 4', 5,7-pentahydroxyflavan) obsahuje dva asymetrické atomy uhlíku v poloze C-2 a C-3. Katechiny jsou obecně syntetizovány v čajových lístcích metabolismem kyseliny malonové a kyseliny šikimové, ve kterém je kyselina gallová odvozená od produktu vyprodukovaného v metabolické dráze šikimové kyseliny. Obsah polyfenolů v čajových lístcích se pohybuje mezi 24 až 36 % a u odrůdy *Camellia assamica* je jejich obsah znatelně vyšší než u odrůdy *Camellia sinensis* [48].

Na obsah polyfenolů v mladých čajových lístcích a na aktivitu polyfenoloxidáz má vliv celá řada faktorů. Kromě ovlivnění složení dle dané odrůdy patří mezi hlavní faktory také klima, způsob obdělávání a fyzické stáří čajovníku. Polyfenoly dodávají čaji charakteristickou barvu a chuť [48].

Černé a zelené čaje obsahují přibližně stejné množství flavonoidů, které se však liší svou chemickou strukturou. Procentuální zastoupení flavonoidů je asi 33 % a obsah flavanolů 3 % [8].

4.1.1 Zelený a bílý čaj

Složení polyfenolů zeleného čaje je podobné složení polyfenolů čerstvých čajových lístků, jelikož v počátečních fázích výroby zeleného čaje dochází k inaktivaci enzymů, které způsobují oxidaci chemických složek listů [48].

Polyfenolovými sloučeninami, které jsou obsaženy v zeleném čaji, jsou flavanoly, flavandioly, flavonoidy a fenolické kyseliny, především kvercetin, kamferol, myricetin a jejich glykosidy, které činí až 42 % hmotnosti sušiny zeleného čaje [48].

Obr. 17. Zelený čaj [49]

Zelené čaje ve srovnání s černými obsahují větší množství jednoduchých flavonoidů zvaných flavanoly, běžně známé jako katechiny. Těch je v zeleném čaji obsaženo až 30 %. Pro představu, v jednom šálku zeleného čaje, připraveného vylouhováním 2,5 g čajových lístků v 250 ml horké vody, je obsažena přibližně jedna třetina katechinů všech přítomných extrahovaných pevných látek, tedy 200 až 300 mg [8].

V zeleném a bílém čaji jsou dobře známé tyto katechiny: (-)-epikatechin (EC), (-)-epikatechin-3-gallát (ECG), (-)-epigallokatechin (EGC), a (-)-epigallokatechin-3-gallát (EGCG). EGCG tvoří asi dvě pětiny celkového obsahu přítomných fenolů a odhaduje se, že šálek zeleného čaje obsahuje 10 až 30 mg EGCG. Obsah katechinů v bílém čaji je přibližně o třetinu nižší [48].

Obr. 18. Bílý čaj [50]

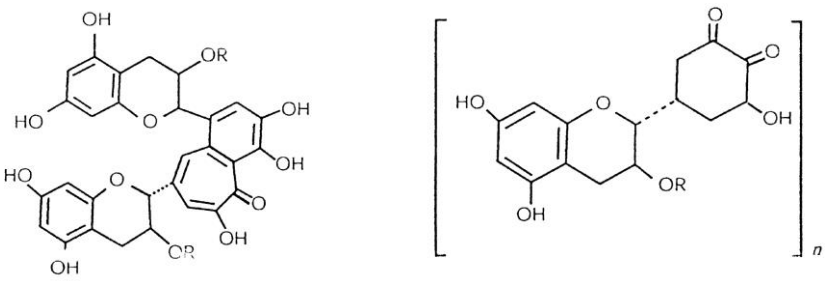
Z pohledu antioxidační aktivity jsou nejvýznamnější látky epigallokatechin a epigallokatechin galát [48].

Polyfenoly zeleného čaje mají kromě antioxidační aktivity celou řadu zdraví prospěšných účinků. Působí antikarcinogenně, protizánětlivě, antibakteriálně, proti kardiovaskulárním a neurodegenerativním onemocněním a mají i protivirovou aktivitu [48].

4.1.2 Černý čaj

V černých čajích jsou obsaženy polyfenoly theaflavin, theaflavinové kyseliny, thearubigin a polymery kondenzovaných tříslovin, které jsou oxidačními produkty polyfenolů v průběhu zpracování. Tyto polymery jsou obvykle známé jako katechiny a komplexy kyseliny gallové, které čaji dodávají charakteristickou barvu a chuť. Katechiny jsou v černém čaji zastoupeny v maximálním množství 9 % a jejich obsah je tak značně nižší než v čaji zeleném. Dalšími přítomnými sloučeninami jsou theaflaviny (Obr. 20), které jsou nejdůležitějšími polyfenoly černého čaje a společně s thearubiginy (Obr. 20) jsou zodpovědné za jeho svíravost, jas a dodávají mu načervenale žlutou barvu. Theaflaviny jsou sloučeniny, které vznikají v důsledku oxidace přeměnou jednoduchých flavonoidů**.** Další sloučeninou černého čaje jsou polymerní polyfenoly thearubiginy, které způsobují jeho tmavě červenohnědou barvu a tvoří více než 60 % polyfenolů vylouhovaného čaje. Kromě výše uvedeného, černé čaje obsahují také kofein, metylxanthiny a malé množství theofylinu a theobrominu [8].

Obr. 19. Černý čaj [49]



Obr. 20. Theaflavin a thearubigin [53]

4.1.3 Oolong čaj

Podobně jako v zeleném čaji, i v oolong čaji jsou obsaženy katechiny: (-)-epikatechin (EC), (-)-epikatechin-3-gallát (ECG), (-)-epigallokatechin (EGC) a (-)-epigallokatechin-3-gallát (EGCG) [48], z nichž hlavní adstringentní a hořkou látkou je EGCG [54]. Součástí oolong čaje jsou také theaflaviny [48].

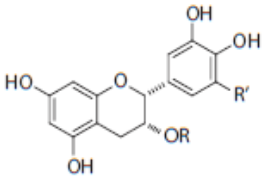
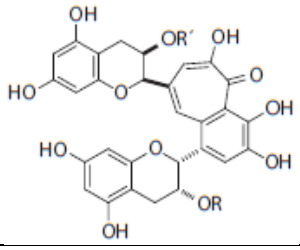
Obr. 21. Oolong čaj [55]

Pro extrakci katechinů a theaflavinů do čaje je důležitá vhodná kombinace působení teploty a doby, po kterou je čaj louhován ve vodě. Kombinace těchto dvou faktorů má vliv nejen na množství polyfenolů, ale i antioxidační aktivitu. Pro polyfenolické sloučeniny platí, že se zvyšující se teplotou vody, ve které je čaj louhován a s prodlužující se dobou macerace se zvyšuje jejich ztráta, obzvlášť u těch nestabilních polyfenolů. Dle vědců Su a kol. [57] vykazuje oolong čaj nejvyšší antioxidační účinek při zalití vodou o teplotě bodu varu vody a po třech minutách louhování. Tak jako u jiných typů čajů, i antioxidační aktivita oolong čaje přímo souvisí s obsahem katechinů. Obzvlášť významně přispívají k antioxidačním účinkům sloučeniny EGC a EGCG. Právě díky obsahu těchto látek vykazuje oolong čaj antikarcinogenní, antimutagenní a jiné zdravotně prospěšné účinky. Zřejmě z důvodu, že je v průběhu zpracování a sušení podroben jen mírnému vlivu enzymatické oxidace, má výraznější antimutagenní aktivitu než zelený či černý čaj [57].

Tab. 1. Obsah polyfenolů v čaji oolong a černém čaji (mg/g sušených listů, 60% etanolový extrakt) [48]

Sloučeniny	**Oolong čaj [mg/g]**	**Černý čaj [mg/g]**
Epikatechin	6,30	1,81
Epikatechin-3-O-gallát	11,67	11,00
Epigallokatechin	25,82	7,65
Epigallokatechin-3-O-gallát	50,76	12,69
Katechin	1,28	0,25
Gallokatechin	4,58	–
Gallokatechin-3-O-gallát	3,44	1,12
Kyselina gallová	1,26	3,53
Theogallin	0,71	3,58

Tab. 2. Přehled sloučenin obsažených v jednotlivých druzích čaje [48]

Čaj	**Čajové polyfenoly**	**Struktura**	**Číslo**	**Název**	**R**	**R'**	**Akronym**
Bílý, zelený	Katechiny		I	Epikatechin	H	H	EC
			II	Epigallokatechin	H	OH	EGC
			III	Epikatechin-gallát	Galloyl	H	ECG
			IV	Epigallokatechin-gallát	Galloyl	OH	EGCG
Černý, oolong	Theaflaviny		V	Theaflavin	H	H	TF1
			VI	Theaflavin-3-monogallát	Galloyl	H	TF2a
			VII	Theaflavin-3'-monogallát	H	Galloyl	TF2b
			VIII	Theaflavin-3,3'-digallát	Galloyl	Galloyl	TF3

4.2 Kakaovník pravý

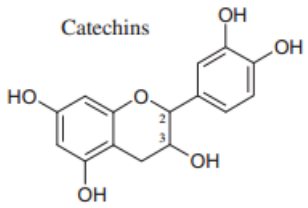
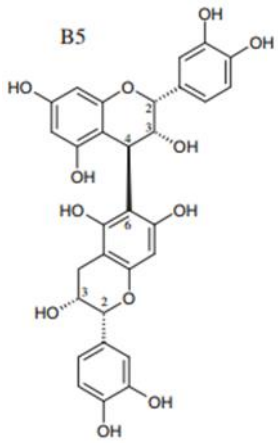
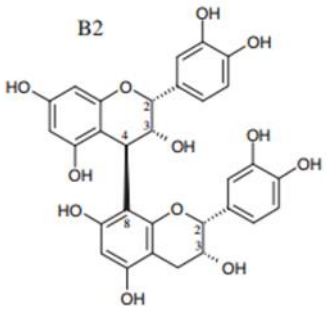
Kakaovník pravý (*Theobroma cacao L.*) je stálezelený tropický strom, který je pěstován pro svá semena - kakaová jádra, jež jsou nejdůležitější surovinou pro výrobu čokolády. Semena, jejichž usušením jsou získány kakaové boby, jsou uložena uvnitř plodu, kde se jich nachází okolo 50 kusů. Tato jádra mají hnědočervenou až fialovou barvu a jsou velká asi jako mandle [58].

Obr. 22. Kakaovník pravý [62]

Důležitou součástí kakaových bobů a jejich produktů (kakaová hmota, kakaový prášek, tmavá čokoláda) jsou polyfenolové látky, které způsobují trpkou až svíravou chuť kakaových bobů. Oxidací těchto sloučenin vznikají látky zbarvené do hnědočervené barvy, tzv. flobafeny. Autoři Bláha a Šrek uvádí, že množství těchto látek se v kakaových bobech pohybuje v rozmezí od 3 – 6 %, kdy procentuální zastoupení se liší podle jednotlivých druhů. Celkový obsah fenolových sloučenin v kakaových bobech se pohybuje mezi 6 až 8 % celkové hmotnosti suchých fermentovaných bobů. Ve srovnání s fermentovanými boby obsahují mnohem více flavanolů nefermentované kakaové boby, kde je koncentrace fenolických sloučenin mezi 12 až 18 % celkové hmotnosti suchých nefermentovaných bobů [64].

Z polyfenolů jsou v kakau zastoupeny flavonoidy, anthokyany a taniny. Z flavonoidů jsou to zejména flavan-3-oly (katechiny a prokyanidiny). Konkrétně jsou v nefermentovaných kakaových semenech obsaženy tyto monomery katechinů: (-)-epikatechin, v nižších koncentracích také (+)-katechin, (+)-epikatechin a (-)-katechin a z prokyanidinů: dimery B_2 a B_5. Dreosti uvádí, že 60% z celkového počtu fenolických látek v surových kakaových bobech jsou monomerní a oligomerní flavanoly [64].

Tab. 3. Struktura katechinu a prokyanidinu B_2 a B_5 [67]

Katechin	Prokyanidin B_5	Prokyanidin B_2
		

Množství a složení flavanolů v kakaovém prášku a čokoládě závisí na druhu a zemi původu kakaových bobů a také na výrobním procesu. Jako příklad lze uvést srovnání kakaových bobů pocházejících z Malajsie a západní Afriky. Malajsijské boby jsou typické svým nevýrazným kakaovým aroma a stahující a hořkou chutí, což je pravděpodobně zapříčiněno vyšším obsahem fenolických sloučenin v malajsijských bobech než v bobech ze západní Afriky [64].

Při zpracování kakaových bobů probíhá fermentace, pražení a také alkalizace bobů, jejichž cílem je snížení kyselosti a hořkosti kakaového prášku, což vede k výraznému ovlivnění kvality a kvantity polyfenolů kakaových bobů a k vysokým ztrátám flavanolů. Nejkritičtějším krokem je fermentace, během níž počáteční koncentrace flavanolů klesne o více než 90 %. Vzhledem k tomu, že jsou flavanoly tepelně labilní sloučeniny, dochází k jejich ztrátám také při pražení. Při pražení probíhají strukturní chemické modifikace flavanolu, a to zejména při epimeraci (-)-epikatechinu na (-)-katechin. Epimerace (epimerizace) je izomerační reakce, při které u opticky aktivní látky dochází ke změně konfigurace na jednom chirálním uhlíku [64].

Na rozsah epimerace má zásadní vliv teplota působící v průběhu pražení. Ta společně s dobou působení závisí na několika faktorech, rozdíly jsou pozorovatelné u druhů kakaa – Criollo nebo Forrastero. Druh Criollo je nejjakostnější a má nejjemnější chuť jader a Forrastero je nejodolnější a nejrozšířenější druh. Doba pražení se pohybuje od 15 do 45 minut při teplotách od 130 do 150 °C. Ztráta proanthokyanidinů a antoxidační aktivity roste se zvyšující se teplotou pražení. Aby byla co nejvíce zachována koncentrace původních

flavanolů a bylo co nejméně ovlivněno jejich složení, měla by být teplota během pražení udržována pod 140 °C. Avšak působí-li na kakaové boby vysoká teplota (150 °C) jen velmi krátkou dobu, je zachován vyšší obsah přítomných polyfenolů, než při působení teploty 130 °C po velmi dlouhý čas. Během dlouhého pozvolného pražení za působení teploty 130 °C byla u bobů zjištěna maximální antioxidační aktivita [67].

Pražení kakaa je nezbytná operace pro tvorbu charakteristické hnědé barvy, textury a typického čokoládového aroma zrn z prekurzorových sloučenin, které byly vytvořeny během fermentace. Kromě toho má pražení vliv na schopnost polyfenolů interagovat s bílkovinami, což vede ke snížení trpkosti [67].

Jelikož je kakao bohatým zdrojem polyfenolů, zvláště monomerních flavan-3-olů, (+)-katechinů, (-)-epikatechinů a oligomerních a polymerních prokyanidinů a proanthokyanidinů, které vykazují vysokou antioxidační aktivitu, má konzumace kakaových a čokoládových výrobků pozitivní zdravotní účinky na lidský organismus. Množství katechinů v čokoládě závisí na koncentraci kakaa: 100 g tmavé čokolády obsahuje asi 50 mg katechinů, zatímco stejné množství mléčné čokolády obsahuje jen 8 mg. Konzumace kakaa a čokolády snižuje výskyt kardiovaskulárních onemocnění, snižuje krevní tlak, inhibuje agregaci krevních destiček a má protizánětlivé účinky. Duke [64] ve svém článku uvádí, že šálek nápoje připraveného rozpuštěním dvou lžic kakaa v teplé vodě nebo v teplém mléce by mohl být uplatněn při paliativní léčbě Parkinsonovy choroby, při léčbě jaterního onemocnění, horečky, nachlazení, popálenin či astma [44].

4.3 Réva vinná

Réva vinná (*Vitis vinifera*) z čeledi révovitých je liánovitá, světlomilná rostlina. Hrozny révy vinné mají toto morfologické složení:

- třapiny, které společně se stopkami tvoří hlavní nosnou kostru a při výrobě vín tvoří balastní část, kterou je nutné odstranit z důvodu vysokého obsahu chuťově nežádoucích látek: polyfenolů a dřevitých látek,
- bobule, které tvoří více než 95 % hmotnosti hroznu a jsou složeny ze semen, dužniny a slupky. Všechny tyto části jsou bohaté na fenolové sloučeniny – třísloviny [72].
-

Obr. 23. Réva vinná [73]

Kvalita, množství a zastoupení fenolických látek v hroznech je ovlivněno mnoha vnějšími faktory, kterými jsou: odrůda révy vinné, podmínky pěstování – délka slunečního svitu, stanoviště, složení půdy, způsob obdělávání a údržba vinic, zralost hroznů, ročník, období a podmínky sklizně. U sklizených hroznů mají na koncentraci a složení fenolických látek, především anthokyaninů a tříslovin, vliv technologické postupy výroby vína – odzrnění, macerace, lisování a další [74].

Třísloviny obsažené v bobulích (slupkách, semenech) a třapinách révy vinné jsou významnější především u modrých odrůd, kde je jejich množství vyšší. Množství tříslovin obsažených v třapinách je do 5 % všech tříslovin hroznu. Přirozeně vyskytujícími se tříslovinami jsou třísloviny kondenzované. Révové třísloviny jsou někdy označovány jako prokyanidiny. Tento název je používán z toho důvodu, že při procesu známém jako tzv. růžovatění vín (vada vín) probíhá zahřívání v kyselém mírně oxidativním prostředí, při kterém dochází k uvolňování červeně zbarveného kyanidinu [17].

Analýza konkrétních sloučenin je z důvodu jejich strukturní rozmanitosti velmi obtížná. Podle počtu jednotek jsou rozlišovány dimery (2 jednotky), trimery (3 jednotky) a oligomery (4 – 10 jednotek). V révě vinné, zvláště v semenech a méně také ve slupce a víně byly společně se základními jednotkami kondenzovaných tříslovin (+)-katechinem a (-)-epikatechinem detekovány i jednoduché flavan-3-oly (+)-gallokatechin, (-)-epigallokatechin a (-)-epikatechin-gallát [17].

4.3.1 Třísloviny hroznů - semen a slupek

V semenech je ve srovnání se slupkami 2-5 krát vyšší obsah proanthokyanidinů prokyanidinového typu a vyskytují se v nich především nižší oligomery s 2-6 flavanolovými jednotkami. Třískovitost taninů souvisí s jejich chemickou strukturou. Vyšší stupeň polymerace třísloviny v semenech a vyšší obsah (-)-epikatechin-gallátu zvýrazňuje jejich chuť. Nižší oligomery a katechiny mají tedy méně výraznou trpkou chuť a charakteristické jsou spíše svou hořkostí. Oligomery, které ve své struktuře obsahují minimálně čtyři molekuly oligomerů, se již vyznačují typickou trpkou chutí. V semenech jsou obsaženy dimery prokyanidin B_2 a epikatechin(4β→8)-epikatechin i trimer epikatechin-(4β→8)-epikatechin-(4β→8)-epikatechin, tedy prokyanidin C_1. Obsah třísloviny v semenech se v průběhu zrání hroznů (od začátku vybarvování hroznů do období jejich zralosti) snižuje [17].

Ve slupkách hroznů se vyskytují třísloviny v buňkách vnější části. Zastoupeny jsou především vyšší oligomery, tedy (-)-epigallokatechiny, jejichž molekulová hmotnost je ve srovnání s třísloviny semen vyšší. Z dimerů je v nich přítomen hlavně prokyanidin B_1 neboli epikatechin(4β→8)-katechin a z trimerů epikatechin-(4β→8)-epikatechin-(4β→8)-katechin. Výskyt těchto taninů ovlivňuje množství obsažených anthokyaninů. Hrozny s vyšším obsahem těchto látek mají vyšší zastoupení třísloviny ve slupkách, jsou trpčí, a naopak. Vína vyrobená z takových hroznů jsou fádní, trpká až nahořklá a mají bylinný charakter. V době zaměkání bobulí je obsah třísloviny ve slupkách vysoký a jejich koncentrace roste [17].

K dalším sloučeninám zastoupených v semenech a slupkách hroznů modrých odrůd červených vín patří dimer prokyanidin B_2-3'-*O*-gallát, tedy epikatechin(4β→8)-epikatechin-3'-*O*-gallát, některé další trimery a vyšší oligomery. Uvedené sloučeniny jsou přítomny v menším množství. Tyto prokyanidiny nejsou jedinými přítomnými třísloviny. V malém množství jsou obsaženy i prodelfinidiny [17].

Třísloviny vyskytující se ve slupkách a semenech jsou strukturně totožné. To, čím se odlišují, jsou jejich organoleptické vlastnosti. Anthokyaniny a třísloviny spolu v důsledku fermentace a zrání vína reagují, čímž dochází ke zvýraznění organoleptických vlastností vína – barvy. Struktura, množství třísloviny a stupeň jejich polymerizace ovlivňuje vlastnosti chuťové, tedy třískovitost, hořkost a jejich vzájemný poměr [21].

4.3.2 Třísloviny vína

Hlavním produktem při zpracování hroznů révy vinné je hroznový rmut, ze kterého je zkvašením a následně složitým technologickým procesem vyráběno víno. Víno je alkoholický nápoj, který není v žádné fázi své výroby zahříván, čímž si uchovává přírodní látky s antimikrobními a antioxidačními účinky – stilbeny (*trans*-resveratrol), barviva - anthokyany, patřící do skupiny rostlinných fenolů flavonoidů a zvláště významné jsou aromatické látky vonné (estery) a chuťové trpké látky, dodávající vínu svíravou a drsnou chuť (třísloviny), a řadu jiných lidskému organismu prospěšných látek [17].

Třísloviny obsažené ve víně jsou různorodá skupina chemických látek, které mají vliv nejen na chuť, ale i na barvu, stárnutí a texturu vína. Jak již bylo uvedeno, některé látky patřící do této skupiny vykazují baktericidní vlastnosti a mají příznivý vliv na lidské zdraví. Jsou užívány např. při žaludečních a střevních potížích. Tyto vlastnosti jsou ve větším měřítku pozorovány u červených vín vyráběných z modrých odrůd [81].

V technologii vína mají třísloviny jak pozitivní (u červených vín), tak negativní vliv, jelikož mohou vést k tvorbě zákalů a sedimentů. U barikových vín mohou být třísloviny do vína uvolňovány z dubových sudů, ve kterých jsou skladovány [17].

Na základě rozdílného postupu při technologickém zpracování hroznů a použitých odrůdách jsou získávána bílá, růžová a červená vína. V bílých vínech se třísloviny považují za závadu, zatímco u červených vín jsou nejen žádoucí, ale také technologickou nutností spojenou se získáváním barviva. Vysoce kvalitní červená vína mají vyváženou úroveň trpkosti. Méně trpká vína jsou považovány za plochá, fádní a nezajímavá. Díky tomu, že jsou červená vína vyráběna z modrých odrůd, obsahují ze všech vín nejvíce adstringentních látek, jejichž složení je podobné jako u bobulí révy vinné. Velká část tříslovin přechází do vín především ze semen a ze slupek [17].

4.3.2.1 Kondenzované třísloviny

Hlavními zástupci kondenzovaných tříslovin, které jsou ve větším množství obsaženy v červeném víně, jsou (+)-katechin, (-)-epikatechin a (-)-epigallokatechin. V menším množství se však ve víně vyskytují prakticky všechny ostatní sloučeniny kondenzovaných tříslovin [17].

Trpké látky přechází do vína během technologických procesů. Třísloviny ze slupek jsou uvolňovány během počáteční fermentace a macerace. Čím je tento proces delší, tím je ob-

sah třísloviny v moštu vyšší. Pokud jsou před fermentací hrozny macerovány při nízkých teplotách, je uvolňováno více třísloviny ze slupek bobulí (zvyšuje se obsah) a tato vína mají příjemně trpkou chuť a barvu. Extrakce taninů ze slupek do vína se zvyšuje také s rostoucí koncentrací alkoholu [17].

Třísloviny ze semen přechází do vín při naležení rmutu a procesu lisování, kdy dochází k oddělení moštu od pevných částí (matolin) za pomoci postupného zvyšování tlaku. Na to, kolik se uvolní do vína třísloviny, má značný vliv působící síla při drcení nebo mletí. Větší množství semenných taninů je extrahováno z hrubě rozemletých hroznů. Čím je vyšší doba naležení nebo působící tlak při lisování, tím se zvyšuje obsah trpkých látek. Díky jejich silně svíravé chuti, musí být semena při nakvašování červených rmutů včas odstraněna [17].

Během lisování nejdříve odtéká mošt, který je označován jako samotok, poté je získáván hlavní podíl a nakonec je dolisován tzv. dotažek, ve kterém je obsaženo nejvíce třísloviny a dalších látek (draslík, barviva a polyfenoly) uvolněných při lisování ze slupek a semen bobulí. Kvůli vysokému obsahu třísloviny ve slupkách a semenech nesmí být tyto části bobule vylisovány, jinak by vznikla nepříjemná svíravá a hořká chuť vína. Ta je u červených vín bohatých na třísloviny korigována etanolem [58].

U červeného vína má na poměr mezi třísloviny ve slupkách a v semenech vliv zralost hroznů. Čím méně vyzrálé hrozny jsou používány na výrobu vína, tím více je do vína uvolňováno semenných třísloviny a obsah slupkových taninů je nižší. Vznikají vína třísloviná s nepříjemnou trpkou, hořkou až bylinnou chutí. U vín vyrobených z dostatečně vyzrálých hroznů je zastoupení slupkových taninů ve srovnání se semennými vyšší. Z takových hroznů jsou vyráběna kvalitní ovocná vína, která nejsou zatížena přílišným obsahem trpkých a hořkých látek a mají lepší organoleptické vlastnosti [85].

Červená vína s vyšším obsahem třísloviny mají tmavší rubínově červenou barvu. Při jejich stárnutí se anthokyany rychleji rozkládají a barva vín se mění na cihlově červenou. Během stárnutí vína dochází k polymerizaci flavonolů a vznikají třísloviny zvané taniny [78].

Mezi červená vína s vysokým obsahem třísloviny patří: Frankovka, Zweigeltrebe, Cabernet Sauvignon, André či Svatovavřinecké [81].

Obsah kondenzovaných třísloviny je nejvyšší v červených vínech a koncentrace se pohybuje od 0,5 g/l až do 5 nebo 6 g/l. Obsah taninů včetně katechinů se pak v červených vínech pohybuje v rozmezí 80-270 mg/l. V bílých vínech je obsah značně nižší: 4-13 mg/l. Nej-

nižší obsah třísloviny je u vín napadených botrytickou plísní (*Botrytis cynerea*), kde probíhá destrukce celé řady fenolických látek [17].

4.3.2.2 Hydrolyzovatelné třísloviny

Ve víně jsou obsaženy i hydrolyzovatelné třísloviny. Ty se do vína nedostaly přirozenou cestou přímo z bobulí hroznů révy vinné, ale jsou do něj přidávány. Proto jsou nazývány exogenní polyfenolické látky. Jsou dostupné v práškové podobě jako komerčně vyráběné preparáty nebo jsou do vína extrahovány při maceraci dubového dřeva [94].

Zrání v dřevěných dubových sudech má význam u červených vín při procesu vinifikace. Pro dlouhodobé zrání v sudech jsou nejvhodnější červená vína, která obsahují dostatek třísloviny i anthokyaninů. U vín s nízkým zastoupením třísloviny a anthokyaninů či u vín s vysokou koncentrací taninů a nízkou koncentrací anthokyaninů je to nežádoucí, protože může dojít ke vzniku nepříjemně výrazné třísloviné chuti [95].

Přes dřevěnou stěnu používaných sudů dochází k mikrooxidaci, která napomáhá stabilizovat barvu vína a dodává mu chuťovou plnost. Dochází k odbourávání třísloviny z drsných trpkých gallotaninů a ellagotaninů, přičemž se hydrolyzují na jednoduché fenoly a cukry. Při těchto reakcích jsou produkovány: eugenol, 4-etylfenol, který dodává vínu charakteristický dřevěný, kouřový a kořeněný tón, 4-metylguajakol (aromatická látka hřebíčku), 4-etylguajakol a další. Je však nutné hlídat jejich procentuální zastoupení ve víně, aby nedošlo ke vzniku nežádoucích vůní. Vyšší koncentrace jmenovaných sloučenin 4-etylfenol a 4-etylguajakol vede totiž ke vzniku nepříjemného aroma po uzeném masu či koňském potu. Při zrání v sudech množství třísloviny ve víně vzroste o 30 až 80 mg/l. Množství a složení těchto látek je ovlivněno stupněm vypalování a druhem použitého dřeva. Pro vznik specifických aromatických látek jsou používány tzv. barikové sudy, které, jsou vyráběny z dubového dřeva. Největší uplatnění mají dub letní (*Quercus robur*), dub zimní (*Quercus petraea*) a americký dub bílý (*Quercus alba*). Množství taninu obsaženého v dubovém dřevě závisí na oblasti pěstování konkrétní dřeviny. Vyšší obsah byl zaznamenán u dřeva evropského než amerického [95].

4.3.3 Zdravotní účinky třísloviny vína

Třísloviny patří k polyfenolickým látkám s příznivým účinkem na zažívací trakt organismu. Mají adstringentní, stahující vliv na sliznici, kdy dochází k povrchovému srážení bílkovin na sliznicích, které má za následek smrštění tkáně. Použití třísloviny má tedy uplatně-

ní při lokálním ošetření ran nebo při ošetření zanícené sliznice. Všechny stahující látky, včetně tříslovin, vyvolávají v žaludečním a střevním traktu obstipaci (zácpu). Tento proces je naprostým opakem aktivity žlučníku a peristaltiky střev, protože ta je třísloviny podporována. Již malá konzumace červeného vína tak může zmírnit průjem, zatímco nadbytek taninů vyvolává zvracení, bolesti žaludku, zácpu nebo rovněž průjem. U červených vín, která jsou bohatá na třísloviny, působí alkohol na lidský organismus pomaleji než u vín bílých, ale na druhou stranu déle účinkuje [92].

4.4 Trnka obecná

Trnka obecná (*Prunus spinosa* L.) je vytrvalá rostlina, patřící do čeledi růžovité (*Rosaceae*). Roste jako opadavý keř s trnitými větvemi a bílými květy. Trnka patří do skupiny peckového ovoce, které má malé kulaté, oválné, elipsoidní nebo kapkovité plody, nejčastěji tmavě fialové barvy [98].

Obr. 24. Trnka obecná [102]

Trnky jsou velmi významným zdrojem polyfenolů, přičemž z našich druhů ovoce obsahují po brusinkách, borůvkách, jahodách a malinách nejvíce polyfenolických látek. Mezi charakteristické fenolové složky, které jsou obsaženy v rostlině, patří třísloviny. Taniny se nachází ve větvích, především kůře, květech a rovněž v plodech, kterým dodávají charakteristickou trpkou chuť. Koncentrace tříslovin v plodech trnky je až 1,8 %.V kůře a květech jsou zastoupeny proantokyanidiny A_1 a A_2, konkrétně *ent*-epiafzelechin-

(4α→8,2α→*O*→7)-epiafzelechin (mahuannin A) a ent-epiafzelechin-(4α→8,2α→*O*→7)-epicatechin [17].

Trnka se běžně používá v potravinářském průmyslu a své uplatnění má také v alternativní medicíně, fytoterapii. V potravinářském průmyslu se používá pro výrobu džemů, kompotů, alkoholických (slivovice) i nealkoholických (čaje) nápojů. Díky vysokému obsahu polyfenolů v čerstvém extraktu z plodu trnky, které zmírňují negativní účinek volných radikálů v organismu, má ovoce důležitou roli v prevenci neurodegenerativních a kardiovaskulárních onemocnění a v prevenci proti rakovině. Extrakt může být použit i jako antioxidant v potravinářském a farmaceutickém průmyslu. Díky přítomnosti taninů má konzumace trnek či šťávy z dužniny antiseptické účinky, snižuje výskyt zánětu sliznice trávicí soustavy a posiluje funkci metabolismu. Trnky mají uplatnění i v péči o pleť, kdy jejich zevní používání dodává pleti pevnost [98].

4.5 Mangovník indický

Mangovník indický (*Mangifera indica* L.) je vždyzelený, několik desítek metrů vysoký, rozvětvený strom, patřící do čeledi ledvinovníkovité (*Anacardiaceae*). Plodem je tropické ovoce mango. Mango je dužnatá peckovice rozmanitého tvaru, nejčastěji oválného nebo ledvinovitého. Povrch plodu mangovníku je obalen slupkou, která má v období nezralosti zelenou barvu a při dozrávání se mění na žlutou, oranžovou až na temně fialovou. Pod slupkou se nachází jedlá, vláknitá dužnina žluté až žlutooranžové barvy, v jejímž středu je ukryto ploché, oválné semeno obalené tvrdými vlákny [106].

Mango obsahuje hodně fenolových sloučenin, z nichž velkou část tvoří taniny. K zástupcům tříslovin patří deriváty kyseliny gallové, metyl-gallát, galloylglukóza, digalloylglukóza, trigalloylglukóza a tetragalloylglukóza, kyselina ellagová a její izomery. Množství všech uvedených sloučenin je v nezralém plodu malé, avšak v průběhu zrání manga se jejich obsah zvyšuje až do doby, kdy je ovoce přezrálé a obsah svíravých látek mírně klesá [107].

Přítomné taniny dodávají mangu adstringentní chuť a mají hodně pozitivních účinků na lidský organismus. Kyselina ellagová působí protizánětlivě a má antioxidační účinky. Zbylí zástupci tříslovin mají antimikrobní, antibakteriální a protiplísňové vlastnosti [107].

Obr. 25. Mangovník indický [108]

Mango má významné uplatnění v potravinářském průmyslu pro výrobu ovocných džusů. Zralé plody se konzumují syrové nebo se zpracovávají na šťávy, džemy, želé anebo se konzervují jako kompoty. Nezralé plody se suší a drtí na prášek, který se přidává do polévek či jiných pokrmů [106].

4.6 Angrešt indický

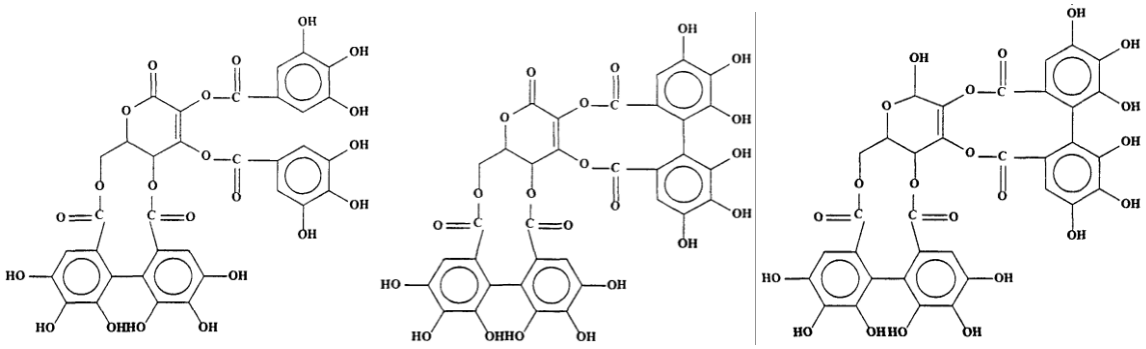
Angrešt indický (*Emblica officinalis*), nazývaný amla, amalaki nebo amlaka, je strom patřící do čeledi pryšcovité. Pro své plody je rostlina pěstována v Indii, Malajsii, Číně, Pákistánu, Bangladéši a na Srí Lance. Plody mají žlutozelenou barvu a svým tvarem se podobají zahradnímu keři srstka angrešt, který je běžně pěstován v našich podmínkách [110].

Obr. 26. Angrešt indický [112]

Plody angreštu indického jsou v Asii běžně konzumovány, i když kvůli přítomným třísloviná mají jeho plody nepříjemnou trpkou chuť, a proto jsou spíše zpracovávány. Nejběžnější formou jejich zpracování je sušení [112].

Plody jsou bohatým zdrojem řady významných látek. Jsou po barbadoské třešni druhým nejbohatším zdrojem kyseliny askorbové s obsahem 500 až 1800 mg/100 g a obsahují i velké množství vlákniny a polyfenolů, které mají mnoho pozitivních účinků na lidský organismus. Toto ovoce má díky obsahu taninů antioxidační účinky, plody amla vykazují také antimikrobní účinky a mají využití i v tradiční medicíně [110].

Mezi hlavní biologicky účinné látky, které jsou obsaženy v plodech, listech a kůře angreštu indickém, patří třísloviny, zejména hydrolyzovatelné taniny. Plody obsahují 28 % taninů z celkového množství taninů, které jsou distribuovány ve všech částech rostliny. Zastoupení jednotlivých taninů v ovoci se liší v závislosti na druhu a stupni zralosti rostliny. Nejvíce zastoupeny jsou: galát kyseliny slizové, galát laktonu kyseliny slizové, kyselina gallová, kyselina ellagová, monogalloylglukóza, digalloylglukóza, putranjivain A, galloyl-hexahydroxydifenyl-glukóza, elaeokarpusin a chebulová kyselina. Dalšími významnými zástupci hydrolyzovatelných třísloviní jsou sloučeniny mající antioxidační vlastnosti: emblicaniny A a B, puniglukonin (Obr. 27), pedunkulagin, etylgallát a z kondenzovaných třísloviní leukodelfinidin [111].



Obr. 27. Emblicanin A, B a p*edunkulagin* [116]

ZÁVĚR

Třísloviny jsou látky přítomné v potravinách rostlinného původu, které při konzumaci vyvolávají v ústech trpkou, adstringentní a svíravou chuť. Trpká chuť je výsledkem interakce proteinů slin s polymerními fenolovými sloučeninami.

Látky adstringentní chuti jsou velkou skupinou sloučenin, které jsou na základě jejich chemického složení rozdělovány na třísloviny hydrolyzovatelné a třísloviny kondenzované, nazývané též proanthokyanidiny. Hlavními zástupci hydrolyzovatelných tříslovin jsou gallotaniny a ellagotaniny, příkladem kondenzovaných taninů jsou monomerní afzelechiny, katechiny, gallokatechiny a oligomerní až polymerní prokyanidiny typu A, B a C.

Mnohé z těchto sloučenin nalezly uplatnění v potravinářství a v kožedělném průmyslu k činění usní. Třísloviny jsou používány jako potravinářská aditiva, složky komerčních čiřidel na bázi taninu k prevenci vzniku bílkovinných zákalů a sedimentů v alkoholických i nealkoholických nápojích, dále jsou součástí extraktů a nálevů čajů z léčivých bylin a kůry stromů a některé z nich hrají důležitou roli při vzniku barviv červených vín.

Rostlin, v nichž jsou třísloviny bohatě zastoupeny, je celá řada. Patří k nim rostliny z čeledi růžovité: trnka, jabloň, hrušeň, mandloň, třešeň, meruňka, kdouloň, mišpule, jahodník, ostružník, řepík, mochna; réva vinná z čeledi révovité, z bylin šalvěj, tymián, cesmína, hřebíček, pelyněk, meduňka, hluchavka, rozmarýn, krvavec a další. Významnými zástupci jsou také tropické rostliny: čajovník čínský, angrešt indický, mangovník indický, kakaovník pravý, granátové jablko, rohovník, pimentovník, skořicovník či kolovník.

Jedním z nejvýznamnější zástupců je réva vinná, kde jsou třísloviny obsažené v bobulích (slupkách a semenech) a třapinách. Přirozeně vyskytujícími se tříslovinami ve víně jsou třísloviny kondenzované, ale přítomné jsou i třísloviny hydrolyzovatelné, které jsou do vína přidávány nebo jsou uvolňovány při maceraci dubového dřeva. Z dubového dřeva jsou vyráběny sudy, ve kterých zrají především červená vína.

U mnoha rostlin obsahujících biologicky účinné látky včetně tříslovin, byla prokázána antioxidační aktivita a pozitivní zdravotní účinky na lidský organismus. Taniny přítomné v produktech rostlinného původu mají antibakteriální, protiplísňové, protizánětlivé a antikarcinogenní vlastnosti, posilují imunitu, působí preventivně proti kardiovaskulárním a neurodegenerativním onemocněním a mají pozitivní účinek na trávicí trakt organismu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

[1] BLAŽEJ, Anton et al. *Technologie kůže a kožešin*. 1. vyd. Praha: SNTL, ALFA, 1984.

[2] KUDRNA, Václav. *Zušlechtění krmiv, podmínky jejich bezpečnosti a produkční účinnosti*. 1. vyd. Praha: Výzkumný ústav živočišné výroby, 2004. 56 s.

[3] PATRA, Amlan K a Jyotisna SAXENA. Exploitation of dietary tannins to improve rumen metabolism and ruminant nutrition. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2011, **91**(1), 24-37. DOI: 10.1002/jsfa.4152. ISSN 00225142. Dostupné také z: http://doi.wiley.com/10.1002/jsfa.4152

[4] BRUNETON, Jean. *Pharmacognosy, Phytochemistry, Medicinal plants*. 2. vyd. Londres, Paris, New York: Intercept Ltd., 1999. ISBN-13: 978-1898298632.

[5] AHOK, Praveen K. a Kumud UPADHYAYA. Tannins are Astringent. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2012, **1**(3), 45-50. ISSN 2278- 4136.

[6] Bezpečnost potravin. *A-Z slovník pro spotřebitele* [online]. Praha: Informační centrum bezpečnosti potravin ÚZEI, [cit. 2016-04-03]. Dostupné z: http://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/92418.aspx

[7] FLORIÁNOVÁ, Olga. *Kůže: zpracování a výrobky*. 1. vyd. Praha: Grada, 2005. Řemesla, tradice, technika. ISBN 80-247-1091-9.

[8] VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin*. Vyd. 2. upr. Tábor: OSSIS, 2002. ISBN 80-866-5901-1.

[9] HRABĚ, J., F. BUŇKA, I. HOZA. *Technologie výroby potravin rostlinného původu pro kombinované studium*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2007. ISBN 978-80-7318-520-6

[10] LOSOS, Ludvík. *Pozlacování a polychromie*. Praha: Grada Publishing, a. s., 2005. ISBN 80-247-0913-9.

[11] MALÍK, Fedor. *Ze života vína*. Pardubice: Filip Trend Publishing, 2003. ISBN 80-86282-27-9.

[12] STEIDL, Robert. *Sklepní hospodářství*. V českém jazyce vyd. 1. Valtice: Národní salon vín, 2002. ISBN 80-903201-0-4.

[13] KRAUS, V., V. HUBÁČEK a P. ACKERMANN. *Rukověť vinaře*. 3. vyd. Praha: Brázda, 2010. ISBN 978-80-209-0378-5.

[14] ZELINGER, Jiří. *Příčiny poškození a metody konzervace usně*. Základy muzejní konzervace (Muzeografické učební texty III.). Moravské muzeum, Brno, 1989.

[15] POSPÍCHALOVÁ, Zdena. *Výroba, vlastnosti a hodnocení usní*: *(usně brašnářské a sedlářské):metodický list*. Brno: Krajský pedagogický ústav, 1982.

[16] ODVÁRKOVÁ, Jana. *Metodické pokyny ke konzervaci usňových nebo pergamenových knižních vazeb a ostatních sbírkových předmětů vyrobených z kůže a pergamenu*. 1. vyd. Praha: Národní knihovna České republiky, 1999. ISBN 80-705-0341-6.

[17] VELÍŠEK, Jan a Jana HAJŠLOVÁ. *Chemie potravin*. Rozš. a přeprac. 3. vyd. Tábor: OSSIS, 2009. ISBN 978-80-86659-17-6.

[18] Obrázek kyseliny gallové a ellagové [online]. [cit. 2016-04-03]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/B%C5%99%C3%ADzovit%C3%A9

[19] Obrázek 1,2,3,4,6-penta-*O*-galloyl-β-D-glukopyranózy [online]. [cit. 2016-04-03]. Dostupné z: http://www.clearsynth.com/en/CST60238.html

[20] KENNEDY, J. A. Grape and wine phenolics: Observations and recent findings. *Cien. Inv. Agr*. 2008, **35**(2), 107-120. Dostupné také z: http://dx.doi.org/10.4067/s0718-16202008000200001

[21] BALÍK, Josef. Anthokyaninová barviva v hroznech a vínech: Anthocyanin pigments in grapes and wines. Vyd. 1. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2010. Folia Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis. ISBN 978-80-7375-412-9.

[22] Obrázek kyseliny m-digallové [online]. [cit. 2016-04-03]. Dostupné z: http://www.chemicalbook.com/ProductChemicalPropertiesCB9506707_EN.htm

[23] Obrázek 1-*O*-galloyl-β-D-glukopyranózy. [online]. [cit. 2016-04-03]. Dostupné z: http://www.lcsci.com/chemicals/products/GG456.cfm#

[24] FARINES, V. et al. Tanins et copeaux : intérêt dans la stabilisation de la couleur des vins rouges issus de thermovinification. *Revue des Oenologues*. 2008, 121, **7**, 57-60.

[25] WINTER, Ruth. *A consumer's dictionary of food additives: Descriptions in Plain English of More Than 12,000 Ingredients Both Harmful and Desirable Found in Foods*. 7. vyd. New York: Three Rivers Press, 2009. ISBN 978-030-7408-921.

[26] VRBOVÁ, Tereza. *Víme, co jíme?: aneb: průvodce "Éčky" v potravinách*. Eco-House, 2001. ISBN 80-238-7504-3.

[27] HOSKOVEC, Ladislav. CAESALPINIA SPINOSA (Molina) Kuntze – sapan tara. In: *BOTANY.cz* [online]. www.botany.cz, 3. 11. 2015 [cit. 2016-04-03]. Dostupné z: http://botany.cz/cs/caesalpinia-spinosa/

[28] BELITZ, H.-D et al. *Food chemistry*. 3. rev. vyd. New York: Springer, 2004. ISBN 35-404-0818-5.

[29] DAMODARAN, S., K. L. PARKIN a O. R. FENNEMA. *Fennema's food chemistry*. 4. vyd. Boca Raton: CRC Press/Taylor, 2008. Food science and technology, 169. ISBN 978-0-8493-9272-6.

[30] Obrázek kyseliny třís lové. [online]. [cit. 2016-04-03]. Dostupné z: http://www.slideshare.net/safdar850/tannins-42423856

[31] Obrázek 3,4,5,3',4',5'-hexahydroxydifenylové kyseliny [online]. [cit. 2016-04-03]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Hexahydroxydiphenic_acid

[32] Obrázek korilaginu a geraniinu. [online]. [cit. 2016-04-03]. Dostupné z: http://www.google.com/patents/EP2116253A1?cl=en

[33] Obrázek tellimagrandinu I. [online]. [cit. 2016-04-03]. Dostupné také z: http://xlink.rsc.org/?DOI=b212695h

[34] Obrázek tellimagrandinu II. [online]. [cit. 2016-04-03]. Dostupné také z: http://www.mdpi.com/1422-0067/13/3/3203/

[35] OKUDA, Takuo, T. YOSHIDA, M. KUWAHARA, M. U. MEMON a T. SHINGU. Agrimoniin and potentillin, an ellagitannin dimer and monomer having an α-glucose core. *J. Chem. Soc., Chem. Commun*. 1982, (3), 163-164. DOI: 10.1039/C39820000163. ISSN 0022-4936. Dostupné také z: http://xlink.rsc.org/?DOI=C39820000163

[36] Obrázek agrimoniinu [online]. [cit. 2016-04-03]. Dostupné z: http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0008_farma/3/3_2/322harom226.scorml

[37] *Český lékopis 2009: (ČL 2009) = Pharmacopea bohemica MMIX : (Ph.B.MMIX)*. První vydání. Praha: Grada, 2009-. ISBN 978-80-247-2994-7.

[38] Obrázek řepíku lékařského [online]. [cit. 2016-04-03]. Dostupné z: http://www.serafinbyliny.cz/herbar/repik-lekarsky-detail-144

[39] OKUDA, Takuo, T. YOSHIDA, T. HATANO a H. ITO. Ellagitannins Renewed the Concept of Tannins. *Chemistry and Biology of Ellagitannins*. WORLD SCIENTIFIC, 2009, 1-54. DOI: 10.1142/9789812797414_0001. ISBN 978-981-279-740-7. Dostupné také z: http://www.worldscientific.com/doi/abs/10.1142/9789812797414_0001

[40] Obrázek základní struktury flavan-3-olu. [online]. [cit. 2016-04-03]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Flavan-3-ol

[41] DAVÍDEK, J., JANÍČEK G. a POKORNÝ J. *Chemie potravin: učebnice pro vys. školy chemickotechnologické*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1983. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-708-0097-6.

[42] Obrázek flavan-3,4-diolu [online]. [cit. 2016-04-03]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Leucoanthocyanidin

[43] ČEPIČKA, Jaroslav. *Obecná potravinářská technologie*. Vyd. 1. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 1995. ISBN 80-708-0239-1.

[44] GADKARI, Pravin Vasantrao a Manohar BALARAMAN. Catechins: Sources, extraction and encapsulation. *Food and Bioproducts Processing*. 2015, **93**, 122-138. DOI: 10.1016/j.fbp.2013.12.004. ISSN 09603085. Dostupné také z: http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0960308513001296

[45] ROP, Otakar a Jan HRABĚ. *Nealkoholické a alkoholické nápoje*. Vyd. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2009. ISBN 978-80-7318-748-4.

[46] SRKALOVÁ, S., K. KALÍKOVÁ a E. TESAŘOVÁ. Výskyt a význam enantiomerů v potravinách. *Chemické listy*. 2008, **102**, 480-486.

[47] Obrázek čajovníku čínského [online]. [cit. 2016-04-03]. Dostupné z: http://www.plantsrescue.com/camellia-sinensis/

[48] JUNEJA, L. R., M. P. KAPOOR, T. OKUBO a T. RAO. *Green tea polyphenols: nutraceuticals of modern life*. Boca Raton: CRC Press/Taylor, 2013. ISBN 978-143-9847-886.

[49] Obrázek zeleného a černého čaje [online]. [cit. 2016-04-03]. Dostupné z: http://wiki.dobrycaj.cz/?p=542

[50] Obrázek bílého čaje [online]. [cit. 2016-04-03]. Dostupné z: http://ravenmoonemporium.com/a-cup-full-of-health/

[51] Obrázek bílého čaje [online]. [cit. 2016-04-03]. Dostupné z: http://www.jenierteas.com/gushan-silver-needles-white-tea-p274

[52] GUPTA, Chandra Shekhar. Tea: Group: GREENS, HERBS AND FOUGERES. In: *Fragrantica.com* [online]. San Diego, CA United States: Fragrantica® Inc. © 2006-2016 [cit. 2016-02-04]. Dostupné z: http://www.fragrantica.com/notes/Tea-106.html

[53] Obrázek theaflavinu a thearubiginu. [online]. [cit. 2016-04-03]. Dostupné z: http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0098299710000737

[54] ČOPÍKOVÁ, J., Z. WIMMER, O. LAPČÍK, L. CAHLÍKOVÁ, L. OPLETAL, J. MORAVCOVÁ a P. DRAŠAR. *Přírodní látky svíravé a trpké chuti*. Chem. Listy 108, 2014, 1053-1057.

[55] Obrázek oolong čaje [online]. [cit. 2016-04-03]. Dostupné z: http://www.jenierteas.com/formosa-fancy-oolong-tea-p669

[56] Obrázek oolong čaje [online]. [cit. 2016-04-03]. Dostupné z: http://www.englishteastore.com/loose-leaf-tea-oolong-goddess.html

[57] SU, X., J. DUAN, Y. JIANG, X. DUAN a F. CHEN. Polyphenolic Profile and Antioxidant Activities of Oolong Tea Infusion under Various Steeping Conditions. International *Journal of Molecular Sciences*. 2007, **8**(12), 1196-1205. DOI: 10.3390/i8121196. ISSN 1422-0067. Dostupné také z: http://www.mdpi.com/1422-0067/8/12/1196/

[58] KADLEC, Pavel, Karel MELZOCH a Michal VOLDŘICH. *Co byste měli vědět o výrobě potravin?: technologie potravin*. Vyd. 1. Ostrava: Key Publishing, 2009. Monografie (Key Publishing). ISBN 978-80-7418-051-4.

[59] KRÁMSKÝ, Stanislav a Josef FEITL, BRONCOVÁ, Dagmar (ed.). *Kniha o čokoládě: historie výroby čokolády a cukrovinek v českých zemích*. Vyd. 1. Praha: Milpo media, 2008. Z historie průmyslu. ISBN 978-80-87040-13-3.

[60] ENDRÝS, Jakub. *Čokoláda*. 1. vyd. Praha: Ottovo nakladatelství, s. r. o., 2006. ISBN 80-7360-401-9.

[61] PEHNE, Tobias. *Čokoláda: [antidepresivum, afrodiziakum, antioxidant]*. 1. vyd. Čestlice: Rebo, 2009. ISBN 978-80-255-0049-1

[62] Obrázek kakaovníku pravého [online]. [cit. 2016-04-03]. Dostupné z: http://bioweb.uwlax.edu/bio203/s2008/boland_kirs/Ancestors%20and%20Relatives.htm

[63] Obrázek kakaovníku pravého [online]. [cit. 2016-04-03]. Dostupné z: http://www.dobreradio.sk/program/varenie-a-gastronomia/varenie-a-gastronomia-s-ganterom-26-04-2012

[64] OTHMAN, A., A. ISMAIL, N. ABDUL GHANI a I. ADENAN. Antioxidant capacity and phenolic content of cocoa beans. *Food Chemistry*. 2007, **100**(4), 1523-1530. DOI: 10.1016/j.foodchem.2005.12.021. ISSN 03088146. Dostupné také z: http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814605011064

[65] BLÁHA, Ludvík a František ŠREK. *Suroviny pro učební obor Cukrář, Cukrářka*. Vyd. 3., aktualiz. Praha: Informatorium, 1999. ISBN 80-860-7344-0.

[66] RAMIREZ-SANCHEZ, I., L. MAYA, G. CEBALLOS a F. VILLARREAL. Fluorescent detection of (-)-epicatechin in microsamples from cacao seeds and cocoa products: Comparison with Folin-Ciocalteu method. *J Food Compost Anal*. 2010, **23**(8), 790-793.

[67] KOTHE, L., B. F. ZIMMERMANN a R. GALENSA. Temperature influences epimerization and composition of flavanol monomers, dimers and trimers during cocoa bean roasting. *Food Chemistry*. 2013, **141**(4), 3656-3663. DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.06.049. ISSN 03088146. Dostupné také z: http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814613008261

[68] IOANNONE, F., C.D. DI MATTIA, M. DE GREGORIO, M. SERGI, M. SERAFINI a G. SACCHETTI. Flavanols, proanthocyanidins and antioxidant activity changes during cocoa (Theobroma cacao L.) roasting as affected by temperature and time of processing. *Food Chemistry*. 2015, **174**, 256-262. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.11.019. ISSN 03088146. Dostupné také z: http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814614017488

[69] PEČ, Pavel. Metabolismus sacharidů [online]. [Olomouc]: Přírodovědecká fakulta UP Olomouc; [2007] [cit. 2016-04-03]. Dostupné z: http://ibiochemie.upol.cz/WebGraphics/biochemie/download/Modul-03A.pdf

[70] HLAVÁČ, Jan. Stereochemie [online]. [Olomouc]: Katedra organické chemie PřF UP Olomouc; [2007] [cit. 2016-04-03]. Dostupné z:

http://bioorganickachemie.upol.cz/site/wp-content/uploads/2010/10/P%C5%99edn%C3%A1%C5%A1ka-6.pdf

[71] SZCZEPANSKÁ, Gabriela: Výukový text Kakao a čokoláda, předmět suroviny 2. Ročník Střední odborné školy a Střední odborná učiliště, bakalářská práce. Brno, MU Pedagogická fakulta 2006, 64 s.

[72] FIALA, Jaromír. Vinařství, výroba nízkoalkoholických a nealkoholických nápojů [Internet]. [Praha]: VŠCHT Praha; [2011] [cit. 2016-04-03]. Dostupné z: http://ub.vscht.cz/files/uzel/0015847/vinarstvi.pdf

[73] Obrázek révy vinné [online]. [cit. 2016-04-03]. Dostupné z: https://dmt-sbi3u.wikispaces.com/Vitis+vinifera

[74] REBECA, J. R. Phenolic Acids in Foods: An Overview of Analytical Metodology. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2003, 51, 2866-2887.

[75] VIDAL, S., L. FRANCIS, S. GUYOT, N. MARNET, M. KWIATKOWSKI, R. GAWEL, V. CHEYNIER, E. J. WATERS. The Mount-feel propertiers of grape and proanthocanidins ina wine-like medium. *J. Sci. Food Agric*. 2003, 83, 564-573.

[76] *Vinařský obzor: Odborný časopis pro vinohradnictví, sklepní hospodářství a obchod s vínem*. Velké Bílovice: Svaz vinařů ČR, 2008, **101**(7-8). ISSN 1212-7884.

[77] EDER, Reinhard. *Vady vína*. V českém jazyce vyd. 1. Valtice: Národní vinařské centrum, 2006. ISBN 80-903-2016-3.

[78] PAVLOUŠEK, Pavel. *Výroba vína u malovinařů*. 2., aktualiz. a rozš. vyd. Praha: Grada, 2010. ISBN 978-80-247-3487-3.

[79] RISTIC, R., *A study of seeddevelopment and phenolic compounds in seed, skins and wines of Vitis vinifera L. cv. Shiraz.* A thesis submitted for a degrese of Doctor of Philosophy. University of Adelaide, 2004.

[80] ŠEVČÍK, Libor. *Bílá vína: hledání pravdy o víně*. 1. vyd. Praha, 1999. ISBN 80-716-9754-0.

[81] ŠVAJDOVÁ, Zuzana. *Chromatografické a enzymatické stanovení glukózy a fruktózy v červených a bílých vínech*. Zlín, 2013. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce Škrovánková Soňa.

[82] ŠARŠÚNOVÁ, M., O. HANČ a B. KAKÁČ. *HPLC in pharmacy and biochemistry*. 3. vyd. Heidelberg: Hüthig, 1990. ISBN 37-785-1699-X.

[83] LOPEZ, R., L. MATEO-VIVARACHO, J. CACHO a V. FERREIRA. Optimization and Validation of a Taste: Dilution Analysis to CharacterizeWine Taste. *Journal of Food Science*. 2007, Vol. 72, Nr. 6, s. 345-351.

[84] ŠTEFECOVÁ, Klára a Jaroslav ČEPIČKA. Průběh změn hlavních organických kyselin v průběhu vinifikace. *Kvasný průmysl: odborný časopis pro výrobu nápojů a biochemické technologie*. 2011, 47, 9, 246-249. ISSN 0023-5830.

[85] PAVLOUŠEK, Pavel. Anthokyaniny, taniny a kvalita hroznů pro výrobu červených vín. *Vinařský obzor*. 2009, 10, 462-463.

[86] KRAUS, Vilem. *Nová encyklopedie českého a moravského vína*. Praha: Praga Mystica, 2005-2008. 2 vyd. ISBN 978-80-86767-09-3.

[87] FARKAŠ, Ján. *Technologie a biochemie vína*. 2. přeprac. a doplň. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1980. 870 s.

[88] JACKSON, Ronald, S. *Wine Science: Principles and Applications*. 3. Edition. Academic Press, Mar 2008, 751 s. ISBN 0123736463.

[89] KUTTELVAŠER, Zdeněk. *Abeceda vína*. Praha, 2003. ISBN 80-86031-43-8.

[90] PAVLOUŠEK, Pavel. *Encyklopedie révy vinné*. Brno: Computer Press, 2008. ISBN 978-80-251-2263-1

[91] KRAUS, Vilém a Jiří KOPEČEK. *Setkání s vínem*. 3., dopl. a přeprac. vyd. Praha:Radix, 2005. ISBN 80-860-3167-5.

[92] SALFELLNER, Harald. *Víno a medicína*. Praha: Vitalis, c1992. ISBN 80-901-3700-8.

[93] KUMŠTA, M. Fenolické látky červených vín – část 2.: Taniny. *Vinařský obzor.* 2008, 101, 7-8, 345-347.

[94] STÁVEK, J. *Vliv suroviny a technologie na jakostní parametry růžových vín*. Dizertační práce, Zahradnická fakulta Mendelova Univerzita v Brně, 2010.

[95] STEIDL, R., LEINDL, G. *Zrání vína v sudech barrique*. V českém jazyce vyd. 1. Valtice: Národní salon vín, 2003. 71 s. ISBN 80-903-2011-2.

[96] STEIDL, R., LEINDL, G. *Cesta ke špičkovému vínu*. 1. vyd. Valtice: Národní salon vín, 2004. 67 s. ISBN 80-903-2014-7.

[97] PAVLOUŠEK, P. Využití mikrooxidace při výrobě červených vín. *Vinařský obzor*. 2009, 102, 11, s. 504-505.

[98] VELICKOVIC, J., D. KOSTIC, G. STOJANOVIC, S. MITIC, M. MITIC, S. RANDJELOVIC a A. DJORDJEVIC. Phenolic composition, antioxidant and antimicrobial activity of the extracts from Prunus spinosa L. fruit. *Hemijska industrija*. 2014, **68**(3), 297-303. DOI: 10.2298/HEMIND130312054V. ISSN 0367-598x. Dostupné také z: http://www.doiserbia.nb.rs/Article.aspx?ID=0367-598X1300054V

[99] CLARKE JOHN HENRY. *A Dictionary of Practical Materia Medica*. New Delhi: B Jain Pub Pvt Ltd, 2005. ISBN 978-813-1902-615.

[100] TETERA, Václav. *Ovoce Bílých Karpat*. Vyd. 1. Veselí nad Moravou: Základní organizace ČSOP Bílé Karpaty ve Veselí nad Moravou, 2006. ISBN 80-903-4445-3.

[101] BLAŽEK, Jan a Václav KNEIFL. *Pěstujeme slivoně*. Vyd. 1. Praha: Brázda, 2005. ISBN 80-209-0336-4.

[102] Obrázek trnky obecné [online]. [cit. 2016-04-03]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_211_multitext/systematika/ucebni_text/system/krytosemenne/dvoudelozne/ruzovite/Prunus_spinosa.html

[103] KOPEC, Karel a Josef BALÍK. *Kvalitologie zahradnických produktů: nauka o hodnocení a řízení jakosti produktů a produkčních procesů*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2008. ISBN 978-80-7375-198-2.

[104] MELZOCH, K., M. RYCHTERA, J. E. DYR aj. DYR. *Výroba slivovice a jiných pálenek*. 4. dopl. vyd. Praha: Maxdorf, 1999. ISBN 80-858-0080-2.

[105] GONZÁLEZ, A. G., A I. CRESPO, A.G RAVELO a M. F. FERNÁNDEZ. Type a proanthocyanidins from Prunus spinosa. *Phytochemistry*. 1992, **31**(4), 1432-1434. DOI: 10.1016/0031-9422(92)80312-3. ISSN 00319422. Dostupné také z: http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0031942292803123

[106] MLADÁ, Jarmila. *Atlas cizokrajných rostlin*. 1. vyd. Ilustrace František Procházka. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1987.

[107] OLIVEIRA, B. G., H. B. COSTA, J. A. VENTURA, et al. Chemical profile of mango (Mangifera indica L.) using electrospray ionisation mass spectrometry (ESI-MS). *Food Chemistry*. 2016, **204**, 37-45. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.02.117. ISSN 03088146. Dostupné také z: http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814616302850

[108] Obrázek mangovníku indického [online]. [cit. 2016-04-03]. Dostupné z: http://treesplanet.blogspot.cz/2013/06/mangifera-indica-mango-tree.html

[109] Obrázek mangovníku indického [online]. [cit. 2016-04-03]. Dostupné z: http://www.plantsciences.ucdavis.edu/GEPTS/pb143/CROP/MANGO/mango.htm

[110] ARNDT, Tomáš. Indický angrešt. In: *CELOSTNIMEDICINA.CZ* [online]. 2016 [cit. 2016-04-03]. Dostupné z: http://www.celostnimedicina.cz/indicky-angrest.htm

[111] BHATTACHARYA, A., A. CHATTERJEE, S. GHOSAL a S.K. BHATTACHARYA. Antioxidant activity of active tannoid principles of Emblica officinalis (amla). *Indian J Exp Biol*. 1999, **37**(7), 676-80.

[112] YANG, Baoru a Pengzhan LIU. Composition and Biological Activities of Hydrolyzable Tannins of Fruits of Phyllanthus emblica. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2014, **62**(3), 529-541. DOI: 10.1021/jf404703k. ISSN 0021-8561. Dostupné také z: http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf404703k

[113] PAREEK, Sunil. Phytochemistry, health effects and drying of Indian gooseberry (<I>Emblica</I> <I>officinalis</I> Gaertn.) fruit. *Stewart Postharvest Review*. 2012, **8**(1), 1-10. DOI: 10.2212/spr.2012.1.5. ISSN 17459656. Dostupné také z:http://www.ingentaconnect.com/content/sphs/sphr/2012/00000008/00000001/art00005

[114] HIMA, V., S. R. KUMAR, N. DUGANATH a N. DEVANNA. Quantization of ascorbic acid in ayurvedic amla capsule by various analytical techniques. *Der Pharma Chemica*, 2013, **5**(3), 8-17.

[115] MEENA, A., A. SINGH a M. RAO. Evaluation of physicochemical and preliminary phytochemical studies on the fruit of Emblica Officinalis Gaertn. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*. 2010, 3, 242-243.

[116] Obrázek emblicaninu A,B a pedunkulaginu. [online]. [cit. 2016-04-03]. Dostupné z: http://www.google.com/patents/EP1156770A1?cl=en.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Da	Dalton
PVPP	Polyvinylpyrolidon
HHDP	Hexahydroxydifenylová kyselina
G	Kyselina gallová
m-GOG	Dihydroxydigalloyl
p-GOG	Isodihydrodigalloyl
p-DOG	Tergalloyl
m-DOG	Valoneoyl
EC	Epikatechin
ECG	Epikatechin-3-gallát
EGC	Epigallokatechin
EGCG	Epigallokatechin-3-gallát

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Kyselina gallová a ellagová 14
Obr. 2. 1,2,3,4,6-penta-O-galloyl-β-D-glukopyranóza 14
Obr. 3. Kyselina m-digallová 15
Obr. 4. 1-O-galloyl-β-D-glukopyranóza 16
Obr. 5. Třís lová kyselina 16
Obr. 6. 3,4,5,3',4',5'-hexahydroxy- difenylová kyselina 17
Obr. 7. Korilagin a geraniin 18
Obr. 8. Tellimagrandin I 18
Obr. 9. Tellimagrandin II 18
Obr. 10. Agrimoniin 19
Obr. 11. Řepík lékařský 20
Obr. 12. Základní struktura flavan-3-olu 22
Obr. 13. Flavan-3,4-diol 22
Obr. 14. Struktura flavan-3-olů 24
Obr. 15. Nejběžnější dimerní proanthokyanidiny 26
Obr. 16. Čajovník čínský 28
Obr. 17. Zelený čaj 30
Obr. 18. Bílý čaj 30
Obr. 19. Černý čaj 31
Obr. 20. Theaflavin a thearubigin 31
Obr. 21. Oolong čaj 32
Obr. 22. Kakaovník pravý 34
Obr. 23. Réva vinná 37
Obr. 24. Trnka obecná 42
Obr. 25. Mangovník indický 44
Obr. 26. Angrešt indický 44
Obr. 27. Emblicanin A, B a pedunkulagin 45

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Obsah polyfenolů v čaji oolong a černém čaji (mg/g sušených listů, 60% etanolový extrakt) 33
Tab. 2. Přehled sloučenin obsažených v jednotlivých druzích čaje 33
Tab. 3. Struktura katechinu a prokyanidinu B_2 a B_5 35