

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra chemie



Farmaceuticky významné přírodní polyfenoly

Bakalářská práce

Vanda Zindrová

Výživa a potraviny, ATZD

Ing. Matyáš Orsák, Ph.D.

© 2019 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci „Farmaceuticky významné přírodní polyfenoly“ jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne _____

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Matyáši Orsákovi, Ph.D. za vedení při zpracování této bakalářské práce, odborné rady, pomoc, vstřícnost, ochotu a čas.

Farmaceuticky významné přírodní polyfenoly

Souhrn

Polyfenolům se ve světě dostává s postupem času vyšší popularita. Vyznačují se řadou různých vlastností, které jsou dány chemickou strukturou, která u polyfenolů může být velmi rozdílná. Liší se tedy svojí stavbou, jejich různorodost ztížila studium těchto látek.

Jsou schopny chránit před oxidačním stresem, chrání rostliny před UV zářením, pomáhají rostlinám v boji proti škodlivým činitelům (působí jako fytoalexiny), udávají rostlinám a plodům typické zbarvení, vůni a chuť. Polyfenoly se přirozeně vyskytují v potravinách. V potravě jsou zastoupeny v minoritních množstvích. Přesto však tato množství pozitivně ale i negativně ovlivňují některé děje v organismu člověka. Vyskytují se v různých druzích ovoce a zeleniny, v aromatických a léčivých rostlinách.

Jako antioxidanty mají po vitaminu C největší význam a jejich obsah v potravě je v porovnání s ostatními antioxidanty nejvyšší. Snižují výskyt kardiovaskulárních onemocnění a omezují riziko diabetes 2. typu tím, že snižují aktivitu enzymů amylasy a glukosidasy.

Polyfenolům je připisován i důvod tzv. Francouzského paradoxu. Strava Francouzů je bohatá na cholesterol. Přesto se Francouzské obyvatelstvo vyznačuje nízkým výskytem kardiovaskulárních onemocnění a dlouhověkostí, což způsobují pravděpodobně fenolické sloučeniny vína, jehož ročně vypijí veliké množství.

Dle potřeby stanovujeme veškerý obsah polyfenolů či obsah určité skupiny polyfenolů. Významnou chromatografickou metodou pro stanovení je vysokoúčinná kapalinová chromatografie – HPLC.

Klíčová slova: arbutin, HPLC, kaempferol, katechin, kvercetin, resveratrol, salicin, taniny

Pharmaceutically significant natural polyphenols

Summary:

Polyphenols have gained significant popularity worldwide over time. They show a variety of characteristics given by their chemical structure that can vary a lot in their case. They differ in their construction, and their diversity has made it difficult to study these substances.

They can protect from oxidative stress, shield plants from UV lightning, help them in fight against harmful agents (they act like phytoalexins), they give plants and fruits a typical color, smell and taste. Polyphenols are naturally present in foodstuffs. In food, they are present in minor amount. Nevertheless, this amount affects some processes in the human body both positively and negatively. They occur in various kinds of fruits and vegetables, in aromatic and medicinal plants.

Following vitamin C, they are of the second most importance as antioxidants and their sum in food is the highest compared to other antioxidants. They are responsible for the decrease of the incidence of cardiovascular diseases and reduce the risk of the type 2 diabetes by cutting down amylase and glucosidase enzymes activity.

Polyphenols are said to be the reason for so called French paradox. French diet is rich in cholesterol. Regardless of that, French citizens are characterized by low incidence of cardiovascular diseases and longevity presumably caused by phenolic compounds of wine they consume a lot annually.

We determine all polyphenols content or the content of a certain group of polyphenols as needed. An important chromatography method for determination is a high-performance liquid chromatography – HPLC.

Key words: arbutin, HPLC, kaempferol, catechin, quercetin, resveratrol, salicin, tannoids

Obsah

1	Úvod	1
2	Cíl práce	2
3	Polyfenoly	3
3.1	Vlastnosti polyfenolů	3
3.2	Rozdělení polyfenolů	6
3.3	Možnosti stanovení polyfenolů	7
3.4	Resveratrol	9
3.4.1	Chemická stavba.....	9
3.4.2	Piceidy	10
3.4.3	Vlastnosti a biologické účinky	11
3.4.4	Výskyt v přírodě.....	12
3.4.5	Francouzský paradox.....	15
3.4.6	Resveratrol jako doplněk stravy	17
3.4.7	Výskyt resveratrolu v červených a bílých vínech	18
3.5	Katechin	21
3.5.1	Chemická stavba.....	21
3.5.2	Vlastnosti a biologické účinky	23
3.5.3	Výskyt v přírodě.....	24
3.5.4	Katechin jako doplněk stravy	26
3.6	Kvercetin	27
3.6.1	Chemická stavba.....	27
3.6.2	Vlastnosti a biologické účinky	28
3.6.3	Výskyt v přírodě.....	29
3.6.4	Kvercetin jako doplněk stravy.....	31
3.7	Arbutin	32
3.8	Salicin	33

3.9	Kaempferol	34
3.10	Taniny.....	35
4	Závěr	38
5	Seznam literatury	39
6	Seznam obrázků.....	46
7	Seznam tabulek.....	47
8	Seznam grafů	48
9	Seznam použitých zkratk	49

1 Úvod

Polyfenoly jsou skupina chemických organických sloučenin s pozoruhodnou účinností. Řadíme je do skupiny fenolických látek, které jsou charakteristické obsahem více než jedné hydroxylové skupiny v molekule. Patří mezi antioxidanty, na něž se v dnešní době klade z důvodu zhoršujícího se zdravotního stavu lidí velký důraz.

Od 90. let 20. století vědci začali se zkoumáním polyfenolických látek. V současnosti probíhá již řada studií, které se zabírají mechanismy působení těchto látek.

Obsah těchto látek lze zaznamenat převážně v ovoci a zelenině. Jejich nedostatek v jídelníčku nezpůsobí katastrofický dopad na naše zdraví, avšak jejich vyvážená konzumace může mít příznivé účinky pro lidský organismus.

Mezi významné polyfenoly patří resveratrol, katechin, kvercetin, arbutin, salicin, kaempferol, taniny.

2 Cíl práce

Cílem této bakalářské práce je studiem odborné literatury popsat rozdělení polyfenolů a formulovat polyfenolové sloučeniny, definovat jejich kvantitativní a kvalitativní zastoupení ve vybraných potravinách, zhodnotit význam a vliv polyfenolových látek na lidský organismus a zdraví. Dalším cílem je najít možnosti stanovení polyfenolů.

3 Polyfenoly

Polyfenoly jsou obecně označovány jako organické fenolické látky s více než jednou hydroxylovou skupinou v molekule. Zdroji těchto látek jsou ovoce, zelenina, chmel, aromatické i léčivé rostliny a další. Rostlinné polyfenoly jsou rozšířeny v různých částech rostlin – v kůře, kořenech i plodech. Jsou charakteristické řadou společných vlastností. V přírodě chrání rostliny před oxidačním stresem, dodávají jim charakteristické zabarvení, plodům vůni i chuť. Trpce svíravá chuť a schopnost některých polyfenolů inhibovat trávicí enzymy způsobuje omezení konzumace těchto rostlin herbivorům, což může být jeden z možných obranných mechanismů rostliny (Čepička & Karabín 2002).

3.1 Vlastnosti polyfenolů

V naší potravě jsou rostlinné polyfenoly, hned po vitaminu C, nejvýznamnějšími přírodními potravními antioxidanty (Houser 2004). Jsou také nejhojnějšími antioxidanty ve stravě. V porovnání s vitaminem C je jejich příjem asi desetinásobně vyšší. Oproti vitaminu E a karotenům dokonce stonásobně vyšší (Scalbert et al. 2005). Polyfenoly patří mezi komplexní antioxidanty. Tyto biochemické sloučeniny mají významné důsledky pro veřejné zdraví, proto je důležité znát zdroje těchto antioxidantů. Považují se za nejhojnější složku antioxidantů v dietě (Watson et al. 2014). Dietní fenolické látky jsou silnými antioxidanty, jsou schopny neutralizovat radikály předáváním elektronů nebo atomů vodíku k široké škále reaktivních forem kyslíku, dusíku a chlóru. Režim antioxidační aktivity polyfenolů se může zakládat na přenosu atomů vodíku nebo na přenosu elektronu protonem. Nicméně antioxidační potenciál konkrétní fenolické sloučeniny závisí hlavně na počtu a poloze hydroxylových skupin v molekule (Zhang & Tsao 2016). Výzkum antioxidačních vlastností a jejich účinků na prevenci onemocnění začal u flavanoidů a polyfenolů až po roce 1995. Důvodem tohoto pozdního zkoumání je značná rozmanitost a složitost jejich chemických struktur (Scalbert et al. 2005). Právě antioxidační aktivita polyfenolů vede ke snížení oxidačního stresu (Umeno et al. 2016).

Polyfenoly mají také vliv na oběhový systém. Dřívější výzkumy prokázaly, že strava bohatá na rostlinné polyfenoly snižuje výskyt kardiovaskulárních onemocnění. Antioxidační účinek polyfenolů může mít za následek vazodilataci, antitrombotické, protizánětlivé, antiapoptotické, hypolipidemické a antiaterogenní účinky, které jsou schopny snížit kardiovaskulární riziko. Kardiovaskulární onemocnění je hlavní příčinou úmrtnosti v dnešním

světě. Dle údajů Světové zdravotnické organizace WHO zveřejněných roku 2009 zemřelo v roce 2008 v důsledku kardiovaskulárních onemocnění 17,5 milionů lidí, což v přepočtu vychází na 30 % celkového počtu úmrtí registrovaných po celém světě (Quiñones et al. 2013). V roce 2016 zemřelo v důsledku tohoto onemocnění 17,9 milionů lidí po celém světě (WHO 2017).

Tyto látky mají vliv na diabetes. Většina polyfenolů je schopna inhibovat aktivitu amylasy a glukosidasy, tím je inhibována absorpce glukosy ve střevech. Další funkcí je zlepšení inzulínové rezistence. Každodenní příjem polyfenolů může zabránit zvyšování oxidativního stresu a snížit tak riziko vzniku diabetu 2. typu. Účinky naznačují, že při příjmu zeleného čaje, který má ve svém obsahu polyfenol katechin, může snížit rizika diabetu 2. typu. Další potravinou, která zlepšila diabetes 2. typu, byla čokoláda. Příjem kávových polyfenolů vedl k sekreci peptidu, který je podobný glukagonu. U něhož se prokázalo, že vykazuje antidiabetický účinek, což vede ke snížení hladiny glukózy v krvi. Mimo jiné nepřetržité pití kávy ukázalo snížené množství viscerálního tuku. U citrusových plodů (hlavně v kůře) byla také prokázána antidiabetická aktivita.

Antidiabetický i antioxidační účinek může být ovlivněn metodami zpracování (například při zahřívání). Antioxidační aktivita polyfenolů byla 16–57x silnější u extrapanenského olivového oleje, než u olivového oleje rafinovaného (Umeno et al. 2016).

Bylo odhadnuto, že 5–10 % celkového příjmu polyfenolů je absorbováno v tenkém střevě. Zbývajících 90–95 % přijatých polyfenolů je absorbováno ve střevu tlustém. Zde jsou polyfenoly podrobeny střevní mikrobiotě. Mikrobiota tlustého střeva je zodpovědná za štěpení původních forem polyfenolických struktur na fenolické metabolity, jejichž molekulová hmotnost je nízká, tudíž vstřebatelná a můžou být odpovědné za účinky na zdraví, než původní sloučeniny nalezené v potravinách. Individuální složení mikroflóry má za následek rozdílnou biologickou dostupnost a bioúčinnost polyfenolů a jejich metabolitů. Polyfenoly ze stravy mohou i složení střevního mikrobiomu pozitivně ovlivnit (Cardona et al. 2013).

Podílí se na eliminaci nebezpečných volných radikálů v organismu (Houser 2004). Přesněji buňky reagují na polyfenoly přímou interakcí s receptory nebo enzymy, které se podílejí na přenosu signálu, což může vést ke změně redoxně závislých reakcí (Scalbert et al. 2005). Radikály jsou atomy nebo molekuly, které mají nepárový elektron (Greenstock 1984). Poškozují lipidy a tím buněčné membrány a orgány (například mitochondrie). Jejich narušení ovlivní i jejich funkce. Dále volné radikály napadají aminokyseliny, které tvoří základní prvky proteinových struktur. Také způsobují škody na genetickém materiálu tím, že

napadají nukleové kyseliny (DNA, RNA), to ovlivňuje funkci, růst a opravu buněk v závislosti i na správné funkci bílkovin. Škody na dědičném materiálu jsou prvním krokem ve vývoji karcinomu. Volné radikály jsou také schopny způsobit lysosomové destrukce. Lysosomy jsou váčky obsahující enzymy. Pokud dojde ke zničení lysosomů, enzymy se uvolňují a buňka se rozkládá (Aldred 2009).

V organismu je určitá rovnováha mezi antioxidanty a prooxidanty (3:1), kterou je potřeba udržet. Pokud dojde k porušení rovnováhy směrem k prooxidantům, vzniká oxidační stres, který může být spouštěčem různých chorob (diabetes, Parkinsonova choroba, Alzheimerova choroba, ateroskleróza, či vznik karcinomů) (Houser 2004). Mohou také indukovat apoptózu (Scalbert et al. 2005). Přesněji dojde k nahromadění reaktivních forem kyslíku nebo vyčerpání meziproduktů s antioxidační kapacitou (Zhang & Tsao 2016). Prooxidanty mohou v organismu vznikat exogenně (kouření, vadiace) nebo endogenně (například při dlouhodobém užívání některých antioxidantů v čistém stavu) (Houser 2004). Integrovaný buněčný enzymatický redoxní systém představuje buněčný ochranný mechanismus, který udržuje oxidační účinek v rovnováze. Je tvořen katalasou, superoxid-dismutasou, glutation peroxidasou, glutation reduktasou a peroxid redoxiny. Zmiňovaný mechanismus není zcela funkční při oxidačním stresu z důvodu přebytku reaktivních forem kyslíku. V reakci na stres jsou fenolické sloučeniny produkovány rostlinnými buňkami ve formě mikrobiální infekce jako ochranný metabolismus. Tyto ochranné vlastnosti fenolických sloučenin mohou vyvolat podobné účinky i v savčím organismu po jejich pozření zvířetem (Zhang & Tsao 2016). Dietní polyfenoly (sloučeniny vyskytující se hlavně v ovoci, zelenině, vínu, čaji, extrapanenském olivovém oleji, čokoládě a kakaových výrobcích) jsou jednou z nejdůležitějších xenobiotik s fyziologickým významem pro zdraví člověka (Han et al. 2007; Zhang & Tsao 2016). Konzumací nebo doplněním dietních polyfenolů umožňují obnovit redoxní homeostázu a zabránit systémovému nebo lokalizovanému zánětu tím, že posílí aktivitu antioxidačních enzymů (katalasy, superoxid-dismutasy, glutation peroxidasy, glutathion reduktázy) (Zhang & Tsao 2016).

Polyfenoly (hlavně taniny) se vyznačují astringencí. Astringence vyvolá drsnou příchut', pocit drsnosti, suchosti a zúžení v dutině ústní. Tato vlastnost je způsobena reakcí srážení bílkovin a mukopolysacharidů v sekretu sliznic. Z biologického hlediska je důležitost polyfenolu (taninů) v rostlinách potřebná, neboť slouží jako repelenty proti útočnickům (živočichům, mikrobům). Astringence tvoří rostlinu nepoživatelnou (Luck et al. 1994; Han et al. 2007).

Provádí se různé výzkumy zaměřené na stanovení polyfenolů v potravinách a nápojích, aby bylo možné propagovat zdraví a prevenci nemocí prostřednictvím doporučení (Watson et al. 2014). Nicméně je stále nemožné detailně určit přesné individuální dávky při konkrétním onemocnění. A výrazné zvýšení spotřeby polyfenolů nemusí být bez rizika (Scalbert et al. 2005).

Účinnost polyfenolů závisí na jejich stabilitě, bioaktivitě a biologické dostupnosti (Chiva-Blanch et al. 2011; Galanski 2018).

3.2 Rozdělení polyfenolů

Polyfenoly můžeme rozdělit na fenolické kyseliny, flavonoidy, stilbeny a lignany (Manach et al. 2004).

Fenolové kyseliny:

Fenolové kyseliny rozdělujeme na deriváty kyseliny benzoové a deriváty kyseliny skořicové. V jedlých rostlinách je obsah hydroxybenzoové kyseliny velmi nízký, nicméně obsah je zaznamatelný v červených plodech, černých ředkvičkách a v cibuli. Hydroxyskořicová kyselina se vyskytuje běžněji než kyselina hydroxybenzoová. Nachází se ve všech částech ovoce. Nejvyšší koncentrace najdeme na vnějších částech zralého ovoce. V průběhu dozrávání ovoce se obsah kyseliny hydroxyskořicové zvyšuje (Manach et al. 2004).

Flavonoidy:

Mezi flavonoidy můžeme řadit flavonoly, flavony, isoflavony, flavanoidy, anthokyanidiny a flavanoly. Nejvíce všudypřítomným flavonoidem jsou flavonoly. Mezi hlavními představiteli flavonolů patří kvercetin a kaempferol. Nejbohatšími zdroji je cibule, pórek, brokolice a borůvky. Ovoce obvykle obsahuje 5–10 různých flavonolových glykosidů (Macheix et al. 1990). Hromadí se hlavně ve vnějších a vzdušných tkáních (kůže, listy), neboť jejich biosyntéza je stimulována světlem. Jejich koncentrace je rozdílná mezi ovocem na stejném stromě, ale dokonce i mezi různými stranami ovoce na témže stromě v závislosti na expozici slunečního záření. (Price et al. 1995). Obdobně je to u listové zeleniny (například hlávkový salát, zelí). Koncentrace flavonolových glykosidů je přibližně desetinásobně vyšší v zelených vnějších listech oproti ve vnitřních světlejších vrstvách. Flavony jsou v ovoci a zelenině již méně časté v porovnání s flavonoly. Obsah flavonů byl zaznamenán v petrželi

a v celeru. Isoflavony se svojí strukturou podobají estrogenům. Nacházejí se téměř jen v luštěninách. Flavanoidy jsou ve velkém množství zastoupeny v citrusových plodech. V minoritních množstvích je lze najít v rajčatech a v některých aromatických rostlinách (například v mátě). Anthokyanidy jsou pigmenty, které jsou přítomny v květinách a v ovoci. Přinášejí jim růžovou, červenou, modrou nebo fialovou barvu. V lidské stravě je můžeme najít v červeném víně, v některých odrůdách obilovin, v ovoci, v některé listové a kořenové zelenině (například v lilcích, zelí, fazolích, cibulích, ředkvičkách). Flavanolů se nacházejí v mnoha druzích ovoce (meruňky jsou jejich nejbohatším zdrojem z ovoce), v červeném víně, zeleném čaji. Nejbohatším zdrojem je čokoláda (Lakenbrink et al. 2000).

Stilbeny:

V lidské stravě se nacházejí pouze v malých koncentracích. Významným představitelem je resveratrol (Manach et al. 2004).

Lignany:

Jsou tvořeny dvěma fenylypropanovými jednotkami. Lněné semínko je nejbohatším zdrojem tohoto polyfenolu. Dalšími významnými zdroji jsou obiloviny, ovoce a některá zelenina. Koncentrace ve lněném semínku je 1000x vyšší než koncentrace v ostatních již jmenovaných potravinách (Adlercreutz & Mazur 1997).

V této bakalářské práci později blíže popisují některé polyfenoly: resveratrol, katechin, kvercetin, arbutin, salicin, kaempferol a taniny. Důvodem výběru konkrétně těchto látek je jejich významnost a zajímavost.

3.3 Možnosti stanovení polyfenolů

Metody pro stanovení polyfenolů lze rozdělit dle potřeby stanovení na:

1. Stanovení a detekci veškerých polyfenolů
2. Stanovení pro určité skupiny polyfenolů či jednotlivých fenolických látek

Ukázkou metody stanovující detekci veškerých polyfenolů jsou spektrofotometrické metody. Postupy pro stanovení určitých skupin či jednotlivých polyfenolů se používají hlavně chromatografické metody (například HPLC). Dalšími nepříliš často užívanými metodami jsou titrační a elektrochemické postupy (Shahidi & Naczka. 2004).

Spektrofotometrické metody

Spektrofotometrické metody lze využít pro zjištění veškerých polyfenolů v rostlinných částech. Jako příklad nejpoužívanějších z těchto metod lze vyjmenovat: metodu Folin–Denis, metodu Folin–Ciocalteu, metodu podle Jerumanise či stanovení spektrální analýzou (Shahidi & Naczki, 2004).

Folin–Denis metoda

Patří mezi jednu z nejvíce používaných metod. Metoda probíhá pomocí Folin Denisova činidla (kyselina fosfomolybdenová) za průběhu redukční reakce fenolických sloučenin. Při reakci vznikají za alkalického pH modře zbarvené komplexy (Otleš 2011).

Folin-Ciocalteu metoda

Postup je na stejné bázi jako metoda předešlá s rozdílem použití jiného činidla – Folin-Ciocalteovým (roztok wolframových a molybdenových oxidů). Výsledky oproti předešlé metodě mohou být však nepřesné z důvodu reakce činidla s lehce oxidovatelnými látkami (Waterhouse 2002).

Jerumaise metoda

Tato metoda spočívá v reakci polyfenolů s citrátem železito-amonným v bazickém prostředí. Vzniká hnědé zbarvení (Balík 1998).

Stanovení spektrální analýzou

Metoda probíhá za pomoci absorpce světla v UV oblasti. Postup je považována za rychlý a snadný. Nicméně tato metoda vytváří zkreslené výsledky, neboť každá látka vykazuje jinou hodnotu absorpce (Waterhouse 2002).

Chromatografické metody

Metoda HPLC znamená z anglického High Performance Liquid Chromatography vysokoúčinná kapalinová chromatografie.

Tato metoda funguje na separaci látek unášených mobilní fází (kapalinou, eluethenem) kolonou naplněnou stacionární fází. Separace probíhá díky různé afinitě a distribuci mezi mobilní a stacionární fází.

Využívá se k určení méně těkavých až netěkavých polárních a středně polárních látek.

Při stanovení rostlinných produktů lze chromatografická metoda použít ke zjišťování obsahu aflatoxinů, ochratoxinu A, patulinu, biogenních aminů, AMK, cukrů, organických kyselin, syntetických i přírodních barviv, reziduí pesticidů, vitamínů, kofeinu, chininu, resveratrolu a dalších (Prugar 2008).

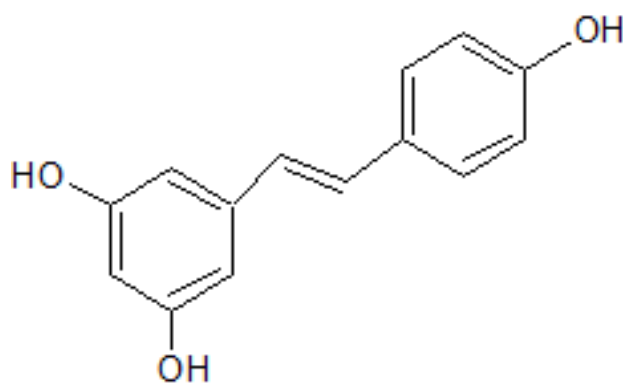
3.4 Resveratrol

Resveratrol je přírodní polyfenol se strukturou stilbenu (Gambini et al. 2015). Stilbeny (také diarylethanoidy) patří do skupiny substituovaných sekundárních metabolitů rostlin se strukturou C6-C2-C6 (Velíšek & Hajšlová 2009).

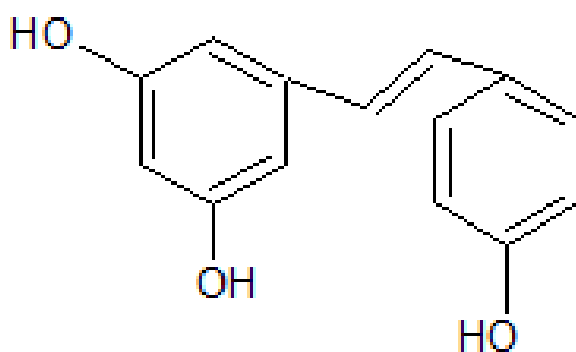
V současné době je resveratrol jedna z nejintenzivněji studovaných látek na světě. Jeho biologické účinky jsou tím důvodem, proč je pro vědce tak atraktivní. Účinky byly prokázány nejprve u kvasinek, škrkavek, ovocných mušek a později i u ryb. Od 80. let 20. století probíhají studie, jež jsou zaměřeny na lidský organismus (Šrámek & Urbanová 2010).

3.4.1 Chemická stavba

Pojmenování „resveratrol“ je již sám o sobě triviálním názvem (Šrámek & Urbanová 2010). Jeho chemickou strukturu charakterizoval v roce 1940 Takaoka, který ji izoloval z kořene kýchavice velkokvěté (*Veratrum grandiflorum*) (Zheng et al. 2016). Svou strukturou je 3,4',5-trihydroxystilben (Obrázek 1, 2) (Šrámek & Urbanová 2010). Jeho základní struktura se skládá ze dvou fenolových kruhů spojených dvojnou vazbou. Tato dvojná vazba je zodpovědná za to, že mohou existovat dva geometrické izomery: *trans* a *cis* (Gambini et al. 2015). V rostlině převažuje isomer *trans*. Resveratrol se nalézá také ve formě glykosidů (Šrámek & Urbanová 2010). Pokud je β -glukosiloxi skupina vázaná v poloze 3-, jedná se o piceid. Jestliže je vázaná v poloze 4'-jedná se o resveratrosoid. Piceid i resveratrosoid se mohou vyskytovat ve formě *cis* i *trans* (Šrámek & Urbanová 2010).



Obrázek 1 Trans-resveratrol



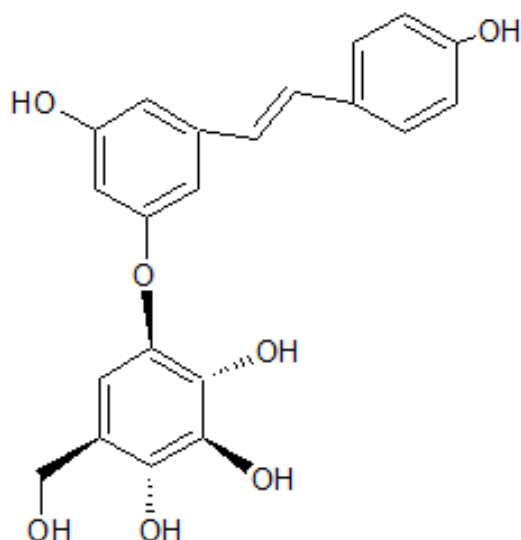
Obrázek 2 Cis-resveratrol

3.4.2 Piceidy

Piceid patří mezi nejvýznamnější deriváty resveratrolu (*Obrázek 3*). Přesněji je jeho glykosidem (3-O- β -D-glukosid).

Je zastoupen převážně v kůře smrků a v kořenech křídlatky. Nemale množství je obsaženo v arašídech, čokoládě, vínu či v některých druzích rajčat. Vyskytuje se však převážně ve stejných potravinách jako resveratrol.

Jeho vlastnosti jsou podobné resveratrolu (Romero-Perez et al. 1999; Chiva-Blanchet et al. 2011; Schmandke 2002).



Obrázek 3 Piceid

3.4.3 Vlastnosti a biologické účinky

Resveratrol vykazuje širokou škálu příznivých vlastností. S velkou pravděpodobností je to způsobeno jeho molekulární strukturou. Ta umožňuje, že resveratrol je schopen se vázat na mnoho biomolekul.

Jedna z významných vlastností resveratrolu je, že se chová jako protirakovinná látka. Funguje jako prevence rakoviny prostaty, prsu, jícnu, žaludku, střev, pankreatu, štítné žlázy, nádorů hlavy, krku a dalších (Urbanová & Šrámek 2018).

Resveratrol se chová jako antioxidant a je protizánětlivý (Gambini et al. 2015). Je schopen ovlivnit metabolismus lipidů a tlumí srážení krevních destiček (Pazdera 2014). Toho je schopen především díky schopnosti být nepřátelský k androgenním receptorům. Další možnou schopností je také náznak zesílení účinků léků proti retrovirům. A dalším účinkem je omlazovací efekt - oddaluje stárnutí a prodlužuje život. Důležité je ale podotknout, že tyto příznivé účinky na zdraví jsou prokázány pouze u pokusů na buňkách ve zkumavkách, u pekařského droždí, u hmyzu (například červů) a malých zvířatech (Urbanová & Šrámek 2018).

Látky z rostlin využívají lidé k léčbě a prevenci již dlouhá léta. Již od nepaměti jsou přípravky s obsahem resveratrolu využívány v japonské lidové medicíně (Kojo-kon). Používají se k léčbě opařenin, spálenin, zánětlivých onemocnění (plísňových i bakteriálních), k léčbě aterosklerózy, poruch metabolismů tuků a pro další terapeutické účely (Kolouchová et al. 2004).

3.4.4 Výskyt v přírodě

Resveratrol byl poprvé získán z podzemní části kýchavice velkokvěté, *Veratrum grandiflorum* A. Gray (*Liliaceae*) (Obrázek 4) (Šmidrkal et al. 2001). Bylo to roku 1939. Tato trvalka je také léčivou rostlinou, která se vyskytuje hlavně v Číně a Japonsku (Weiskirchen & Weiskirchen 2016). Následně byl resveratrol nalezen v dalších více než 72 rostlinných druzích. Tyto rostlinné druhy patří systematicky do 31 rodů a 12 čeledí. Postupně se počet rostlinných druhů obsahující resveratrol zvyšuje, a to díky zdokonalování analytických metod (Šmidrkal et al. 2001).



Obrázek 4 *Veratrum grandiflorum*

(dostupné z: http://www.efloras.org/object_page.aspx?object_id=89549&flora_id=800)

Zdrojem těchto látek jsou zelenina (především luštěniny), ovoce (ovocné šťávy), káva, čaj, červené víno, obiloviny a čokoláda (Scalbert et al. 2005). Rostlinné polyfenoly jsou rozšířené celou rostlinou – v kůře, kořenech i plodech (Čepička & Karabín 2002).

V rostlině se obvykle vyskytuje varianta *trans*-isomeru (Šmidrkal et al. 2001).

V rostlinném materiálu jsou přítomny také tzv. konstitutivní stilbeny, což jsou oligomery (přesněji dehydrooligomery) resveratrolu (Šrámek & Urbanová 2010).

Koncentrace resveratrolu v rostlinách závisí na různých faktorech. Například u vinic jsou dva nejdůležitější faktory počasí a přítomnost houby. Bylina křídlatka japonská (*Polygonum cuspidatum*) je nejbohatším zdrojem resveratrolu. V naší kultuře je méně důležitá. Její kořenový extrakt hrál velmi důležitou roli v japonské a čínské tradiční medicíně. Ve skutečnosti je to hlavní aktivní složka ko-jo-kon, která se používá při léčbě několika kardiovaskulárních onemocnění.

Veratrum formosanum je rostlina bohatá na resveratrol, který je umístěn v oddencích a kořenech. Pokud je rostlina *Veratrum grandiflorum* (ze které byl poprvé získán) poškozena jakýmkoliv chemickým zpracováním, je vysoký obsah resveratrolu substituován v listech této rostliny. Přípravek z této rostliny je tradičně používán ve východní Asii k léčbě hypertenze (Gambini et al. 2015).

Resveratrol patří mezi fytoalexiny (Šrámek & Urbanová 2010). Tyto chemické látky jsou charakterizovány nízkou molekulovou hmotností a schopností inhibovat průběh některých infekcí (Gambini et al. 2015). Fytoalexiny jsou sekundární metabolity rostlin, které se začínají tvořit *de novo*, nebo vznikají ve větším obsahu jako odpověď na stres. Ten je způsoben např. mechanickým poškozením, UV zářením, ozónem (Šrámek & Urbanová 2010). Ve skutečnosti je resveratrol produkován více než sedmdesáti druhy rostlin v reakci na zmíněné stresující situace (Gambini et al. 2015). Dále se mohou tvořit, pokud rostlinu napadnou nepatogenní nebo avirulentní bakterie, viry nebo houby. Proti bakteriím či houbám jsou některé fytoalexiny imunní, jiné jsou proti infekci hub, bakterií či virů neúčinné (Šrámek & Urbanová 2010).

Většina studií se zabývá stanovováním resveratrolu ve vínech - hroznech, slupkách a peckách. Studie probíhají z důvodu jeho významu s protinádorovými, protianthritydovými a hypoglykemickými vlastnostmi. Mezi další pozitivně testované patří ovoce, zelenina, arašídý a další (Kolouchová et al. 2004; McMurry 2015).

V následující tabulce (*Tabulka 1*) jsou zobrazeny často konzumované druhy zeleniny a obsah resveratrolu v nich. Je patrné, že ve všech analyzovaných vzorcích je zaznamenáno alespoň stopové množství resveratrolu. Nejvíce resveratrolu obsahoval špenát (0,0160 mg/g_{suš}). Vyznamnější množství obsahovalo dále čínské zelí (0,0092 mg/g_{suš}), bílé zelí (0,0076 mg/g_{suš}), červená řepa (0,0075 mg/g_{suš}) a červená cibule (0,070 mg/g_{suš}). Stopová množství analyzovaných látek byla u květáku, žluté cibule, hlávkového salátu a ledového salátu.

Tabulka 1 Koncentrace resveratrolu v běžných druzích zeleniny (mg/g_{suš}) (Kolouchová et al. 2004).

Zelenina	Resveratrol		
	trans-	cis-	Celkem
Čínské zelí	0,0092	stopy ^a	0,0092
Bílé zelí	0,076	stopy ^a	0,0076
Červené zelí	0,011	0,0041	0,0076
Květák	stopy ^a	stopy ^a	stopy ^a
Růžičková kapusta	0,015	stopy ^a	0,015
Kapusta	0,0035	0,0035	0,007
Brokolice	0,01	0,0046	0,015
Česnek	0,0021	0,0016	0,004
Žlutá cibule	stopy ^a	stopy ^a	stopy ^a
Červená cibule	0,0038	0,0034	0,007
Čekanka	0,012	stopy ^a	0,012
Salát hlávkový	stopy ^a	stopy ^a	stopy ^a
Ledový salát	stopy ^a	stopy ^a	stopy ^a
Salát Lollo Rosso	stopy ^a	stopy ^a	stopy ^a
Špenát	0,0068	stopy ^a	0,007
Mrkev	0,0038	stopy ^a	0,004
Petržel	stopy ^a	0,0047	0,0047
Červená řepka	0,0075	stopy ^a	0,0075

^aHodnota pod mezí stanovitelnosti

V další tabulce (*Tabulka 2*) jsou zobrazeny hojně konzumované druhy ovoce a obsah resveratrolu v nich. Vyšší množství resveratrolu obsahovala aronie černá (černý jeřáb) (0,032mg/g_{suš}) a černý rybíz (0,016 mg/g_{suš}). Maliník obecný, borůvka černá a angrešt vykazovaly jen stopové množství resveratrolu.

Tabulka 2 Koncentrace resveratrolu v běžných druzích ovoce v (mg/g_{suš}) (Kolouchová et al. 2004).

Ovoce	Resveratrol		
	trans-	cis-	Celkem
Višeň obecná	0,006	stopy ^a	0,0060
Maliník obecný	stopy ^a	stopy ^a	stopy ^a
Ostružiník	0,0008	stopy ^a	0,0008
Aronie černá	0,031	0,0011	0,032
Jeřáb moravský	0,009	stopy ^a	0,0009
Borůvka černá	stopy ^a	stopy ^a	stopy ^a
Černý rybíz	0,015	0,0009	0,0116
Červený rybíz	0,0012	stopy ^a	0,0012
Angrešt	stopy ^a	stopy ^a	stopy ^a

^aHodnota pod mezí stanovitelnosti

Následující tabulka (*Tabulka 3*) zobrazuje obsahy resveratrolu v různých částech burských oříšků. Nejvyšší množství resveratrolu u burských oříšků měla skořápka, dále vnější slupka. Nejnižší obsah se vyskytoval v jádru.

Tabulka 3 Koncentrace resveratrolu u burských oříšků (mg/g_{suš}) (Kolouchová et al. 2004).

Část	Resveratrol		
	trans-	cis-	Celkem
Jádro	0,0004	0,0020	0,0024
Vnější slupka	0,0079	0,0014	0,0092
Skořápka	0,012	0,0028	0,015

3.4.5 Francouzský paradox

Před 200 lety vědci obdivovali výjimečnost francouzské populace. Francouzská populace byla „výjimečná“ nízkým počtem kardiovaskulárních chorob a dlouhověkostí. Francouzi jsou známí jejich láskou k vínu a nízkým obsahem výskytu srdečních chorob (Pazdera 2014).

Francouzským paradoxem je myšlen:

1. Nízký výskyt ischemických srdečních chorob Francouzů, kteří mají stravu bohatou na cholesterol a nasycené mastné kyseliny. Francouzský průměrný denní jídelníček obsahuje

až 100 gramů tuků, což je na rozdíl od jiných států dvojnásobné množství. Do jejich každodenních jídelníčků patří: tučné sýry, smetana, jogurty, máslo, omáčky, ovoce, zelenina, vnitřnosti, libové maso, ryby, dezerty, pečivo. A zároveň tato převažující skladba potravin nemá vliv na délku a kvalitu jejich života (Pazdera 2014).

2. Domněnkou francouzského paradoxu je, že Francouzi pijí víno pravidelně a v malých dávkách. Francouzi vypijí průměrně kolem 70 litrů vína na osobu ročně. Čech vypije ročně kolem 20 litrů vína. Průměr v Evropě je vyšší – 36 litrů vína na osobu za rok (Šamánek & Urbanová 2010).



Obrázek 5 Spotřeba vína (Šamánek & Urbanová 2010).

Ve víně jsou silné antioxidanty – polyfenoly a flavonoidy. Látkou, která má hlavní rozhodující účinek na zdraví francouzského obyvatelstva je resveratrol. Ten se vyskytuje hlavně v červených odrůdách hroznového vína, konkrétněji ve slupkách a v jadérkách. V bílých vínech je jeho obsah jen v odrůdách pocházejících ze severu Francie.

Profesor Dipak Das, ředitel Výzkumného kardiiovaskulárního centra University of Connecticut School of Medicine ve Farmingtonu se zabýval studiem resveratrolu a jeho léčivými účinky (Pazdera 2014). Jeho výsledky, které měly zdůvodňovat prospěšnost resveratrolu byly prohlášeny za neplatné (Urbanová & Šrámek 2018). Prokázalo se, že své výsledky nejméně sedm let falšoval. Jednalo se zhruba o 145 pokusů (Pazdera 2014).

Richard D. Semba, několikanásobný profesor na John Hopkins University, který se již patnáct let zaměřuje a věnuje studiím stárnutí, se v resveratrolu zaměřil také na tento problém lidstva, ale i na další faktory. V prestižním lékařském časopise JAMA Internal medicine,

společně se svým týmem publikoval článek. Článek věnuje pozornost lidem z Chianti, Itálie. Tato Toskánská oblast byla vybrána z důvodu vyšší konzumace červeného vína. Šlo o náhodně vybrané jedince z populace ve věku nad 65 let. Celkem sledovali 783 jedinců. Testovaní neměli žádnou předepsanou dietu. Museli jen odevzdávat ve zkumavkách vzorky moči, z které pak hmotnostní spektrometr podle přítomných metabolitů zjistil, kolik resveratrolu každý ze zkoumaných svou stravou do sebe dostává. Výsledek byl odlišný od většiny předešlých studií (Pazdera 2014). Studie nenašla rozdíl v celkové úmrtnosti, ve výskytu nádorů nebo srdečních chorob mezi lidmi s nízkými a vysokými hodnotami metabolitů resveratrolu (Urbanová & Šrámek 2018). Vyvrátila se i účinnost proti zánětům a zlepšení imunity (Pazdera 2014).

Nelze přesně určit, co může za „Francouzský paradox“. Vědci však zjistili, že fytochemikálie resveratrol je obsažena ve víně v tak malém množství, že Francouzský paradox objasnit nemůže. Pravděpodobně na to má vliv více aspektů. Víno určitě obsahuje mnoho léčivých látek, nejsou však v takovém množství, aby měly tak veliké účinky. Macerace slupek červeného vína způsobuje, že červené víno obsahuje v 1 litru 1,5–3,0 mg resveratrolu. Jedním z důvodů, proč Francouzi netrpí v takové míře akutním srdečním onemocněním jsou genetické předpoklady. Dále střídmost v konzumaci alkoholu. Pro udržení pevného zdraví platí, že by muž měl vypít 0,4 litru a žena 0,2 litru vína denně. Nezáleží na tom, zda jde o červené či bílé víno. Prioritní účinnou látkou je hlavně alkohol ve víně obsažený (Urbanová & Šrámek 2018). Právě konzumací malého množství alkoholu, bylo jednoznačně prokázáno snížené riziko srdečního infarktu i jeho recidiv, snížení počtu úmrtí na mozkovou mrtvici, snížení úmrtnosti při zvýšeném krevním tlaku, omezení výskytu kardiovaskulární úmrtnosti na cukrovku a prodloužení života. Důležitý je i přístup Francouzů k životu a nemalý význam má i jejich na živiny bohatá a čerstvá strava podávaná v malých dávkách (Pazdera 2014).

3.4.6 Resveratrol jako doplněk stavy

Polyfenoly, především resveratrol a kvercetin, se pojí na síru a cukry. A v krvi se tedy vyskytuje velmi málo „volného“ resveratrolu. Resveratrol, jež je navázán na síru a cukry zůstává v krvi relativně dlouhou dobu. Hodnota po jediné dávce se pohybuje až kolem 18,5h. V játrech je vazba síry na resveratrol potlačována kvercetinem, čímž se zvyšuje koncentrace resveratrolu v krvi. Ideálně se vstřebání a projev léčivých účinků resveratrolu projeví tehdy, pokud se požije právě s kvercetinem (Maroon 2010).

V USA je v současnosti v nabídce čistý resveratrol, nebo jako směs polyfenolů z vinných hroznů. Přípravky jsou určeny jako potravinové fortifikační doplňky.

Například v přípravku LifePath®50 se nachází extrakt z jader hroznů, kterého je zde 50 mg. Dále se v něm nachází koncentrát bioflavonoidů a extrakt z červeného vína, který se uvádí jako resveratrol. Obsah resveratrolu však není přesněji určen. Cena 180 kapslí se pohybuje okolo 104 USD. Dalším dostupným přípravkem v USA je MaxiLife Resveratrol. Je uváděn jako antioxidant, ve kterém je obsažen čistý resveratrol. 180 kapslí se cenově pohybuje okolo 54 USD. ResVerin™ je uveden jako čistý resveratrol s antioxidantními a chemopreventivními účinky. Doplněk stravy Resveratrol je roztok resveratrolu v 11% alkoholu, kde není uveden obsah resveratrolu.

Podobně jako u vitaminů, které byly nejprve podávány v lékové formě a později byly použity v kosmetice, pokračuje i resveratrol. Kosmetické přípravky s obsahem resveratrolu na trhu ještě nejsou, ale francouzská firma L'OREAL již podala patentové přihlášky na použití hydroxystilbenů v kosmetických přípravcích (Šmidrkal et al. 2001).

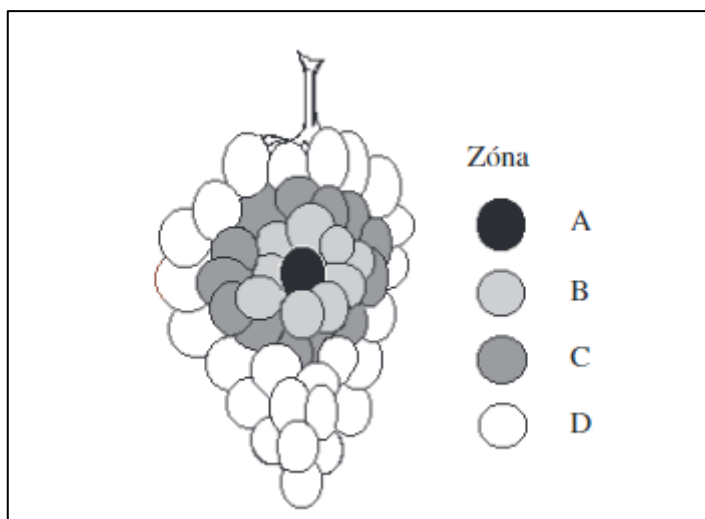
3.4.7 Výskyt resveratrolu v červených a bílých vínech

Nejvíce flavonoidů, tedy i resveratrolu je obsaženo ve slupkách hroznového vína. Více resveratrolu se nachází ve víně červeném než v bílém. Důvodem je rozdílná technologie zpracování hroznů. Slupky červeného vína se účastní kvasícího rmutu a tudíž je obsah resveratrolu v červených vínech vyšší (Soleas et al. 1997).

V červených odrůdách vín je koncentrace resveratrolu okolo 2–6 mg.l⁻¹. Ve vínech bílých se obsah resveratrolu pohybuje v rozmezí 0,2–0,8 mg.l⁻¹ (Velíšek & Hajšková 2009).

V oblasti jižní Evropy a zámoří mají červená vína podstatně nižší obsah resveratrolu, než vína z Čech a Moravy. V našich půdně-klimatických podmínkách je nezbytné, aby vinná réva odolávala životním stresům, a tak produkuje ochranné látky ve větším množství (Šrámek & Urbanová 2010).

Syntéza resveratrolu se pravidelně snižuje během procesu dozrávání hroznů, což vysvětluje rostoucí citlivost zralých plodů na infekci *Botrytis cinerea* (Gambini et al. 2015). Z Obrázku 6 můžeme podle modelu vinné révy pochopit, že zóna A představuje místo napadení infekcí a je zde nízký obsah resveratrolu. V zóně B je maximální koncentrace resveratrolu asi až 4x vyšší než v napadené zóně A. Se zvyšující se vzdáleností směrem ven od zóny B (zóna C a zóna D), obsah resveratrolu pozvolna klesá.

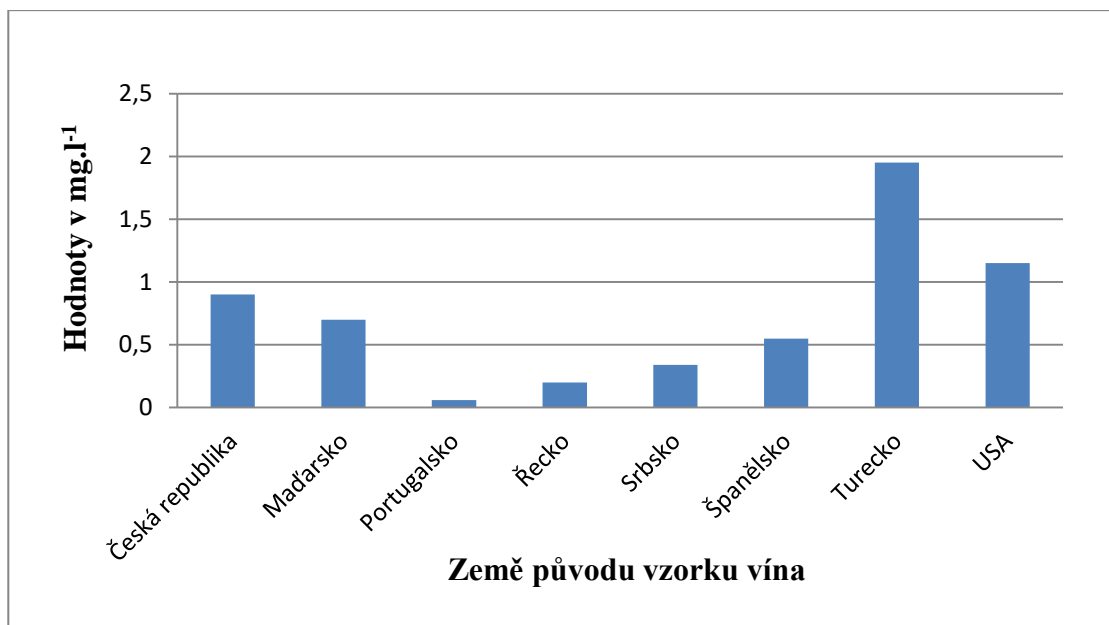


Obrázek 6 Hrozen vinné révy napadený plísní *Botrytis cinerea* (Šmidrkal et al. 2001)

Koncentrace resveratrolu v rostlinách závisí na různých faktorech. Například u vinic jsou náchylné na počasí a přítomnost různých hub. Resveratrol je jedním z nejvíce studovaných látek červeného vína (Gambini et al. 2015).

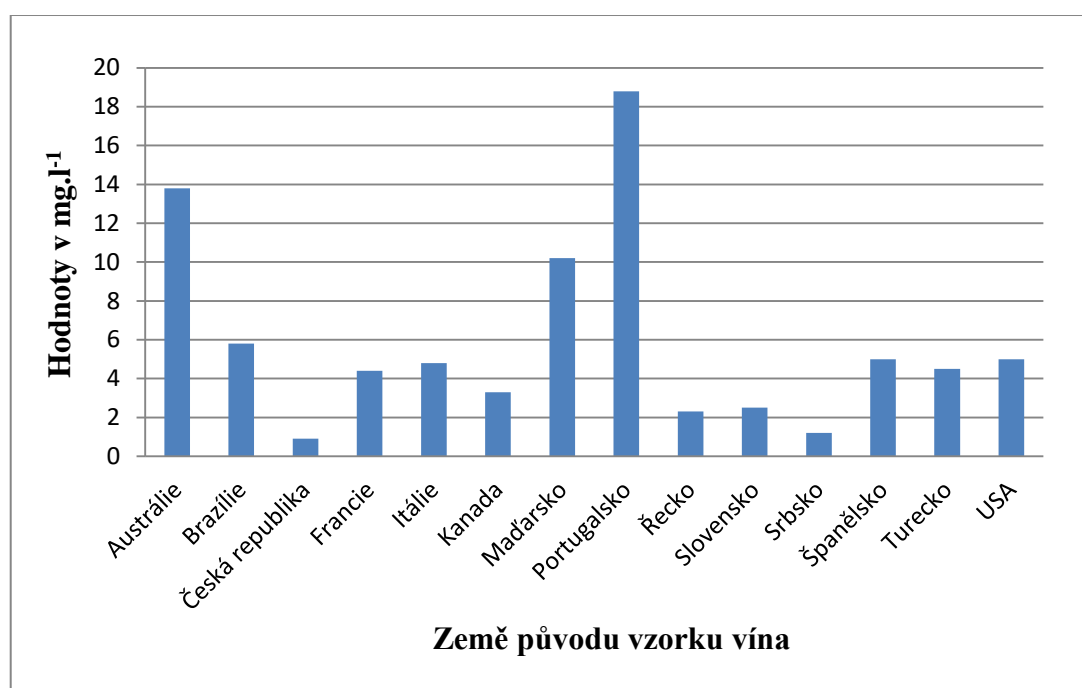
Obsah *trans*-resveratrolu u bílých odrůd vína v evropských zemích se pohybuje v rozsahu 0,034–0,875 mg.l⁻¹. Vrchních hodnot dosahuje Česká republika, Maďarsko a Španělsko. Porovnání obsahů resveratrolu v bílých odrůdách vín ve vybraných zemích je znázorněno v *Grafu 1*.

Zajímavá je diference obsahu *trans*-resveratrolu mezi sousedícími státy Španělskem a Portugalskem. Dalo by se předpokládat, že když mají prakticky stejné klimatické podmínky, jejich obsah *trans*-resveratrolu by měl být přibližně rovný, srovnatelný. Ovšem není tomu tak. Mezi možnými důvody může být odlišná poloha vinic, rozsah poškození hroznů stresovými faktory nebo rozdílná technologie výroby při zpracování hroznů (Gürbüz et al. 2007).



Graf 1 Obsah trans-resveratrolu v bílých odrůdách vín podle původu (Gürbüz et al. 2007).

Červené odrůdy vín obsahují až několikanásobně více trans-resveratrolu než odrůdy bílé. Důvodem patrně je jejich vysoký obsah ve slupkách hroznů. Hrozny se během výroby tohoto vína rozemelou a nechají macerovat, aby bylo dosaženo požadované barvy vína. V průběhu tohoto procesu přejde největší část resveratrolu do samotného vína (Gürbüz et al. 2007). Vyobrazení obsahů resveratrolu v červených odrůdách vín v některých zemích je znázorněno v *Grafu 2*.



Graf 2 Obsah trans-resveratrolu v červených odrůdách vín podle původu (Gürbüz et al. 2007).

3.5 Katechin

Patří do skupiny polyfenolických látek a flavanoidů. Ačkoli jsou zbytné pro výživu člověka, pozitivně ovlivňují zdraví a preventivně napomáhají předcházet různým nemocem (Gadkari & Balaraman 2015). Katechiny jsou hořké látky z rostlin (Goldscheider 2005).

3.5.1 Chemická stavba

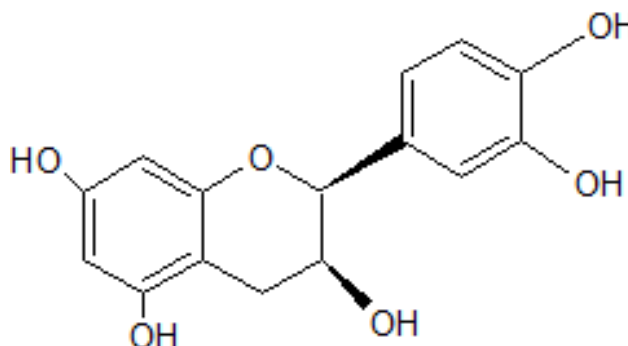
Katechiny jsou charakterizovány dvěma benzoovými (aromatickými) kruhy (Malaguti et al. 2013). Navíc obsahují několik hydroxylových skupin a podle nich je můžeme dělit do dvou skupin: neesterifikované (volné) a esterifikované katechiny (Gadkari & Balaraman 2015). Přítomnost této hydroxylové skupiny dává katechinům také název falvan-3-oly. Vzorec katechinu je $C_{15}H_{14}O_6$. (Malaguti et al. 2013).

Katechiny (C) (Obrázek 7) můžeme rozdělit do 4 typů: epikatechin (EC) (Obrázek 8), epikatechin-3-galát (ECG) (Obrázek 9), epigallokatechin (EGC) (Obrázek 10) a epigallokatechin-3-galát (EGCG) (Obrázek 11). C, EC, EGC patří mezi neesterifikované katechiny. ECG a EGCG spadají do katechinů esterifikovaných, to znamená, že tvoří estery s kyselinou gallovou (Gadkari & Balaraman 2015).

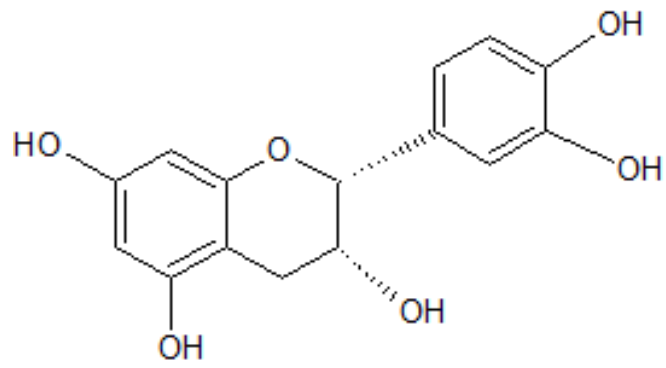
Epigallocatechin galát je ze všech katechinů nejrozšířenější, protože je velmi účinný při prevenci různých nádorových onemocnění (Goldscheider 2005).

Především esterifikované katechiny EGCG a ECG jsou schopny vytvářet sraženiny a následně inhibovat aktivitu enzymů. Jedná se především o lipooxygenasu, alfa-amylasu, pepsin, trypsin a lipázu (McDougall & Stewart 2005; McDougall et al. 2005).

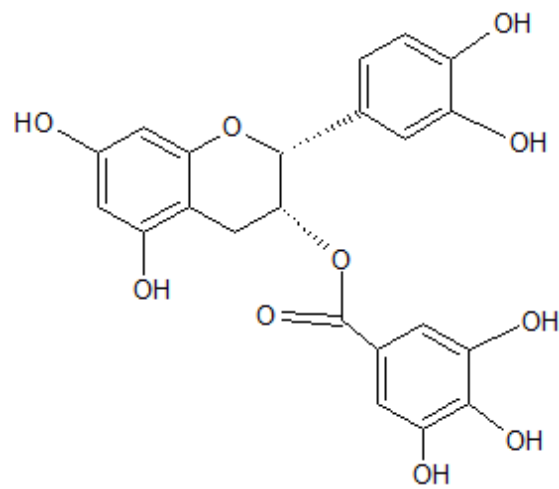
Jejich antioxidační aktivita jim dovoluje reagovat s H_2O_2 a superoxidem (Watson 2014).



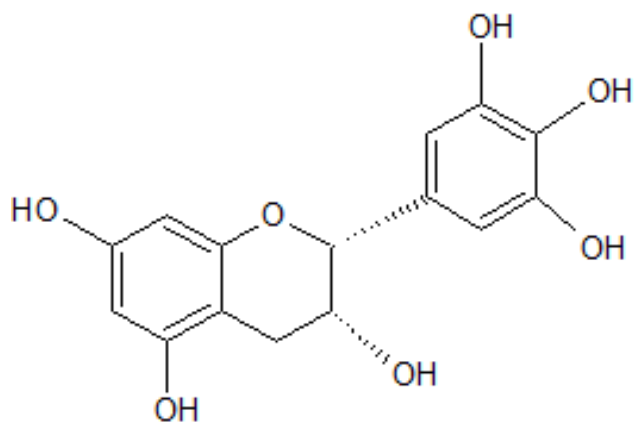
Obrázek 7 (+)-katechin



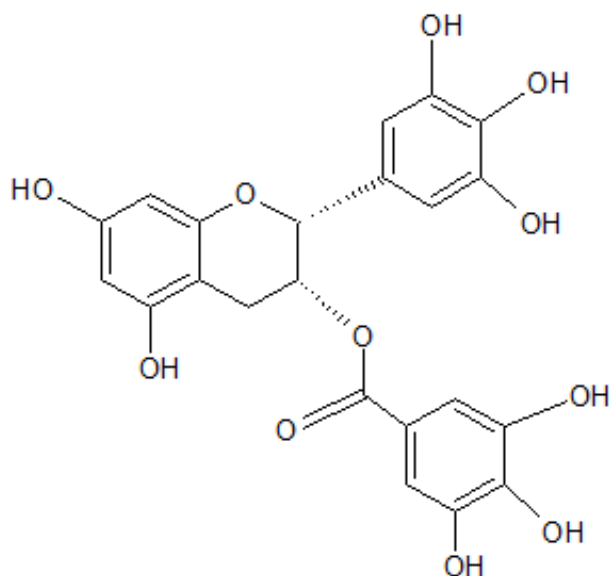
Obrázek 8 (+)-epikatechin



Obrázek 9 (-)-epikatechin-3-gallát



Obrázek 10 (-)-epigallokatechinu



Obrázek 11 (-)-epigallokatechin-3-gallátu

3.5.2 Vlastnosti a biologické účinky

Nejčastěji se katechiny vyskytují jako bezbarvé krystalické látky. Esterifikované katechiny mají charakteristickou svíravou hořkou chuť. Katechiny volné se vyznačují chutí méně svíravě nasládlou (Gadkari & Balaraman 2015).

Jsou schopny se rozpouštět v polárních rozpouštědlech, například ve vodě nebo v methanolu (Gadkari & Balaraman 2015). Rozpustnost je ovlivňována extrakční teplotou, časem, typem a vlastnostmi rozpouštědla. Nejvíce závislými jsou pro získávání většího množství katechinů extrakční čas a teplota (Vuong et al. 2011).

Katechiny mají antioxidační účinky (Watson et al. 2014). Překračují v účinku vitaminy C a E. Působí asi 100 krát silněji než antioxidant vitamin C a asi 25 krát silněji než vitamin E. Mohou být ale také prooxidanty, které generují ROS (Reactive Oxygen Species, Reaktivní formy kyslíku). Tento kyslík poškozuje DNA a inhibuje bakteriální oxidační fosforylaci. Poškození DNA vede k mutaci a genomické nestabilitě, což jsou hlavní faktory přispívající k zahájení a růstu nádoru. Existuje však také varianta, že snížené množství ROS podporuje progresi karcinomu. Proto jak antioxidační, tak prooxidační aktivity katechinů mohou mít vliv na signalizaci rakoviny (Yang et al. 2014).

Aktivují také silný enzymatický enzym – glutathion peroxidázu. Jsou úspěšnými lapači radikálů: peroxidu vodíku a superoxidu. Dokážou inhibovat agresivní peroxinitrit a tím jsou schopny ochránit antioxidant vitamin E a beta-karoten.

Katechin ovlivňuje molekulární mechanismy, které se podílejí na abiogenezi, degradaci extracelulární matrice, regulaci buněčné stěny a rezistenci na různé léky v nádorech

a příbuzných onemocnění (Watson et al. 2014). Tyto antioxidanty mají všechny pozitivní vlastnosti antigenních látek. Jsou schopny chránit kůži před poškozením UV zářením a působí proti stárnutí pokožky. Dále podporují snižování cholesterolu nebo podporují prevenci proti nadměrnému obsahu špatného LDL cholesterolu. Katechiny významně snižují rizika srdečního záchvatu a mrtvice. Pomáhají regulovat krevní tlak a normalizovat glukózu i uvolňování inzulínu. Chrání před sklerózou a ischemickou chorobou srdeční.

Některé vědecké studie také poukazují na to, že katechiny jsou účinné při prevenci Parkinsonovy nemoci a Alzheimerovy choroby. Pomáhají předcházet poškození mozkových buněk volnými radikály.

Jsou také schopny inhibovat některé bakterie, například salmonellu, clostridium a bacillus. Inhibují růst i *Helicobacter pylori*, *Escherichia coli* a *Staphylococcus aureus*. Tyto bakterie způsobující průjmy. Katechiny na rozdíl od antibiotik neničí přirozenou střevní flóru.

Pokud je užíván v raných stádiích v podobě čaje, je schopen katechin chránit proti chřipkovým virům a herpes simplexu. Zevnitř se uplatní při léčbě infekčních ran, neboť polyfenoly jsou schopny zabíjet zárodky patogenních virů, bakterií a hub (Goldscheider 2005).

3.5.3 Výskyt v přírodě

V přírodě jsou katechiny nestabilními látkami, které se vyznačují epimerní strukturou, která je vysoce nestabilní. V případě že dojde ke změnám teplot nebo pH v roztoku, kde se katechiny nacházejí, tak snadno dochází k jejich epimerizaci. Epimerizace je změna konfigurace na chorálních centrech (Gadkari & Balaraman 2015).

Katechin je obsažen v mnoha potravinách a rostlinách. Nachází se i v ovoci jako jsou jablka, borůvky, angrešt, semena hroznů, kiwi a jahody. Dále v zeleném čaji, červeném víně, kakau, čokoládě (Watson et al. 2014). S výjimkou čočky a fazolí se katechin v zelenině téměř nevyskytuje. V těchto luštěninách se obsah pohybuje okolo 1,5 mg/100 g (Tazzini 2014).

V zeleném čaji se 30–40 % suché listové hmoty skládá z katechinů (Goldscheider 2005).

Podrobnější obsahy některého ovoce, zeleniny a ořechů v *Tabulce 4, 5, 6*.

Tabulka 4 Obsah katechinu v ovoci (Bhagwat et al. 2013)

Ovoce obsahující katechin	Množství katechinu (mg kvercetinu/100g) v konzumované části
Meruňka	3,67
Brusinky	0,39
Jablka Golden Delicious se slupkou	0,59
Jablka Golden Delicious bez slupky	2,77
Avokádo	*
Banány	6,10
Třešně	4,36
Fíky	1,59
Ostružiny	37,06
Pecky hoznového vína	74,63
Rybíz červený	1,27
Rybíz černý	0,70
Rybíz bílý	0,30
Mango	1,27
Pomeranče	*
Broskve	4,92
Hrušky	0,27
Jahody	3,11

*nedetekováno

Tabulka 5 Obsah katechinu v zelenině (v mg/100) (Bhagwat et al. 2013)

Zelenina obsahující katechin	Množství katechinu (mg kvercetinu/100g) v konzumované části
Bob obecný	14,29
Bob obecný - vařený	8,16
Čínské zelí	*
Brokolice	*
Celer	*
Mangold	6,70
Kukuřice	*
Okurky	*
Brambory	*
Rajčata	*
Fazole	*

*nedetekováno

Tabulka 6 Obsah katechinu v ořechích (Bhagwat et al. 2013)

Ořechy obsahující katechin	Množství katechinu (mg kvercetinu/100g) v konzumované části
Mandle	1,28
Kešu	0,90
Lískové ořechy	1,19
Pekanové ořechy	7,24
Pistácie	3,57

3.5.4 Katechin jako doplněk stravy

Katechiny často vykazují špatnou biologickou dostupnost. Jsou málo rozpustné ve vodě a jsou citlivé na kyslík, světlo a pH. Dále mají hořkou a trpkou chuť. Právě tyto vlastnosti omezují jeho využití v potravinářských výrobcích jako přírodní potravinářské přídatné látky. Jako potenciální možnost, jak tento problém obejít je ankapsulace (= obalení).

Katechiny se obalují do kapalných, polotuhých a tuhých matric. Maskování hořkosti se provádí pomocí cyklodextrinů (Ho et al. 2018).

Jednou z možností doplňku stravy je jablečný extrakt, který obsahuje vyšší množství katechinů.

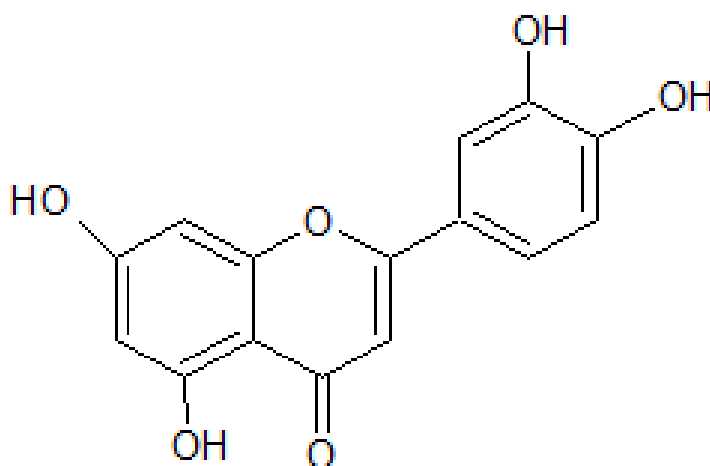
Dále obsahově bohatým zdrojem (katechinů ((+)-katechinu, (-)-epikatechinu) je zelený čaj. Projevují svoji antioxidační aktivitu a působí pro zdraví u mnoha poruch. Doplnky stravy s výtažky ze zeleného čaje obsahují relativně složitou směs, ve které se nachází přibližně 90 % katechinů. Majoritní složkou jsou epigalokatechin galát (= EGCG) (38,33 %), epikatechin galát (= ECG) (20,57 %) a epigalokatechin (= EGC) (17,22 %). Minoritní složku tvoří gallokatechin (3,70 %), gallokatechin galát (6,39 %) a epikatechin/katechin (2,77 %) (Tantoush et al. 2012).

3.6 Kvercetin

3.6.1 Chemická stavba

Systematický název kvercetinu je 2-(3,4-dihydroxyfenyl)-3,5,7-trihydroxychromen-4-one (*Obrázek 12*). Molekula obsahuje 5-OH skupin, které jsou navázány v pozici 3,3',4',5 a 7. Dalšími jeho názvy, pod kterými ho můžeme najít je soforetin, xanthaurin, meletin nebo kvercetol.

Obvykle bývá součástí bioflavonoidních glykosidů jako jejich aglykonová část. Vyskytuje se hlavně v O-glykosidických formách. Sám kvercetin neobsahuje sacharidovou část, je tedy aglykonem (Lide & Milne 1994; Lewis 2004). Bývá vázaný s cukernou složkou na pozici 3 nenasyceného heterocyklického kruhu (Harwood et al. 2007). OH skupina bývá nahrazena glykosidovou skupinou (sacharidem), nejčastěji glukosou, rhamnosou nebo rutinosou. Touto výměnou dojde ke změně chemických vlastností – ke zvýšení rozpustnosti ve vodě a ke zvýšení absorpce (biologické dostupnosti v těle) (Kelly 2011).



Obrázek 12 Kvercetin

3.6.2 Vlastnosti a biologické účinky

Kvercetin patří mezi jeden z nejběžnějších flavonů ve stravě (Dávalos et al. 2006). Biologické účinky jsou závislé na struktuře, neboť kvercetinový aglykon má rozdílné účinky než kvercetinové konjugáty. Působení kvercetinových glykosidů na organismus je dáno druhem připojeného cukru (Tribolo et al. 2008).

Biologické vlastnosti, které kvercetiny vykazují, jsou spojovány s antiradikálovou a antioxidační schopností flavonoidových látek. Mohou mít příznivý i v menší míře nepříznivý vliv. U rostlin jsou schopny způsobovat pigmentaci rostlin nebo ovocných plodů. Vasorelaxační účinky se projevily po požití červeného vína, hroznů a hroznových slupek (Trna & Táborská 2011). Jeho příznivé působení bylo dále zjištěno při studiu vlivu kvercetinu na červené krvinky. Kvercetin má schopnost inhibovat hemolýzu. Je schopen ochraňovat červené krvinky před rozpadem tím, že působí proti oxidačnímu stresu. Dále redukcí lipidové peroxidasy stabilizuje membrány erytrocytů (Chen et Deuster 2009).

Svojí barvou mohou být lákadly (atraktanty) pro opylující hmyz. Ovlivňují klíčivost pylu, chrání před UV zářením a útokem patogenů (Sakihama et al. 2002; Schijen et al. 2004; Gitz et al. 2004; Carey et al. 2004). Další prospěšné působení na organismus se projevuje antioxidačním, antikarcinogenním, protizánětlivým, kardioprotektivním, bakteriostatickým účinkem (Cao et al. 1997; Scalbert et al. 2005). Bylo prokázáno, že antioxidační účinek má vliv na stárnutí a lze ho využít jako prevence proti němu (Tribolo et al. 2008).

Kvercetin má výrazně žlutou barvu. Pod názvem „Natural Yellow 10“ je používán jako barvivo. V jeho čisté formě, ve které se běžně v přírodě nevyskytuje, je ve formě

krystalků nebo prášku. Ve formě prášku je ve studené vodě prakticky nerozpustný, v horké vodě je rozpustný velmi málo. Lépe se rozpouští v alkoholu, tucích a ve vodných roztocích zásad. Nejlépe se rozpouští v etheru, metanolu, etanolu, acetonu, pyridinu a kyselině octové. Velmi hořkou chuť má v roztocích s alkoholem (Lide & Milne 1994; Lewis 2004).

3.6.3 Výskyt v přírodě

Název kvercetinu pochází od názvu dubu sametového (*Quercus velutina*). Z jeho kůry byl prvně zjištěn roku 1857.

Kvercetin a jeho glykosidy se v přírodě a rostlinách běžně vyskytují. Hromadí se v epidermis rostlin, v listech, květech, semenech a stoncích (Sakihama et al. 2002). Jejich biosyntéza je stimulována světlem, proto se nachází ve vrchních vrstvách rostlinných orgánů (Manach et al. 2004).

Největší obsah kvercetinu byl zaznamenán v zelenině. Nejvíce v cibuli. Nezanedbatelné množství bylo naměřeno také v kapustě, pórku, brokolici a rajčatech. Dále byl jejich obsah zjištěn v ovoci – hlavně v citrusech (pomeranče, grapefruity), v borůvkách a hroznech. V léčivých rostlinách jinanu dvouláločném (*Ginkgo biloba*), třezalce tečkované (*Hypericum perforatum*), bezu kanadském (*Sambucus canadensis*), bezu černém (*Sambucus nigra*). Ve vínu a kakaových bobech byl kvercetin také zaznamenán (Manach et al. 2004; Manach et al. 2005; Kelly 2011). Velmi vysoké množství kvercetinu bylo zaznamenáno v některých bylinách: v libečku lékařském (170 mg kvercetinu/100 g), kopru vonném (48–110 mg kvercetinu/100 g) (Justesen & Knuthsen 2001).

Ve výživě kvercetin obsahují cereálie, obilné směsi, těstoviny, tuky, oleje, mražené směsi, mléčné výrobky (Manach et al. 2004).

V následujících tabulkách (Tabulka 7, 8, 9) je uveden průměrný obsah kvercetinu v ovoci, zelenině, semenech a ořeších. Množství obsaženého kvercetinu je ovlivněno způsobem zpracování plodin a místem, odkud látku stanovujeme (z listu, z plodu). Lze říci, že kvercetin se v rostlinách vyskytuje nerovnoměrně. Nejvíce kvercetinu z vyobrazené tabulky se nachází v kapary, které ovšem nejsou konzumovány v takovém množství, jako například červená cibule, u které je obsah kvercetinu téměř o řád nižší. V našem regionu můžeme považovat jako nejvýznamnější zdroj kvercetinu zelenou papriku, červenou cibuli či kapustu, z ovoce pak švestku domácí (Bhagwat et al. 2013).

Tabulka 7 Obsah kvercetinů v ovoci (Bhagwat et al. 2013)

Ovoce obsahující kvercetin	Množství kvercetinů (mg kvercetinů/100g) v konzumované části
Ostružiny	3,58
Brusinky	14,84
Jablka Golden Delicious se slupkou	3,69
Jablka Golden Delicious bez slupky	0,51
Avokádo	*
Banány	4,36
Borůvky čerstvé	7,67
Borůvky mražené	4,64
Ostružiny	26,77
Goji	13,60
Pomeranče	0,45
Jahody	1,11

*nedetekováno

Tabulka 8 Obsah kvercetinů v semenech a ořechích (Bhagwat et al. 2013)

Rostliny obsahující kvercetin	Množství kvercetinů (mg kvercetinů/100g) v konzumované části
Chia semínka	18,42
Mandle	0,36
Lískový ořech	*
Pekanové ořechy	*
Piniové ořechy	*
Vlašské ořechy	22,58
Pistáciové	1,46

*nedetekováno

Tabulka 9 Obsah kvercetinu v zelenině (Bhagwat et al. 2013)

Zelenina obsahující kvercetin	Množství kvercetinu (mg kvercetinu/100g) v konzumované části
Červená řepa	0,13
Brokolive čerstvá	3,26
Mrkev	0,21
Květák	0,54
Okurka	0,04
Kapusta	22,58
Kedluben	0,40
Pórek	0,09
Listový salát (zelený)	4,16
Libeček	170,00
Cibule kuchyňská	20,30
Cibule červená	39,21
Hrášek – čerstvý	*
Paprika zelená	2,21
Paprika červená	0,23
Paprika žlutá	1,04
Brambor	0,70
Špenát	3,97
Cherry rajčata	2,76
Rajčata	0,58

*nedetekováno

3.6.4 Kvercetin jako doplněk stravy

Pokud dodržujeme obvyklá výživová doporučení, co se týče pestré a vyvážené stravy s dostatečným podílem stravy rostlinného původu, není u kvercetinu těžké zkonsumovat ho v dostatečném množství (Bhagwat et al. 2013). Existuje však řada doplňků, které jsou běžně k dostání.

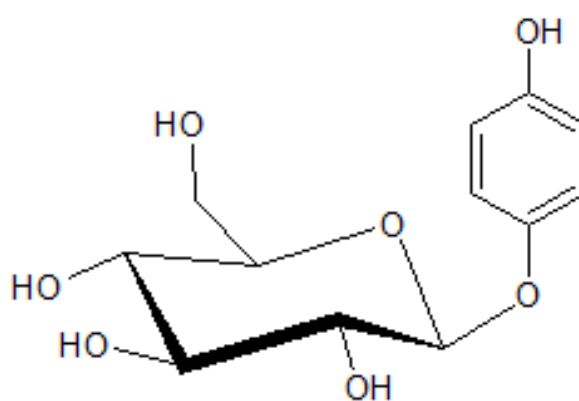
3.7 Arbutin

Arbutin neboli O- β -D-glukosid hydrochinonu je glykosid, na který je navázána hydrochinonová skupina (Obrázek 13). Je tvořen dvěma hlavními strukturními částmi, hydrochinonem a glukosou (Novak 2010).

Tato látka se nachází v rostlinách. Například v medvědicí lékařské (*Arctostaphylos uvaursi* (L) Spreng.), hrušni obecné (ve slupce) (*Pyrus communis* L), hrachoru (*Lathyrus* sp.) (Pop et al. 2009). *Bergenie tučnolistá* (*Bergenia crassifolia* (L.) Fritsch) je nejbohatším zdrojem arbutinu. V sušině je zastoupen v rozmezí 15–23 % (Watson 2014). Nachází se i v brusnici brusince (*Vaccinium vitis-idea* L.), jejíž extrakt je při dlouhodobém a pravidelném používání využíván ke zesvětlení pokožky (Pop et al. 2009). Zesvětlení je způsobeno tím, že potlačuje biosyntézu melaninu v kůži člověka (Funasaka 2010). Přípravuje se však i synteticky z reakce acetobromglukozy a hydrochinonu v přítomnosti alkalických látek (Pop et al. 2009).

Arbutin patří mezi významné látky, které mají desinfekční vlastnosti. Používá se k léčbě infekcí urogenitálního traktu (Funasaka 2010).

Obsah arbutinu ve vegetativních a generativních orgánech je průměrně 19,92–27,9 % v kořenech a 7,5 % v listech. Stáří rostliny také ovlivňuje obsah arbutinu v rostlině. Prvním rokem obsahují listy rostliny kolem 8 % arbutinu a po prvním roce je zůstatek již jen kolem 3,3 % této látky v listech (Pop et al. 2009). Koncentrace, které se v rostlině nachází, nejsou velké natolik, aby při běžném požívání škodily lidskému organismu (Novak 2010).



Obrázek 13 Arbutin

3.8 Salicin

Glykosid salicin se skládá ze salicylalkoholu a sacharidu glukosy (Galanda 1991) (Obrázek 14). Salicin se nachází v kůře vrby (*Salix*), zejména v druzích: vrba bílá (*Salix alba*), vrba černá (*Salix nigra*), vrba nachová (*Salix purpurea*), vrba lýkovcová (*Salix daphnoides*), vrba křehká (*Salix fragilis*). Jako fyto-léky je používala už civilizace starověkého Řecka, Asirie a Egyptu (Noletto-Dias et al. 2018). Například Hippokrates, Celsus, či Discorides znali účinky vrby. Využívali ji hlavně na přípravu léků proti horečce, či proti bolesti.

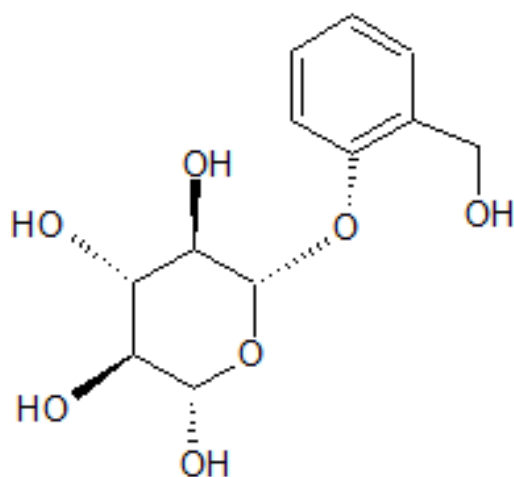
Účinky extraktu salicinu z vrbové kůry snižující teplotu popsal Stone v roce 1763. Leroux roku 1827 objevil glykosid salicin. Ze salicinu lze za použití hydrolýzy připravit saligenin (= salicylalkohol). Roku 1838 se podařilo Piriovi připravit salicylovou kyselinu (Obrázek 15), kterou lze vyrobit i synteticky z fenolu. Vedlejší účinek salicylové kyseliny je dráždění žaludku. Proto byl syntetizován fenolester salicylové kyseliny – salol, jehož štěpení probíhá až ve střevech a tak nedochází k žaludečním potížím. Ester salicylové kyseliny a octové kyseliny – acetylsalicylová kyselina byla roku 1853 uvedena na trh pod názvem Aspirin (Galanda 1991).

Samotná vrbová kůra má tedy podobné účinky jako aspirin. Nesmí se však používat, pokud je pacient alergický na samotný aspirin. Mohlo by dojít k poškození glykemického indexu, bolesti hlavy, či ke snížení funkce krevních destiček.

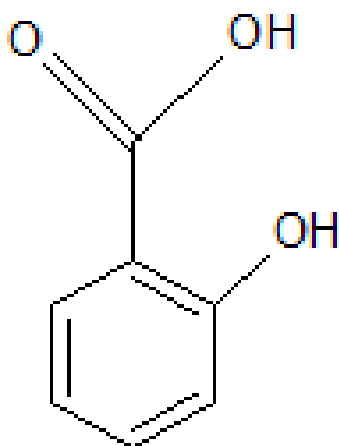
Účinek závisí na dávce (Rakel 2018). Řada důvodů naznačuje, že se vrbová kůra obsahující salicin nedoporučuje užívat perorálně kvůli velkému potřebnému množství pro účinnost (Loo 2009). Typické dávky se pohybují od 120 do 240 mg salicinu denně (Rakel 2018).

Působení vrbové kůry - salicinu byla studována u pacientů trpících bolestí kloubů/kolen, akutní bolestí zad, osteoartrózou, bolestí hlavy, menstruačními křečemi, tendinitidou a generalizovanou bolestí. Pozitivní účinky se objevily u pacientů trpících revmatickou bolestí v důsledku osteoartrózy nebo zánětu zadních svalů. U 33 % pacientů se neprojevila dostatečná účinnost. Nicméně výsledky ukázaly pozitivní korelaci mezi používáním kůry a snížením bolesti.

Účinnost vrbové kůry při snižování bolesti je velmi variabilní. Některé studie zjistily, že vrba je účinná až při vyšších dávkách nebo v kombinaci s jinými léky proti bolesti. Při perorálním podání může vrba kůry způsobit gastrointestinální příznaky nebo svědění a vyrážku (Watson & Zibadi 2017).



Obrázek 14 Salicin



Obrázek 15 Salicylová kyselina

3.9 Kaempferol

Kaempferol řadíme mezi přírodní flavonoly, patřící do třídy flavonoidů (McCreath & Delgoda 2016). Chemicky lze pojmenovat 3,5,7-trihydroxy-2-(4-hydroxyfenyl)-4H-1-benzopyran-4-on (*Obrázek 16*) (Calderon-Montano et al. 2011).

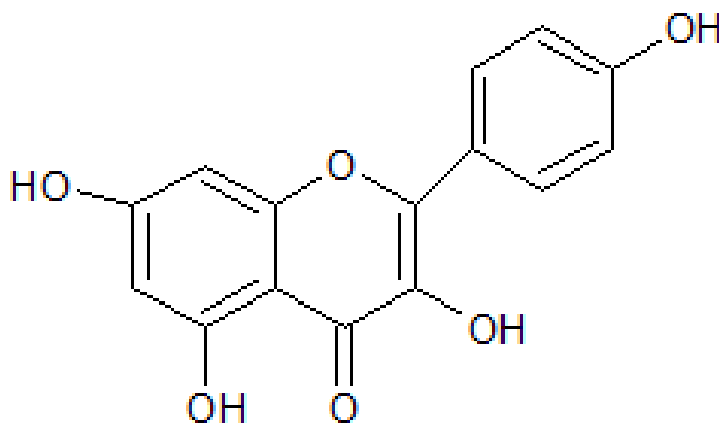
Nachází se v mnoha druzích zeleniny – hlavně v rajčatech, brokolici, v čaji, v bylinách, v ginkgo bilobě (jinan dvoulaločný), fazolích, zelí, jahodách, vínu, propolisu.

Vykazuje antioxidační, protizánětlivé, antimikrobiální, antidiabetické, antialergické, kardioprotektivní, neuroprotektivní i protinádorové účinky (McCreath & Delgoda 2016; Calderon-Montano et al. 2011).

Protinádorové účinky byly potvrzeny u rakoviny prsu, vaječníku, žaludku, plic, pankreatu a u rakoviny krve. Kaempferol interferuje s mnoha signálními cestami

potřebnými pro přežití rakovinných buněk. Kaempferol indukuje apoptózu u buněk u karcinomu prsu mechanismem, který je závislý na extracelulárním signálu řízeným kinázou.

Předpokládalo se, že kaempferol je účinný u hormonálně závislých karcinomů, nicméně bylo zjištěno, že je účinný i u hormonálně nezávislých karcinomů (McCreath & Delgoda 2016).



Obrázek 16 Kaempferol

3.10 Taniny

Taniny patří mezi polystyreny. Jsou to polymery obsahující nejčastěji 2–50 (ale i více) flavonoidních jednotek, které nejsou náchylné k hydrolyze (Hung-Wen & Lew 2010).

Taniny můžeme rozdělit do dvou skupin: hydrolyzovatelné třísloviny a kondenzované taniny (Frollini et al. 2013). Hydrolyzovatelné třísloviny jsou molekuly obsahující ve svém centrálním jádře sacharid, přesněji D-glukosu. Vyskytují se v rostlinách v nižších koncentracích, než kondenzované taniny. Hydrolyzovatelné třísloviny jsou schopny tvořit sloučeninu – pyragalol, který je pro přežvýkavce toxický. Toxické sloučeniny s více než 20 % hydrolyzovatelných tříslovin ve stravě mohou způsobit nekrózu jater či poškození ledvin. Kondenzované taniny se nejčastěji vyskytují v kukuřici, luštěninách a ve stromech (Patel & Patel 2016). Kondenzované taniny, které se vyskytují i pod názvem proantokyanidy jsou v rostlinách rozkládány a výrazně ovlivňují kvalitu potravin (Hung-Wen & Lew 2010). Mohou ovlivnit chuť a vůni (Smith 1954). Hydrolyzovatelné třísloviny mohou být hydrolyzovány slabými kyselinami nebo slabými bázemi za vzniku sacharidových a fenolových kyselin. Většina kondenzovaných taninů je rozpustná ve vodě, ale některé velmi velké kondenzované taniny jsou ve vodě nerozpustné. Hydrolyzovatelné třísloviny jsou také ve vodě rozpustné (Hung-Wen & Lew 2010).

Přítomnost taninů v ústech vyvolává silné pocity ztuhlosti (Hung-Wen & Lew 2010). Svíravost vlivem taninů v ústech způsobuje pocit sucha a tvorbu puchýřků v dutině ústní. Tento pocit lze pociťovat po požití nezralého ovoce, vypití červeného vína či silného čaje (Smith 1954). Obsah kondenzovaných taninů v nezralých jablcích je desetkrát vyšší než ve zralých (Lea & Arnold 1978). Předpokládá se, že se třísloviny váží na proteiny v jazyku a na sliznici v dutině ústní a následně indukují jejich denaturaci. Denaturace proteinů v sliznici ústní způsobená taniny se nazývá „Smršťující účinek“ (Hung-Wen & Lew 2010).

Taniny se vyskytují ve formě beztvaré nažloutlé nebo světle hnědé hmoty, jako prášek či jako vločky. Zajímavé je, že taniny se nacházejí téměř ve všech rostlinách a ve všech klimatech po celém světě (Nonaka et al. 1981). Můžeme je nalézt jak v kvetoucích, tak v nekvetoucích rostlinách (Patel & Patel 2016).

Množství taninů přítomných v rostlinách je však odlišné. V některých rostlinách jsou přítomny ve významných poměrech, v mnoha jiných je zastoupení velmi nízké. Taniny jsou obvykle ve velkých množstvích zastoupeny v kůře stromů, kde působí jako překážka pro mikroorganismy (inhibují mikroorganismy) a tím chrání strom (Nonaka et al. 1981).

Vyskytují se také v zásobách povrchových vod nebo v mělkých studních. Nepředstavují však zdravotní riziko (Salunkhe & Chavan 1989).

Využívají se při rafinování piva a vína (Nonaka et al. 1981). Při rafinaci vína a piva dochází k vylučování bílkovin. Taniny jsou schopny snižovat vstřebávání některých látek do těla a jsou označovány jako protiživiny.

Jako komponent v tanin-lignin-glyoxalové pryskyřici - lze použít jako lepidlo pro dřevotřískové desky. Toto lepidlo obsahuje 80 % přírodního materiálu (Bai 2013).

Ve výživě člověka je pro obsah taninů významný čaj. Příkladem je čajovník čínský (*Camellia sinensis*), který má vysoký obsah taninů (Hamilton-Miller 1995; Hurrell et al. 1999). Jejich přítomnost v čaji a kávě, při nadměrné konzumaci bez mléka, může vést k nedostatku vápníku a železa v těle a tím zvyšovat pravděpodobnost osteoporózy a anémie (Ricardo-da-Silva et al. 1991). Dalším zdrojem jsou vína, hlavně červená. Množství závisí na procesu výroby (Corder et al. 2006). Vysoké množství taninů je také v pivu. Jeho obsah je ovlivněn obsahem kvasnic. Čím více je pivo hořké, tím více tříslovin obsahuje (Brune et al. 1989).

Pro člověka jsou taniny významné z důvodu jejich protizánětlivosti. Léčí popáleniny a zastavují krvácení (Quideau et al. 2004). Taniny byly použity k úlevě od bolesti v krku, proti průjmům, úplavici, krvácení, únavě či kožním vředům. Taniny mohou způsobit regresi

nádorů, které jsou v tkáni již přítomny. Avšak při jejich nepřetržitém používání jsou naopak schopny nádor ve zdravé tkáni způsobit (Lü et al. 2004).

4 Závěr

Polyfenoly jsou v současné době díky pozitivním účinkům na zdraví člověka propagovány jako prospěšné látky. Představují nejhojnější zastoupení antioxidantů ve stravě člověka, a tím mají význam pro veřejné zdraví. Mají také vliv na oběhový systém tím, že jsou schopny snížit výskyt kardiovaskulárních onemocnění. Počet úmrtí na kardiovaskulární choroby zabírá vysoké procento celkové mortality lidí, a tak je třeba hledat prostředky, jež mají příznivý vliv na prevenci tohoto onemocnění a tím se snažit tak vysoké procento, které představují kardiovaskulární nemoci, snížit. V další řadě mají vliv na diabetes, konkrétně na diabetes 2. typu. Ovlivňují enzymy, které štěpí sacharidy a tím zároveň ovlivňují absorpci glukosy ve střevech. Působí na eliminaci nebezpečných volných radikálů v těle, a tak chrání lipidy, aminokyseliny, genetický materiál a lysosomy. Vyznačují se také tím, že bojují proti oxidačnímu stresu a jejich svíravou chutí - astringencí.

V současnosti probíhá nespočet studií věnující se polyfenolům. Nicméně studie neprobíhají dlouho, a tak zůstávají tyto látky částečně neprozkoumané.

5 Seznam literatury

- Adlercreutz H, Mazur W. 1997. Phytoestrogens and Western Diseases. *Annals of Medicine and Surgery* **29**:95–120.
- Aldred EM. 2009. *Pharmacology A Handbook for Complementary Healthcare Professionals*. Churchill Livingstone, London.
- Bai J. 2013. *Advanced fibre-reinforced polymer (FRP) composites for structural applications*. Woodhead Publishing, Oxford.
- Balík J. 1998. *Vinařství: (návodů do laboratorních cvičení)*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno.
- Bhagwat, S., Haytowitz, D. B., Holden, J. M. 2013. USDA Database for the Flavonoid Content of Selected Foods. U.S. Department of Agriculture, Washington. Available from <https://www.ars.usda.gov/ARSEUserFiles/80400525/Data/Flav/Flav3-1.pdf> (accessed November 2018).
- Brune M, Rossander L, Hallberg L. 1989. Iron absorption and phenolic compounds: importance of different phenolic structures. *European Journal of Clinical Nutrition* **48**:547–557.
- Calderon-Montano J, Burgos-Moron E, Perez-Guerrero C, Lopez-Lazaro M. 2011. A Review on the Dietary Flavonoid Kaempferol. *Mini-Reviews in Medicinal Chemistry* **11**:298–344.
- Cao G, Sofic E, Prior RL. 1997. Antioxidant and Prooxidant Behavior of Flavonoids: Structure-Activity Relationships. *Free Radical Biology and Medicine* **22**:749–760.
- Cardona F, Andrés-Lacueva C, Tulipani S, Tinahones FJ, Queipo-Ortuño MI. 2013. Benefits of polyphenols on gut microbiota and implications in human health. *The Journal of Nutritional Biochemistry* **24**:1415–1422.
- Carey CHC, Strahle JT, Selinger DA., Chandler VL. 2004. Mutation in the pale aleurone color1 regulatory gene of the *Zea mays* anthocyanin pathway have distinct phenotypes relative to the functionally similar transparent testa glabra1 gene in *Arabidopsis thaliana*. *Plant cell* **16**:450–464.
- Corder R, Mullen W, Khan NQ, Marks SC, Wood EG, Carrier MJ, Crozier A. 2006. Oenology: Red wine procyanidins and vascular health. *Nature* **444**:566–566.
- Čepička J, Karabín M. 2002. Polyfenolové látky piva – přirozené antioxidanty. *Chemické listy* **96**:90–95.
- Dávalos A, Castilla P, Gómez-Cordovés C, Bartolomé B. 2006. Quercetin is bioavailable from a single ingestion of grape juice. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* **57**:391–398.

- Frollini E, Silva CG, Ramires EC. 2013. Phenolic resins as a matrix material in advanced fiber-reinforced polymer (FRP) composites for structural applications **2**:7-43.
- Funasaka Y. 2010. Action mechanism and effects of whitening agents. *Nippon Hifuka Gakkai Zasshi* **120**:2828–2831.
- Gadkari P, Balaraman M. January 2015. Catechins: sources, extraction and encapsulation: a review. *Food and bioproducts processing* **93**: 122–138.
- Galanda V. 1991. *Klinická farmakológia salicylanov u dětí a mladistvých*. Osvěta, Martin.
- Galanski Ch. 2018. *Polyphenols: Properties, Recovery, and Applications*. Woodhead publishing, Vienna.
- Gambini J, Inglés M, Olaso G, Lopez-Grueso R, Bonet-Costa V, Gimeno-Mallench L, Mas-Bargues C, Abdelaziz KM, Gomez-Cabrera MC, Vina J, Borrás C. 2015. Properties of Resveratrol: In Vitro and In Vivo Studies about Metabolism, Bioavailability, and Biological Effects in Animal Models and Humans. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. Available from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4499410/> (accessed September 2018).
- Gitz DC, Gitz LL, McClure JW, Huerta AJ. 2004. Effects of a PAL inhibitor on phenolic accumulation and UV-B tolerance in *Spirodela intermedia*. *Journal of Experimental Botany* **55**:919–927.
- Goldscheider S. 2005. *Grüner Tee und Catechine - Gesundheit und Wirkung*. Available from http://www.biothemen.de/Spezialtaeten/japan/gruentee_gesundheit.html (accessed November 2018).
- Greenstock CL. 1984. Free-Radical Processes in Radiation and Chemical Carcinogenesis. *Advances in Radiation Biology* **11**:269–293.
- Gürbüz O, Göcmen D, Dagdelen F, Gürsoy M, Aydın S, Sahin I, Büyükuysal L, Usta M. 2007. Determination of flavan – 3 – ols and trans - resveratrol in kapes and wine using HPLC with fluorescence detection. *Food chemistry* **100**:218–225.
- Hamilton-Miller JM. 1995. Antimicrobial properties of tea (*Camellia sinensis* L.). *Antimicrobial Agents and Chemotherapy* **39**:2375–2377.
- Han X, Shen T, Lou H. 2007. Dietary Polyphenols and Their Biological Significance. *International Journal of Molecular Sciences* **8**:950–988.
- Harwood M, Danielewska-Nikiel B, Borzelleca JF, Flamm GW, Williams GM, Lines TC. 2007. A critical review of the data related to the safety of quercetin and lack of evidence of in vivo toxicity, including lack of genotoxic/carcinogenic properties. *Food and Chemical Toxicology* **45**:2179–2205.
- Ho S, Thoo YY, Young DJ, Siow LF. 2018. Stability and recovery of cyclodextrin encapsulated catechin in various food matrices. *Food Chemistry* **275**:594–599.

- Houser. 2004, January 16. Pivo pod mikroskopem (2). Available from <https://www.scienceworld.cz/neziva-priroda/pivo-pod-mikroskopem-2-2638/> (accessed September 2018).
- Hung-Wen L, Lew M. 2010. *Comprehensive Natural Products II*. Elsevier Science, Amsterdam.
- Hurell RF, Reddy M, Cook JD. 1999. Inhibition of non-haem iron absorption in man by polyphenolic-containing. *British Journal of Nutrition* **4**:289–295.
- Chen Y, Deuster, O. 2009. Comparison of quercetin and dihydroquercetin: Antioxidant – independent actions on erythrocyte and platelet membrane. *Chemico – Biological Interactions* **182**:7–9.
- Chiva-Blanch G, Urpi-Sarda M, Rotchés-Ribalta M, Zamora-Ros R, Llorach R, Lamuela-Raventós RM, Estruch R, Andrés-Lacueva C. 2011. Determination of resveratrol and piceid in beer matrices by solid-phase extraction and liquid chromatography–tandem mass spectrometry. *Journal of Chromatography A* **1218**:698–705.
- Justesen U, Knuthsen P. 2001. Composition of flavonoids in fresh herbs and calculation of flavonoid intake by use of herbs in traditional Danish dishes. *Food Chemistry* **73**:245–250.
- Kelly GS. 2011. Quercetin. *Alternative Medicine Review* **16**:172–174.
- Kolouchová I, Melzoch K, Šmidrkal J, Filip V. 2005. Obsah resveratrolu v zelenině a v ovoci. *Chemické listy* **99**:492–495.
- Lakenbrink C, Lapczynski S, Maiwald B, Engelhardt UH. 2000. Flavonoids and Other Polyphenols in Consumer Brews of Tea and Other Caffeinated Beverages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **48**:2848–2852.
- Lea AGH, Arnold GM. 1978. The phenolics of ciders: Bitterness and astringency. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **29**:478–483.
- Lewis RJ. 2004. *Sax's Dangerous Properties of Industrial Materials*. Wiley & Sons, New Jersey.
- Lide DR, Milne GWA. 1994. *Handbook of Data on Organic Compounds*. CRC Press, Florida.
- Loo M. 2009. *Integrative medicine for children*. Saunders, St Louis.
- Lü L, Liu S, Jiang S, Wu S. 2004. Tannin inhibits HIV-1 entry by targeting gp41. *Acta Pharmacol Sin* **25**:213–218.
- Luck G, Liao H, Murray NJ, Grimmer HR, Warminski EE, Williamson MP, Lilley TH, Haslam E. 1994. Polyphenols, astringency and proline-rich proteins. *Phytochemistry* **37**:357–371.
- Macheix J, Fleuriet A, Billot J. 1990. *Fruit phenolics*. CRC Press, Florida.

- Malaguti M, Angeloni C, Hrelia S. 2013. Polyphenols in Exercise Performance and Prevention of Exercise-Induced Muscle Damage. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity* **2013**:1–9.
- Manach C, Scalbert A, Morand C, Rémésy C, Jiménez L. 2004. Polyphenols: food sources and bioavailability. *The American Journal of Clinical Nutrition* **79**:727–747.
- Manach C, Williamson G, Morand C, Scalbert A, Rémésy C. 2005. Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in humans. I. Review of 97 bioavailability studies. *The American Journal of Clinical Nutrition* **81**:230-242.
- Maroon J. 2010. Jak resveratrol a červené víno aktivují geny delšího a zdravějšího života. Noxi, Bratislava.
- McCreath B, Delgoda R. 2016. *Pharmacognosy*. Academic Press, Massachusetts.
- McDougall GJ, Shpiro F, Dobson P, Smith P, Blake A, Stewart D. 2005. Different polyphenolic components of soft fruits inhibit alpha-amylase and alpha-glucosidase. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **53**:2760-2766.
- McDougall GJ, Stewart D. 2005. The inhibitory effects of berry polyphenols on digestive enzymes. *BioFactors* **23**:189–195.
- McMurry J. 2015. *Organic Chemistry*. Cengage Learning, Massachusetts.
- Noletto-Dias C, Ward LJ, Bellisai A, Lomax Ch, Belae MH. June 2018. Salicin-7-sulfate: A new salicinoid from willow and implications for herbal medicine. *Fytoterapia* **127**:166–172.
- Nonaka G, Hsu FL, Nishioka I. 1981. Structures of Dimeric, Trimeric, and Tetramer Procyanidins from *Areca catechu* L. **15**:781–783.
- Novak J. 2010. Arbutin – A risk substance in herbs? *Zeitschrift Für Arznei & Gewürzpflanzen* **15**:170–173.
- Otles S. 2011. *Methods of analysis of food components and additives*. CRC Press, Florida.
- Patel V, Patel R. 2016. The active constituents of herbs and their plant chemistry, extraction and identification methods. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research* **84**:1423–1443.
- Pazdera M. 2014, April 22. :: OSEL.CZ :: - Zklamání z resveratrolu. Available from <http://www.osel.cz/7611-zklamani-z-resveratrolu.html> (accessed August 2018).
- Pop C, Vlase L, Tamas M. 2009. Natural Resources Containing Arbutin. Determination of Arbutin in the leaves of *Berqania crassiflora* (L.). *Fritsch. Acclimated in Romania. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj – Napoca* **37**:129–132.
- Price SF, Preen PJ, Valladao M, Watson. 1995. Cluster sun exposure and quercetin in Pinot noir grapes and wine. *American Journal of Enology and Viticulture* **46**:187–194.

- Prugar J. 2008. Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský ve spolupráci s Komisí jakosti rostlinných produktů ČZV, Praha.
- Quideau S, Varadinova T, Karagiozova D, Jourdes M, Pardon P, Baudry C, Genova-Kalo P, Diakov T, Petrova R. 2004. Main Structural and Stereochemical Aspects of the Antihyperlipidemic Activity of Nonhydroxyterphenoyl-Containing C-Glycosidic Ellagitannins. *Chemistry & Biodiversity* **1**:247–258.
- Quiñones M, Miguel M, Aleixandre A. 2013. Beneficial effects of polyphenols on cardiovascular disease. *Pharmacological Research* **68**:125–131.
- Rakel D. 2018. Integrative medicine. 4th edition. Elsevier, Amsterdam.
- Ricardo-da-Silva JM, Cheynier V, Souquet J-M, Moutounet M, Cabanis J-C, Bourzeix M. 1991. Interaction of grape seed procyanidins with various proteins in relation to wine fining. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **57**:111–125.
- Romero-Perez AI, Ibern-Gómez M, Lamuela-Raventós RM, De La Torre-Boronat MC. 1999. Piceid, the Major Resveratrol Derivative in Grape Juices. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* **47**:1533–1536.
- Sakihama Y, Cohen M F, Grace SC, Yamasaki H. 2002. Plant phenolic antioxidant and prooxidant activities: phenolics – induced oxidative damage mediated by metals in plants. *Toxicology* **177**:67–74.
- Salunkhe DK, Chavan JK. 1989. Dietary Tannins: Consequences and Remedies. CRP Press, Florida.
- Scalbert A, Johnson IT, Saltmarsh M. 2005. Polyphenols: antioxidants and beyond. *The American Journal of Clinical Nutrition* **81**:215–217.
- Shahidi F, Naczki M. 2003. Phenolics in food and nutraceuticals. CRC Press, Florida.
- Schijen EGWM, Ric de Vos CH, van Tunen AJ, Bovy AG. 2004. Modification of flavonoid biosynthesis in crop plants. *Phytochemistry* **65**:2631–2648.
- Schmandke H. 2002. Resveratrol und Piceid in Weintrauben und Erdnüssen sowie daraus hergestellte Produkte. *Ernährungs-Umschau* **49**:349–352.
- Smith B. 1954. Flavonoid compounds in foods. *Advances in food research* **5**:261–300.
- Soleas GJ, Diamandis EP, Goldberg DM. 1997. Wine as a biological fluid: History, production, and role in disease prevention. *Journal of Clinical Laboratory Analysis* **11**:287–313.
- Šamánek M, Urbanová Z. 2010. Víno a zdraví. Wine of Czech Republic. Available from <https://www.wineofczechrepublic.cz/nase-vina/vino-a-zdravi/uvod.html> (accessed January 2019).
- Šmidrkal J, Filip V, Melzoch K, Hanzlíková I, Buckiová D, Křisa N. 2001. Resveratrol. *Chemické listy* **95**:602–609.

- Šrámek M, Urbanová Z. 2010. *Víno na zdraví*. Agentura Lucie, Praha.
- Tantoush Z, Apostolovic D, Kravic B, Prodic I, Mihajlovic L, Stanic-Vucinic D, Cirkovic Velickovic T. 2012. Green tea catechins of food supplements facilitate pepsin digestion of major food allergens, but hampers their digestion if oxidized by phenol oxidase. *Journal of Functional Foods* **4**:650–660.
- Tazzini N. Catechins: Definition, Structure, green tea, black tea, cocoa. 2014. Tuscany-diet. Available from <http://www.tuscany-diet.net/2014/02/02/catechins-definition-structure-green-tea/#Catechins-in-fruits-vegetables-and-legumes> (accessed October 2018).
- Tribolo S, Lodi F, Connor C, Suri S, Wilson VG, Taylor MA, Needs PW, Kroon PA, Hughes DA. 2008. Comparative effects of quercetin and its predominant human metabolites on adhesion molecule expression in activated human vascular endothelial cells. *Atherosclerosis* **197**:50–56.
- Trna J, Táborská E. 2011. Přírodní polyfenolové antioxidanty. Available from www.med.muni.cz/biochem/seminare/prirantiox.rtf (accessed January 2011).
- Umeno A, Horie M, Murotomi K, Nakajima Y, Yoshida Y. 2016. Antioxidative and Antidiabetic Effects of Natural Polyphenols and Isoflavones. *Molecules* **21**:708.
- Urbanová Z, Šrámek M. 2018. Konec legendy o resveratrolu. *Znovín, Znojmo*. Available from <https://www.znovin.cz/konec-legendy-o-resveratrolu> (accessed August 2018).
- Velíšek J, Hajšlová J. 2009. *Chemie potravin II*. OSSIS, Havlíčkův Brod.
- Vuong QV, Golding JB, Stathopoulos CE, Nguyen MH, Roach PD. 2011. Optimizing conditions for the extraction of catechins from green tea using hot water. *Journal of Separation Science* **34**:3099–3106.
- Waterhouse A. 2002. Wine phenolics. *Annals of the New York Academy of Sciences* **1**:21–36.
- Watson R, Zibadi S. 2017. *Nutritional Modulators of Pain in the Aging Population*. Academic Press, San Diego.
- Watson R. 2014. *Polyphenols in Plants: Isolation, Purification and Extract Preparation*. Academic Press, Massachusetts.
- Watson RR, Preedy VR, Zibadi S. 2014. *Polyphenols in human health and disease*. Academic press, Massachusetts.
- Weiskirchen A, Weiskirchen R. Resveratrol: 11. July 2016. How much wine do you have to drink to stay healthy? *Advance and nutrition* **7**:706–718.
- WHO. 2017, May. Cardiovascular diseases (CVDs). Available from [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds)) (accessed March 2019).

- Yang CS, Wang H, Chen JX, Zhang J. 2014. Chapter Ten - Effects of Tea Catechins on Cancer Signaling Pathways. *The Enzymes* **36**:195–221.
- Zhang H, Tsao R. 2016. Dietary polyphenols, oxidative stress and antioxidant and anti-inflammatory effects. *Current Opinion in Food Science* **8**:33–42.
- Zheng X, Yu L, Yao X, Lv B, Yang Z, Zheng Q, Duan H, Song C, Xie H. 2016. Synthesis and Anti-Cancer Activities of Resveratrol Derivatives. *Open Journal of Medicinal Chemistry* **6**:51.

6 Seznam obrázků

1. <i>Trans</i> -resveratrol.....	10
2. <i>Cis</i> -resveratrol.....	10
3. Piceid.....	11
4. <i>Veratrum grandiflorum</i>	12
5. Spotřeba vína.....	16
6. Hrozen vinné révy napadený plísní <i>Botritis cinerea</i>	19
7. (+) – katechin.....	21
8. (+) – epikatechin.....	22
9. (-) – epigatechin-3-gallát.....	22
10. (-) – epigallokatechinu.....	22
11. (-) – epigallokatechin-3-gallátu.....	23
12. Kvercetin.....	28
13. Arbutin.....	32
14. Salicin.....	34
15. Salicylová kyselina.....	34
16. Kaempferol.....	35

7 Seznam tabulek

1. Koncentrace resveratrolu v běžných druzích zeleniny (mg/g _{suš})	14
2. Koncentrace resveratrolu v běžných druzích ovoce (mg/gsuš)	15
3. Koncentrace resveratrolu v u burských oříšků (mg/gsuš).....	15
4. Koncentrace katechinu v ovoci (mg/g)	25
5. Koncentrace katechinu v zelenině (mg/g).....	26
6. Koncentrace katechinu v oříšcích (mg/g)	26
7. Koncentrace kvercetinu v ovoce (mg/g)	30
8. Koncentrace kvercetinu v semenech a ořešcích (mg/g).....	30
9. Koncentrace kvercetinu v zelenině (mg/g)	31

8 Seznam grafů

- 1.** Obsah trans-resveratrolu v bílých odrudách vín podle původu 20
- 2.** Obsah trans-resveratrolu v červených odrudách vín podle původu..... 20

9 Seznam použitých zkratek

AMK – aminokyselina

C – katechin

DNA – deoxyribonukleová kyselina

EC – epikatechin

ECG – epikatechin-3-galát

EGC – epigallokatechin

EGCG – epigallokatechin-3-galát

LDL (cholesterol) – low-density lipoproteins, lipoproteiny s nízkou hustotou

pH – potential of hydrogen, potenciál vodíku

RNA – ribonukleová kyselina

ROS – reaktive oxygen species, reaktivní formy kyslíku

UV (záření) – ultrafialové