

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická

Bioaktivní látky v jablkách a jejich vliv na lidské zdraví
Tereza Příbylová

Bakalářská práce
2018

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tereza Příbylová**
Osobní číslo: **C15261**
Studijní program: **B3912 Speciální chemicko-biologické obory**
Studijní obor: **Klinická biologie a chemie**
Název tématu: **Bioaktivní látky v jablkách a jejich vliv na lidské zdraví**
Zadávací katedra: **Katedra biologických a biochemických věd**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Seznamte se s literárními údaji, které se věnují problematice bioaktivních látek v jablkách
2. Zaměřte se na látky, které ovlivňují lidské zdraví
3. Vypracujte přehlednou práci zabývající se bioaktivními látkami v jablkách, které ovlivňují lidské zdraví
4. Diskutujte mechanismy, kterými vybrané bioaktivní látky v jablkách ovlivňují lidské zdraví

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

Podle pokynů vedoucího bakalářské práce.

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Mgr. Roman Kandár, Ph.D.

Katedra biologických a biochemických věd

Konzultant bakalářské práce:

Ing. Aleš Horna, CSc.

Radanal.s.r.o. Pardubice

Datum zadání bakalářské práce:

18. prosince 2017

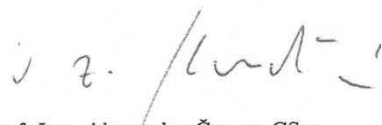
Termín odevzdání bakalářské práce:

4. července 2018



prof. Ing. Petr Kalenda, CSc.
děkan

L.S.



prof. Ing. Alexander Čegan, CSc.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 28. února 2018

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 2. 7. 2018

.....

Příbylová Tereza

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji doc. Ing. Alešovi Hornovi, CSc. za pomoc a věcné připomínky, které mi během práce poskytoval, a také své rodině a přátelům za podporu a trpělivost během studia.

ANOTACE

Tato bakalářská práce se zaměřuje na zpracování problematiky bioaktivních látek vyskytujících se v jablkách, se zaměřením na látky, které ovlivňují lidské zdraví.

V práci je zpracován přehled bioaktivních látek, jejich dělení, popis chemických struktur a stručná charakteristika. Podrobněji jsou popsány vybrané látky, které se vyskytují v jablku nejvíce a jejich konkrétní vlivy na zdraví člověka. Rovněž byl zpracován souhrnný přehled jednotlivých účinků bioaktivních látek na lidské zdraví.

Na základě této práce je patrné, že jablka obsahují velké množství látek prospěšných pro lidské zdraví a jejich konzumace je vhodná k předcházení celé řady zdravotních problémů a onemocnění.

KLÍČOVÁ SLOVA

Jablko, bioaktivní látky, zdraví, polyfenoly, flavonoidy.

TITLE

Bioactive substances in apples and their impact in human health.

ANNOTATION

This bachelor thesis is focused on problems of processing bioactive substances occurring in apples, especially which influence human health.

The content of this thesis is about the outcome of bioactive substances, the division, the description and the brief characteristic. Substances which occur in apples the most are described in detail within concrete impact on health of people. There is also general outcome of the particular impacts on people's health.

On the basic of this thesis, it is obvious that apples contain such a big amount of substances advantageous for one's health and its consumption is beneficial, therefore it prevents many problems with health and precedes some of diseases.

KEYWORDS

Apple, bioactive substances, health, polyphenols, flavonoids.

OBSAH

| | |
|--|-----------|
| Seznam obrázků a tabulek | 10 |
| Seznam zkratk | 11 |
| Úvod | 12 |
| 1 ZÁKLADNÍ INFORMACE | 13 |
| 1.1 Jablka | 13 |
| 1.2 Jabloně | 13 |
| 1.3 Základní obecné chemické složení ovoce..... | 14 |
| 1.4 Ovoce a jeho význam ve výživě člověka..... | 14 |
| 2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ JABLKA | 15 |
| 2.1 Voda..... | 15 |
| 2.2 Sacharidy | 15 |
| 2.2.1 Monosacharidy, disacharidy | 16 |
| 2.2.2 Polysacharidy | 16 |
| 2.3 Bílkoviny, dusíkaté látky | 17 |
| 2.4 Organické kyseliny | 17 |
| 2.5 Vitamíny | 17 |
| 2.6 Minerální látky..... | 18 |
| 2.7 Enzymy | 18 |
| 3 ZÁKLADNÍ PŘEHLED BIOAKTIVNÍCH LÁTEK | 19 |
| 3.1 Polyfenolické sloučeniny | 19 |
| 3.1.1 Základní charakteristika polynolických sloučenin | 19 |
| 3.1.2 Struktura a rozdělení | 19 |
| 3.1.3 Fenolové kyseliny | 20 |
| 3.1.4 Flavonoidy | 21 |
| 3.1.5 Stilbeny | 26 |
| 3.1.6 Lignany | 26 |
| 3.2 Karotenoidy | 26 |
| 3.2.1 Základní charakteristika karotenoidů..... | 26 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 3.2.2 | Chemická struktura, dělení | 27 |
| 3.2.3 | Účinky karotenoidů na organismus | 27 |
| 3.2.4 | β-karoten | 27 |
| 3.3 | Tokoferoly | 28 |
| 3.3.1 | Chemická struktura, dělení | 28 |
| 3.3.2 | Obsah tokoferolů a tokotrienolů v jablkách..... | 29 |
| 3.3.3 | Účinky tokoferolů na organismus..... | 29 |
| 3.4 | Fytosteroly | 29 |
| 3.4.1 | Chemická struktura, dělení | 29 |
| 3.4.2 | Obsah fytosterolů v jablkách | 30 |
| 3.4.3 | Účinky fytosterolů na organismus | 30 |
| 3.4.4 | Mechanismus snížení cholesterolu v krvi fytosteroly..... | 30 |
| 4 | NEJVÍCE ZASTOUPENÉ BIOAKTIVNÍ LÁTKY JABLEK..... | 31 |
| 4.1 | Kvercetin a jeho glykosidy | 32 |
| 4.1.1 | Struktura..... | 32 |
| 4.1.2 | Účinky kvercetinu a jeho glykosidů na lidské zdraví | 33 |
| 4.2 | Prokyanidin B2 | 34 |
| 4.2.1 | Struktura..... | 34 |
| 4.2.2 | Účinky prokyanidinu B2 na lidské zdraví | 35 |
| 4.3 | Kyselina chlorogenová | 35 |
| 4.3.1 | Struktura..... | 35 |
| 4.3.2 | Účinky kyseliny chlorogenové na lidské zdraví | 36 |
| 4.4 | Epikatechin | 36 |
| 4.4.1 | Struktura..... | 36 |
| 4.4.2 | Účinky epikatechinu a katechinu na lidské zdraví..... | 37 |
| 4.5 | Glykosidy floretinu | 37 |
| 4.5.1 | Struktura..... | 37 |
| 4.5.2 | Účinky floretinu a floridzinu na lidské zdraví | 38 |
| 4.6 | Amygdalin | 39 |
| 4.6.1 | Struktura..... | 39 |
| 4.6.2 | Účinky amygdalinu na lidské zdraví | 40 |
| 5 | SOUHRN ZDRAVOTNÍCH PŘÍNOSŮ BIOAKTIVNÍCH LÁTEK JABLEK..... | 41 |

| | | |
|-----|---|-----------|
| 5.1 | Antioxidační aktivita..... | 41 |
| 5.2 | Protinádorová aktivita..... | 41 |
| 5.3 | Antiproliferační aktivita..... | 42 |
| 5.4 | Vliv na kardiovaskulární onemocnění | 42 |
| 5.5 | Účinky snižující hladinu cholesterolu..... | 43 |
| 5.6 | Antidiabetický účinek | 43 |
| 5.7 | Vliv na neurodegenerativní onemocnění | 43 |
| 5.8 | Vliv na onemocnění dýchacích cest..... | 43 |
| 5.9 | Vliv na kvalitu sexuálního života | 44 |
| | Závěr | 45 |
| | Použitá literatura | 46 |

SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

| | |
|--|----|
| Obrázek 1: Kyselina skořicová | 20 |
| Obrázek 2: Kyselina hydroxybenzoová | 20 |
| Obrázek 3: Flavan | 21 |
| Obrázek 4: Flavan-3-ol | 22 |
| Obrázek 5: Flavanon | 22 |
| Obrázek 6: Flavon | 23 |
| Obrázek 7: Flavonol | 23 |
| Obrázek 8: Isoflavonoid | 24 |
| Obrázek 9: Anthokyanidin | 25 |
| Obrázek 10: Anthokyanin | 25 |
| Obrázek 11: Chalkon | 26 |
| Obrázek 12: β -karoten | 28 |
| Obrázek 13: α -tokoferol | 28 |
| Obrázek 14: β -sitosterol | 29 |
| Obrázek 15: Zastoupení polyfenolických látek v různých částech jablka [40] | 32 |
| Obrázek 16: Kvercetin | 33 |
| Obrázek 17: Prokyanidin B2 | 34 |
| Obrázek 18: Kyselina chlorogenová | 35 |
| Obrázek 19: Epikatechin | 37 |
| Obrázek 20: Floridzin | 38 |
| Obrázek 21: Amygdalin | 39 |
| | |
| Tabulka 1: Hodnoty bioaktivních látek v jablkách | 31 |

SEZNAM ZKRATEK

| | |
|-------|--|
| GLUT | glukózový transportér (z angl. glucose transporter) |
| HDL | lipoproteiny s vysokou hustotou (z angl. high density lipoproteins) |
| CHOPN | chronická obstrukční plicní onemocnění |
| LDL | lipoproteiny s nízkou hustotou (z angl. low density lipoproteins) |
| LPH | laktasa-floridzin hydrolasa (z angl. lactase-phloridzin hydrolase) |
| RNS | reaktivní formy dusíku (z angl. reactive nitrogen species) |
| ROS | reaktivní formy kyslíku (z angl. reactive oxygen species) |
| SGLT | sodíkovo-glukózový transportér (z angl. sodium glucose transporter) |
| UGT | UDP-glukuronosyltransferasa (uridindifosfo-glukuronyltransferasa z angl. uridinediphospho-glucuronyltransferase) |

ÚVOD

V této bakalářské práci je rozebrána problematika bioaktivních látek, nacházejících se v rozdílném množství v jablkách, podílejících se různými mechanismy na ovlivňování zdraví.

V úvodu práce je stručně popsáno celkové chemické složení jablka, které má vliv na jeho vlastnosti a účinky na organismus. Dále je uvedena základní charakteristika a dělení bioaktivních látek do skupin, popis jejich chemických struktur a základních vlastností.

V hlavní části práce je uveden přehled nejvýznamnějších a nejvíce zastoupených bioaktivních látek v jablkách, jsou popsány jejich chemické struktury a účinky jednotlivých látek na zdraví člověka. Jsou zde popsány i některé mechanismy účinku působení těchto bioaktivních látek. Dále jsou shrnuty poznatky z různých studií, které se zabývaly vlivy bioaktivních látek jablek na organismus.

Bioaktivní látky se vyskytují v různých druzích ovoce a zeleniny. Mezi bioaktivní látky v jablkách se řadí velká skupina chemicky odlišných molekul, nejvýznamnější z nich jsou polyfenolické sloučeniny, kterým bývá připisována hlavně antioxidační aktivita, která je důležitá při ochraně organismu proti volným radikálům, které mohou být příčinou vzniku závažných onemocnění jako je např. rakovina nebo kardiovaskulární choroby.

1 ZÁKLADNÍ INFORMACE

1.1 Jablka

Jablka patří mezi nejběžnější ovoce nejen u nás, ale i v celé Evropě. V posledních letech (zejména od roku 2011) roste v České republice spotřeba ovoce a výrobků z něj, jablka jsou nejvíce oblíbená, jejich průměrná spotřeba na osobu činí až 24 kilogramů, což je 30 % z celkových asi 80 kilogramů spotřebovaného ovoce [1]. Podle Českého statistického úřadu v České republice překračuje výměra ovocných sadů 17 000 ha, nejvíce sadů se nachází ve Středočeském a Jihomoravském kraji a jablka představují jejich majoritní produkční, a tedy i výtěžnou složku. Jak uvádí zdroj [2], v českých sadech se nejčastěji pěstují a sklízí jablka skupiny Golden Delicious (v roce 2017 přes 30 tun) a Idared (v roce 2017 téměř 15 tun), celkem se v České republice ročně sklídí přes 100 tun jablek všech odrůd, a i přes to je více než polovina spotřebovaných jablek závislá na dovozu z jiných zemí. V rámci Evropy se ročně nejvíce jablek sklídí v Polsku a Itálii, celosvětově pak v Číně, Spojených státech amerických a Turecku [3].

1.2 Jabloně

Jabloně jsou ovocné dřeviny, které dle zdroje [4] z botanického hlediska náleží do řádu růžokvětých (*Rosales*), čeledi růžovitých (*Rosaceae*) a podčeledi jabloňovitých (*Maloideae*). Většina druhů pěstovaných na území České republiky se řadí k druhu *Malus pumila* Mill., který se vyvinul systémem složité hybridizace *Malus silvestris* Mill. s jinými planými druhy. Původ jabloní bývá přisuzován oblasti Zakavkazí, západního Turkestánu a Íránu, odkud se jabloně rozšířily přes území Malé Asie, Řecka a Itálie do ostatních oblastí Evropy. V současné době se stále více setkáváme s klony jednotlivých odrůd jabloní, které vznikají náhodnou či cílenou mutací za účelem co nejlepších vlastností jablek.

Existuje velké množství druhů jabloní, které se od sebe liší v mnoha vlastnostech, ať už se jedná o vzrůst jednotlivých odrůd, dobu zrání, tvar a větvení koruny, druh výhonů a pupenů, tvar listů a květů či o tvar a vlastnosti samotného plodu [4]. Velmi důležité je dělení z hlediska odolnosti vůči chorobám, odrůdy se dělí na rezistentní, u kterých se choroba neprojeví, jelikož tyto odrůdy jsou schopny zpomalit či úplně zastavit aktivitu patogenu a na odrůdy náchylné, které nejsou schopny tomuto patogenu odolávat a objevuje se u nich plně projevená choroba. Mezi nejčastější choroby jabloní se řadí strupovitost [5].

1.3 Základní obecné chemické složení ovoce

Jak uvádí zdroj [6], téměř všechny druhy ovoce vyjma skořápkových plodů se vyznačují vysokým obsahem vody, který činí 75–96 %, dále je typický nízký obsah bílkovin, představující asi 0,2–1,3 %, stejně tak nízký obsah lipidů asi do 0,5 %, výjimku tvoří např. olivy nebo avokádo obsahující až 40 % oleje. Ovocné druhy obsahují také velké množství sacharidů hlavně fruktózu, glukózu, sacharózu, pektiny a škrob. Mezi další významné látky obsažené v ovoci patří organické kyseliny, např. citronová, jablečná, šťavelová či benzoová. Důležité jsou také různé vitamíny, antioxidanty, vláknina, dusíkaté a minerální látky.

1.4 Ovoce a jeho význam ve výživě člověka

Jak uvádí zdroj [7], ovoce je považováno za jednu z velmi důležitých složek lidské stravy, mezi jeho pozitivní vlastnosti bývá řazena pestrá chuť, vysoký obsah vitamínů a minerálů, nízký obsah energie a také přiměřený obsah vlákniny.

Dle zdroje [7], je pro organismus velmi důležitý pravidelný a dostatečně velký přísun látek z ovoce, který zvyšuje odolnost organismu před škodlivými vlivy. Velký význam konzumace ovoce bývá připisován boji proti civilizačním onemocněním, které jsou způsobeny např. nedostatkem pohybu, nadměrným stresem či konzumací velkého množství průmyslově zpracovaných potravin a polotovarů. Nejčastěji bývá zdůrazňován obsah vitamínů, zejména se jedná o vitamín C, který je prospěšný pro lidský organismus hlavně při boji proti nemocem, únavě a cizorodým látkám, které by mohly organismus poškozovat.

2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ JABLKA

2.1 Voda

Voda tvoří nejvíce zastoupenou složku dužiny jablka, její množství se dle zdroje [7] pohybuje v rozmezí 78,9–90,9 % a rozhoduje o šťavnatosti plodů. V ovoci se vyskytuje voda ve dvou formách, ve formě volné a vázané na koloidy. Volná forma je obsažena v ovocné šťávě a jsou v ní rozpuštěny ostatní látky (např. cukry či kyseliny). Další část vody je pevně navázána na koloidní částičky plodu, a proto se při zpracování jablek objevuje nižší výtěžnost šťáv, než je skutečný obsah vody. Zdroj [9] uvádí, že jablko obsahuje 88,7 % vody. Z tohoto celkového množství 64,6 % odpovídá vodě ve volné formě, a zbytek 24,1 % odpovídá vodě vázané na koloidy, tyto hodnoty byly zjištěny refraktometrickou metodou.

Voda je základní nezbytnou složkou v živých organismech, účastní se transportu látek, podílí se na složení vnitřního prostředí, je výchozím i konečným produktem mnoha biochemických reakcí, podílí se na regulaci tělesné teploty, je nezbytným prostředím pro různé fyzikální procesy např. pro difúzi, v oku slouží jako refrakční médium pro světelné paprsky, v plicích a tkáních je nezbytná pro výměnu dýchacích plynů. Je obsažena přímo v buňkách, ale také je obklopuje ve formě extracelulární tekutiny, která je nezbytná právě pro udržování stálosti vnitřního prostředí neboli homeostázy [11].

2.2 Sacharidy

Podle zdroje [9] se sacharidy v jablku se dělí do tří kategorií, na monosacharidy (glukóza, fruktóza), disacharidy (sacharóza) a polysacharidy (škrob, celulóza, hemicelulóza, pektiny a pentosany). Sacharidy vznikají přeměnou oxidu uhličitého ze vzduchu zelenými částmi rostlin i zelenými plody, v přítomnosti chlorofylu, za působení slunečního záření se tvoří glukóza, z ní škrob i ostatní sacharidy. Během dozrávání plodů podléhají sacharidy různým změnám, téměř v nich mizí škrob, rychle se zvyšuje obsah cukrů – hlavně sacharózy, která se vlivem enzymů mění na fruktózu a plody sládnou, při přezrávání se obsah cukrů opět snižuje. Později dozrávající odrůdy mají vyšší obsah cukru než odrůdy, které dozrávají dříve. Sladkost plodů není dána pouze množstvím cukrů, ale také obsahem kyselin a tříslovin.

Jak uvádí zdroj [12], sacharidy se dělí z fyziologického hlediska na stravitelné (nejvýznamnější stravitelný sacharid je škrob) a nestravitelné v tenkém střevě, nestravitelné mohou být jak oligosacharidy, tak polysacharidy. Ostatní neškrobové polysacharidy (hlavně celulóza,

hemicelulóza, pektiny, lignin) tvoří přirozenou nestrávitelnou součást stravy – vlákninu. Studie potvrzují příznivý vliv vlákniny na lidský organismus, vláknina má minimální energetickou hodnotu, působí pozitivně na funkci trávicího traktu stimulací stěny trávicí trubice, která zvyšuje svoji činnost, čímž zkracuje dobu průchodu tráveniny střevem, zamezuje zácpě a napomáhá rychlejšímu odstranění nežádoucích látek z těla a je tedy prevencí rakoviny tlustého střeva. Vláknina také snižuje hladinu cholesterolu v krvi, čímž slouží jako prevence aterosklerózy a ischemické choroby srdeční a zpomaluje štěpení škrobů, a tedy i vstřebávání glukózy, což vede ke snížení hladiny inzulínu v krvi. Jablko má podle zdroje [13] průměrný obsah vlákniny 2,3 g/100 g.

2.2.1 Monosacharidy, disacharidy

V jablkách je obsažena glukóza, sacharóza (disacharid složený z glukózy a fruktózy) a fruktóza. Dle zdroje [9] je v jablkách obsaženo 2,50–5,55 % glukózy, 1,52–5,31 % sacharózy a největší podíl tvoří 6,46–11,84 % fruktózy. Jablka obsahují největší podíl sacharózy ze všech druhů jádrového ovoce, ale stejně jako ve všech ostatních druzích v nich nejvíce převládá fruktóza, která má nejsladší chuť.

2.2.2 Polysacharidy

Škrob je zásobní polysacharid většiny rostlin, vyskytuje se ve velkém množství v zelených nezralých plodech jablek, v době růstu plodu se jeho množství zvětšuje, v době dozrávání množství naopak klesá díky jeho přeměně na cukry. Při sklizni jablka obsahují průměrně asi 1 % škrobu [9].

Hlavní součástí buněčné stěny je celulóza, která je nerozpustná ve vodě a její obsah v jablku je 1,28 %. Další stavební složkou buněčné stěny je hemicelulóza, která se hydrolýzou přeměňuje na pentozany a hexosany, obsah pentosanů v jablku je průměrně 0,69–1,74 % [9].

Ve dřeni nezralého ovoce je obsažena ve vodě nerozpustná pektóza, která spolu s celulózou tvoří buněčnou stěnu a způsobuje tvrdost ovoce, v průběhu zrání se přeměňuje na pektin, který je již rozpustný ve vodě. Obsah pektózy v jablku je 1,05–1,49 %, obsah pektinu je v případě moštových jablek 1,29 %, u stolních jablek je obsah nižší – 0,82 % [9].

2.3 Bílkoviny, dusíkaté látky

Dusíkaté látky zahrnují různorodou skupinu látek, patří sem bílkoviny, aminokyseliny, amidy aminokyselin, aminy, dusíkaté zásady, soli amoniaku a kyseliny dusičné. Nejvíce zastoupenými dusíkatými látkami jsou bílkoviny a aminokyseliny, které vznikají při rozpadu bílkovin [9]. Jablka obsahují nižší množství bílkovin než ostatní ovoce, pouze méně než 0,3 %, nízký je také obsah aminokyselin. Nejvíce zastoupené aminokyseliny jsou kyselina glutamová a asparagová, lysin a leucin. Aminy vyskytující se v ovoci se mohou podílet také neenzymatických reakcí hnědnutí [15].

2.4 Organické kyseliny

Jak uvádí zdroj [9], nejvíce zastoupenou kyselinou v jablkách je kyselina jablečná ($C_4H_6O_5$), která se vyskytuje v množství 0,19–1,64 %, dále kyselina citronová ($C_6H_8O_7$), které je obsaženo 0,19–1,10 %, kyselina šťavelová ($C_2H_2O_4$) je přítomna ve stopovém množství.

2.5 Vitamíny

Vitamíny jsou organické sloučeniny potřebné pro správný růst, vývoj a funkci, jak jednotlivých orgánů, tak celého organismu. Obsah některých vitamínů se může lišit u jablka se slupkou a bez slupky [15].

Nejvíce zastoupený vitamín v jablku je vitamín C (kyselina askorbová), jeho průměrný obsah činí 5 mg/100 g čerstvého jablka. Tento obsah je však rozdílný v závislosti na druhu jablek, zeměpisné oblasti a ročním období [15]. Zdroj [16] uvádí, že vitamín C patří mezi vitamíny rozpustné ve vodě a plní v těle řadu důležitých funkcí, jedná se o významný antioxidant, účastní se obnovy vitamínu E a radikálů kyseliny močové, díky tomu slouží jako prevence kardiovaskulárních chorob. Má velmi důležitou roli v imunitním systému, stimuluje leukocyty ke zvýšenému rozpadu bakterií a vylučování protilátek. Je také potřebný k syntéze kolagenu, karnitinu, dopaminu a účastní se např. metabolismu železa, mědi, žlučových kyselin a kyseliny listové. Při jeho nedostatku se objevuje snížená pružnost cév, dochází ke krvácení kůže, dásní, poruchám imunity, poruchám osifikace kostí a u malých dětí se může objevovat anémie.

Dalším významně zastoupeným vitamínem je vitamín A (retinol a jeho provitamíny karotenoidy), jeho množství se udává ve speciálních jednotkách jako tzv. retinolový ekvivalent (RE) a jeho průměrné množství v jablku je dle zdroje [15] necelých 5 RE. Vitamín A patří

do skupiny vitamínů rozpustných v tucích a je důležitým prekurzorem rodopsinu (zrakový pigment), má vliv na růst a diferenciaci epitelových buněk, vývoj placenty, spermatogenezi, účastní se tak metabolismu kostí a zubů, v neposlední řadě také patří mezi významné antioxidanty. Při nedostatku vitamínu A může docházet k poruchám zraku jako je např. šeroslepost, poškození rohovky, slepota nebo k postižení kůže a sliznic [17].

V jablku se nachází také vitamín E, podle zdroje [15] v množství 0,27 mg/100 g čerstvého jablka. Vitamín E se řadí do skupiny vitamínů rozpustných v tucích a jak uvádí zdroj [18], zahrnuje osm přirozeně se vyskytujících látek rozdělených do dvou tříd – tokoferoly a tokotrienoly. Vitamín E patří mezi významné antioxidanty, je důležitý pro podporu zdraví mozku, očí, kardiovaskulárního systému, ochranu pokožky a správný vývoj kojenců.

Dalšími vitamíny vyskytujícími se v jablku, již v menších koncentracích, jsou vitamín B1, B2, B3 (niacin), B5 (kyselina pantothenová), B6 a kyselina listová [15].

2.6 Minerální látky

Množství minerálních látek v jablku je srovnatelné s ostatními druhy ovoce, kolísá podle druhů a odrůd, u jablek se slupkou tvoří průměrně asi 0,26 %. Nejvyšších koncentrací z minerálních látek dosahují draslík, fosfor, sodík, vápník a hořčík. Ionty kovů tvoří často soli s anorganickými kyselinami (fosforečnou, uhličitou či chlorovodíkovou) [15].

2.7 Enzymy

Enzymy jsou dle [13] biokatalyzátory většiny biochemických reakcí, jejich přítomnost tedy podmiňuje život rostlin a jejich jednotlivých částí. Každý enzym je účinný pouze v určitém rozmezí pH a teploty. Enzymy v ovoci mají vliv na tzv. enzymové hnědnutí, kterého se účastní převážně enzym fenoloxidas a v menší míře také enzym peroxidasa. V případě jablek je proces enzymového hnědnutí nežádoucí reakcí, při které dochází ke znehodnocení sensorických vlastností – barvy, vůně a chuti jablek.

3 ZÁKLADNÍ PŘEHLED BIOAKTIVNÍCH LÁTEK

Jak uvádí zdroj [20], bioaktivní sloučeniny se nachází v malém množství v určitých druzích ovoce, zeleniny a cereálií, jsou schopny ovlivňovat některé metabolické procesy, a mají tedy ochranný účinek proti různým onemocněním a podílí se na podpoře lidského zdraví. Vykazují účinky jako je např. antioxidační aktivita, inhibice nebo produkce enzymů, inhibice receptorových aktivit a indukce a inhibice genové exprese. Bioaktivní sloučeniny zahrnují velmi heterogenní skupinu látek – polyfenolické sloučeniny, karotenoidy, tokoferoly a fytosteroly, tyto látky mají různé chemické struktury – hydrofilní nebo lipofilní, různé rozložení v přírodě – specifické pro rostlinné druhy nebo všudypřítomné, různý rozsah koncentrací v potravinách a v lidském těle, různé místo působení, specifitu a biologický účinek.

3.1 Polyfenolické sloučeniny

3.1.1 Základní charakteristika polyfenolických sloučenin

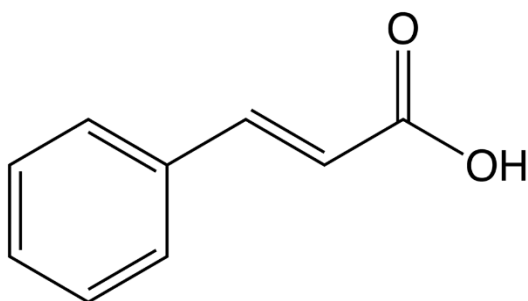
Polyfenoly jsou dle [21] skupina chemických látek přirozeně se vyskytujících v rostlinách, obecně jsou označovány jako fytochemikálie. Jedná se o sekundární produkty metabolismu rostlin. Mezi významné zdroje polyfenolů patří kromě jablek např. bobuloviny, čaj, káva, hroznové víno, kakao a ořechy. V různých rostlinných druzích bylo objeveno více než 8 000 polyfenolických sloučenin. V rostlinách plní rozličné funkce, např. chrání rostliny před oxidačním stresem, patogeny a UV zářením. Jak je uvedeno v [22], lignany jsou součástí stěn rostlinných buněk, zejména vnější vrstvy, kde tvoří chemickou ochranu před působením mikroorganismů, hmyzu a chrání před působením jiných rostlin. Obecně se vysoké hladiny polyfenolů nachází ve slupce ovoce [21].

3.1.2 Struktura a rozdělení

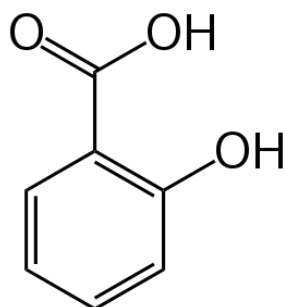
Charakteristickým znakem polyfenolů, od kterého je odvozen i jejich název, je přítomnost více než jedné hydroxylové skupiny v molekule, která je navázána na aromatický kruh. Polyfenoly se dělí do různých tříd na základě počtu aromatických kruhů, které obsahují a strukturních prvků, které mezi sebou tyto kruhy spojují. Jedná se o různorodou skupinu, která se pohybuje od jednoduchých sloučenin tvořených jedním aromatickým kruhem až po polymerní struktury. Dle zdroje [21] se rozlišují čtyři základní skupiny polyfenolů: fenolové kyseliny a jejich estery a glykosidy, flavonoidy, stilbeny a lignany.

3.1.3 Fenolové kyseliny

Fenolové kyseliny tvoří asi třetinu polyfenolických sloučenin ve stravě a nachází se hojně v ovoci s kyselou chutí. Rozlišují se dvě základní skupiny fenolových kyselin. Jedná se o deriváty odvozené od kyseliny skořicové (Obrázek 1) a deriváty kyseliny hydroxybenzoové (salicylové) (Obrázek 2) [21]. Podle zdroje [24] jsou v přírodě přítomné převážně vázané ve formě komplexních struktur se sacharidy nebo organickými kyselinami. Mezi deriváty kyseliny hydroxybenzoové nacházející se v jablku patří kyselina protokatechuová a gallová, která se vyskytuje ve formě hydrolyzovatelných taninů gallotaninu a elagitaninu. Hydrolyzovatelné taniny vznikají navázáním několika monomerních skupin kyseliny gallové esterifikací na sacharid. Jak uvádí zdroj [22] čtenější zastoupení v jablku mají deriváty kyseliny skořicové. V nativní formě se v rostlinách vyskytují z malé části ve volné formě, častěji jsou navázané na sacharidovou část nebo jsou esterově vázané např. s kyselinou vinnou, z těchto vázaných forem se uvolňují při mražení, sterilizaci nebo fermentaci. Jablko patří spolu s borůvkami, švestkami a třešněmi mezi ovoce s největším obsahem derivátů kyseliny skořicové, mezi které se řadí hlavně kyselina chlorogenová, kávová, kumarová a ferulová.



Obrázek 1: Kyselina skořicová

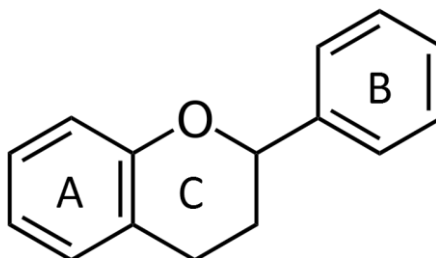


Obrázek 2: Kyselina hydroxybenzoová

Jak uvádí zdroj [22], fenolické látky se řadí mezi látky s vynikajícími antioxidačními vlastnostmi, tzn. látky se schopností vychytávat volné radikály, které významně snižují oxidační stres v těle. Antioxidační aktivita fenolových kyselin a jejich derivátů závisí na počtu a poloze hydroxylových skupin vázaných na aromatickém kruhu. Díky těmto vlastnostem jsou schopny člověka chránit před mnoha druhy onemocnění, např. před kardiovaskulárními chorobami nebo různými druhy nádorových onemocnění [22]. Některé kyseliny také brání oxidaci LDL (low density lipoproteins) cholesterolu, který je zodpovědný za usazování cholesterolu v subendoteliálním prostoru cév a snížení jejich pružnosti. Celý tento proces by představoval riziko vzniku aterosklerózy [27].

3.1.4 Flavonoidy

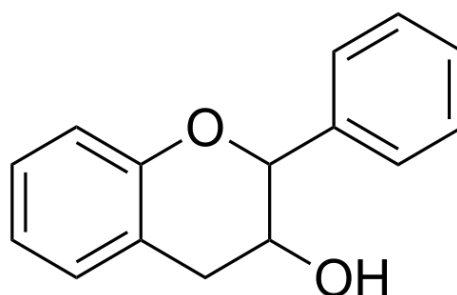
Jak uvádí zdroj [21], flavonoidy jsou nejhojněji vyskytované polyfenoly v lidské stravě a jejich základní struktura je tvořena dvěma aromatickými jádry, která jsou spojena tříuhlíkovým řetězcem, jedná se o uspořádání C6-C3-C6. U většiny flavonoidů je C3 řetězec součástí heterocyklického (pyranového) kruhu, tzn. že flavonoidy jsou odvozeny od kyslíkaté heterocyklické sloučeniny 2H-chromenu, který je v poloze C2 substituován fenylovou skupinou a nazývá se flavan (Obrázek 3). Je známo více než 4 000 druhů flavonoidů a mnohé z nich určují barvu květin, plodů a listů. Všechny tři kruhy bývají běžně substituovány hydroxylovými skupinami nebo methoxyskupinami a jednotlivé flavonoidy se podle [21] dělí do šesti podtříd podle stupně substituce a oxidace kyslíkového heterocyklu na: flavanoly, flavanony, flavony, flavonoly, isoflavonoidy a anthokyanidiny. Vyskytují se ve formě volných látek nebo častěji jako glykosidy. Do strukturně příbuzných sloučenin se řadí chalkony a dihydrochalkony.



Obrázek 3: Flavan

Flavanoly:

Základní strukturu flavanolů tvoří flavan, na který je v poloze C3 připojena hydroxylová skupina – flavan-3-ol (Obrázek 4). Flavonoly se vyskytují v monomerní, oligomerní nebo polymerní podobě. Jako příklad monomerních flavanolů lze uvést katechiny, v oligomerní a polymerní podobě jsou to proanthokyanidiny. Epikatechin a katechin jsou epimery, které se liší pouze prostorovou orientací hydroxylové skupiny v poloze C3. Proanthokyanidiny jsou známy rovněž pod názvem kondenzované taniny, mohou se vyskytovat jako dimery, oligomery i polymery katechinů spojených mezi uhlíky C4 a C8 (nebo C6) [21].

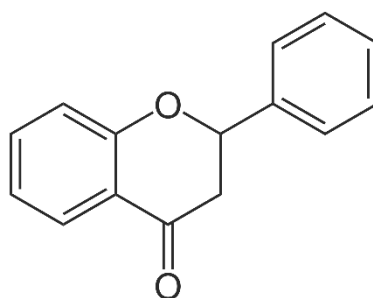


Obrázek 4: Flavan-3-ol

Flavanony:

Mohou se vyskytovat ve formě volných aglykonů i glykosidů. U flavanonů (Obrázek 5) je na flavan v pozici C4 připojen kyslík pomocí dvojné vazby (ketoskupina). Flavانونy jsou obvykle glykosylovány disacharidy neohesperidózou či rutinózou v poloze C7 [21].

Flavانونy jsou bezbarvé až světle žluté, v potravinách se vyskytují málo, ve větším se nachází množství pouze v citrusech, kde zodpovídají za typickou kyselou chuť [22].

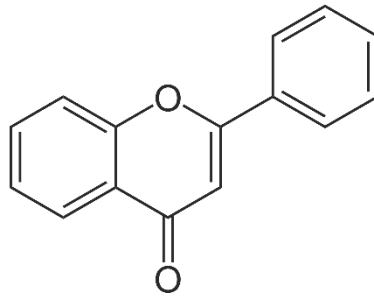


Obrázek 5: Flavanon

Flavony:

Flavony (Obrázek 6) mají mezi uhlíkem C2 a C3 dvojnou vazbu a v poloze C4 připojenou ketoskupinu [21].

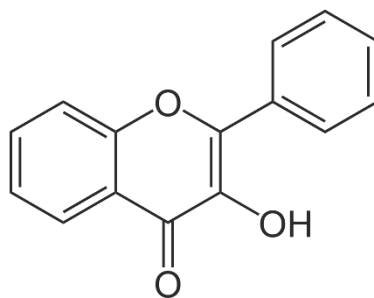
Mezi hlavní zástupce flavonů se řadí apigenin a luteolin, které se nachází v celeru, červených paprikách či petrželi a ve vyšším množství se podílí na barvě rostlinných tkání [22].



Obrázek 6: Flavon

Flavonoly:

Flavonoly (Obrázek 7) jsou podobné flavonům, navíc mají v pozici C3 připojenou hydroxylovou skupinu, mohou se vyskytovat ve formě glykosidů, cukernou složku u nich tvoří glukóza, rhamnóza, galaktóza, arabinóza, xylóza či kyselina glukuronová [21].



Obrázek 7: Flavonol

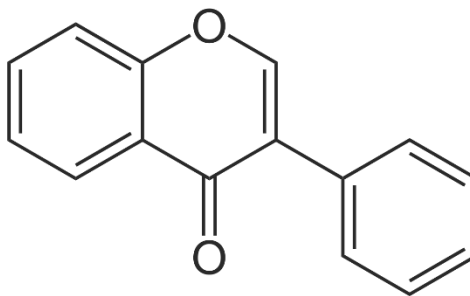
Hlavním zástupcem flavonolů vyskytujících se v jablku je kvercetin. Glykosid kvercetinu se nazývá rutin a jako cukernou složku obsahuje rutinózu (disacharid glukózy a rhamnózy). Mezi další zástupce této skupiny patří myricetin a kemferol.

Jak uvádí zdroj [28], obsah myricetinu v jablku je 20–40 mg/kg. Myricetin má velké množství funkcí, jedná se o velmi účinný antioxidant. Vykazuje protirakovinné, antidiabetické a protizánětlivé účinky, jeho účinek souvisí také s centrálním nervovým systémem, kdy četné studie poukazují na pozitivní vliv myricetinu při ochraně organismu proti Parkinsonově či Alzheimerově chorobě.

Isoflavonoidy:

U isoflavonoidů (Obrázek 8) je kruh B přemístěn z pozice C2 do pozice C3. Zahrnují tři hlavní molekuly – genistein, daidzein a glycitein [21].

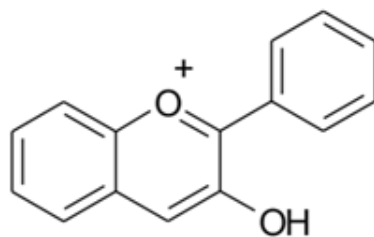
Mají velké množství účinků např. antioxidační či antibakteriální, vykazují však také účinky toxické a nachází se hlavně v luštěninách, především v sójových bobech.



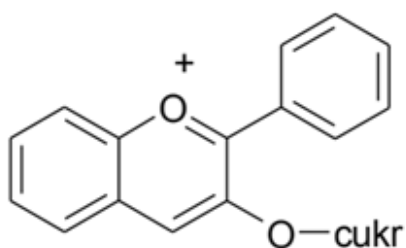
Obrázek 8: Isoflavonoid

Anthokyanidiny:

Anthokyanidiny (Obrázek 9) a anthokyaniny (Obrázek 10) svojí strukturou připomínají flavanoly, liší se pouze přítomností dvojně vazby na kruhu C a přítomností kladného náboje na atomu kyslíku heterocyklu. Vyskytují se jednak ve formě aglykonu – necukerné složky glykosidů (anthokyanidiny), další formou výskytu jsou glykosidy (anthokyaniny). V poloze C3 se nachází hydroxylová skupina, na kterou se v případě anthokyaninů váže glukóza pomocí glykosidové vazby. Tyto sloučeniny podléhají esterifikaci s organickými kyselinami (např. jablečnou či citronovou). Anthokyaniny jsou stabilizovány tvorbou komplexů s ostatními flavonoidy [21].



Obrázek 9: Anthokyanidin



Obrázek 10: Anthokyanin

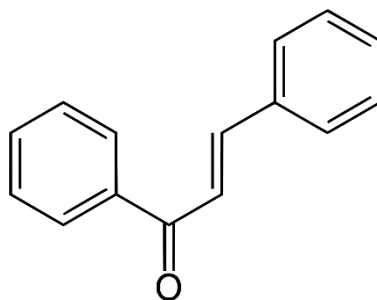
Jak uvádí [26], anthokyanidiny určují v rostlinách růžovou, červenou a modrou barvu. Existují i nebarevné formy, jejich barevnost závisí na hodnotě pH. Tato barviva izolovaná z přírodních zdrojů mají své uplatnění k barvení potravin. Tvoří komplexy se slinnými proteiny, a proto zodpovídají za trpkou chuť ovoce. Vyskytují se hlavně v borůvkách, vinné révě a v červeném ovoci společně s fenolovými kyselinami. V přírodě se nachází zejména v částech rostlin, které jsou vystaveny nejškodlivějším vnějším podmínkám, tedy hlavně v listech a stonku. Jejich vysoká koncentrace je také ve slupkách červeného ovoce. Mezi hlavní zástupce patří kyanidin a jeho glykosidy, peonidin, pelargonidin a petunidin.

Ovoce s obsahem anthokyanidinů se vyznačuje antioxidačními účinky, mezi pozitivní efekty konzumace se řadí např. zlepšení zraku, prevence rakoviny a zpomalení stárnutí [26].

Chalkony a dihydrochalkony:

Chalkony (Obrázek 11) mají otevřený kruh C, dvojnou vazbu mezi C2 a C3 a v poloze C4 je připojena ketoskupina [21]. Jsou významné především jako barviva květů rostlin, dřevin a semen luštěnin. Mezi významné chalkony patří např. butein nebo okanin. Dihydrochalkony

vznikají redukcí chalkonů, příkladem přírodních dihydrochalkonů je floretin. Jeho nejběžnějším glykosidem je floridzin. Jeho výskyt je omezen na jabloně, kde plní funkci inhibitoru klíčení semen.



Obrázek 11: Chalkon

3.1.5 Stilbeny

Stilbeny se v lidské stravě vyskytují poměrně málo, hlavním zástupcem je resveratrol nacházející se ve slupkách vinné révy a v červeném vínu. Většina stilbenů v rostlinách je syntetizována pouze jako reakce na infekci nebo jako ochrana proti plísním či UV záření [21].

3.1.6 Lignany

Jak uvádí [29], lignany vznikají oxidativní dimerizací dvou fenylypropanových jednotek spojených centrálními uhlíky jejich propanových bočních řetězců (v polohách C8 a C8'). Propojením dalších vazeb C-C a C-O, za spoluúčasti propanových částí molekuly v různém oxidačním stupni, vznikají různé strukturální typy a formy lignanů.

3.2 Karotenoidy

3.2.1 Základní charakteristika karotenoidů

Podle [30] jsou karotenoidy látky rozpustné v tucích vyskytující se v rostlinách. Nachází se v membránách obklopujících buňky a v jejich vnitřní části. V rostlinách fungují jako hormony, pigmenty, plní funkci ochrany před poškozením slunečními paprsky a pomáhají lákat hmyz pro oplození. Existuje přes 700 druhů různých druhů karotenoidů a jejich metabolitů,

více než 50 se jich vyskytuje v běžné stravě. Asi 10 % karotenoidů (hlavně α -karoteny, β -karoteny a γ -karoteny) se v těle přeměňují na vitamín A. Mezi známé karotenoidy patří např. lutein a zeaxantin řadící se do skupiny karotenů a alfa-karoten, beta-karoten, gama-karoten či lykopen spadající do skupiny zvané xantofyly.

3.2.2 Chemická struktura, dělení

Z chemického hlediska jsou karotenoidy oligomery isoprenu. Vlastní karotenoidy mají několik variant uhlíkového skeletu, mohou mít pouze ryze alifatický řetězec nebo řetězec zakončený jedním či dvěma cykly (pětičlenným nebo šestičlenným). Přítomnost dvojných vazeb molekuly umožňuje *cis-trans* isomerii. Většinou mají karotenoidy konfiguraci *trans*, konfigurace *cis* se vyskytuje pouze u dvojných vazeb bez substituce methyly. Karotenoidy se dále dělí na dvě základní skupiny, jsou to uhlovodíky zvané karoteny a kyslíkaté sloučeniny od nich odvozené – xantofyly. Obsažené kyslíkaté sloučeniny jsou omezeny pouze na hydroxyl, karbonyl, karboxyl a epoxidovou vazbu. Mimo karotenoidy s konjugovanými dvojnými vazbami existují také deriváty s trojnou vazbou a allenové sloučeniny (dieny, které mají kumulované dvojně vazby). Nejjednodušší karoten je acyklický uhlovodík lykopen, jehož izomerací a cyklizací lze postupně odvodit další typy karotenů [31].

Podle zdroje [33], antioxidační aktivita karotenoidů se odvíjí převážně od počtu konjugovaných dvojných vazeb v molekule, v menší míře antioxidační aktivitu ovlivňují koncové skupiny (zda je koncová cyklická či acyklická) nebo substituent na cyklické koncové skupině, z toho vyplývá, že nejúčinnějším antioxidantem je lykopen.

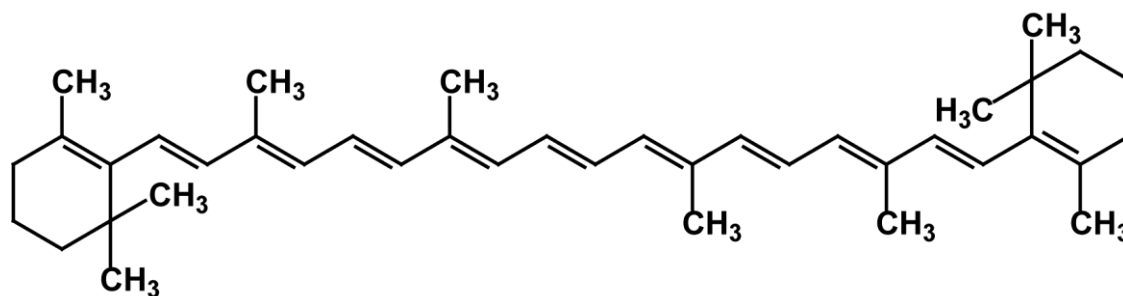
3.2.3 Účinky karotenoidů na organismus

Jak uvádí [33], karotenoidy mají řadu pozitivních vlastností na lidský organismus, podílí se na aktivitě vitamínu A, zvyšují aktivitu imunitního systému, tvoří ochranu kůže proti UV záření. Působí jako prevence kardiovaskulárních onemocnění, snižují riziko šedého zákalu a degenerace sítnice a mohou působit i jako ochrana proti nádorovým onemocněním.

3.2.4 β -karoten

Mezi nejvýznamnější karotenoidy se řadí β -karoten ze skupiny karotenů. β -karoten je přírodně se vyskytující provitamín A. V přírodních látkách je obvykle obsažen v kombinaci

s α -karotenem a γ -karotenem. Molekula β -karotenu (Obrázek 12) je složena ze dvou šestičlenných β -jonových kruhů spojených čtyřmi isoprenoidními jednotkami. Teoreticky tedy z jedné molekuly β -karotenu po rozštěpení vznikají dvě molekuly vitamínu A [32]. β -karoten inhibuje nežádoucí radikálové oxidační reakce tak, že reaguje s volnými radikály [33].

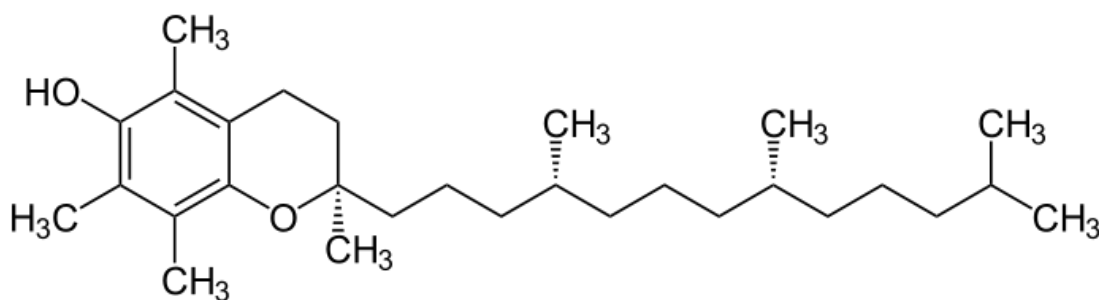


Obrázek 12: β -karoten

3.3 Tokoferoly

3.3.1 Chemická struktura, dělení

Tokoferoly (Obrázek 13) společně s tokotrienoly jsou základní sloučeniny vykazující aktivitu vitamínu E [18]. Jako tokoferoly jsou označovány formy vitamínu E odvozené od základní sloučeniny tokolu. Tokol je aktivní látka, která obsahuje chromanový cyklus s hydrofobním nasyceným isoprenoidním postranním řetězcem. Tokoferoly se vyskytují ve čtyřech formách, jako α , β , γ a δ tokoferoly [34].



Obrázek 13: α -tokoferol

3.3.2 Obsah tokoferolů a tokotrienolů v jablkách

Ve studii [37] byl stanoven obsah tokoferolů v oleji z jablečných semen. Studie uvádí, že jablko obsahuje všechny izomery (α , β , γ a δ) tokoferolů a α , γ tokotrienoly. Celkový obsah tokoferolů a tokotrienolů byl stanoven na 143,66 mg/100 g.

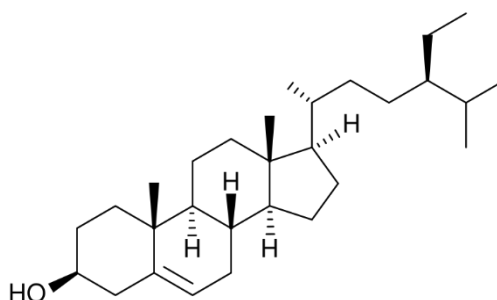
3.3.3 Účinky tokoferolů na organismus

Vitamín E je považován za jeden z neúčinnějších antioxidantů pro lidský organismus. Studie [35] poukazuje na jeho vliv při snížení rizika kardiovaskulárních onemocnění a také jeho účinek při prevenci nádorového bujení, zejména rakoviny prostaty. Jeho další význam spočívá podle zdroje [34] ve zpomalení stárnutí buněk organismu a při zvyšování počtu pohlavních buněk.

3.4 Fytosteroly

3.4.1 Chemická struktura, dělení

Jak uvádí [36], fytosteroly bývají též označovány jako rostlinné steroly, jedná se o přirozeně se vyskytující sloučeniny lipofilního charakteru. Vyskytují se v potravinách rostlinného původu jak ve formě volné, tak ve formě konjugátů (esterů nebo glykosidů). Fytosteroly nejsou tvořeny v lidském organismu. V současné době je známo přes 250 různých druhů fytosterolů a sloučenin jim podobným. Fytosteroly vykazují strukturální podobnost s molekulou cholesterolu, liší se pouze uspořádáním postranního řetězce na uhlíku C24. Většina fytosterolů obsahuje 27 až 29 atomů uhlíku a jednu až dvě dvojně vazby. Mezi významné zástupce fytosterolů patří β -sitosterol (Obrázek 14).



Obrázek 14: β -sitosterol

3.4.2 Obsah fytoosterolů v jablkách

Ve studii [37] bylo stanoveno množství fytoosterolů v oleji z jablečných semen. Při testování bylo v oleji zjištěno deset různých fytoosterolů. V oleji z jablečných semen bylo zjištěno množství fytoosterolů 3 460 $\mu\text{g/g}$. Majoritní složku fytoosterolů zde tvoří β -sitosterol, který byl stanoven v množství 2 630 $\mu\text{g/g}$. Dalšími prokázanými fytoosteroly byly např. kampesterol, avenasterol či stigmasterol.

3.4.3 Účinky fytoosterolů na organismus

Jak uvádí studie [38], nejvýznamnějším zástupcem fytoosterolů působícím v lidském těle je sitosterol, uplatňující se v metabolismu lipidů, který snižuje intestinální vstřebávání cholesterolu, čímž napomáhá udržení nízké hladiny celkového množství cholesterolu v periferní krvi. Sitosterol i ostatní fytoosteroly se vážou na micely tvořené ze žlučových kyselin a redukuje riziko vzniku vysokých hladin celkového a LDL cholesterolu v periferní krvi bez ovlivnění hladiny HDL (high density lipoproteins) cholesterolu, mají tedy preventivní působení proti kardiovaskulárním onemocněním. Fytoosteroly dále také vykazují protinádorovou aktivitu ve střevě, bylo prokázáno také snížení rizika rakoviny prsu, žaludku a vaječnicků.

3.4.4 Mechanismus snížení cholesterolu v krvi fytoosteroly

Podle [38] fytoosteroly omezují vstřebávání cholesterolu ze stravy a žluče v trávicím traktu, a tím je dosaženo jejich hypocholesterolemického efektu. Omezené vstřebávání je způsobeno tím, že estery rostlinných sterolů jsou v tenkém střevě rozloženy na volné formy fytoosterolů a mastné kyseliny. Druhý mechanismus uplatňující se při snižování hladiny cholesterolu v krvi je soupeření fytoosterolů s cholesterolem v tenkém střevě o vazebná místa v micelách. Soupeření je umožněno díky podobné struktuře obou molekul. Pro vstřebání volného cholesterolu ze žluče i střeva je nezbytné jeho vychytání micelami. Fytoosteroly se na micely vážou s mnohem vyšší afinitou než cholesterol, čímž ho vytlačí a obsadí vazebná místa. Fytoosteroly na rozdíl od cholesterolu micely pouze zablokují, ale nedokáží se z nich vstřebat. Dochází k vyloučení většího množství cholesterolu stolicí společně přijatými rostlinnými steroly.

4 NEJVÍCE ZASTOUPENÉ BIOAKTIVNÍ LÁTKY JABLEK

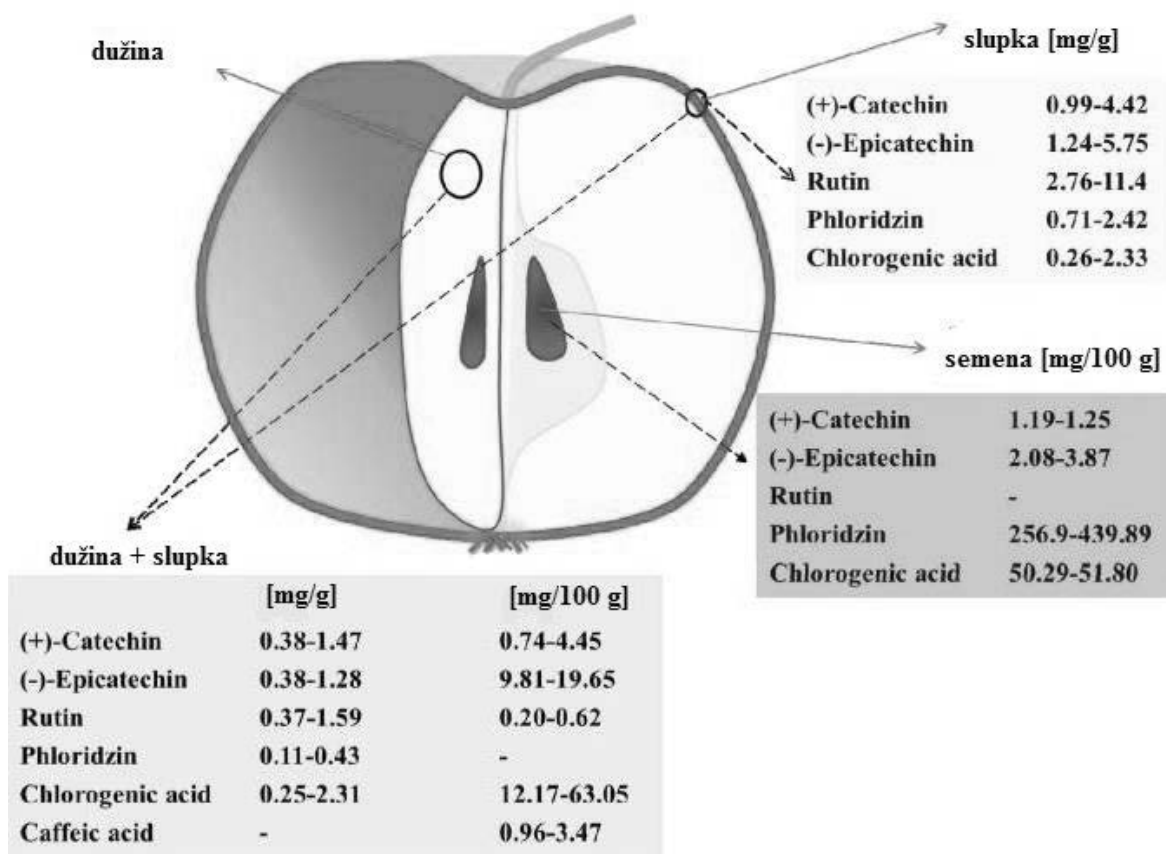
Ve studii [39] byl stanoven příspěvek jednotlivých bioaktivních látek k celkové antioxidační kapacitě jablek, byly v ní identifikovány a kvantifikovány hlavní bioaktivní látky a jejich příspěvek k celkové antioxidační aktivitě. Stanovení bylo provedeno u různých odrůd jablek se slupkou (Golden Delicious, Cortland, Monroe, Rhode Island Greening, Empire), hodnoty bioaktivních látek se u jednotlivých odrůd poměrně lišily. Výsledek testu byl dále vyjádřen jako ekvivalent antioxidační kapacity vitamínu C (VCEAC).

Uvedené hodnoty (Tabulka 1) jsou průměrné koncentrace ze všech stanovovaných odrůd jablek v mg/100 g čerstvého jablka a VCEAC:

Tabulka 1: Hodnoty bioaktivních látek v jablkách

| Bioaktivní látka | mg/100 g | VCEAC |
|-------------------------|-----------------|--------------|
| Glykosidy kvercetinu | 13,20 | 40,39 |
| Prokyanidin B2 | 9,35 | 22,07 |
| Kyselina chlorogenová | 9,02 | 8,75 |
| Epikatechin | 8,65 | 23,10 |
| Glykosidy floretinu | 5,59 | 9,11 |
| Vitamín C | 12,80 | 12,80 |

Glykosidy kvercetinu přispívající k celkové hodnotě byly arabinosidy, xylosidy, glukosidy, galaktosidy a rhamnosidy. U glykosidů floretinu to byly glukosidy a xyloglucosidy. Získané výsledky naznačují, že flavonoidy jako je kvercetin, epikatechin a prokyanidin B přispívají k celkové antioxidační kapacitě jablek více než vitamín C.



Obrázek 15: Zastoupení polyfenolických látek v různých částech jablka [40]

Studie [40] porovnávala rozdíly v koncentraci bioaktivních látek ve slupce, dužnině a semenech jablka. Jak znázorňuje (Obrázek 15), studie dokazují, že nejvíce bohaté na bioaktivní látky jsou slupky a semena jablek. Semena představují malou část hmotnosti jablka a obvykle nebývají konzumovány, mohou ovšem být významným zdrojem polyfenolických látek.

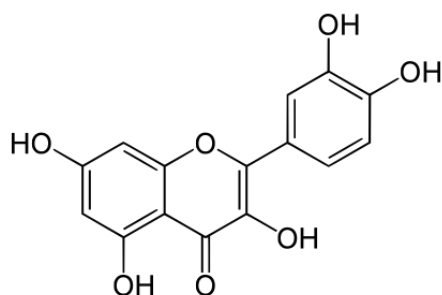
4.1 Kvercetin a jeho glykosidy

4.1.1 Struktura

Kvercetin (Obrázek 16) je flavonoid řadící se do skupiny flavonolů, které na základní flavanové struktuře mají dvojnou vazbu mezi uhlíky C2 a C3, na uhlíku C3 je navázána hydroxylová skupina a na uhlíku C4 je ketoskupina. Nejdůležitější glykosid kvercetinu se nazývá rutin a jako cukernou složku obsahuje rutinózu (disacharid glukózy a rhamnózy) [21].

Jak uvádí studie [39], kvercetin a jeho glykosidy jsou z bioaktivních látek v jablku zastoupeny v největší míře, jejich množství bylo stanoveno na 13,20 mg/100 g čerstvého jablka.

Kromě jablka se kvercetin nachází např. v cibuli a rajčatech. Stanovením obsahu kvercetinu v cibuli a rajčatech se zabývala studie [41], podle které byl obsah kvercetinu v cherry rajčatech stanoven na 1,7–20,3 mg/100 g čerstvé hmotnosti, u cibule se stanovená koncentrace pohybovala v rozmezí 18,5–63,4 mg/100 g čerstvé hmotnosti, v cibuli je tedy vyšší obsah kvercetinu než v jablku.



Obrázek 16: Kvercetin

4.1.2 Účinky kvercetinu a jeho glykosidů na lidské zdraví

Studie [42] se zabývala přínosem fytochemikálií na lidské zdraví. Z uvedené studie vyplývá, že kvercetin je silný antioxidant chránící proti nádorovému bujení, reguluje expresi mutantního genu v buňkách rakoviny prsu, inhibuje také proliferaci buněk v buněčných liniích karcinomu tlustého střeva. Studie se zmiňuje také o účincích kvercetinu na leukemické buňky, které jsou jeho působením inhibovány. Kvercetin má podle uvedené studie rovněž vliv na inhibici agregace krevních destiček, mobilizaci vápníku a fosforylaci tyrosinových proteinů v nich, tato modulace aktivity krevních destiček by měla pomoci předcházet kardiovaskulárním onemocněním.

Účinky kvercetinu na lidské zdraví se zabývala rovněž studie [43], která také uvádí, že kvercetin je velmi účinný antioxidant se schopností vychytávat volné radikály a vázat ionty přechodných kovů. Tyto vlastnosti umožňují kvercetinu schopnost inhibovat peroxidaci lipidů, což je proces, při kterém jsou nenasycené mastné kyseliny poškozovány volnými radikály. Vychytávání volných radikálů může také pomoci snížit zánět, protože volné radikály mohou aktivovat faktory, které vytváří prozánětlivě působící cytokiny, které jsou často zvýšené u pacientů

trpících chronickým zánětlivým onemocněním. Studie taktéž uvádí pozitivní účinky kvercetinu při ochraně proti kardiovaskulárním a neurodegenerativním onemocněním.

Studie [44] zabývající se kvercetinem a jeho působením při alergické reakci uvádí, že kvercetin stimuluje imunitní systém, má antivirovou aktivitu, inhibuje uvolňování histaminu žírnými buňkami, působí pokles prozánětlivých cytokinů a potlačuje interleukin 4. Všechny uvedené mechanismy působení přispívají k protizánětlivým a imunomodulačním vlastnostem kvercetinu, které mohou být použity při léčbě alergických reakcí.

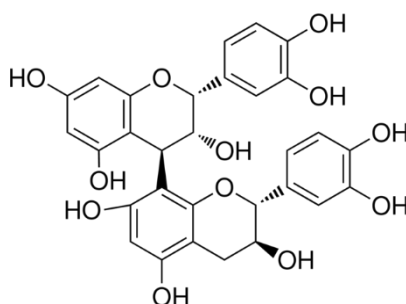
4.2 Prokyanidin B2

4.2.1 Struktura

Prokyanidin B2 (Obrázek 17) je flavonoid ze skupiny flavanolů, ty mají na základní flavanové struktuře v poloze C3 navázanou hydroxylovou skupinu. Flavanolů vyskytujících se v oligomerní a polymerní podobě jsou označovány jako proanthokyanidiny, mezi ně se řadí prokyanidiny. Prokyanidin B2 je dimer tvořený dvěma molekulami epikatechinu spojených uhlíky C4 a C8, jedná se o látku prakticky nerozpustnou ve vodě a o velmi slabě kyselou sloučeninu [21].

Jak uvádí studie [39], prokyanidin B2 tvoří značnou část bioaktivních látek v jablku, jeho množství je 9,35 mg/100 g čerstvého jablka.

Prokyanidin B2 se kromě jablka objevuje např. v liči, stanovením jeho obsahu se zabývala studie [45], která uvádí, že v liči je obsaženo 12,25 mg/100 g čerstvé hmotnosti, tedy množství zhruba srovnatelné s obsahem v jablku.



Obrázek 17: Prokyanidin B2

4.2.2 Účinky prokyanidinu B2 na lidské zdraví

Studie [46] zabývající se biologickými účinky proanthokyanidinů uvádí, že prokyanidin B2 je účinný antioxidant poskytující ochranu buněk před oxidačním poškozením volnými radikály.

Studie [42] a [46] popisují antioxidační vliv prokyanidinu na inhibici chemicky indikované oxidace LDL, která může být příčinou vzniku aterosklerózy.

Zdroj [47] uvádí pozitivní výsledky prokyanidinu B2 na podporu růstu vlasů tím, že reguluje aktivní a klidovou fázi růstu vlasů.

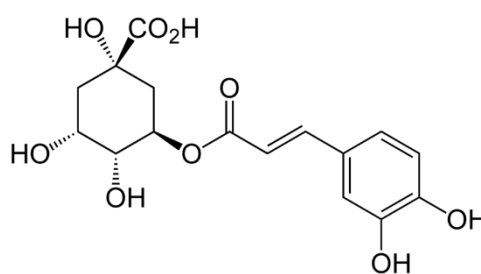
4.3 Kyselina chlorogenová

4.3.1 Struktura

Kyselina chlorogenová (Obrázek 18) patří do skupiny fenolových kyselin, jedná se o ester tvořený kyselinou kávovou a kyselinou chinovou navázanou přes 3-hydroxyl [21].

Jak uvádí studie [39], kyselina chlorogenová tvoří značnou část bioaktivních látek v jablku. Její množství je 9,02 mg/100 g čerstvého jablka. Studie [42] uvádí, že kyselina chlorogenová je na rozdíl od ostatních bioaktivních látek obsažena ve větší míře v dužině než ve slupce jablka.

Mimo jablka se kyselina chlorogenová vyskytuje zejména v kávových zrnech. Jak uvádí [48], zelené kávové zrno obsahuje 6 877 mg/100 g sušiny kyseliny chlorogenové u kávy Arabica. Tohle množství velmi klesá při pražení až na množství 242 mg/100 g. Množství kyseliny chlorogenové v kávě je mnohonásobně vyšší než v jablku.



Obrázek 18: Kyselina chlorogenová

4.3.2 Účinky kyseliny chlorogenové na lidské zdraví

Studie [42] zabývající se bioaktivními látkami v jablku a jejich pozitivním dopadem na lidské zdraví uvádí, že kyselina chlorogenová má velmi vysokou aktivitu vychytávání peroxylových radikálů (ROO•), které mohou zvyšovat riziko vzniku a rozvoje nádorů, kyselina chlorogenová tedy přispívá k ochrannému účinku jablek proti nádorovým onemocněním.

Zdroj [48] uvádí, že kyselina chlorogenová je důležitým meziproduktem při biosyntéze ligninu, který také působí jako antioxidant. Kyselina chlorogenová může působit rovněž jako inhibitor aktivity nádorového bujení. Mezi její účinky patří také snižování hladiny cholesterolu v krvi alkoholiků stimulací sekrece žlučových kyselin.

4.4 Epikatechin

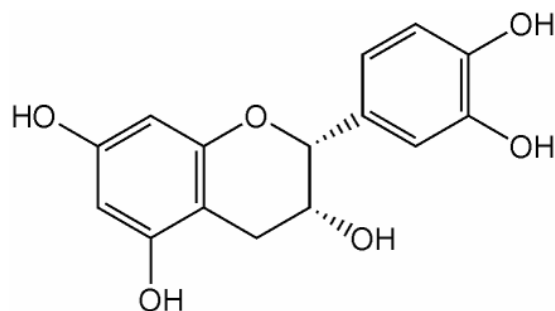
4.4.1 Struktura

Epikatechin (Obrázek 19) je flavonoid ze skupiny monomerních flavanolů, které mají na základní flavanové struktuře v poloze C3 navázanou hydroxylovou skupinu. Epikatechin a katechin jsou epimery lišící se prostorovou orientací hydroxylové skupiny na uhlíku C3. Rozlišují se dvě formy (stereoisomery) epikatechinu a to (+)-epikatechin a (-)-epikatechin [21].

Ve studii [42] je popisována absorpce katechinu a epikatechinu epiteliálními buňkami tenkého střeva. Epikatechin na rozdíl od kvercetinu není glukuronidován játry, tenkým ani tlustým stěvem. Jaterní a střevní tkáň obsahuje UDP-glukuronosyltransferasu (UGT), která se podílí na glukuronidaci ostatních flavonoidů. Hlavní metabolickou cestou epikatechinu je sulfatace játry a intestinálními cytosoly.

Jak uvádí studie [39], epikatechin tvoří značnou část bioaktivních látek v jablku, jeho množství je 8,65 mg/100 g čerstvého jablka.

Epikatechin se hojně nachází také v kakaových bobech. Studie [49] uvádí, že množství epikatechinu v kakaových bobech se pohybuje v rozmezí 21,89–43,27 mg/g suchého odtučněného vzorku.



Obrázek 19: Epikatechin

4.4.2 Účinky epikatechinu a katechinu na lidské zdraví

Studie [42] zabývající se výhodami bioaktivních látek na zdraví uvádí, že katechin a epikatechin mají silnou antioxidační aktivitu, *in vitro* bylo zjištěno, že inhibují oxidaci LDL. Stejná studie též uvádí vliv katechinu na inhibici tvorby a nástupu růstu střevních nádorů u myši.

Flavonoidy a jejich biologickým působením se zabýval rovněž článek [50], který uvádí, že epikatechin může snižovat krevní tlak, bránit zhoršení funkce cév a chránit před oxidačním stresem v cévách. Ve článku se rovněž zmiňují účinky epikatechinu proti zánětu a různým onemocněním, kdy jeho antioxidační aktivita napomáhá snížení produkce superoxidového anionu.

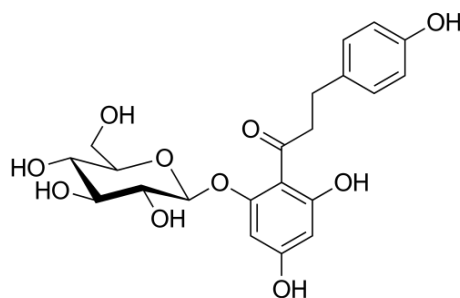
4.5 Glykosidy floretinu

4.5.1 Struktura

Floretin patří mezi polyfenolové sloučeniny příbuzné s flavonoidy, konkrétně mezi dihydrochalkony vyznačující se otevřeným C kruhem a ketoskupinou připojenou na uhlíku C4. Nejvýznamnějším glykosidem floretinu je glukosid floridzin (Obrázek 20) [21].

Ve studii [42] je uvedeno, že podobně jako glykosidy kvercetinu, je floridzin hydrolyzován před absorpcí a metabolismem pomocí enzymu laktasa-floridzin hydrolasa (LPH), který je přítomen v kartáčovém lemu buněk tenkého střeva a vzniká z něj jeho aglykon floretin.

Jak uvádí studie [39], floretin a jeho glykosidy byly v jablku stanoveny v množství 5,59 mg/100 g čerstvého jablka.



Obrázek 20: Floridzin

4.5.2 Účinky floretinu a floridzinu na lidské zdraví

Jak uvádí studie [42], floridzin je specifickým a kompetitivním inhibítozem SGLT-1 (sodium glucose transporter). Bylo zjištěno, že floridzin je pomocí SGLT-1 také transportován. SGLT-1 se nachází v enterocytech a v buňkách proximálního tubulu ledvin, kde se glukóza vstřebává z lumen sekundárně aktivním transportem, její přenos zajišťuje kotransport se sodnými ionty. Molekuly glukózy jsou proti svému koncentračnímu gradientu do buňky, energii poskytují sodné ionty procházející do buňky po svém koncentračním gradientu.

Studie [51] zabývající se biologickou dostupností floretinu a floridzinu rovněž uvádí, že floridzin má schopnost blokovat vstřebávání glukózy pomocí SGLT-1 a floretin inhibuje také GLUT-2, což je glukózový transportér umožňující přestup glukózy z proximálního tubulu ledvin a enterocytů do krve. Oba tyto mechanismy mohou omezit střevní absorpci glukózy.

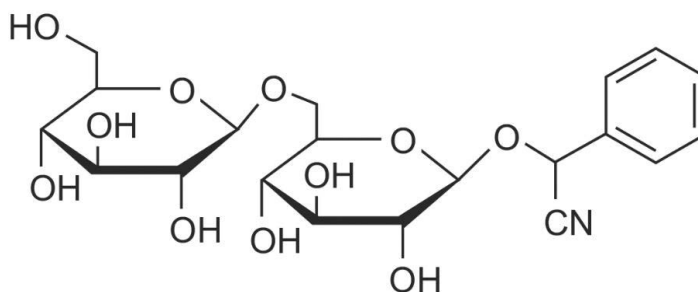
Stejná studie [51] popisuje, že vlastnosti floretinu a floridzinu byly zkoumány *in vivo* na diabetických potkanech, kdy byla jejich plazmatická koncentrace glukózy normalizována léčbou floridzinem, ke snížení hyperglykémii došlo díky zvýšení glykosurie reakcí floretinu s GLUT-2 v ledvinách, což vedlo ke zvýšení vylučování glukózy močí v důsledku omezení její reabsorpce.

Výše zmíněná studie [51] uvádí, že biologická dostupnost je v případě podání floretinu a floridzinu velmi podobná, což se odráží v nepřítomnosti významných rozdílů ve vylučované moči po dobu 24 hodin. Jejich plazmatická kinetika se ovšem lišila, floretin se objevoval rychleji v plazmě při podání obou látek potkanům, je tedy rychleji absorbován v tenkém střevě. Po 24 hodinách se floretin ani floridzin téměř nevyskytují v plazmě, což naznačuje jejich účinnou eliminaci močí.

4.6 Amygdalin

4.6.1 Struktura

Mezi další významné látky vyskytující se v jablku patří amygdalin. Jak uvádí [52], amygdalin (Obrázek 21) je kyanogenní glykosid, který byl původně izolovaný z jader hořkých mandlí. Cukernou složku molekuly amygdalinu tvoří disacharid β -gentibióza (tvořený ze dvou molekul glukózy) a aglykon molekuly tvoří nitril kyseliny mandlové (mandelonitril; benzaldehydkyanhydrin).



Obrázek 21: Amygdalin

Studie [53] zabývající se stanovením množství amygdalinu v semenech jablek, čerstvých jablek a zpracovaných jablečných šťáv uvádí, že se průměrný obsah amygdalinu v semenech z patnácti různých odrůd pohyboval v rozmezí 1–4 mg/g, obsah amygdalinu ve zpracovaných šťávách byl nižší, u lisované jablečné šťávy to bylo rozmezí 0,01–1 mg/ml, u džusů s dlouhou trvanlivostí byl obsah pouze 0,001–0,007 mg/ml.

Mezi další zástupce s významnějším obsahem amygdalinu se řadí mandle a meruňková jádra. Stanovením obsahu amygdalinu v mandlích se zabývala studie [54], ve které byl stanoven obsah amygdalinu ve 20 druzích mandlí různé hořkosti. Průměrná koncentrace amygdalinu ve sladkých mandlích byla stanovena na 0,063 mg/g, v polohořkých mandlích na 0,992 mg/g a u hořkých mandlí na 40,060 mg/g. Studie [55] se zabývala stanovením množství amygdalinu v 13 různých druzích meruňkových jader a byl stanoven průměrný obsah, který byl v případě sladkých jader 0,16 mg/g a u hořkých jader 26 mg/g.

Srovnáním uvedených studií lze říci, že hořké mandle a jádra hořkých meruněk mají mnohonásobně vyšší obsah amygdalinu než semena jablka.

4.6.2 Účinky amygdalinu na lidské zdraví

Četné studie uvádí protinádorové účinky amygdalinu. Nejznámější mechanismus účinku amygdalinu na nádorové buňky uvádí zdroj [56]. Dle tohoto zdroje je amygdalin v prvním kroku aktivován enzymem amygdalinasou (β -D-glukosidasou) a dochází k hydrolýze za vzniku glukózy a prunasinu. V následujícím kroku dochází k odštěpení druhé molekuly glukózy enzymem prunasou (prunasin β -glukosidasou) za vzniku mandelonitrilu. Další štěpení probíhá spontánně nebo pomocí sekundárních enzymů (hydroxynitrilasa), při něm se mandelonitril rozštěpí na benzaldehyd a kyanovodík. Tělo si v malém množství umí s kyanidy poradit samo např. působením látek s obsahem síry (např. cystein, methionin). Dochází k oxidaci kyanidů na kyanáty reakcí s mitochondriálním jaterním enzymem rhodanasou, kyanáty se vážou s kolující sírou a mění se na netoxické thiokyanáty, které jsou vylučovány močí. U rakovinných buněk je koncentrace enzymu rhodanázy nižší, proto by mělo vlivem kyanovodíku docházet k buněčné smrti.

Jak uvádí zdroj [57], konzumace vysokých dávek amygdalinu s sebou přináší také rizika, protože se po požití přeměňuje na kyanid, což je látka s vysokou akutní toxicitou, která může způsobit otravu až smrt. Jako letální dávka se uvádí množství 0,5–3,5 mg/kg tělesné hmotnosti.

5 SOUHRN ZDRAVOTNÍCH PŘÍNOSŮ BIOAKTIVNÍCH LÁTEK JABLEK

5.1 Antioxidační aktivita

Jak uvádí zdroj [22], bioaktivní látky jablek jsou látky s vynikajícími antioxidačními vlastnostmi, tzn. látky se schopností vychytávat volné radikály, které významně snižují oxidační stres v těle. Oxidační stres může vznikat v důsledku zvýšené tvorby oxidujících látek, snížení antioxidační ochrany nebo chybné opravy oxidačního poškození. Volný radikál je z chemického hlediska jakákoliv molekula, atom nebo ion obsahující nepárové elektrony. Mezi volné radikály se řadí reaktivní formy kyslíku (reactive oxygen species – ROS), mezi které patří např. hydroxylový radikál, superoxid, peroxy a peroxid vodíku, a reaktivní formy dusíku (reactive nitrogen species – RNS), např. oxid dusnatý nebo dusičitý, které mohou způsobit oxidační poškození DNA, lipidů a bílkovin a mohou být příčinou vzniku různých onemocnění, např. Alzheimerovy choroby, diabetu či aterosklerózy [58].

5.2 Protinádorová aktivita

Studie [59] uvádí, že vliv polyfenolů na lidské nádorové buněčné linie je nejčastěji ochranný a indukuje snížení počtu nádorů nebo jejich růstu. Bylo zjištěno několik mechanismů polyfenolů proti nádorovému bujení, které zahrnují např. antiproliferační aktivitu, indukci zastavení buněčného cyklu nebo apoptózu, prevenci oxidace, regulaci imunitního systému hostitele a protizánětlivou aktivitu.

Studie [42] zabývající se jablky a jejich vlivem na lidské zdraví, popisuje vliv spotřeby jablek na snížení rizika rakoviny, zejména rakoviny plic. Studie se zúčastnilo více než 77 000 žen a 47 000 mužů. Ženy, které konzumovaly minimálně jednu porci jablek a hrušek denně, měly snížené riziko rakoviny plic. U zúčastněných mužů nebyla pozorována žádná souvislost mezi příjmem jablek a rizikem rakoviny plic.

V kontrolní studii [42] bylo zjištěno, že příjem jablek a cibule byl spojen se snížením rakoviny plic u mužů i žen. Testování se zúčastnilo 582 pacientů s rakovinou plic a stejné množství lidí bez rakoviny plic. Testovaní, kteří konzumovali nejvyšší příjem jablek a cibule měli v porovnání s těmi, kteří těchto plodů konzumovali nejnižší množství o 40–50 % sníženo riziko rakoviny plic. Snížené riziko rakoviny plic bylo pozorováno jak u mužů, tak u žen.

Studie [60] zabývající se flavonoidy a rizikem rakoviny plic se zúčastnilo téměř 10 000 mužů a žen, jejichž denní příjem flavonoidů činil asi 4,0 mg a 95 % z tohoto množství tvořil kvercetin pocházející zejména z jablek a cibule. Bylo prokázáno snížené riziko vzniku rakoviny plic související se zvýšenou spotřebou flavonoidů, a to hlavně u mladších lidí a nekuřáků.

5.3 Antiproliferační aktivita

Jak uvádí [42], v několika studiích bylo prokázáno, že jablka mají antiproliferační aktivitu. Po použití výtažků z jablka na rakovinné buňky kolorektálního karcinomu byla buněčná proliferace inhibována v závislosti na použité dávce a dosahovala maximální inhibice 43 % v dávce 50 mg/ml. Stejný účinek byl pozorován u hepatocelulárních buněk s maximální inhibicí dosahující 57 % při dávce 50 mg/ml. Jablka měla celkově třetí nejvyšší antiproliferační aktivitu ve srovnání s jedenácti dalšími běžně konzumovanými plody. Významně vyšší antiproliferační aktivitu než celá jablka, mají jablečné slupky, nejnižší antiproliferační aktivitu má samotná jablečná dužina.

5.4 Vliv na kardiovaskulární onemocnění

Ve studii [61] je popisováno, že přidání jablečných fenolických látek do lidského séra snížilo oxidaci LDL. Ochranné účinky jablek na oxidaci LDL dosáhly svého maxima tři hodiny po konzumaci jablek a vrátily se k výchozím hodnotám po 24 hodinách. Oxidované LDL částice jsou silně aterogenní molekuly podporující vznik a vývoj aterosklerózy. Ateroskleróza je chronické zánětlivé onemocnění, které se rozvíjí v oblasti středně velkých tepen. Dochází k hromadění tukové a pojivové tkáně do stěny tepny a vzniku lézí, a postupně ke ztížení a zpomalení průtoku krve těmito tepnami. Ateroskleróza může mít za následek řadu velmi vážných patologických stavů jako je např. infarkt myokardu, cévní mozková příhoda a ischemická choroba dolních končetin [21].

Studie [64] uvádí, že dalšími mechanismy, kterými mohou polyfenoly chránit organismus proti kardiovaskulárním onemocněním jsou antioxidanty, protilátky proti trombocytům, protizánětlivé účinky, zvýšení hladiny HDL a zlepšení endoteliální funkce.

5.5 Účinky snižující hladinu cholesterolu

Studie [62] uvádí, že některé z ochranných účinků jablka proti kardiovaskulárním chorobám mohou pocházet z jeho potenciální schopnosti snižovat hladinu cholesterolu v krvi. V této studii bylo zjištěno, že při podávání cholesterolu společně s lyofilizovanými jablky krysám, došlo k významnému poklesu hladiny celkového cholesterolu v plazmě a játrech a ke zvýšení hladiny HDL. Dále bylo zjištěno, že jablka mohou snížit absorpci cholesterolu a zvýšit tak jeho vylučování stolicí.

Další studie [63] uvádí podobný účinek snižující hladinu cholesterolu, který byl pozorován u potkanů krmených cholesterolem a zároveň jablky, hruškami a broskvemi. Z uvedených druhů ovoce měla jablka největší vliv na snížení hladiny cholesterolu.

5.6 Antidiabetický účinek

Diabetes mellitus je chronické onemocnění projevující se zvýšenou hladinou glukózy v krvi. Diabetes může mít vliv na rozvoj dalších zdravotních komplikací jako je např. retinopatie, která postihuje oční sítnici a může vést až k oslepnutí; nefropatie, při které dochází ke změně nebo porušení renálních funkcí a neuropatie, která je spojena s rizikem amputace dolní končetiny a vředů na nohou [21]. Studie [51] uvádí, že polyfenoly mohou ovlivnit glykémii různými mechanismy, např. inhibicí absorpce glukózy ve střevu nebo omezením její reabsorpce v ledvinách.

5.7 Vliv na neurodegenerativní onemocnění

Studie [21] uvádí, že vzhledem k vysoké antioxidační aktivitě polyfenolů může jejich konzumace poskytnout ochranu proti neurodegenerativním onemocněním, mezi které patří např. Alzheimerova a Parkinsonova choroba. U těchto onemocnění je důležitým faktorem podílejícím se na jejich vzniku oxidační stres a poškození makromolekul v mozku.

5.8 Vliv na onemocnění dýchacích cest

Studie [65] se zabývala vztahem mezi příjmem katechinu, flavonolů a flavonů a výskytem chronické obstrukční plicní nemoci (CHOPN) po dobu 4 let u téměř 14 000 dospělých

osob. Hlavními zdroji přijímaných polyfenolů byl hlavně čaj a jablka. Studie naznačuje příznivý účinek vysokého příjmu katechinů na výskyt CHOPN. Nezávisle na příjmu polyfenolů byl výskyt CHOPN silně spojen s kouřením.

Studie [66] porovnávala vztah mezi příjmem potravin u více než 1 200 žen v těhotenství a mírou astmatu a sípání u dětí. Výsledky studie dokazují, že jablka jsou jedinou potravinou spojenou se sníženým rizikem astmatu a sípání u dětí. Při astmatu dýchací cesty reagují na podráždění zúžením nebo obstrukcí, což způsobí ztížení pohybu vzduchu a dochází k příznakům jako je sípání, kašláním nebo dušnost. Děti matek, které konzumovaly jablka více než čtyřikrát týdně měly nižší riziko sípání a astmatu než ty, jejichž matky konzumovaly jablka jednou týdně nebo vůbec.

5.9 Vliv na kvalitu sexuálního života

Studie [67] se zabývala vlivem spotřeby jablek na kvalitu sexuálního života u mladých italských žen. Studie se zúčastnilo 731 žen ve věku od 18 do 43 let. Účastnice vyplnily dotazník týkající se ženských sexuálních funkcí, nahlásily denní spotřebu jablek a běžné stravovací návyky. Poté byly rozděleny do dvou skupin podle toho, zda denně konzumovaly jablka (A) či nikoliv (B). Hlavním výsledným ukazatelem byl výsledek testu, ukázalo se, že ženy ze skupiny A, které konzumovaly jedno nebo více jablek denně, dosáhly v dotazníku lepšího skóre. Studie tedy naznačuje potenciální vztah mezi běžnou denní spotřebou jablek a lepší sexualitou u mladších žen.

ZÁVĚR

Tato práce byla zaměřena na problematiku bioaktivních látek vyskytujících se v jablkách, hlavně na látky ovlivňující lidské zdraví.

Jablka obsahují celou řadu bioaktivních látek. Mezi nejvýznamnější flavonoidy obsažené v jablku patří kvercetin a jeho glykosid rutin, významné zejména v souvislosti s jejich imunomodulačními a protizánětlivými účinky a důležité také při ochraně organismu proti kardiovaskulárním a neurodegenerativním onemocněním. Další flavonoidy v jablku jsou prokyanidin B2, epikatechin a katechin, důležité především díky jejich schopnosti inhibovat LDL a tím snižovat riziko vzniku aterosklerózy. Další významně obsaženou látkou v jablku je kyselina chlorogenová, která přispívá k ochraně organismu proti nádorovým onemocněním. V jablku je obsažen také kyanogenní glykosid amygdalin známý pro svoje protirakovinné účinky. V kůře, listech a plodech jabloně se významně vyskytuje také dihydrochalkon floretin a jeho glukosid floridzin, které mají podle výsledku mnoha studií vliv na snižování hladiny glukózy v krvi.

Obsah bioaktivních látek v jablkách závisí na více faktorech, např. na odrůdě a skladování. Rozdíly v koncentracích se vyskytují také mezi dužinou, slupkou a semeny.

Souhrmně lze říci, že výsledky mnoha studií naznačují, že konzumace stravy s vysokým obsahem bioaktivních látek z jablek, resp. z různých druhů ovoce a zeleniny, může snížit riziko různých chronických onemocnění. Studie spojují konzumaci jablek se sníženým rizikem vzniku některých typů rakoviny, kardiovaskulárních chorob, astmatu a diabetu. Laboratorně byla několika studiemi zjištěna silná antioxidační aktivita jablek, která může pomoci inhibovat proliferaci rakovinných buněk, snižovat oxidaci lipidů a snižovat hladinu cholesterolu.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] AGRIS: Spotřeba ovoce roste, letos ji možná zbrzdí vysoké ceny jablek [online]. AGRIS 2000-2018 [2018-05-12]. Dostupné z: http://www.agris.cz/zemedelstvi/spotreba-ovoce-roste-letos-ji-mozna-zabrzdi-vysoke-ceny-jablek?id_a=198879
- [2] EAGRI: Sklizně ovoce z plodných produkčních sadů v tunách [online]. 2009-2018 Ministerstvo zemědělství [2018-05-12]. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/570720/Vy-sledky_sklizni_dle_odrud_skutec-nost_2007_2008_2009_2010_2011_2012_2013_2014_2015_2016_a_2017.pdf
- [3] EAGRI: Situační a výhledová zpráva ovoce [online]. 2009-2018 Ministerstvo zemědělství [2018-05-12]. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/569075/SVZ_Ovoce_12_2017.pdf
- [4] DVOŘÁK, Antonín. *Atlas odrůd ovoce*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1978.
- [5] VSÚO: Druhy a odrůdy ovocných plodin [online]. 2015-2018 Výzkumný a šlechtitelský ústav ovocnářský Holovousy s.r.o. [2018-05-12]. Dostupné z: www.vsuo.cz/common/cms_files_pr/files_to_download/A23_Druhy_a_odrudy_ovocnych_plodin.pdf
- [6] VŠCHT: Ovoce, zelenina a výrobky z nich [online]. VŠCHT Praha [2018-05-12]. Dostupné z: https://web.vscht.cz/~koplikr/4_Ovoce_a_zelenina.pdf
- [7] KOPEC, K. Zahradnické produkty ve výživě člověka. *Potravinářská revue*, 2006, 1: 11-18.
- [8] BLAŽEK, Jan, et al. *Ovocnictví. 1. vyd. Praha: Květ, 1998. 383 s. ISBN 80-853-6233-3.*
- [9] SMOCK, Robert Mumford; NEUBERT, Alfred Max. *Apples and apple products*. Interscience Publishers Inc.; New York, 1950.
- [10] CEREVITINOV, F. V. *Chemické složení a fyzikální vlastnosti ovoce a zeleniny*. Praha: Průmyslové vydavatelství, 1952.

- [11] SZSMERH: Kapitola 10 Vnitřní prostředí [online]. SZŠ a VOŠZ Brno [2018-05-12]. Dostupné z: http://www.szsmersh.cz/elm3/pluginfile.php/10075/mod_resource/content/7/Kapitola%2010%20Vnit%C5%99n%C3%AD%20prost%C5%99ed%C3%AD_2017.pdf
- [12] BEZPEČNOST POTRAVIN: Sacharidy [online]. 2012 [2018-05-12]. Dostupné z: <http://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/76806.aspx>
- [13] HRABĚ, Jan; BUŇKA, František; HOZA, Ignác. *Technologie výroby potravin rostlinného původu: pro kombinované studium*. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2007.
- [14] BLAHUŠKOVÁ, Kamila. Vlákna a její vliv na lidský organismus. Zlín, 2012. 26 s. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická. Vedoucí práce Ing. Ladislava Mišurcová, Ph.D.
- [15] CHANG Y. Lee. *Common Nutrients and Nutraceutical Quality of Apples*. Department of Food Science. 2012; 20(3).
- [16] KLINICKÁ FARMAKOLOGIE: Vitamín C [online]. 2011-2018 Solen s.r.o. [2018-05-12]. Dostupné z: <https://www.klinickafarmakologie.cz/pdfs/far/2005/01/11.pdf>
- [17] INTERNÍ MEDICÍNA PRO PRAXI: Vitamíny a jejich funkce v organismu [online]. 2011-2018 Solen s.r.o. [2018-05-12]. Dostupné z: <https://www.internimedici-cina.cz/pdfs/int/2011/12/02.pdf>
- [18] MCCANCE, R. A. a Elsie M. WIDDOWSON. *McCance and Widdowson's The composition of foods*. 6th summary ed. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2004. ISBN 978-0-85404-428-3.
- [19] DSM: Vitamin E [online]. 2011 [2018-05-12]. Bright science. Dostupné z: http://www.dsm.com/markets/foodandbeverages/en_US/products/vitamins/vitamin-e.html
- [20] GALANAKIS, Charis Michel (ed.). *Nutraceutical and Functional Food Components: Effects of Innovative Processing Techniques*. Academic Press, 2016.

- [21] PANDEY, Kanti Bhooshan, RIZVI, Sved Ibrahim. Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 2009;2(5):270-278.
- [22] MAŇÁSKOVÁ, Věra. Extrakce fenolových kyselin z rostlinných potravin pevného charakteru. Zlín, 2013. 19 s. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická. Vedoucí práce Ing. Pavel Hanuštiak
- [23] VRHOVSEK, Urska, et al. Quantitation of polyphenols in different apple varieties. *Journal of agricultural and food chemistry*, 2004, 52.21: 6532-6538.
- [24] ONDREJOVIČ, Miroslav, et al. Polyfenoly jablk. *Chemické Listy*, 2009, 103: 394-400.
- [25] MANACH, Claudine, et al. Polyphenols: food sources and bioavailability. *The American journal of clinical nutrition*, 2004, 79.5: 727-747.
- [26] SEMMELWEIS UNIVERSITY: Anthocyanins [online]. 2017 Semmelweis Egyetem [2018-06-01]. Dostupné z: <http://semmelweis.hu/farmakognozia/files/2015/04/Anthocyanins15.pdf>
- [27] ZÁHOŘOVÁ, Karolína. Cholesterol a lipoproteiny, jejich metabolismus a vliv na zdraví člověka. Praha, 2014. Bakalářská práce. Univerzita Karlova v Praze, Pedagogická fakulta. Vedoucí práce RNDr. Lenka Pavlasová, Ph.D.
- [28] SEMWAL, Deepak Kumar, et al. Myricetin: A dietary molecule with diverse biological activities. *Nutrients*, 2016, 8.2: 90.
- [29] HARMATHA, Juraj. 4. Fenylypropanoidy, lignany a jejich biologické účinky. *Chemie a biochemie přírodních látek*, 2002, 117-142.
- [30] DR. FREJ: Karotenoidy-přírodní antioxidanty [online]. 2018 Dr. Frej [2018-05-12]. Dostupné z: <http://dr.frej.cz/zdravi/karotenoidy-prirodni-antioxidanty>
- [31] HPLC: Vlastnosti karoteinodů [online]. 1999-2004 Michal Douša [2018-05-12]. Dostupné z: http://hplc1.sweb.cz/Carotenoids/ch_karotenoids.htm
- [32] JORDÁN, Václav a Marie HEMZALOVÁ. *Antioxidanty: zázračné zbraně: vitaminy, minerály, stopové prvky, aminokyseliny a jejich využití pro zdravý život*. Brno: Jota, 2001. ISBN 80-721-7156-9.

- [33] VŠCHT: Vitaminy tuk a karotenoidy 2015 [online]. VŠCHT Praha [2018-06-18]. Dostupné z: <https://web.vscht.cz/~schulzov/Nutraceutika%20a%20FP/Vitaminy%20tuk%20a%20karotenoidy%202015.pdf>
- [34] IMRAMOVSKÁ, Nela. Analýza vitamínu E (tokoferolů) v potravinách. Pardubice, 2011. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta chemicko-technologická. Vedoucí práce doc. Ing. Martin Adam, Ph.D.
- [35] LEE, I.-Min, et al. Vitamin E in the primary prevention of cardiovascular disease and cancer: the Women's Health Study: a randomized controlled trial. *Jama*, 2005, 294.1: 56-65.
- [36] VŠCHT: Fytosteroly (rostlinné steroly) [online]. VŠCHT Praha [2018-06-20]. Dostupné z: <https://web.vscht.cz/~schulzov/Nutraceutika%20a%20FP/Fytosteroly2015.pdf>
- [37] PIESZKA, Marek, et al. Native oils from apple, blackcurrant, raspberry, and strawberry seeds as a source of polyenoic fatty acids, tocopherols, and phytosterols: a health implication. *Journal of Chemistry*, 2015.
- [38] FIALA, J.; MATĚJOVÁ, H. Nové mléčné potraviny s přidanými fytosteroly pro snížení krevního cholesterolu a kardiovaskulárního rizika. *Výživa a potraviny*, 2006, 3: 65-67.
- [39] LEE, Ki Won, et al. Major phenolics in apple and their contribution to the total antioxidant capacity. *Journal of agricultural and food chemistry*, 2003, 51.22: 6516-6520.
- [40] FRANCINI, Alessandra; SEBASTIANI, Luca. Phenolic compounds in apple (*Malus x domestica* Borkh.): compounds characterization and stability during postharvest and after processing. *Antioxidants*, 2013, 2.3: 181-193.
- [41] CROZIER, Alan, et al. Quantitative analysis of the flavonoid content of commercial tomatoes, onions, lettuce, and celery. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1997, 45.3: 590-595.
- [42] BOYER, Jeanelle; LIU, Rui Hai. Apple phytochemicals and their health benefits. *Nutrition journal*, 2004, 3.1: 5.
- [43] BAGHEL, Satyendra Singh, et al. A review of quercetin: antioxidant and anticancer properties. *World J Pharm Pharmaceutical Sci*, 2012, 1.1: 146-60.

- [44] MLCEK, Jiri, et al. Quercetin and its anti-allergic immune response. *Molecules*, 2016, 21.5: 623.
- [45] LV, Qiang, et al. Identification of proanthocyanidins from litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) pulp by LC-ESI-Q-TOF-MS and their antioxidant activity. *PloS one*, 2015, 10.3: e0120480.
- [46] BEECHER, Gary R. Proanthocyanidins: biological activities associated with human health. *Pharmaceutical Biology*, 2004, 42.sup1: 2-20.
- [47] APPLE POLYPHENOLS: Apple Poly and Your Hair Growth Opportunity [online]. 2011-2018 Apple Polyphenols [2018-06-23]. Dostupné z: <http://apple-polyphenols.com/apple-poly-and-your-hair-growth-opportunity/>
- [48] BURIANOVÁ, Žaneta. Stanovení základních jakostních charakteristik vybraných vzorků kávy, zelené kávy a kávovin. Brno, 2016. Diplomová práce. Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta. Vedoucí práce doc. Ing. Jindřiška Kučerová, Ph.D.
- [49] KIM, H.; KEENEY, P. G. (-)-Epicatechin content in fermented and unfermented cocoa beans. *Journal of Food Science*, 1984, 49.4: 1090-1092.
- [50] JUWITAL: Flavonoidy a jejich biologické působení [online]. 2018 Juwital s.r.o. [2018-06-24]. Dostupné z: https://www.juwital.cz/user/documents/upload/FLAVONOIDY_2017_web.pdf
- [51] CRESPI, Vanessa, et al. Bioavailability of phloretin and phloridzin in rats. *The Journal of nutrition*, 2001, 131.12: 3227-3230.
- [52] LEE, Hye Min; MOON, Aree. Amygdalin regulates apoptosis and adhesion in Hs578T triple-negative breast cancer cells. *Biomolecules & therapeutics*, 2016, 24.1: 62.
- [53] BOLARINWA, Islamiyat F.; ORFILA, Caroline; MORGAN, Michael RA. Determination of amygdalin in apple seeds, fresh apples and processed apple juices. *Food chemistry*, 2015, 170: 437-442.
- [54] LEE, Jihyun, et al. Quantification of amygdalin in nonbitter, semibitter, and bitter almonds (*Prunus dulcis*) by UHPLC-(ESI) QqQ MS/MS. *Journal of agricultural and food chemistry*, 2013, 61.32: 7754-7759.

- [55] KARSAVURAN, Nazan, et al. Amygdalin in bitter and sweet seeds of apricots. *Toxicological & Environmental Chemistry*, 2014, 96.10: 1564-1570.
- [56] KAR, Ashutosh. *Pharmacognosy and pharmacobiotechnology*. New Age International, 2003.
- [57] EFSA PANEL ON CONTAMINANTS IN THE FOOD CHAIN (CONTAM). Acute health risks related to the presence of cyanogenic glycosides in raw apricot kernels and products derived from raw apricot kernels. *EFSA Journal*, 2016, 14.4: e04424.
- [58] MAGDER, Sheldon. Reactive oxygen species: toxic molecules or spark of life? *Critical Care*, 2006, 10.1: 208.
- [59] YANG, Chung S., et al. Inhibition of carcinogenesis by dietary polyphenolic compounds. *Annual review of nutrition*, 2001, 21.1: 381-406.
- [60] KNEKT, Paul, et al. Dietary flavonoids and the risk of lung cancer and other malignant neoplasms. *American journal of epidemiology*, 1997, 146.3: 223-230.
- [61] PEARSON, Debra A., et al. Apple juice inhibits human low density lipoprotein oxidation. *Life Sciences*, 1999, 64.21: 1913-1920.
- [62] APRIKIAN, Olivier, et al. Apple favourably affects parameters of cholesterol metabolism and of anti-oxidative protection in cholesterol-fed rats. *Food Chemistry*, 2001, 75.4: 445-452.
- [63] LEONTOWICZ, Hanna, et al. Comparative content of some bioactive compounds in apples, peaches and pears and their influence on lipids and antioxidant capacity in rats. *The Journal of nutritional biochemistry*, 2002, 13.10: 603-610.
- [64] AVIRAM, Michael, et al. Pomegranate juice consumption reduces oxidative stress, atherogenic modifications to LDL, and platelet aggregation: studies in humans and in atherosclerotic apolipoprotein E-deficient mice. *The American journal of clinical nutrition*, 2000, 71.5: 1062-1076.
- [65] TABAK, Cora, et al. Chronic obstructive pulmonary disease and intake of catechins, flavonols, and flavones: the MORGEN Study. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 2001, 164.1: 61-64.

[66] WILLERS, Saskia M., et al. Apple Products Research and Education Council. *Thorax*, 2007, 62: 772-778.

[67] CAI, Tommaso, et al. Apple consumption is related to better sexual quality of life in young women. *Archives of gynecology and obstetrics*, 2014, 290.1: 93-98.