

Mendelova univerzita v Brně
Zahradnická fakulta v Lednici

STUDIUM ANTIOXIDAČNÍ KAPACITY
VYBRANÝCH DRUHŮ DROBNÉHO OVOCE

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce
Ing. Miroslav Horák, Ph.D.

Vypracovala
Hana Hromadová

Lednice 2016

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci: Studium antioxidační kapacity vybraných druhů drobného ovoce vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

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

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

V Lednici dne:

.....
podpis

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala Ing. Miroslavu Horákovi, Ph.D. za cenné připomínky a odborné rady, kterými přispěl k vypracování této bakalářské práce. Dále děkuji své rodině za podporu a motivaci.

OBSAH

1 ÚVOD	8
2 CÍL PRÁCE	9
3 LITERÁRNÍ ČÁST	10
3.1 VOLNÉ RADIKÁLY A OXIDAČNÍ STRES.....	10
3.2 ANTIOXIDANTY	11
3.2.1 <i>Antioxidanty a zdraví</i>	12
3.2.2 <i>Využití antioxidantů v potravinářství</i>	12
3.2.3 <i>Mechanismus působení antioxidantů</i>	13
3.2.4 <i>Metody stanovení antioxidační kapacity</i>	14
3.2.5 <i>Rozdělení antioxidantů</i>	14
3.2.6 <i>Antioxidační enzymy</i>	16
3.2.7 <i>Endogenní antioxidanty</i>	17
3.2.8 <i>Exogenní antioxidanty</i>	20
3.2.9 <i>Fenoly</i>	24
3.2.10 <i>Syntetické antioxidanty</i>	25
3.3 CHARAKTERISTIKA VYBRANÝCH DRUHŮ DROBNÉHO OVOCE.....	27
3.3.1 <i>Dřín obecný (Cornus mas L.)</i>	27
3.3.2 <i>Jeřáb ptačí (Sorbus aucuparia L.)</i>	28
3.3.3 <i>Rakytník řešetlákový (Hippophae rhamnoides L.)</i>	29
3.3.4 <i>Zimolez kamčatský (Lonicera kamschatica)</i>	30
4 MATERIÁL A METODIKA	33
4.1 POUŽITÝ MATERIÁL A POSTUPY	33
4.1.1 <i>Charakteristika vybraných odrůd dřínu obecného</i>	33
4.1.2 <i>Charakteristika vybraných odrůd jeřábu ptačího</i>	34
4.1.3 <i>Charakteristika vybraných odrůd rakytníku řešetlákového</i>	34
4.1.4 <i>Charakteristika vybraných odrůd zimolezu kamčatského</i>	34
4.2 EXTRAKCE ANTIOXIDAČNÍCH LÁTEK	35
4.3 PŘÍSTROJE A POMŮCKY	35
4.4 CHEMIKÁLIE A ROZTOKY	35

4.5	ANALYTICKÉ METODY	36
4.5.1	<i>Měření antioxidační kapacity metodou FRAP</i>	36
4.5.2	<i>Měření antioxidační kapacity metodou DPPH</i>	36
4.6	STATISTICKÉ METODY	37
5	VÝSLEDKY A DISKUZE	38
5.1	HODNOCENÍ ANTIOXIDAČNÍ KAPACITY JEDNOTLIVÝCH DRUHŮ	38
5.1.1	<i>Výsledky stanovené metodou FRAP</i>	38
5.1.2	<i>Výsledky stanovené metodou DPPH</i>	40
5.2	HODNOCENÍ ANTIOXIDAČNÍ KAPACITY JEDNOTLIVÝCH ODRŮD	41
5.2.1	<i>Výsledky stanovené metodou FRAP</i>	41
5.2.2	<i>Výsledky stanovené metodou DPPH</i>	44
	ZÁVĚR	48
6	SOUHRN A RESUMÉ, KLÍČOVÁ SLOVA	49
7	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	50
8	PŘÍLOHY	55

SEZNAM GRAFŮ

Graf č. 1: Hodnoty antioxidační kapacity plodů vybraných druhů drobného ovoce (FRAP).....	39
Graf č. 2: Hodnoty antioxidační kapacity plodů vybraných druhů drobného ovoce (DPPH).....	41
Graf č. 3: Hodnoty antioxidační kapacity plodů dřínu obecného (FRAP)	42
Graf č. 4: Hodnoty antioxidační kapacity plodů jeřábu ptačího (FRAP)	43
Graf č. 5: Hodnoty antioxidační kapacity plodů zimolezu kamčatského (FRAP).....	44
Graf č. 6: Hodnoty antioxidační kapacity plodů dřínu obecného (DPPH)	45
Graf č. 7: Hodnoty antioxidační kapacity plodů jeřábu ptačího (DPPH)	46
Graf č. 8: Hodnoty antioxidační kapacity plodů zimolezu kamčatského (DPPH)	47

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

BHA	butylhydroxyanisol
BHT	butylhydroxytoluen
DPPH	2,2-difenyl-1-pikrylhydrazyl
DGE	Německá společnost pro výživu
FRAP	ferric reducing antioxidant potential
HDL	lipoproteiny s vysokou hustotou
HPLC	high-performance liquid chromatography
LDL	lipoproteiny s nízkou hustotou
ORAC	oxygen radical absorbance capacity
ROS	reactive oxygen species – reaktivní formy kyslíku
TAC	total antioxidant capacity
TBHQ	2-terc-butylhydrochinon
TEAC	trolox equivalent antioxidant capacity
VLDL	lipoproteiny s velmi nízkou hustotou

1 ÚVOD

Antioxidanty se v současné době stále více dostávají do povědomí lidské společnosti. Zájem o antioxidanty spočívá v jejich prokazatelné schopnosti ochraňovat buněčné struktury před volnými radikály. Působením volných radikálů vzniká oxidační stres, který zapříčiňuje poškození organismu. Projevuje se rychlejším stárnutím tkání, což se snaží lidská populace co nejvíce zpomalit či eliminovat. Je prováděno poměrně velké množství výzkumů zabývajících se antioxidanty a mnoho vědeckých studií potvrzuje jejich pozitivní účinky na lidské zdraví. Antioxidanty si proto získaly své místo na trhu a jsou přidávány do nejrůznějších potravinových doplňků. Vlivem marketingu komerčních společností jsou však informace o působení antioxidantů často zkreslené. Využívají antioxidační schopnosti za účelem dosažení zisku a prezentují antioxidanty takovým způsobem, aby zákazník získal pocit, že tyto látky pro své zdraví nutně potřebuje. Je to podobné jako s vitaminy, které jsou firmami prezentovány také jako nezbytnost, avšak často v takových dávkách, které jsou v rámci denní potřeby zbytečně vysoké. Lidské tělo je totiž nedokáže upotřebit, ba dokonce může vzniknout problém v důsledku jejich předávkování.

Antioxidační látky nejsou využívány jen pro své pozitivní účinky na lidský organismus a marketing podniků, ale také pro svoji schopnost prodlužovat trvanlivost potravin. Slouží výrobcům jako prostředek ošetření potravin, což je pro jejich dlouhodobou uchovatelnost žádoucí. V důsledku technologických úprav potravy ale dochází k redukci některých přirozeně se vyskytujících antioxidantů, což může u některých jedinců vést k vyšší náchylnosti k určitým druhům onemocnění.

Posouzení výzkumů vztahujících se k antioxidantům není snadné. Existuje řada antioxidantů, které fungují různým způsobem a podle toho se také dělí do mnoha skupin. Metody, pomocí kterých jsou antioxidační látky stanovovány, nejsou často totožné a tudíž vznikají různé interpretace výsledků. V důsledku toho nelze formulovat všeobecný závěr o účincích antioxidantů.

Důvodem vzniku této práce byl především můj zájem o antioxidační látky a jejich účinky na lidské zdraví. Současně jsem chtěla nastudovat charakteristiku méně známých druhů drobného ovoce a přiblížit širší veřejnosti jejich významné antioxidační schopnosti.

2 CÍL PRÁCE

- Popsat antioxidační látky a jejich účinek na lidské zdraví.
- Charakterizovat vybrané druhy drobného ovoce s důrazem na obsah látek s antioxidačním účinkem.
- Ve vybraných druzích drobného ovoce stanovit obsah antioxidační kapacity a výsledky statisticky vyhodnotit.

3 LITERÁRNÍ ČÁST

3.1 Volné radikály a oxidační stres

Buňky lidského těla podléhají stárnutí, které způsobují částice označovány jako volné radikály. Vlivem volných radikálů dochází k oxidačnímu stresu, což je stav nadměrné koncentrace volných radikálů v organismu. Reaktivní formy kyslíku a dusíku nejsou dostatečně rychle odstraňovány, hromadí se v organismu a nastává narušení rovnováhy, kdy množství volných radikálů převažuje nad množstvím antioxidantů. (SAHA et al., 2005). Změnu bilance způsobují vnější činitelé, jako jsou například různé druhy nález, ale i vnitřní činitelé, které může představovat například přijímaná potrava chudá na antioxidační látky (POLIDORI et al., 2001).

Volné radikály jsou reaktivní částice, které jsou tvořeny nepárovými elektrony (SIES et al., 1992). Pokud se v místě chybějícího elektronu naváže volný elektron jiné látky, která nemá nepárový elektron ve své valenční vrstvě, vznikne nový volný radikál. Původní radikál současně zanikne (GEOFFROY et al., 1994). Nejčastěji tak děje při dýchacím cyklu, kde vlivem oxidace vzdušného kyslíku dochází k tvorbě energie (ŠTÍPEK et al., 2000). Nové radikály vznikají ale i prostřednictvím fotochemických reakcí, enzymatických reakcí, hořením, působením UV záření, působením ozonu, tepelnou úpravou potravin apod. (PACKER et al., 2001).

Uspořádání elektronů v atomu či molekule určuje reaktivitu volných radikálů. Reaktivita je přímo úměrná vzdáleností nepárového elektronu od ostatních elektronů (GORDON, 2001). V důsledku relativně velkých vzdáleností, mají volné radikály vysokou reaktivitu, což však souvisí s jejich krátkou dobou životnosti (SIES et al., 1992). Některé částice se však projevují stabilně a mají dlouhou dobu životnosti. Jde o molekuly, které přijmou elektron s antioxidační schopností (GORDON, 2001).

Nejjednodušším volným radikálem je vodík. Dále to jsou reaktivní formy kyslíku, tzv. ROS (reactive oxygen species) látky. Jsou to superoxid, volný hydroxylový radikál, hydroperoxylový radikál, lipidový peroxy a lipidový alkoxy. Vedle těchto látek existují i látky neradikálové povahy, které se vyznačují oxidačním účinkem, ačkoli

nemají volný elektron. Do této skupiny patří peroxid vodíku, kyselina bromná, ozón, singletový kyslík a lipidový peroxid (HALLIWELL et al., 2000).

Základní charakteristikou volných radikálů je hydrofilní, lipofilní či amfofilní povaha. Vyskytují se převážně v extracelulární tekutině, ale díky rozpustnosti v tucích dokáží procházet membránou buňky a působit intracelulárně. Volné radikály, které se antioxidantům nepodaří zachytit, potom způsobují lokální částečná nebo i celková poškození tkání.

Častým místem napadení volnými radikály jsou biomolekuly (GORDON, 2001). Prostřednictvím lipoperoxidace jsou ničeny nenasycené mastné kyseliny, při čemž dochází ke vzniku nebezpečných karcinogenních aldehydů, hydroperoxidů, lipofuscinů apod. V případě bílkovin jsou ohroženy dusíkaté báze DNA, kde hrozí jejich mutace a zhoubná karcinogeneze (RETH, 2002). K lipoperoxidaci dochází uvolňováním dvojmocného železa superoxidem z vlastních sloučenin, nastává indukce, následně propagace a na závěr terminace lipoperoxidace. Dalším rizikem poškození bílkovin je proces glykooxidace, při níž vznikají křížové vazby závažně poškozující funkci bílkovin (GORDON, 2001). Navzdory tomu jsou volné radikály důležitou součástí buněčných reakcí. Jsou složkou bílých krvinek, které likvidují nežádoucí mikroorganismy, kvasinky, parazity či nádorové buňky (RETH, 2002).

Na odstraňování volných radikálů se podílejí zejména antioxidační látky, při čemž existuje více způsobů, jak toho prostřednictvím jejich působení lze dosáhnout. Jedním způsobem je sled na sebe navazujících reakcí, kdy například u superoxidu působí proti kyslíku vitamín E a zároveň je tvořen radikál vitamínu E. V případě vitamínu C, který obnovuje vitamín E, vzniká radikál vitamínu C, který je následně pohlcován redukováným glutathionem. Radikál vitamínu C je posléze zpětně redukován glutathion reduktázou za spolupráce NADPH (LEDVINA et al., 2004).

3.2 Antioxidanty

Působením volných radikálů došlo v živých organismech k vytvoření obranného mechanismu, který spočívá v tvorbě antioxidačních látek. Zamezuje nebezpečnou činnost volných radikálů a tím zabraňuje oxidaci (LONROT et al., 1996). Antioxidanty neochraňují pouze živé tkáně, ale také potraviny či plastické hmoty. Ve všech

zmíněných případech však inaktivují volný elektron, aniž by se samy změnily ve škodlivé radikály (AMES et al., 1993).

3.2.1 Antioxidanty a zdraví

Výzkumy poukazují na to, že antioxidanty zajišťují prevenci kardiovaskulárních chorob či rakoviny, pozitivně ovlivňují průběh mnoha chorob a tlumí bolest při chronických onemocnění. Například osteoartróza nevzniká výhradně vlivem tření v kloubech, ale také působením volných radikálů, které se podílí na napadení chondrocytů, buněk tvořící chrupavku. Dalším benefitem antioxidantů je schopnost snižovat nebezpečí vzniku šedého zákalu a makulární degenerace (ALLEN, S 2010).

Důležitým poznatkem je, že konzumace separovaných antioxidantů formou doplňků stravy nepůsobí natolik účinně jako konzumace antioxidantů obsažených v přirozené stravě. Antioxidanty v přírodních zdrojích účinkují lépe z důvodu lepší vstřebatelnosti a vzájemného doplňování se (STRUNZ, 2000). Tuto skutečnost lze dobře pozorovat u vitamínu E. Spojením tohoto vitamínu například s flavonoidy, získáme o 300 % jeho vyšší antioxidační aktivitu. Optimální ochranou před působením volných radikálů je tedy příjem složitých směsí jednotlivých sloučenin, které nalezneme v přírodních látkách (ALLEN, 2010).

Mezi významné zdroje antioxidantů patří ovoce, zejména drobné ovoce a granátové jablko. Ze zeleniny je to zelí a z obilovin otruby. Dále jsou to různé druhy ořechů a semen, při čemž nejbohatším druhem jsou vlašské ořechy. Dalším zdrojem je čokoláda, respektive kakao. Antioxidační efekt je přímo úměrný obsahu kakaa. Ve víně se antioxidanty vyskytují převážně v červených odrůdách, ale ve šťávě ze všech druhů hroznů je jejich obsah také vysoký. Hodně antioxidantů má i černá překapávaná káva a sypaný čaj, nejvíce zelený (STRUNZ, 2000).

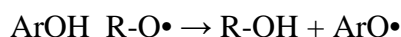
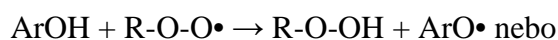
3.2.2 Využití antioxidantů v potravinářství

Potravinářské produkty podléhají znehodnocení vlivem oxidace. Antioxidanty zajišťují ochranu před oxidací potravin a tím prodlužují dobu jejich uchovatelnosti. Oxidace se projevuje například žluknutím tuků. S tímto jevem jsou spojeny nežádoucí změny chemické vazby, které způsobují pokles hodnoty potravin, která je tvořena nutričními, sensorickými a hygienicko-toxikologickými vlastnostmi. Oxidovat ale mohou i jiné

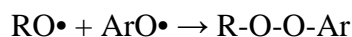
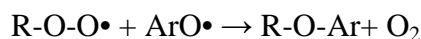
složky potravy jako jsou třeba vonné látky. V případě oxidace esenciálních mastných kyselin dochází ke vzniku pozitivního aroma. Dochází k tomu u některých druhů ovoce, hub či jiných potravinářských produktů (VELÍŠEK, 2002).

3.2.3 Mechanismus působení antioxidantů

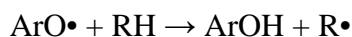
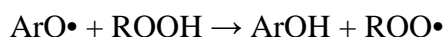
Fenolové sloučeniny (ArOH) mohou interferovat s oxidací lipidů (R-H) v kompetitivní reakci k propagační fázi autooxidační reakce tím, že reagují s radikály hydroperoxidů (ROO•), které vznikly oxidací lipidů, nebo s alkoxylovými radikály (RO•), které vznikly rozpadem hydroperoxidů. Fenolové sloučeniny získávají od hydroperoxidů atom vodíku a tím přerušují řetězovou radikálovou reakci. Vznikají při tom fenolxylové (aryloxylové) radikály antioxidantu:



Posléze reagují s volným hydroperoxylovým (alkoxylovým) radikálem oxidované mastné kyseliny v terminační fázi reakce.



V případě, kdy dojde ke vstupu fenolxylových radikálů do řetězové reakce nebo iniciaci štěpení dalších molekul lipidů, působí antioxidant jako prooxidant. Tento stav může nastat při vysoké koncentraci antioxidantu. Působení prooxidantu je následující:



Fenolxylové radikály jsou relativně stabilní a mají malou reaktivitou, což souvisí s delokalizací nepárového elektronu v aromatickém systému. Vzdušný kyslík proto fenolxylové radikály neschopně atakuje. Situaci lze sledovat na nesubstituovaném fenolu.

Fenol sám o sobě sice nemá antioxidantní účinek, ale postavení vázaných alkylových skupin dokáže změnit hustotu elektronů na OH skupině a tím změnit i svoji následnou reakci s volnými radikály. Je-li alkylová skupina v o-poloze, popřípadě v p-poloze dochází k navýšení hustoty elektronů a fenol reaguje s volnými radikály účinněji. Stabilita fenolu roste s navyšujícím se množstvím substituentů vázaných v o-poloze.

Dochází k tomu u syntetických antioxidantů butylhydroxyanisol (BHA) a butylhydroxytoluen (BHT). Další stimulaci představují hydroxylové skupiny opět v o-poloze nebo v p-poloze. Je tomu tak u 2-terc-butyhydrochinon (TBHQ) (VELÍŠEK, 2002).

3.2.4 Metody stanovení antioxidační kapacity

V současné době se stále častěji pracuje s přírodními sloučeninami a přírodními směsmi in vitro. Metody, které slouží k měření těchto materiálů se rozdělují do dvou tříd. Do první třídy se jsou řazeny metody, které fungují na principu generace jednotlivých radikálových částic. Proces zahrnuje zmírnění jejich působení pomocí antioxidačních látek, načež se vyhodnocuje celková antioxidační aktivita. Patří sem testy TEAC (trolox equivalent antioxidant capacity), DPPH (2,2-difenyl-1-pikrylhydrazyl), ORAC (oxygen radical absorbance capacity). Vedle generačních metod do této skupiny spadají postupy, při kterých se sleduje schopnost sloučenin odolávat lipoperoxidaci. Lipoperoxidace je destruktivní proces, při němž dochází k poškození fosfolipidů obsažených v membránách buněk, což vede ke vzniku druhotných metabolitů, které posléze působí i na další biologické molekuly. Do druhé třídy jsou řazeny metody, které slouží k pozorování redoxních charakteristik sloučenin. Jsou to metody FRAP (ferric reducing antioxidant potential), HPLC (high-performance liquid chromatography) opatřená coulochemickým detektorem a cyklická voltametrie (PAULOVÁ et al., 2004).

3.2.5 Rozdělení antioxidantů

Existuje řada znaků, podle kterých jsou antioxidanty rozdělovány do různých skupin. Rozdělení závisí na úhlu pohledu autora, kterým na antioxidanty nahlíží, tzn. které charakteristiky jsou pro něj směrodatné a prioritní.

Dle chemického působení na volné radikály rozlišujeme:

1. Antioxidanty, které dokáží inhibovat tvorbu volných radikálů. Jsou to například kataláza, xantinoxidáza apod.
2. Antioxidanty zachycující nebo zneškodňující již existující radikály, které dále dělíme na tak zvané:
 - a. Vychytávače – (seperoxiddismutáza)

- b. Lapače – (vitamín E)
 - c. Zhášeče – (β -karoten)
3. Antioxidanty odstraňující poškozené molekuly, tj. enzymy lipofilní povahy, kam patří fosfolipáza, proteolytické enzymy, reparační endonukleázy (DURAČKOVÁ, 1998).

Dle původu rozlišujeme:

1. Endogenní antioxidanty, které jsou výsledkem látkové přeměny a metabolismu člověka. Patří sem glutathion, melatonin, kyselina močová a další.
2. Exogenní antioxidanty, které jsou přijímány spolu s potravou. Patří sem vitamín C, vitamín A, karotenoidy, fenolové látky a polyfenolové látky.

Dle místa působení rozlišujeme:

1. Antioxidanty, které účinkují v organismu a zabezpečují jeho ochranu před volnými radikály.
2. Antioxidanty, účinkující mimo organismus a zabezpečující ochranu potravin před oxidací apod. (ŠTÍPEK et al., 2000).

Dle místa výskytu rozlišujeme:

1. Hydrofilní antioxidanty nacházející se v cytoplazmě. Jsou to glutathion, vitamín C, tioly, cystein, ceruloplazmin, transferin, albumin, kyselina močová, bilirubin a ferritin.
2. Lipofilní antioxidanty vyskytující se na buněčných membránách, což jsou tokoferoly a karotenoidy (DURAČKOVÁ, 1998).

Dle enzymatické povahy rozlišujeme:

1. Enzymatické antioxidanty, které se při svém působení nespotřebovávají. Řadíme sem zejména transferázu, katalázu, superoxid dismutázu a glutathionperoxidázu (EREMIN, 2001).
2. Neenzymatické antioxidanty, což jsou látky, které se během svého působení spotřebovávají (AMES et al., 1993).

Dle molekulové hmotnosti rozlišujeme:

1. Vysokomolární antioxidanty, což jsou bílkoviny, které vážou přechodné prvky a mění jejich oxidoredukční povahu. Dochází pak k zamezení katalýzy pro reakce volných radikálů. Do této skupiny řadíme transferin, označovaný také jako laktoferin, ferritin, haptoglobin, označovaný také jako hemopexin, ceruloplazmin a albumin.
2. Nízkomolární antioxidanty, jejichž zástupci jsou vitamín C neboli kyselina askorbová, vitamín E neboli α -tokoferol, vitamín A, β -karoten, koenzym Q₁₀, karotenoidy, trioly, bisulfidy, kyselina močová a bilirubin (ŠTÍPEK et al., 2000).

Dle způsobu vzniku rozlišujeme:

1. Přírodní antioxidanty vznikající v biologickém materiálu. Přirozeně se tyto antioxidanty vyskytují v rostlinách. V potravinářském průmyslu se nejčastěji získávají z různých druhů koření, bylinek, ovoce, zeleniny, obilovin či olejnin. Slouží stejně jako syntetické antioxidanty k prodloužení trvanlivosti potravinářských produktů.
2. Syntetické antioxidanty, které jsou uměle vyrobené. Zařazujeme sem polární antioxidanty. Málo polární antioxidanty představují butylhydroxyanisol (BHA), butylhydroxytoluen (BHT) a 2-terc-butylhydrochinon (TBHQ), více polární kyselina askorbová, její estery a soli, dále kyselina erythorbová a její soli, dále estery kyseliny gallové (VELÍŠEK, 2002).

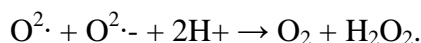
3.2.6 Antioxidační enzymy

Kataláza

Jde o molekulu složenou ze čtyř podjednotek, z nichž každá se skládá z trojmocného železa Fe³⁺ a prostetické protoporfyrinové skupiny. Umožňuje katalýzu dismutace peroxidu vodíku na kyslík a vodu. Nachází se v krevních elementech jako jsou erytrocyty a v peroxisomech.

Superoxiddismutáza

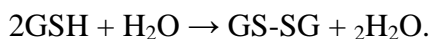
Nachází se v každé buňce organismu. Funguje jako katalyzátor superoxidu a mění jej na dioxygen a peroxid vodíku. Chemicky lze tuto skutečnost vyjádřit rovnicí:



Vyskytuje se v extracelulární tekutině a mitochondriích jak eukaryotických, tak prokaryotických buněk. Je nezbytná pro existenci na Zemi.

Glutathinonperoxidáza

Zajišťuje redukci peroxidu vodíku na vodu. K této přeměně dochází díky proteinu zvaný glutathion a znázorňuje se rovnicí jako:



Glutathinonperoxidáza má ve své struktuře aktivní místa, na kterých jsou navázány sloučeniny selenocysteinu (ŠTÍPEK, 2000).

3.2.7 Endogenní antioxidanty

Ubichinon (koenzym Q₁₀)

Známý více jako koenzym Q₁₀ obsahuje ve svém řetězci chininovou funkční skupinu a deset isoprenylových podjednotek. Funguje přibližně na stejném principu jako vitamíny. Je součástí téměř všech buněk v lidském těle, kromě erytrocytů a buněk oční čočky. Slouží k přeměně energie přijaté potravou do podoby ATP (ERNSTER, 1995). Orgány, které potřebují mnoho energie, což jsou srdce, plíce a játra mají ubichinonu nejvíce. Úlohou je konverze elektronů v transportním řetězci na membráně mitochondrií. Jeho antioxidační povaha chrání tyto membrány před napadením volných radikálů. Z části se ubichinon tvoří v tkáních, částečně je doplňován prostřednictvím stravy. V průběhu stárnutí ubichinonu v těle ubývá z důvodu slabší schopnosti jej syntetizovat (ROSENFELDT, 2002).

Bilirubin

Jde o žlučové barvivo, které vzniká při rozpadu hemu v játrech, slezině, kostní dřeni. Děje se tak na agranulárním endoplazmatickém retikulu působením hemoxygenázy. Poté putuje do střeva společně se žlučí. Pokud není konjugovaný, ve vodě se

nerozpouští a navazuje se na albumin, který jej přenáší ze sleziny do jater. Pokud je bilirubin konjugovaný, ve vodě se rozpouští a v játrech spojuje se s kyselinou glukoronovou. Za referenční je považována hodnota v rozmezí od 3-17 $\mu\text{mol} \cdot \text{l}^{-1}$ (MURRAY et al. 1998).

Kyselina močová

Kyselina močová je konečným produktem látkové přeměny významných sloučenin jako jsou adenosintrifosfát (ATP) či nukleové kyseliny. Ty získáváme z nukleotidů přijatých z potravy, při rozpadu nukleoproteinů ve tkáních a svojí vlastní biosyntézou. Nukleové kyseliny se katabolizují na nukleotidy, nukleosidy a báze. Ve finální fázi jsou přeměny enzymem zvaným xanthinoxidáza na kyselinu močovou (VOET et al., 1995). Nejedná se pouze o odpadní produkt metabolismu, ale i o antioxidačně ceněnou látku. Díky svému účinku brání volným radikálům v napadení buněk. Je z těla vylučována asi ze tří čtvrtin pomocí ledvin. Přibližně jedna čtvrtina je rozkládána v gastrointestinální soustavě prostřednictvím bakterií na NH_3 a CO_2 (BURTIS, 1994).

Transferin

Jedná se o bílkovinu, jejíž zásadní funkcí je transport železa. Skládá se z β -globulárního apotransferinu a dvou atomů železa. Je obsažen v plazmě, odkud posílá železo do tkání. Z jater je apotransferin veden žlučí do tenkého střeva. V tenkém střevě na sebe váže železo, které se uvolňuje z natrávené stravy. Tím se vytváří transferin, který jde společně s apotransferinem a dvěma atomy železa do enterocytů. V případě chybějícího patřičného množství železa v těle obsah transferinu v krevním séru roste. Dojde-li ovšem k hypoproteinémii, hladina transferinu stagnuje. V případě přebytku železa v organismu a při slabé jaterní proteosyntéze množství transferinu v krevním séru ubývá. Reakce na fyzickou zátěž je též doprovázena mírným poklesem transferinu (MURRAY et al., 2002).

Feritin

Feritin se skládá z bílkoviny zvané apoferitin a trojmocného železa. Hlavní úlohou feritinu je tvorba zásob železa v játrech, slezině, kostní dřeni a sliznici střev, odkud se v nepatrném množství dostává do krve. Jeho obsah v krevním séru závisí na zásobě železa, při čemž klesá rychleji, než nabývá množství transferinu (FINCH et al., 1986).

Haptoglobin

Jde o glykoprotein, který se tvoří v játrech a má schopnost vázat molekulu hemoglobinu. K tomu dochází mimo krevní tělíska, tzv. extrakorpulárně (MURRAY et al., 1998). Strukturně jej řadíme mezi tetrametry $\alpha_2\beta_2$, což znamená, že má dva řetězce α a dva řetězce β . Jelikož rozlišujeme tři druhy řetězců α , určujeme více druhů haptoglobinu, z nichž každý má jinak velkou molekulu (RACEK, 1999).

Přibližně 10% rozloženého hemoglobinu je během dne cirkulováno kardiovaskulárním systémem, čímž dochází k vzniku extrakorpulárního hemoglobinu. Asi 90% rozloženého hemoglobinu se nachází ve starých červených krvinkách. Ty jsou rozkládány v buňkách retikuloendotelové soustavy. Obsah haptoglobinu v krevní plazmě člověka kolísá v rozmezí 400 až 1800 mg · l⁻¹ Hb-vazebné kapacity. Celý komplex haptoglobin-hemoglobin je z kardiovaskulárního oběhu pohlcován retikuloendotelovými buňkami. Pro svoji velikost, nemá schopnost dostat se do glomerulů ledvin, na rozdíl od volného hemoglobinu, který jimi prostupuje do tubulů ledvin. Haptoglobin zamezuje únik volného hemoglobinu ledvinami a tím tělu zabezpečuje dostatečnou zásobu železa, jenž je v hemoglobinu navázáno (MURRAY et al., 1998).

Ceruloplazmin

Opět se jedná o plazmatický protein, k jehož tvorbě dochází v játrech. Má schopnost navázat na jednu vlastní molekulu až šest atomů mědi reverzibilně, což znamená s částečnou návratností. V případě Willsonovy poruchy dochází k nadměrnému ukládání mědi v játrech, narušení jaterních buněk, defektu fungování centrální nervové soustavy a hemolytické anémii (RACEK, 1999). Měď nemůže být na ceruloplazmin navázána a dochází k Fentonově reakci, tzn. k tvorbě hydroxylového radikálu katalýzou oxidace dvojmocného železa Fe²⁺ na trojmocné železo Fe³⁺ (LEDVINA, 2004).

Albumin

Jedná se o protein obsažený v krevním séru a to z 55-65 % celkové bílkoviny. Tvoří se v játrech a jeho syntéza je závislá na přítomnosti aminokyselin. Napomáhá zachování stálého koloidně-osmotického tlaku krevní plazmy, což je tlak způsobený bílkovinami. Množství v krevní plazmě se pohybuje okolo 40 g · l⁻¹. Pokud koncentrace albuminu v litru klesne pod 20 g · l⁻¹, hrozí vysoké riziko vzniku edému.

Další úlohou albuminu je přenos některých látek jako jsou bilirubin, hem, tyroxin, mastné kyseliny, kovy a jiné. Slouží k ukládání zásob bílkovin, tudíž i jako zdroj jednotlivých aminokyselin, převážně esenciálních, tzn. Takových aminokyselin, které si lidské tělo nedokáže vytvořit samo a musí je přijímat v potravě. Jednotlivé aminokyseliny jsou pak využívány různými tkáněmi k obnově, k výživě a podobně (MURRAY et al., 2002).

Glutathion

Z chemického hlediska jde o tripeptid, dle názvosloví jej označujeme jako γ -glutamylcysteinylglycin, zkráceně GSH. Má funkční skupinu –SH, účastní se eliminace reaktivních molekul kyslíku, čímž je důležitý zejména pro červené krvinky. Slouží k zachování stálého oxidoredukčního prostředí a také k udržení stability membrány. Zároveň napomáhá detoxifikaci xenobiotik prostřednictvím vzájemné konjugace. Ty jsou potom lépe rozpustná ve vodném roztoku (MATOUŠ, 2010).

Na cystein se váže thiolová skupina, která má redukční povahu. Glutathion podléhá oxidaci, při níž dochází vytvoření disulfidového můstku mezi molekulami v jeho struktuře. Tímto vzniká dimer glutathionu GSSG, který lze redukcí opět změnit na dvě molekuly glutathionu, většinou za pomoci NADPH (MURRAY, 2002).

3.2.8 Exogenní antioxidanty

Vitamín C (askorbát)

Tímto názvem označujeme kyselinu L-askorbovou, neboli L-askorbát. Patří mezi vitamíny rozpustné ve vodě a má významné redukční vlastnosti. Vzniká za pomoci L-gulonolaktonoxidázy, kterou lidský druh ve svém těle postrádá a tudíž ji musí přijímat prostřednictvím potravy. Stejně tak jsou na tom primáti či morčata. Kyselina L-askorbová hraje důležitou roli při mnoha metabolických procesech. Slouží k hydroxylaci kolagenu, syntetizuje karnitin, podílí se na metabolismu tyrosinu, umožňuje opětovné vstřebávání železa, ovlivňuje β -oxidaci mastných kyselin. Snadno oxiduje na dehydroaskorbát a disponuje tudíž vysokými antioxidačními schopnostmi, působí protizánětlivě, zvyšuje imunitu organismu a zbavuje organismus cizorodých látek (KVASNIČKOVÁ, 2000).

Nachází se v ovoci, především v méně známých druzích jako je rakytník, zimolez, jeřáb a dřín, v citrusových plodech, rybízu, jahodách, rajčatech, dále v zelenině, nejvíce v kapustě, kvěťáku, kysaném zelí, kedlubně, brokolici, paprice, cibuli, ale také v bramborách a játrech. Nevyšší obsah najdeme v čerstvém stavu potravin, při tepelné úpravě vitamin C degraduje a hodnota klesá přibližně o 30 % (STRUNZ, 2000).

Referenční hodnota pro příjem vitamínu C dle německé společnosti pro výživu je 100 mg na dospěléou či dospívající osobu na den, kojencům postačí dávka 50-55 mg, dětem pak 60-100 mg, těhotné a kojící ženy by měly přijmout 110-150 mg. Tato množství dostatečně zabezpečují nejen prevenci nedostatku tohoto vitamínu, ale předchází také vzniku degenerativních chorob a působí podpůrně pro imunitní systém. Vyšší příjem vitamínu C je nezbytný u osob s nadměrnou fyzickou ale také psychickou zátěží, pacientů postihnutých například cukrovkou, u kuřáků, drogově a alkoholově závislých jedinců. V těchto případech hovoříme o doporučené denní dávce 110 až 150 mg za den (DGE et al., 2011).

Vitamin C dokáže pomáhat při léčbě onemocnění srdce, artritidy a jeho dostatečný denní příjem může předcházet vzniku, popřípadě rozvoji, některých typů rakoviny. Vitamin C je nezbytný k tvorbě dostatečně fungující imunity, zdravých mozkových buněk, kostí apod. (ALLEN, 2010). Při extrémním nedostatku vitamínu C se dochází k nemoci zvané kurděje, v současnosti se ale vyskytuje ojediněle. Hraniční deficit se může projevit únavou, horším hojením poškozených tkání, náchylností k nálezům či delší dobou léčení a zotavení. K nadbytku vitamínu C v organismu nedochází, jelikož je odváděn močí ven. Nicméně asi 1 %, které tělo nedokáže spotřebovat či odvést se mění na oxalát. Potom hrozí riziko vzniku močových kamenů, avšak u zdravých jedinců pouze minimální. I přes tuto skutečnost není doporučeno překračovat denní dávku 1000 mg. Spotřeba vyšší než 5 g za den může zapříčinit diarrhoe (průjem).

Koncentraci L-askorbátu v krevní plazmě zjišťujeme v laboratoři. Hodnoty nižší než $10 \mu\text{mol} \cdot \text{l}^{-1}$ nám signalizují klinické příznaky deficitu. Hodnoty pod $37 \mu\text{mol} \cdot \text{l}^{-1}$ jsou nedostatečné. Hodnot nad $50 \mu\text{mol/l}$ považujeme za preventivní, co se týče nádorů a aterosklerózy (DGE et al., 2011).

Vitamín E (tokoferol)

Tento název je souvislé označení tokoferolů. Tokoferoly jsou biochemické sloučeniny s různým efektem. Jsou nezbytné při vývoji a budování svalové hmoty, zajišťují stálost mononenasyceých a polynenasycených mastných kyselin, zabraňují oxidaci tuků a tím chrání buněčné membrány před destrukcí. Doplňují se s vitamínem K, jehož aktivita je opačná (KVASNIČKOVÁ, 2000). Vitamín E potřebujeme při různých metabolických pochodech. Má nezastupitelnou úlohu při tvorbě červených krvinek, napomáhá výstavbě a obnově svalové, plicní i nervové tkáně. Pravděpodobně slouží také jako prostředek ochrany před některými typy rakoviny, před onemocněním srdce, demencí či šedého zákalu (ALLEN, 2010).

Nachází se v rostlinných materiálech, jejichž struktura obsahuje četné množství nenасыcených mastných kyselin, tj. mastné kyseliny s alespoň jednou dvojnou vazbou. Je složkou v olivového a řepkového oleje, ořechů, semínek, celozrnných výrobků a zelené listové zeleniny (STRUNZ, 2000).

Denní referenční hodnota vitamínu E je dle německé společnosti pro výživu 12-15 mg ekvivalentů α -tokoferolu pro dospělé a dospívající jedince za den. Pro těhotné a kojící ženy představuje doporučená denní dávka 13-17 mg, pro děti 5-14 mg a pro kojence 3-4 mg ekvivalentů α -tokoferolu.

K deficitu vitamínu E dochází pouze v případě poruchy absorpce tuků. Nadbytek není pro lidský organismus toxický. Pouze dávkování vyšší než 800 mg za den u některých jedinců způsobují inhibici agregace trombocytů, z čehož vyplývá zákaz užívat tak vysoké dávky v období operace po dobu dvou týdnů před operací a po operaci (DGE et al., 2011).

Vitamín A (retinol)

Pod označení vitamin A patří retinol, retinal a kyselina retinová. Vzniká v těle z karotenoidů, nejvíce z β -karotenu. Aby mohl být resorbován, je zapotřebí přítomnost žluči. V játrech dochází k metabolizaci karotenu na vitamin A a posléze se také v játrech ukládá.

Vitamin A slouží k udržení stabilního napětí buněčných membrán, správnému vývoji epitelů, pro slizniční a pokožkovou celistvost, proces keratinizace, podílí se na imunitě, látkové přeměně kostí, vývoji placenty a spermií, zajišťuje tvoření hlenu (ROSS, 2010).

Zdrojem vitamínu A jsou především játra a zelenina jako je mrkev, špenát, kapusta či dýně. Ostatní potraviny živočišného původu jako jsou vejce, maso a máslo je obsahují podstatně méně (STRUNZ, 2000).

Německá společnost pro výživu určila referenční hodnotu vitamínu A ve výši 1 mg ekvivalentu retinolu za den pro dospělé a dospívající muže. Pro ženy této věkové kategorie je to 0,8-0,9 mg ekvivalentu retinolu za den. V těhotenství nebo po dobu kojení by tato denní dávka měla být 1,1-1,5 mg ekvivalentu retinolu. U dětí se pohybuje v rozmezí 0,6-1,1 mg ekvivalentu retinolu, u kojenců 0,5-0,6 mg ekvivalentu retinolu (DGE et al., 2011).

Deficit tohoto vitamínu není v Evropě častý, nicméně se vyskytuje u jedinců s poruchou resorpce tuků, jako je například celiakie. V rozvojových zemích se projevuje často v důsledku podvýživy dětí jako slepota či úmrtím na infekci běžného onemocnění, za čímž stojí snižování funkčnosti imunitního systému (ROSS, 2010).

Fytosloučeniny

Lidské tělo si vytváří antioxidanty pro ochranu před volnými radikály. Podobnou schopnost mají i rostliny. Produkují sloučeniny, které je chrání před potenciálními chorobami. V rámci lidského organismu neplní nutriční funkci, ale pomáhají udržovat jeho zdraví. Existuje tisíce popsanych fyto-sloučenin s antioxidačními vlastnostmi, které rozdělujeme do dvou základních skupin na: **Flavonoidy** obsahující modrá, modročervená či modrofialová barviva. Přítomnost těchto látek v organismu může předcházet vzniku alergií, bránit rozvoji infekcí, eliminovat průběh rakoviny či onemocnění srdce. Nachází se například v kakau, čaji, cibuli, zelí, brokolici, červených hroznech nebo v jablkách (ALLEN, 2010).

Karotenoidy obsahující žlutá, oranžová, červená a fialová barviva. Jsou obsaženy především v rostlinách a mikroorganismech. Strukturně jde o tetraterpeny. Slouží k hydrolyze esterů a glykosidů, dehydrataci alkoholů, isomeraci, změně konfigurace cis na konfiguraci trans pro slabší odstín zabarvení, dále k odbarvení prostřednictvím autooxidace a nakonec jako antioxidanty. Všechny tyto reakce mají četné využití v potravinářství a to zejména při výrobě mouky k jejímu bělení, při dobarvování citrusových džusů, ke zlepšování aromat a odstraňování nežádoucích pachů. Rozlišujeme dvě hlavní podskupiny: **Xantofyly** jsou kyslíkaté deriváty, alkoholy,

ketony, epoxidy, glykosidy, estery mastných kyselin a karotenoproteiny. Nejznámější je zeaxanthin a lutein, kapsanthin a astaxanthin. **Karoteny** jsou uhlovodíky s cyklickým či acyklickým řetězcem. Mezi hlavní zástupce patří lykopen nebo β -karoten (DAVÍDEK, 1977).

Dalšími fytochemikáliemi jsou:

Katechiny mohou působit preventivně před srdečním onemocněním a některými typy rakoviny. Jsou obsaženy například v hořké čokoládě, čaji, ovoci a luštěninách, zejména fazolích.

Proanthokyanidy mohou léčit srdeční onemocnění a rakovinu. Získáváme je například z čaje, kakaa, jeřábu, rakytníku, zimolezu, hroznů nebo červeného vína.

Quercetin také poslouží v boji se srdečním onemocněním, dále s rakovinou plic, astmatem a sennou rýmou. Zdrojem jsou jablka, cibule, brokolice, ořechy, zimolez, rakytník a hrozny.

Resveratrol má opět pozitivní vliv na srdce. Nejvíce jej nacházíme v červeném víně, hroznech a arašídech (PAMPLONA ROGER, 2005).

3.2.9 Fenoly

Obsahují ve svém řetězci na benzenovém jádru navázanou -OH skupinu. Podobají se alkoholům, ale liší vazbou -OH skupiny, která se v případě alkoholů neváže na uhlík. Mají kyselou povahu díky blízkosti benzenového jádra a kyslíku. Vazba vodíku na kyslík je slabší. Dojde-li k odštěpení jednoho kladně nabitého iontu H^+ z -OH skupiny, vytvoří se záporně nabitý fenolátový či fenoxidový iont a sůl. V závislosti na to se pak tyto soli pojmenovávají jako fenoláty či fenoxidy (MARCH, 1985).

Podle počtu OH skupin rozlišujeme několik skupin fenolů:

1. Jednoduché fenoly, které se vyskytují v koření a jsou využívány k uzení potravinářských produktů. Dále mají antimikrobní vlastnosti a proto slouží k výrobě dezinfekcí.

2. Fenolové kyseliny jako je kyselina benzoová, kyselina skořicová a jejich deriváty, kyselina salicylová, která je obsažena v kouři a slouží k uzení potravin, kyselina kávová a chlorgenová
3. Estery fenolových kyselin, kam patří depsidy, například kyseliny rosmarinové nacházející se v majoránce (ALLEN, 2010).

Fenolové kyseliny včetně svých glykosidů, fenoly a oleuropein jsou obsaženy v olivách. Diterpeny, estery fenolových kyselin v rozmarýnu. V šalvěji jsou to pouze diterpeny. V tymiánu diterpeny a jednoduché fenoly, v kurkumě kurkuminoidy, v zázvoru gingeroly, shoagaoly, zingerony a kurkuminoidy. V pšenici a žitu se nachází fenolové kyseliny, tokoferoly, flavonoidy a fosfolipidy. V ovsu jsou zastoupeny avenanthramidy, fenolové kyseliny, tokoferoly a fosfolipidy. Ječmen navíc oproti ovsu obsahuje tyrosin, tyramin a lignany. V rýži najdeme kromě fenolových kyselin flavony a tokoferoly, v sóje kromě fenolových kyselin a tokoferolů i glykosidy, isoflavony a fosfolipidy, v sezamu lignany. Arašídy a řepka jsou také bohaté na fenolové kyseliny, flavonoidy, dále na taniny a tokoferoly. Cibule disponuje svým vysokým obsahem flavonoidů a fenolových kyselin, paprika potom kapsaicinoidy (PAMPLONA ROGER, 2005).

3.2.10 Syntetické antioxidanty

Butylhydroxyanisol (BHA)

Jedním z nejdůležitějších syntetických monofenolových antioxidantů je butylhydroxyanisol. Je tvořen dvěma složkami a to 3-terc-butyl-4-hydroxianisolem z 90 % a 2-terc-butyl-4-hydroxianisolem z 10 %. Působí především na tuky, jejichž řetězec je tvořen nízkým počtem uhlíků, jako například palmový olej (VELÍŠEK, 2002). Přidává se do tuků a olejů určených na smažení, jelikož účinkuje i po tepelném zpracování. Často se BHA používá ke smažení burských oříšků. V kombinaci s kyselinou citronovou slouží k prodloužení trvanlivosti masných výrobků (PÍCKOVÁ, 2007). Dále působí aroma a ochraňuje řadu silicových barviv. Nevýhodou BHA může být těkavost antioxidantu projevující se pohybem z obalu do potravin či fenolový zápach. V průběhu oxidace tuků dochází ke znehodnocení antioxidantu, čímž se neliší od antioxidantů ostatních. Nejvíce se používají dimery, bifenyly včetně svých etherů. Co se týče vztahu BHA, BHT a gallátů, všechny tři sloučeniny se vzájemně doplňují a spolupracují.

Butylhydroxytoluen (BHT)

Druhým velmi důležitým syntetickým antioxidantem je butylhydroxytoluen, strukturně 3,5-di-terc-butyl-4-hydroxytoluen. Jde také o monofenol, nicméně má vyšší schopnost chránit živočišné tuky než BHA. Při oxidaci BHT vznikají degradované produkty, jako jsou chinony, stilbeny, jiné fenoly a v neposlední řadě 3,5di-terc-butyl-4-hydroxybenzaldehyd a 3,5,3'5'-tetra-terc-butyl-4,4',dihydroxy-1,2-difenylethan (VELÍŠEK, 2002). BHT lze mísit s BHA a tokoferoly. Společně se přidávají do tuků a olejů na smažení. Přídavek BHT do obalů k ošetření cereálních výrobků způsobuje migraci BHA do potravin (PÍCKOVÁ, 2007).

2-terc-butylhydrochinon (TBHQ)

Třetím syntetickým antioxidantem je difenol 2-terc-butylhydrochinon. Spolu s BHA má vysokou schopnost účinkovat i po tepelném zpracování. Přidává se tedy k tukům, které slouží ke smažení. Antioxidační činnost TBHQ je možné navýšit sloučením s kyselinou citronovou či některými dalšími látkami mající schopnost vázat kovy. Kombinace takových dvou látek pak zajišťuje trvanlivost olejů rostlinného původu. TBHQ odpovídá na aktivitu hydroperoxylových radikálů a tvoří se semichinonové radikály a následně dimery. Dimery podléhají dismutaci a vniká opět hydrochinon (VELÍŠEK, 2002). TBHQ je nejúčinnějším syntetickým antioxidantem. Jeho použití není vždy povoleno, protože může vyvolat zdravotní obtíže projevující se kopřivkou. Používá tedy často kombinace BHA, BHT a propylgalátů (PÍCKOVÁ, 2007).

Galláty

Významnou skupinou syntetických antioxidantů jsou estery kyseliny gallové, tzv. galláty. Kyselinu gallovou nalezneme v rostlinách, respektive v rostlinných produktech. Gallátů se využívá v tucích, které neobsahují vodu. Mají vyšší polaritu než všechny tři zmíněné antioxidanty (BHT, BHA, TBHQ), disponují vyšší rozpustností v emulzích, avšak nižší činností než je tomu u BHA BHT. Jedním z hlavních zástupců gallátů je propyl-gallát. Jeho struktura neodolává teplotám nad 190°C a jeho aktivita po tepelné úpravě není vysoká. Není proto určen ke smažení, nicméně slouží třeba k upevnění lipidů živočišného původu. Propyl-gallát reaguje s železnými ionty a způsobuje modročerné komplexy. Je tedy nutné slučovat jej s látkami, které umožňují navázání kovů. Veškeré galláty se vzájemně podporují s antioxidanty BHA a BHT, ale

s TBHQ se nesmí používat. Při znehodnocení propyl-gallátu se tvoří další antioxidační sloučenina a tou je kyselina ellagová.

Dalšími syntetickými antioxidanty jsou dusíkaté sloučeniny. Příliš se neuplatňují z důvodu možné jedovatosti. Patří sem třeba santokin sloužící jako krmivo nebo druhy objevující se v kosmetice či petrochemii (VELÍŠEK, 2002).

3.3 Charakteristika vybraných druhů drobného ovoce

3.3.1 Dřín obecný (*Cornus mas* L.)

Dřín systematicky zařazujeme do:

- Říše: rostliny (*Plantae*),
Podříše: cévnaté rostliny (*Tracheobionta*),
Oddělení: krytosemenné (*Magnoliophyta*),
Třída: vyšší dvouděložné (*Rosopsida*),
Řád: dřínovité (*Cornales*),
Čeleď: dřínovité (*Cornaceae*),
Rod: dřín (*Cornus*),
Druh: dřín obecný (*Cornus mas* L.)

Pochází ze zakavkazských oblastí Asie, kde se jeho plody sbíraly už v dobách starověku. V České republice se rozšířil později v teplé oblasti jižní Moravy. V jiných státech Evropy je jeho výskyt častější. Setkáme se s ním zejména na jihozápadní Ukrajině, ale také na Slovensku, ve středním Německu, na jihu Belgie nebo na západě Francie (SLAVÍK, 1997).

Stromy dřínu dosahují až 7 metrů, listy mají eliptický tvar, podélnou nervaturu a tmavě zelenou barvu. Květy jsou žluté, usazené v kolíkových svazečcích na postranních větvích (DOLEJŠÍ et al., 1991). Plody nazýváme dřínky, jsou to malé peckovice oválného tvaru. Mají červené zbarvení a kyselou-trpkou chuť. Zásadní složkou jsou vitamín C, β -karoten, organické kyseliny, třísloviny, minerální látky a pektin. Sběr dřínků provádíme v červenci až srpnu. Můžeme je konzumovat v čerstvém stavu ale

lépe se hodí na výrobu kompotů nebo pálenky zvanou dernovka. Dále je možné plody usušit, pomlet a vzniklý prášek používat na přípravu koření (SLAVÍK, 1997).

Díky svému rozsáhlému kořenovému systému není dřín náchylný k zamrzání, neplodnosti či krátkověkosti (RICHTER, 2004). Je na seznamu chráněných druhů. Na pěstování v zahradách jsou nejvhodnější velkoplodé odrůdy (SLAVÍK 1997). Mezi takové odrůdy dřínu obecného patří Vydubecký Vyšegrodský Fruchtal Lukjanovský Jantarový, Devín ad. (PAPRSTAIN et al., 2009).

3.3.2 Jeřáb ptačí (*Sorbus aucuparia* L.)

Jeřáb systematicky zařazujeme do:

- Říše: rostliny (*Plantae*),
- Podříše: cévnaté rostliny (*Tracheobionta*),
- Oddělení: krytosemenné (*Magnoliophyta*),
- Třída: vyšší dvouděložné (*Rosopsida*),
- Řád: růžotvaré (*Rosales*),
- Čeleď: růžovité (*Rosaceae*),
- Rod: jeřáb (*Sorbus*),
- Druh: jeřáb ptačí (*Sorbus aucuparia* L.)

Jeřáb se vyskytuje se v přírodě jako divoce rostoucí, ale existuje i velké množství vyšlechtěných odrůd. Jeho původ nacházíme v oblasti Středozemního moře, odkud se postupně šířil i do jiných částí kontinentu.

Stromy jeřábu dosahují výšky až 10 m, mají kuželovitou nebo oválnou korunu s řídkou hustotou větví (LÁNSKÁ et al., 1982). Větší listy jsou lichozpeřené, menší listy jsou podlouhlé, vejčité až kopinaté, celokrajné nebo pilovité. Podle pihovitosti lze posuzovat ušlechtilost klonů sladkoplodých odrůd jeřábu. Pokud je z dolního pohledu na strom viditelná alespoň jedna čtvrtina listů s nepilovitým okrajem, jedná se o podařený klon (RICHTER, 2004). Květy vyrůstají v chocholičnatých latách, mají bílou barvu a výraznou vůni (DOLEJŠÍ et al., 1991). Plody jeřábu se liší svým zbarvením. Mohou být smetanově bílé, žluté, oranžové, červené a růžové. Dále je rozlišujeme podle chuťových

charakteristik na sladké, trpké, kyselé či hořké, popřípadě kombinace těchto základních chutí Konzumní zralosti nabývají v srpnu až září. Hojně zastoupenou složkou plodů je vitamin C, z čehož vyplývají léčivé účinky jeřábu (HRIČOVSKÝ, 2002). Dále obsahuje β-karoten, jehož množství je v plodech jeřábu vyšší než v například v mrkvi. Významný podíl tvoří i cukry a kyseliny, zejména kyselina jablečná, citronová a jantarová (DOLEJŠÍ et al., 1991). Nejčastěji se s jeřabinami setkáváme v podobě kompotů, džemů, sirupů, likérů, doporučují se také diabetikům.

Jeřáb není příliš náročný na pěstování, lze ho vysadit i v drsnějších podmínkách ve vysokých nadmořských výškách mírného klimatického pásu. Pro svůj kvalitní růst ale potřebuje půdy s dobrou propustností živin. Při pěstování je nutné, dávat pozor na strupovitost a chránit strom před napadením mšic. Dojde-li k napadení, je třeba aplikovat ochranná opatření. Je schopný žít i 80 roků.

V našich zeměpisných šířkách je nejrozšířenější odrudou jeřáb Moravský sladkoplodý a mezidruhově křížený Granatina. V zahraničí jsou to potom nejrůznější druhy kříženců s mišpulí či hruškou, jako je třeba odrůda Burka, Granátový, Apricot Queen, Golden Wonder, Rosina, Krasnaja a mnoho jiných (HRIČOVSKÝ, 2002).

3.3.3 Rakytník řešetlákový (*Hippophae rhamnoides* L.)

Rakytník systematicky zařazujeme do:

- Říše: rostliny (*Plantae*),
- Podříše: cévnaté rostliny (*Tracheobionta*),
- Oddělení: krytosemenné (*Magnoliophyta*),
- Třída: vyšší dvouděložné (*Rosopsida*),
- Řád: růžotvaré (*Rosales*),
- Čeleď: hlošinovité (*Elaeagnaceae*),
- Rod: rakytník (*Hippophae*),
- Druh: rakytník řešetlákový (*Hippophae rhamnoides* L.)

Rakytník řešetlákový pochází z Asie, nejčteněji roste při Kavkazu, západní a východní Sibiři. V našich zeměpisných šířkách se mnoho nevyskytuje, divoce rostoucí rakytník

nacházíme zřídka. Více se objevují druhy záměrně pěstované, vzniklé zásluhou pěstitelů v Rusku.

Patří do skupiny dvoudomých rostlin a roste ve formě keře či stromu. Díky své rozsáhlé kořenové soustavě plní protierozní funkci a zachycuje velké množství dusíku. (HRIČOVSKÝ, 2002). Dorůstá výšky kolem 1,5 m, koruna má husté trnité větve, kůra je v mládí pokryta stříbřitými šupinkami. Listy jsou kopinaté, celokrajné, na svrchní straně tmavě zelené a lesklé, na spodní straně šedé, ochlupené později šupinkaté. Jedná se o polymorfní druh, což se projevuje rozdílnými znaky jako je právě výška stromu, velikost koruny, zbarvení listů a plodů, trnitostí apod. (VALÍČEK et al., 2008). Plody rostou těsně přitisknuté k větvičce a při sběru se často nepodaří zabránit poškození bobulí. Zbarvují se dožluta nebo dooranžova a dokáží odolávat opadnutí i při nepříznivých klimatických podmínkách. Obsahují ze všech druhů ovoce nejvíce vitamínů a stopových prvků, především vitamínu C, B a karotenoidů. Rakytník používáme při výrobě marmelád, želé a ve farmaceutickém průmyslu. Nejcennější je rakytníkový olej, který se vyznačuje vysokým obsahem vitamínu E a karotenu. Jde o dvě významné látky, jejichž nejvýznamnější schopností je zpomalování oxidace a s tím související stárnutí buněk. Dále zamezují nadměrnému okyselování organismu.

Rakytník nevyžaduje příliš vysoké nároky na pěstování. Dobře snáší mrazivé období, ale pokud chceme, aby se stromu dařilo růst co nejlépe, je potřeba jej vysadit na lehké propustné půdě s dostatkem vápníku a na místech s příznivým přístupem světla. Více není nutné rakytník ošetřovat, je poměrně nenáchylný k chorobám a škůdcům. Jedinou výjimkou jsou mšice, které mohou působit problémy v případě přemnožení, potom je třeba použít na výsadbu chemické prostředky proti mšicím (HRIČOVSKÝ, 2002).

Existuje řada odrůd, z nichž nejznámější je Sluníčko, Vitaminnaja, Dar Katuni, Masličnaja, Altaja, Zalatoj, Počatok, Hergo, Pollmix, Leikora, Novost', Zolotistaja, Jantarnaja, Čuskaja, Obilnaja, Samodorok, Sibirskaja, Dorana a další (VALÍČEK et al., 2008).

3.3.4 Zimolez kamčatský (*Lonicera kamtschatica*)

Zimolez systematicky zařazujeme do:

Říše: rostliny (*Plantae*),

Podříše: cévnaté rostliny (*Tracheobionta*),

Oddělení: krytosemenné (*Magnoliophyta*),
Třída: vyšší dvouděložné (*Rosopsida*),
Řád: štětкотvaré (*Dipsacales*),
Čeleď: zimolezovité (*Caprifoliaceae*),
Rod: zimolez (*Lonicera*),
Druh: zimolez kamčatský (*Lonicera kamtschatica*)

Rod zimolezu je tvořen přibližně 200 různými druhy, které rostou v oblasti mírného pásu EuroAsie a Severní Ameriky nebo na severu Afriky. Nejčtenější výskyt nacházíme na území bývalého Sovětského svazu, zejména na východě Sibíře nebo na Kamčatce (HRIČOVSKÝ, 2002).

Keře zimolezu dorůstají do výšky až 2,5 m s hustým větvením. Listy mají okrouhlý, oválný nebo vejčitý tvar, jsou celokrajné, zbarvené do žluto-zelena nebo šedo-modra. Pupeny mají tvrdou šupinkatou svrchní slupku, květy vyrůstají ne větvích po dvou, mají trubkovitý, nálevkovitý až zvonkovitý tvar, barvu žlutou až žlutozelenou. Kvetou po dobu 7 – 10 dní (PAPRSTAIN et al., 2009). Plody se zbarvují dočervena, dooranžova, dožluta, dočerna a nebo domodra. Jsou bohaté na vitamin C, P (rutin), A a B₁ (thiamin) a B₂ (riboflavin), karotenoidy, pektin, třísloviny, antokyany a cukry. Dužina je šťavnatá ale jejich chuť není výrazná ani příjemná a pouze vybrané druhy, rostoucí na vzdálené východní části Sibíře, jsou požitelné. Nejlépe se hodí k přímému konzumu, ke zmrazení či na výrobu džemů a kompotů. Bobule zrají už v polovině května, v červnu a červenci, někdy i na začátku září.

V současnosti se zimolez dostává do popředí díky svým jedinečným vlastnostem. Všechny části rostliny slouží od pradávna jako léčitelský prostředek. Vyvařené větvičky mají močopudný účinek a napomáhají snížení krevního tlaku. Listy pomáhají při léčbě očí a krku. Nejvýznamnější léčivé schopnosti však mají čerstvé plody. Posilují organismus, posilují léčbu angíny, žaludku a jater díky své antiseptické povaze.

Zimolez je přizpůsobivý a snáší drsné klimatické podmínky a všechny druhy půd. Nevyžaduje vysoké nároky na pěstování a není náchylný na choroby a škůdce, jen v případě extrémně suché zimy je nutné použít doplňkovou závlahu.

Zástupci s nejdělnými plody díky vůni svých květů plní dekorativní funkci. Nejčastěji se setkáme s odrůdami pocházející z Číny, Koreje a Japonska. Pro pěstování na našem území se nejlépe hodí odrůda Altaj nebo Amur (HRIČOVSKÝ, 2002). Dalšími

odrůdami jsou například Fialka, Leningradský Velikán, Goluboje, Tomička, Morena, Vasjuganská, Gerda, Zoluška, Amfora, Bakcarskaja, Viola, Nimfa, Kamčadalka či Roksana (PAPRSTAIN et al., 2009).

4 MATERIÁL A METODIKA

4.1 Použitý materiál a postupy

V praktické části práce byly sledovány plody zimolezu kamčatského, rakytníku řešetlákového, jeřábu ptačího a dřínu obecného. Místem sběru byla oblast Moravy, podoblast mikulovská, pozemky Zahradnické fakulty Mendelovy univerzity v Lednici. Termín sběru plodů zimolezu kamčatského byl 15. května 2015 a vybrány byly odrůdy Amfora, Fialka a Leningradský Velikán. Plody dřínu byly nasbírány 2. srpna a byly to odrůdy Fruchtal, Vydubecký, Vyšegrodský, Lukjanovský, Devín a Jantarový. Plody jeřábu a rakytníku byly nasbírány 5. října a to byly odrůdy Aleja, Burka a Granátový. Pro rakytník to byla odrůda Sluníčko. Všechny plody byly ihned po sběru uloženy v plastových sáčcích do boxu a uchovány při teplotě -18 °C do provedení analýz.

4.1.1 Charakteristika vybraných odrůd dřínu obecného

Vydubecký je charakteristická rozložitým tvarem keře, střední hustotou větví, výškou přibližně 1,7 m. Je schopný odolávat suchu a poklesům teplot. Plody zrají v průběhu srpna a září, mají protáhlý, oválný až hruškovitý tvar, červené zbarvení a výrazné dřínové aroma.

Vyšegrodský se vyznačuje pyramidálním tvarem keřů se střední hustotou větví, výškou kolem 1,8 m. Je přizpůsobivý k teplotním poklesům i suchu. Plody zrají v průběhu srpna, mají protáhlý oválný až válcovitý tvar, višňově červenou barvu, lesklou, tenkou slupku a kyselo-sladkou chuť.

Fruchtal utváří husté keře, dorůstá výšky kolem 1,3 m, je přizpůsobivý suchu i teplotním poklesům, vyznačuje se vysokou plodností. Plody zrají v průběhu srpna a září, mají mírně nakyslou chuť (PAPRSTAIN et al., 2009).

Devín vyrůstá do výšky až 3 m, plody mají pravidelný oválný tvar, červenou barvu, trpkou slupku a sladko-kyselou dužinu. Zrají v polovině září.

Jantarový utváří pyramidální korunu, vyrůstá do výšky 2,5 m, plody jsou hruškovitého tvaru, žluté barvy sladkokyselé chuti. Zrají v polovině června.

Lukjanovský dorůstá výšky 3,3 m, utváří vzpřímenou korunu se středním zahuštěním. Je odolný k teplotním poklesům i suchu. Vyznačuje se pravidelnou plodností. Plody mají baňkovitý nebo hruškovitý tvar, lesklou slupku, šťavnatou dužinu, tmavě červenou barvu a typické aroma. Dozrávají od konce srpna do poloviny září (VLASÁKOVÁ, 2013).

4.1.2 Charakteristika vybraných odrůd jeřábu ptačího

Aleja má drobné plody kulatého tvaru, růžové až červené barvy, se silně trpkou slupkou a sladko-kyselou dužinou.

Granátový je meziodrůdový kříženec jeřábu ptačího a hlohu sibiřského. Je charakteristický středním vzrůstem, plody mají granátově červenou barvu a sladkokyselou chuť.

Burka vznikl křížením jeřábu ptačího, jeřábu muk a temnoplodce planikolistého, Jde o mrazuodolnou odrůdu, dorůstá výšky až 3 m, plody jsou tmavě červené, slupka mírně trpká, dužina sladkokyselá (VLASÁKOVÁ, 2013).

4.1.3 Charakteristika vybraných odrůd rakytníku řešetlákového

Sluníčko má svítivě oranžové plody, s mírně trpkou slupkou a sladkokyselou dužinou a vysokým obsahem vitamínu C. Dozrávají v polovině září a nejlépe se sklízí ustřižením celých větví s následným zmrazením a poté snadným oklepáním. Je nutné pěstovat samčí i samičí rostlinu (VALÍČEK et al., 2008).

4.1.4 Charakteristika vybraných odrůd zimolezu kamčatského

Leningradský Velikán vyrůstá do výšky až 1,8 m, plody jsou protáhlé, tmavě modrého zbarvení, sladkokyselé chuti.

Fialka dorůstá výšky 1,5 m, je nenáročný na půdní podmínky ale špatně snáší sucho. Má fialové až tmavě modré plody, sladkokyselé chuti, dozrávají začátkem června.

Amfora dosahuje středního vzrůstu, má okrouhlý tvar, plody jsou fialové až modré, džbánkovitého tvaru, slupka je hladká, silná a na povrchu má voskovou vrstvu. Dužina je nakysle sladká (PAPRSTAIN et al., 2009).

4.2 Extrakce antioxidačních látek

Samotné extrakci předcházela úprava plodů, zahrnující odpeckování, rozmixování a rozmělnění v třecí misce. Byla vytvořena heterogenní směs rozmačkaných částí ovoce a ovocné šťávy. Extrakce plodů proběhla následujícím způsobem: Navážka $5 \pm 0,1$ g ovocné šťávy dřínu, $3 \pm 0,1$ g ovocné šťávy jeřábu, $3 \pm 0,1$ g rakytníku a $3 \pm 0,1$ g zimolezu do odměrné baňky a doplnění použitým extrahovadlem (50% methanolem) na celkový objem 50 ml. V rámci opakování byly připraveny vždy 3 vzorky od každé odrůdy, tj. 39 vzorků. Poté byly odměrné baňky uzavřeny pomocí gumových zátek a umístěny na třepačku, kde docházelo k extrakci po dobu šedesáti minut. Po uplynutí tohoto časového intervalu bylo potřebné množství (1500 μ l) každého vzorku odpipetováno do uzavíratelných plastových mikrozkrumavek a uloženo do boxu při teplotě -18 °C. Takto upravený extrakt se použil pro stanovení antioxidační kapacity metodami FRAP a DPPH.

4.3 Přístroje a pomůcky

- Spektrofotometr Hélios beta od firmy Unicam,
- elektromagnetická míchačka – IKA MS 3 digital od firmy IKA,
- mikropipety Eppendorf od firmy Fischer Scientific s.r.o.
- špičky Eppendorf od firmy Fischer Scientific s.r.o.
- eppendorfky od firmy Fischer Scientific s.r.o.
- kyvety od firmy Fischer Scientific s.r.o.
- analytické váhy Kern ABJ 320-4 od firmy Kern
- třecí miska skleněná
- běžné laboratorní sklo

4.4 Chemikálie a roztoky

- DPPH (2,2-difenyl-1-pikrylhydrazyl) – (Sigma Aldrich)

- FeCl₃ – (Sigma Aldrich)
- TPTZ (2,4,6-tris(2-pyridyl)-s-tranzin) – (Sigma Aldrich)
- HCl – (Sigma Aldrich)
- kyselina octová – (Merck)
- octan sodný – (Merck)
- trolox – (Merck)
- destilovaná voda ze zařízení Aqua osmotic
- metanol

4.5 Analytické metody

4.5.1 Měření antioxidační kapacity metodou FRAP

Do 250 ml odměrné baňky byl namíchán octanový pufr s pH 3,6 (4 ml koncentrované kyseliny octové a 0,775 g octanu sodného). Byla připravena směs FeCl₃ · 6H₂O (0,08 g bylo rozpuštěno v 25 ml destilované vody) a komplexu TPTZ (2,4,6-tris(2-pyridyl)-s-tranzin) v HCl (0,08 g TPTZ bylo rozpuštěno v 25 ml odměrné baňce s vodou okyselenou 0,08825 ml 35% HCl). Reakční směs vznikla smícháním roztoku FeCl₃.6H₂O, TPTZ a pufru v poměru 1:1:10. Poté bylo do 10 mm kyvety napipetováno 2 ml reakční směsi a 25 µl zředěného extraktu vzorku. Následovalo promíchání obsahu v kyvetě na elektromagnetické míchačce po dobu 10 sekund. Po uplynutí 10 minut od zahájení reakce byla změřena absorbance při vlnové délce 593 nm na spektrofotometru proti slepému vzorku. Jako standard byl použit trolox. Koncentrace základního roztoku troloxu byla 0,5 mmol.

4.5.2 Měření antioxidační kapacity metodou DPPH

Radikálový roztok byl připraven rozpuštěním 24 mg DPPH (2,2-diphenyl-1-pikrylhydrazyl) ve 100 ml methanolu. Do kyvety bylo napipetováno 1900 µl směsi radikálového roztoku DPPH v metanolu o koncentrací 0,1 mmol.l⁻¹ a 100 µl neředěného extraktu vzorku. Následovalo promíchání obsahu v kyvetě na elektromagnetické

míchače po dobu 10 sekund. Po uplynutí 30 minut od zahájení reakce na spektrofotometru v 10 mm kyvetě o vlnové délce 515 nm byla měřena absorbance proti metanolu. Došlo k odbarvení původně tmavě-fialového zbarvení a snížení absorbance. Jako standard byl použit trolox. Koncentrace základního roztoku troloxu byla 0,5 mmol.

4.6 Statistické metody

Statistické výpočty byly provedeny v programu Microsoft Office Excel 2003, kde statistické operace zahrnovaly průměr a směrodatnou odchylku ze tří paralelních stanovení. Homogenita rozptylů byla potvrzena Cochran, Hartley, Bartlett testem. Průkazný rozdíl mezi hodnotami byl potvrzen pomocí metody vícenásobné analýzy s následným využitím Fischerova LSD testu na hladině významnosti $p = 0,05$. Zmíněné statistické analýzy jsou umístěny v Přílohách práce.

5 VÝSLEDKY A DISKUZE

5.1 Hodnocení antioxidační kapacity jednotlivých druhů

5.1.1 Výsledky stanovené metodou FRAP

Byla naměřena koncentrace antioxidační kapacity jednotlivých vzorků. V grafu č. 1 jsou zobrazeny průměrné hodnoty koncentrace antioxidačních látek u jednotlivých druhů, které byly naměřeny metodou FRAP. U druhů, kde bylo sledováno více odrůd, byla hodnota antioxidační kapacity získána průměrem ze všech sledovaných odrůd.

Na základě naměřených výsledků lze konstatovat, že nejvyšší antioxidační kapacitou disponují plody dřínu obecného ($1,764 \pm 0,569$ mmol troloxu $\cdot 100$ g⁻¹). Důvodem vysoké antioxidační kapacity plodů dřínu mohl být mimo jiné termín sběru plodů, který může významnou měrou ovlivňovat zastoupení látek s antioxidačním účinkem v plodu. Výsledky byly porovnány s pracemi jiných autorů, kteří se stejně jako já zabývali stanovováním antioxidační kapacity za použití stejné metody (FRAP). Vlasáková (2013) ve své práci uvádí hodnoty antioxidační kapacity dřínu obecného nižší a to v rozmezí $0,392 \pm 0,134$ až $0,734 \pm 0,115$ mmol troloxu $\cdot 100$ g⁻¹. Naměření takových hodnot mohl způsobit odlišný postup při extrakci plodů. Podle Zatloukala (2011) je naopak antioxidační kapacita dřínu obecného vyšší ($4,700 \pm 0,250$ až $14,240 \pm 0,650$ mmol troloxu $\cdot 100$ g⁻¹), autor extrahoval antioxidační látky z lyofilizovaných plodů, což mělo pravděpodobně za následek vyšší účinnost extrakce.

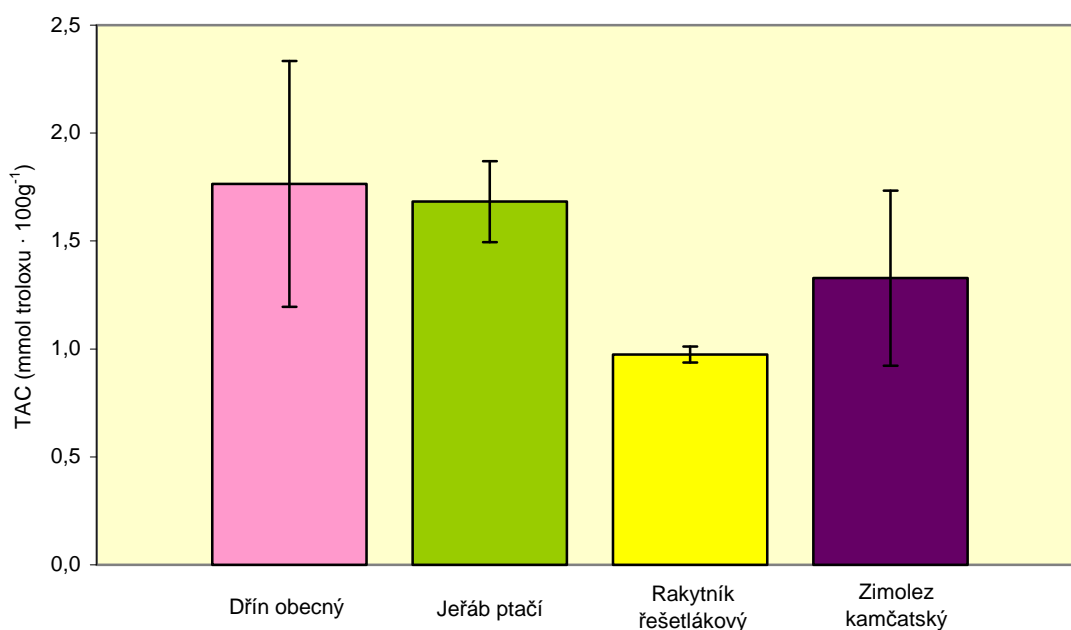
U plodů jeřábu hodnota antioxidační kapacity představovala $1,682 \pm 0,188$ mmol troloxu $\cdot 100$ g⁻¹. V porovnání s Vlasákovou (2013) jsou hodnoty opět mírně vyšší. Ta udává rozmezí antioxidační kapacity u jeřábu od $0,793 \pm 0,162$ do $0,918 \pm 0,061$ mmol troloxu $\cdot 100$ g⁻¹, stejně jako u dřínu byl rozdíl v naměřených hodnotách způsoben pravděpodobně způsobem extrakce. Zatloukal (2011) uvádí antioxidační kapacitu u některých odrůd vyšší (až $4,640 \pm 0,280$ mmol troloxu $\cdot 100$ g⁻¹) a u některých odrůd nižší ($1,120 \pm 0,060$ mmol troloxu $\cdot 100$ g⁻¹). Marek ve své práci (2011) potvrzuje, že hodnoty antioxidační kapacity jeřábu jsou nižší než hodnoty dřínu.

Nejnižší hodnoty antioxidační kapacity vykazovaly plody rakytníku řešetlákového ($0,974 \pm 0,037$ mmol troloxu $\cdot 100$ g⁻¹). Podobně je tomu i v práci Vlasákové (2013), která při měření dvou odrůd získala hodnoty $0,669 \pm 0,128$ a $0,897 \pm 0,089$ mmol troloxu $\cdot 100$ g⁻¹. Zatloukal (2011) pracoval s šesti odrůdami a stanovil antioxidační kapacitu rakytníku v širokém rozsahu od $0,480 \pm 0,060$ mmol troloxu $\cdot 100$ g⁻¹ po $4,100 \pm 0,090$ mmol troloxu $\cdot 100$ g⁻¹.

Zimolez kamčatský dosahoval antioxidační kapacity $1,328 \pm 0,406$ mmol troloxu $\cdot 100$ g⁻¹. Podle Zatloukala (2011) jsou hodnoty opět vyšší ($0,201 \pm 0,160$ až $5,390 \pm 0,380$ mmol troloxu $\cdot 100$ g⁻¹), nejspíš vlivem účinnějšího způsobu extrakce.

Největší variabilita hodnot antioxidační kapacity mezi odrůdami v rámci jednoho druhu byla zjištěna u dřínu obecného ($\pm 0,569$ mmol troloxu $\cdot 100$ g⁻¹). Rozptyl hodnot u jeřábu ptačího ($\pm 0,188$ mmol troloxu $\cdot 100$ g⁻¹) je menší než u zimolezu kamčatského ($\pm 0,406$ mmol troloxu $\cdot 100$ g⁻¹).

Statisticky průkazné rozdíly byly zjištěny mezi hodnotami antioxidační kapacity plodů dřínu a rakytníku, mezi hodnotami dřínu a zimolezu a mezi hodnotami jeřábu a rakytníku (viz Přílohy tabulka č. 3).



Graf č. 1: Hodnoty antioxidační kapacity plodů vybraných druhů drobného ovoce (FRAP)

5.1.2 Výsledky stanovené metodou DPPH

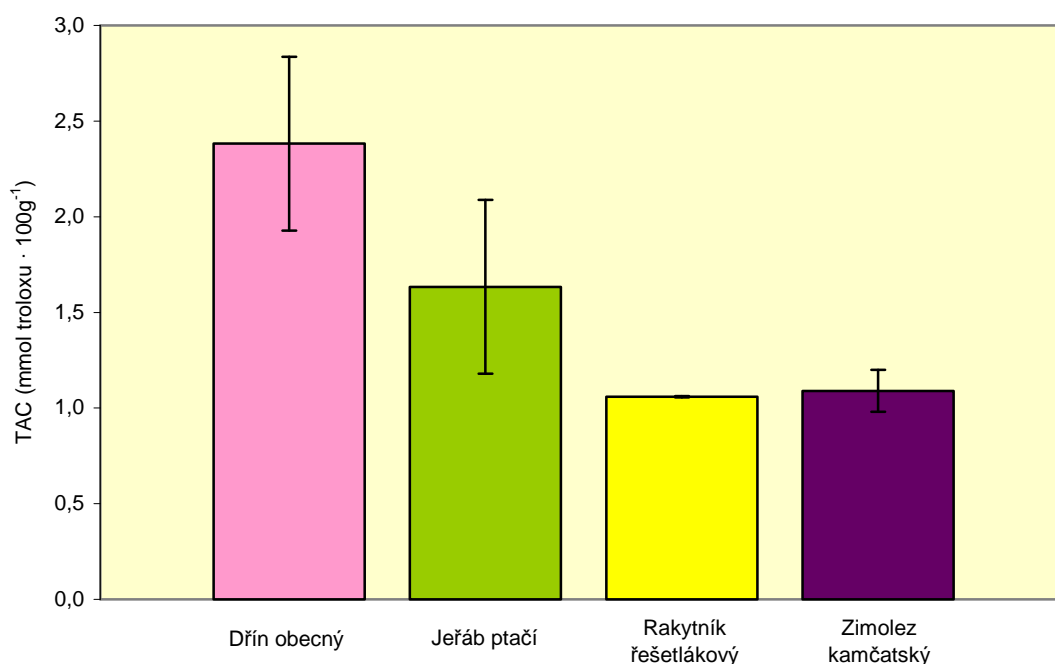
Hodnoty antioxidační kapacity stanovené metodou DPPH vykazovaly mírné odchylky v porovnání s hodnotami zjištěnými metodou FRAP. Stejně jako u metody FRAP bylo sledováno více odrůd a výsledná hodnota antioxidační kapacity byla získána průměrem ze všech sledovaných odrůd.

Z naměřených hodnot vyplývá, že nejvyšší antioxidační kapacitou disponují opět plody dřínu obecného ($2,382 \pm 0,861$ mmol troloxu $\cdot 100$ g⁻¹) a nejnižší plody rakytníku řešetlákového ($1,059 \pm 0,053$ mmol troloxu $\cdot 100$ g⁻¹). Rozptyl hodnot byl při použití obou metod velmi podobný. Zatloukal (2011) stanovil hodnoty metodou DPPH v rozmezí od $7,880 \pm 0,510$ do $18,710 \pm 1,080$ mmol troloxu $\cdot 100$ g⁻¹. I zde byl důvodem vyšších hodnot více efektivní postup při extrakci plodů.

Jeřáb se svojí antioxidační kapacitou $1,634 \pm 0,454$ mmol troloxu $\cdot 100$ g⁻¹ je na druhém místě. V Zatloukalově práci (2011) je rozpětí od $1,340 \pm 0,030$ do $2,850 \pm 0,170$ mmol troloxu $\cdot 100$ g⁻¹. Tyto nižší hodnoty jeřábu oproti dřínu, stanovené metodou DPPH, potvrzuje ve své práci i Marek (2011).

Mezi antioxidační kapacitou zimolezu kamčatského ($1,090 \pm 0,331$ mmol troloxu $\cdot 100$ g⁻¹) rakytníku řešetlákového ($1,059 \pm 0,053$ mmol troloxu $\cdot 100$ g⁻¹) nebyl potvrzen statisticky významný rozdíl. Podle Zatloukala (2011) je rozpětí hodnot u zimolezu $2,110 \pm 0,190$ až $3,280 \pm 0,060$ mmol troloxu $\cdot 100$ g⁻¹, u rakytníku je to rozmezí $0,490 \pm 0,030$ až $2,540 \pm 0,000$ mmol troloxu $\cdot 100$ g⁻¹. Veškeré hodnoty znázorňuje graf č. 2 uvedený níže.

Statisticky průkazné rozdíly jsou uvedeny v Přílohách práce v tabulce č. 4. Dřín obecný se v hodnotě antioxidační kapacity plodů statisticky významně odlišuje od jeřábu, rakytníku i zimolezu. Ostatní druhy se od sebe statisticky významně neodlišují.



Graf č. 2: Hodnoty antioxidační kapacity plodů vybraných druhů drobného ovoce (DPPH)

5.2 Hodnocení antioxidační kapacity jednotlivých odrůd

5.2.1 Výsledky stanovené metodou FRAP

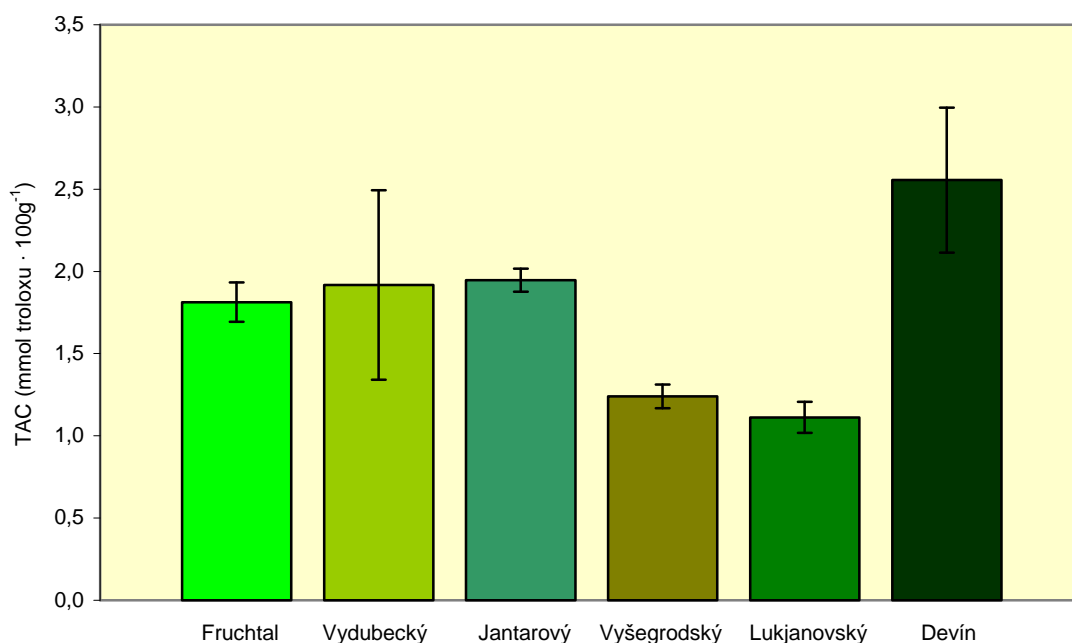
Při stanovování antioxidační kapacity drobného ovoce byly zjištěny výrazné rozdíly mezi odrůdami. U dřínu obecného (viz graf č. 3.), byly nejvyšší hodnoty naměřeny u odrůdy Devín ($2,555 \pm 0,441$ mmol troloxu · 100 g⁻¹), nejnižší u odrůdy Lukjanovský ($1,112 \pm 0,095$ mmol troloxu · 100 g⁻¹). Došlo k tomu nejspíše vlivem zrání, při čemž Devín zraje později než Lukjanovský. Vzhledem k tomu, že byly odrůdy sklizeny ve stejný termín, dalo by se na základě výsledků předpokládat, že nižší zralost plodů způsobuje vyšší obsah antioxidačních látek. Ovšem jde pouze o jeden z možných logických závěrů. Zmíněný výsledek koreluje s Markem (2011), který také ve své práci uvádí antioxidační kapacitu odrůdy Devín vyšší než odrůdy Lukjanovský.

Podobné hodnoty jako jsou patrné u odrůdy Lukjanovský, byly naměřeny i u odrůdy Vyšegrodský ($1,240 \pm 0,072$ mmol troloxu · 100 g⁻¹), při čemž mezi nimi nebyl zjištěn statisticky průkazný rozdíl (viz Přílohy tabulka č. 1). Antioxidační kapacita odrůdy

Fruchtal ($1,813 \pm 0,120$ mmol troloxu $\cdot 100$ g⁻¹), Vydubecký ($1,917 \pm 0,577$ mmol troloxu $\cdot 100$ g⁻¹) a Jantarový ($1,946 \pm 0,070$ mmol troloxu $\cdot 100$ g⁻¹) je téměř shodná bez prokázání statisticky významných rozdílů (viz Přílohy tabulka č. 1). Oproti Devínu mají antioxidační kapacitu výrazně nižší, ale v porovnání s Lukjanovským a Vyšegrodským naopak znatelně vyšší. Potvrzují to i statisticky průkazné rozdíly mezi hodnotami.

Vlasáková (2013), ve své práci uvádí antioxidační kapacitu u odrůdy Vyšegrodský $0,700 \pm 0,172$ mmol troloxu $\cdot 100$ g⁻¹ u prvního vzorku a $0,558 \pm 0,018$ mmol troloxu $\cdot 100$ g⁻¹ u druhého vzorku. U odrůdy Lukjanovský pak $0,392 \pm 0,134$ mmol troloxu $\cdot 100$ g⁻¹ u prvního vzorku a $0,734 \pm 0,115$ mmol troloxu $\cdot 100$ g⁻¹ u druhého vzorku. Její hodnoty jsou o poznání nižší z důvodu méně účinné extrakce, kterou použila, a kvůli odlišným klimatickým podmínkám roku 2013, kdy byly její odrůdy sbírány.

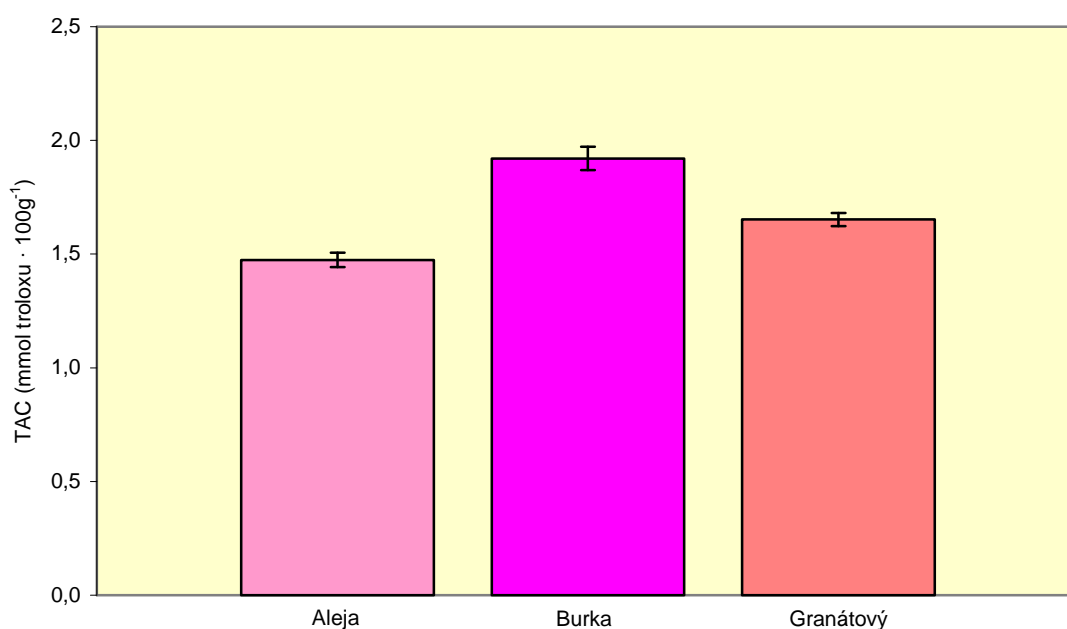
Zatloukal (2011) naopak, díky efektivnějšímu způsobu extrakce, uvádí hodnoty vyšší a to $4,700 \pm 0,250$ mmol troloxu $\cdot 100$ g⁻¹ u odrůdy Vydubecký a $5,110 \pm 0,410$ mmol troloxu $\cdot 100$ g⁻¹ u odrůdy Fruchtal.



Graf č. 3: Hodnoty antioxidační kapacity plodů dříviny obecného (FRAP)

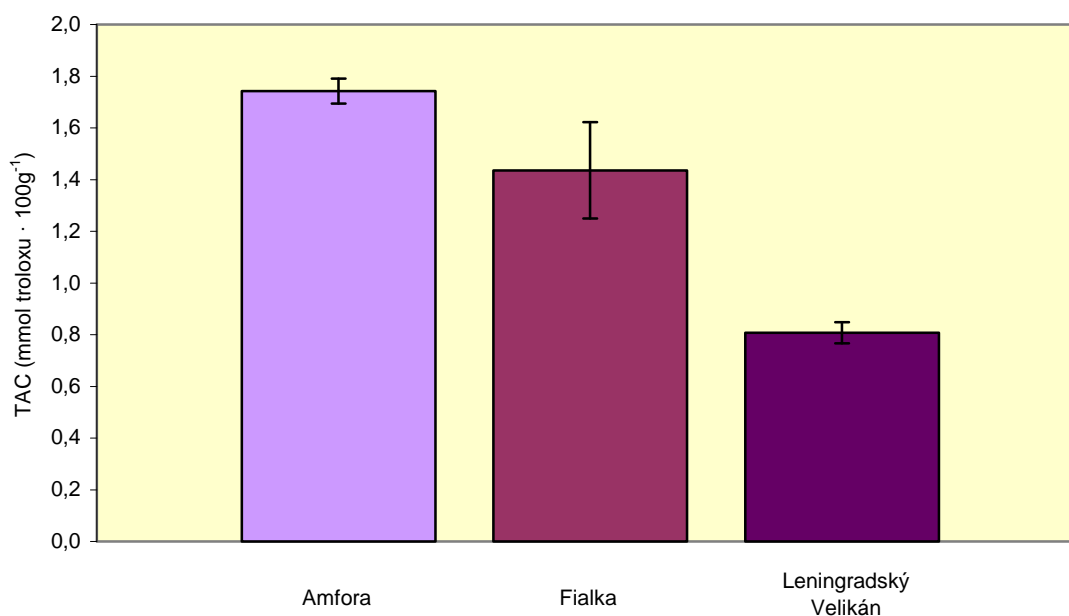
V rámci měření meziodrůdových kříženců jeřábu ptačího (viz graf č. 4), dosahuje nejvyšší antioxidační kapacity odrůda Burka ($1921 \pm 0,052$ mmol troloxu $\cdot 100$ g⁻¹), mírně nižší antioxidační kapacitu pak Granátový ($1,652 \pm 0,029$ mmol troloxu $\cdot 100$ g⁻¹) a nejnižší Aleja ($1,474 \pm 0,032$ mmol troloxu $\cdot 100$ g⁻¹). Výsledné hodnoty jsou vzájemně blízké a statisticky průkazný rozdíl byl určen pouze mezi odrůdou Burkou a Alejou (viz Přílohy tabulka č. 1).

Burka dosahuje podle Vlasákové (2013) průměrné hodnoty antioxidační kapacity ve výši $0,818 \pm 0,089$ mmol troloxu $\cdot 100$ g⁻¹, Granátový dle Zatloukala (2011) $2,650 \pm 0,130$ mmol troloxu $\cdot 100$ g⁻¹ a Aleja $2,200 \pm 0,110$ mmol troloxu $\cdot 100$ g⁻¹.



Graf č. 4: Hodnoty antioxidační kapacity plodů jeřábu ptačího (FRAP)

Výsledné hodnoty antioxidační kapacity plodů zimolezu kamčatského se nachází v širším rozpětí než plody jeřábu a jsou zobrazeny v grafu č. 5. Odrůda Amfora dosahuje nejvyšší antioxidační kapacity ($1,742 \pm 0,048$ mmol troloxu $\cdot 100$ g⁻¹), odrůda Leningradský Velikán nejnižší ($0,807 \pm 0,041$ mmol troloxu $\cdot 100$ g⁻¹). Fialka se svojí hodnotou ($1,436 \pm 0,186$ mmol troloxu $\cdot 100$ g⁻¹) pohybuje mezi nimi, při čemž vykazuje statisticky průkazný rozdíl s Leningradským Velikánem, ale neproказuje statisticky průkazný rozdíl s Amforou (viz Přílohy tabulka č. 1). Zatloukal (2011) stanovil antioxidační kapacitu Amfory na $5,270 \pm 2,010$ mmol troloxu $\cdot 100$ g⁻¹.

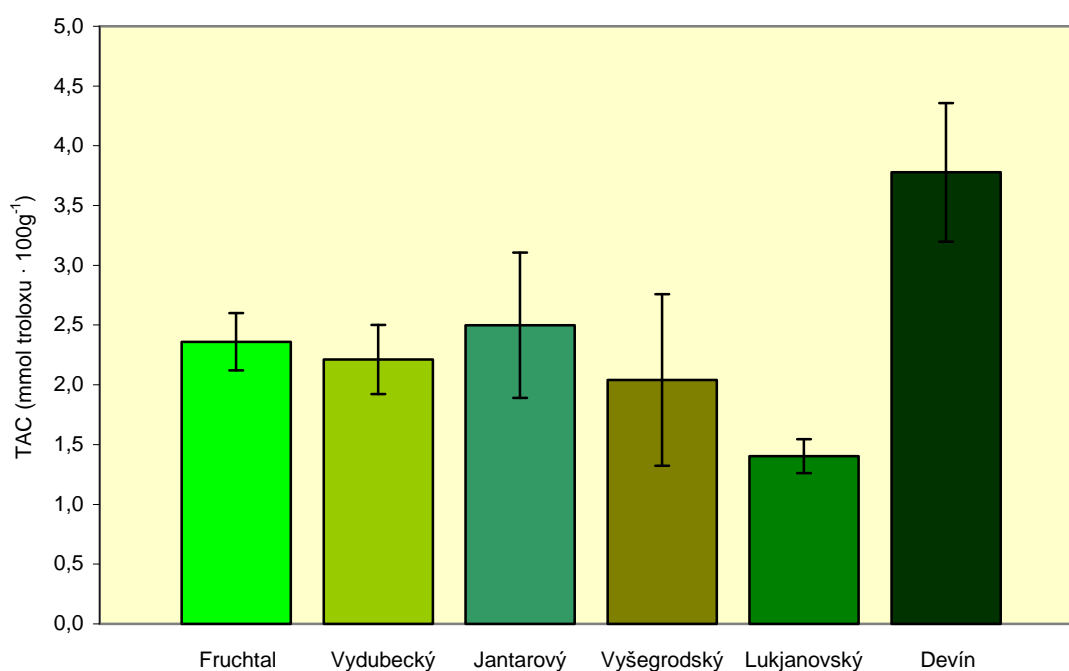


Graf č. 5: Hodnoty antioxidační kapacity plodů zimolezu kamčatského (FRAP)

5.2.2 Výsledky stanovené metodou DPPH

Hodnoty antioxidační kapacity měřené pomocí metody DPPH se v porovnání s metodou FRAP mírně odlišují. U vybraných odrůd dřínu obecného, které jsou znázorněny v grafu č. 6, přesto platí, že nejvyšší antioxidační kapacity dosáhl Devín ($3,778 \pm 0,580$ mmol troloxu · 100 g⁻¹) a nejnižší Lukjanovský ($1,402 \pm 0,142$ mmol troloxu · 100 g⁻¹). Ostatní měřené odrůdy Fruchtal ($2,360 \pm 0,239$ mmol troloxu · 100 g⁻¹), Vydubecký ($2,212 \pm 0,290$ mmol troloxu · 100 g⁻¹), Jantarový ($2,98 \pm 0,608$ mmol troloxu · 100 g⁻¹) a Vyšegrodský ($2,041 \pm 0,719$ mmol troloxu · 100 g⁻¹) se svými hodnotami pohybují mezi Lukjanovským a Devínem a nevykazují mezi sebou statisticky průkazné rozdíly (viz Přílohy tabulka č. 2). Významně se neliší ani odrůda Vyšegrodský od odrůdy Lukjanovský.

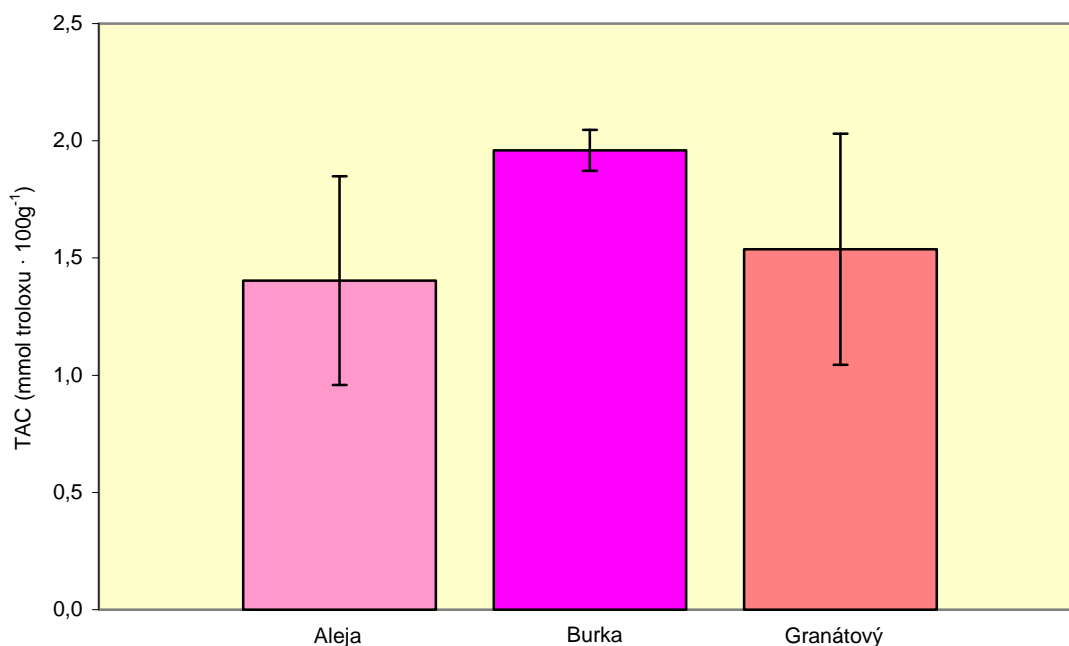
Ve všech případech dřínu obecného byly naměřeny vyšší hodnoty antioxidační kapacity při použití metody DPPH než při použití metody FRAP. Stejný trend pozoroval ve své práci Zatloukal (2011).



Graf č. 6: Hodnoty antioxidační kapacity plodů dřínu obecného (DPPH)

Metodou DPPH byly zjištěny téměř stejné hodnoty antioxidační kapacity jako metodou FRAP. Jak je patrné v grafu č. 7. Na první místo co do obsahu antioxidačních látek se opět řadí odrůda Burka s antioxidační kapacitou ($1,959 \pm 0,087$ mmol troloxu · 100 g⁻¹), na druhé místo odrůda Granátový ($1,538 \pm 0,493$ mmol troloxu · 100 g⁻¹) a na třetí místo Aleja ($1,404 \pm 0,446$ mmol troloxu · 100 g⁻¹). V případě Burky byla pomocí metody DPPH naměřena vyšší antioxidační kapacita než při použití metody FRAP, avšak pouze v řádu setin výsledných hodnot. Statistický průkazný rozdíl nebyl prokázán mezi žádnou z odrůd jeřábu (viz Přílohy tabulka č. 2).

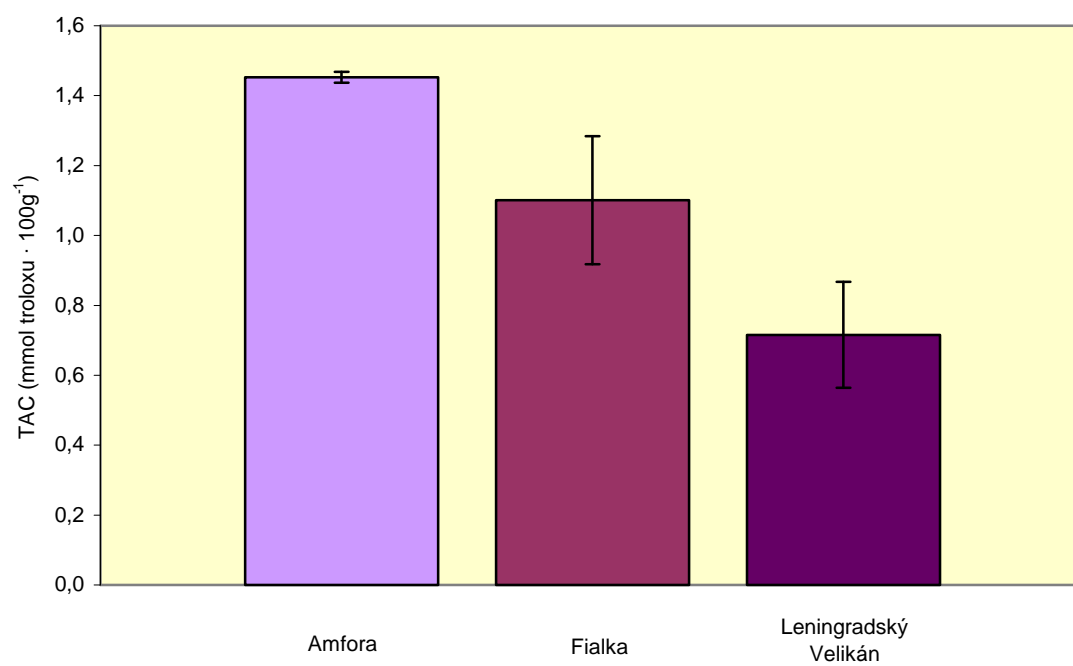
Zatloukal (2011) uvádí hodnoty antioxidační kapacity odrůd jeřábu velmi podobné. Odrůda Granátový má podle Zatloukala antioxidační kapacitu $2,550 \pm 0,120$ mmol troloxu · 100 g⁻¹, Aleja dosahuje $2,380 \pm 0,170$ mmol troloxu · 100 g⁻¹. Hodnoty jsou u obou odrůd mírně vyšší ale obsah antioxidačních látek je u odrůdy Granátový vyšší než u odrůdy Burka, stejně jako je tomu ve výsledcích mé práce.



Graf č. 7: Hodnoty antioxidační kapacity plodů jeřábu ptačího (DPPH)

Plody zimolezu kamčatského byly seřazeny dle antioxidační kapacity, která je uvedena v grafu č. 8, ve stejném pořadí jako při použití metody FRAP. Nejvyšší antioxidační kapacitu má odrůda Amfora ($1,453 \pm 0,015$ mmol troloxu · 100 g⁻¹), potom Fialka ($1,101 \pm 0,183$ mmol troloxu · 100 g⁻¹) a Leningradský Velikán ($0,715 \pm 0,152$ mmol troloxu · 100 g⁻¹), mezi odrůdami nebyl zjištěn statisticky průkazný rozdíl (viz Přílohy tabulka č. 2).

Hodnoty uvedeny v mé práci jsou viditelně nižší než uvádí Zatloukal (2011). Odrůda Amfora má podle jeho práce antioxidační kapacitu $3,140 \pm 0,050$ mmol troloxu · 100 g⁻¹. Výsledky této práce potvrdily, že všechny hodnoty antioxidační kapacity plodů zimolezu kamčatského naměřené pomocí metody DPPH byly vyšší než pomocí metody FRAP. U Zatloukala (2011) tento trend nebyl potvrzen.



Graf č. 8: Hodnoty antioxidační kapacity plodů zimolezu kamčatského (DPPH)

ZÁVĚR

Antioxidační látky prospívají lidskému zdraví. Jejich příjem formou přirozené stravy je účinnější než jejich příjem v podobě farmaceuticky vyrobených přípravků. Chrání buňky před oxidačním stresem, mohou působit preventivně před vznikem kardiovaskulárních onemocnění, urychlovat léčbu či zabraňovat rozvoji nemoci a udržovat její stav na přijatelné úrovni.

Plody dřínu obecného, jeřábu ptačího, rakytníku řešetlákového a zimolezu kamčatského jsou bohaté na antioxidační látky, především obsahují vysoký obsah vitamínu C a β -karotenu. Rakytník obsahuje vysoké množství i ostatních karotenoidů a vitamínů řady B. Zimolez má z daných druhů nejvyšší množství rutinu, vitamínu A, B₁, a B₂.

Stanovením a porovnáním antioxidační kapacity vybraných druhů drobného ovoce bylo zjištěno, že nejvyšších průměrných hodnot dosahuje dřín obecný, odrůda Devín ($3,167 \pm 0,510$ mmol troloxu.100 g⁻¹). Důvodem takového výsledku byla nejspíše nízká zralost plodů. Tato odrůda byla sbírána na začátku srpna, při čemž dozrává až v polovině září. Nejnižších hodnot dosahuje rakytník řešetlákový, odrůda Sluníčko ($1,017 \pm 0,045$ mmol troloxu.100 g⁻¹). I přes vysoký obsah vitamínu C obsahují plody rakytníku v porovnání s ostatními druhy prokazatelně menší množství látek s antioxidačním účinkem.

V rámci jednotlivých druhů byla prokázána vysoká variabilita hodnot antioxidační kapacity metodou FRAP i DPPH. Nejvyšší antioxidační kapacita byla stanovena u dřínu obecného, mírně nižší u jeřábu ptačího, ještě nižší u zimolezu kamčatského a nejnižší u rakytníku řešetlákového. Statisticky průkazné rozdíly mezi hodnotami nebyly zjištěny jen mezi zimolezem a jeřábem a mezi zimolezem a rakytníkem.

Na základě získaných výsledků bylo potvrzeno, že vybrané druhy drobného ovoce obsahují vyšší množství látek s antioxidačním účinkem. Proto by bylo vhodné zvýšit jejich zastoupení v přijímané potravě. Jejich zvýšený příjem by mohl mít pozitivní vliv v boji proti civilizačním chorobám.

6 SOUHRN A RESUMÉ, KLÍČOVÁ SLOVA

Bakalářská práce na téma Studium antioxidační kapacity vybraných druhů drobného ovoce byla vypracována v letech 2015-2016 na Ústavu posklizňové technologie zahradnických produktů Zahradnické fakulty, Mendlovy univerzity v Brně. Cílem práce bylo charakterizovat antioxidační látky a jejich účinky na lidské zdraví. Dále popsat složky s antioxidačním účinkem v plodech vybraných druhů drobného ovoce. Na základě laboratorních pokusů experimentálně ověřit antioxidační kapacitu vybraných druhů drobného ovoce. Bylo sledováno celkem 13 odrůd zahrnující 4 druhy, dřín obecný, jeřáb ptačí, rakytník řešetlákový a zimolez kamčatský. Pro vyhodnocení antioxidační kapacity byly vybrány metody FRAP a DPPH.

Klíčová slova: Antioxidanty, antioxidační kapacita, oxidační stres, volné radikály, drobné ovoce, dřín, jeřáb, rakytník, zimolez

The bachelor studies The antioxidant capacity of selected species of small fruit was drafted in the years 2015-2016 at the Institute of Post-Harvest Technology of Horticultural Products of Horticultural Faculty, Mendel University in Brno. The aim of the study was to characterize antioxidant substances and their effects on human health. Further to describe the ingredients with antioxidation effect in fruit of selected species of small fruit. Based on laboratory experiments to verify experimentally antioxidant capacity of selected species of small fruit. It was observed a total of 13 varieties, including 4 species, *Cornus mas*, *Sorbus acuparia*, *Hippophae rhamnoides* and *Lonicera caerulea* var. *kamtschatica*. To evaluate the antioxidant capacity were chosen FRAP and DPPH methods.

Keywords: Antioxidants, antioxidant capacity, oxidative stress, free radicals, small fruit, *Cornus mas*, *Sorbus acuparia*, *Hippophae rhamnoides* and *Lonicera caerulea* var. *kamtschatica*

7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ADLAM, E. *Mladí v každém věku: jak se vyrovnat s přibývajícím věkem*. Praha: Reader's Digest Výběr, 2013. ISBN 978-80-7406-239-1.

ALLEN, S. *Jídlo léčí: převratná stravovací strategie boje proti nemoci od nachlazení po osteoporózu*. Praha: Reader's Digest, 2010. ISBN 978-80-7406-107-3.

AMES, B N, SHIGENAGA, M K, HAGEN, T M. Oxidants, antioxidants, and degenerative diseases of aging. *Proceedings of the National Academy of Science*, 1993. 90, 17, 7915-7922.

BASU, T K, TEMPLE, N J. *Antioxidants in human health and disease*. Wallingford: CABI Publishing, 1999. ISBN 0-85199-334-6.

BURTIS, C A, ASHWOOD, R E. (eds.). *Tietz textbook of clinical chemistry*. 2nd ed. Philadelphia: W.B. Saunders Company, c1994. ISBN 0-7216-4472-4.

DAVÍDEK, J. *Laboratorní příručka analýzy potravin*. Praha: SNTL, 1977.

DOLEJŠÍ, A, KOTT, V, ŠENK, L. *Méně známé druhy ovoce*. Praha: Zemědělské nakladatelství BRÁZDA, 1991. ISBN 80-209-0188-4.

DURAČKOVÁ, Z. *Volné radikály a antioxidanty v medicíně I*. Bratislava: Slovak Academic Press., 1998. ISBN 80-88908-11-6.

EREMIN, A N. Coimmobilization of Superoxide Dismutase, Katalase, and Peroxidase. *Applied Biochemistry and Mikrobiology*, 2001. 37, 1, 45-54.

ERNSTER, L, DALLNER, G. Biochemical, physiological and medical aspects of ubiquinone function. *Biochim Biophys Acta*, 1995. 1, 1271, 195-204.

FINCH, C A, SUNDAY, S, HELMUT, A H, VITTORIO, B, LIPSCHITZ, D A., COOK, J D, PIPPARD, M J. Plasma Ferritin Determination as a Diagnostic Tool. *Western Journal of Medicíně*. 145, 5, 657-663, 1986. ISSN 0093-0415.

GEOFFROY, A, SERAFINI, M, MAIANI, G, AZZINI, A. Fluorescence based Method for measuring total plasma antioxidant capability. *Free Radical Biology and Medicine*, 1995. 18, 29-36.

GORDON, M, Antioxidants in Food: Practical Applications. Cambridge: Woodhead Publishing, 2001. ISBN 0-8493-1222-1.

HALLIWELL, B, CLEMENT, M V, LONG, L H. Hydrogen peroxide in the human body. *FEBS Letters*, 2000. 486, 10-13.

HARRAR, S, GORDON, D G. *Nikdy není pozdě na dlouhý život: rychlé a snadné způsoby, jak si v každém věku udržet zdraví a energii*. Praha: Reader's Digest Výběr, 2009. ISBN 978-80-7406-051-9.

HAUSCHKA, R. *Člověk a výživa: pozemská a kosmická strava*. Hranice: Fabula, 2013. ISBN 978-80-87635-15-5.

HÍC, P. *Stúdium antioxidačnej kapacity*. Lednice, Mendelova Univerzita v Brně 2011. Bakalářská práce, Mendelova Univerzita v Brně, Zahradnická fakulta, Ústav posklizňové technologie zahradnických produktů.

HRIČOVSKÝ, I. *Drobné ovoce a méně známé druhy ovoce*. Bratislava: Vydavateľstvo Príroda, s.r.o., 2002. ISBN 80-07-01004-1.

CHALLONER, J. *Ohromující léčivá moc přírody: jak nám rostliny a živočichové napomáhají ke zdraví*. Praha: Tarsago Česká republika, s.r.o., 2014. ISBN 978-80-7406-287-2.

KVASNIČKOVÁ, A. *Potravinářství IV: Přírodní antioxidanty v potravinách*. Praha: ÚZPI, 2000. ISBN 80-7271-003-6.

LÁNSKÁ, D, HLAVA, B, *Vitamíny z domova i z daleka*. Praha: Práce, 1982. 24012-82.

LEDVINA, M, STOKLASOVÁ, A, CERMAN, J. *Biochemie pro studující medicíny*. Praha: Karolinum, 2004. ISBN 80-246-0850-2.

LONROT, K, METSA-KETELA, T, MOLNAR, G, AHONEN, J P., LATVALA, M, PELTOLA, J, PIETILA, T, ALHO, H. The effect of ascorbate and ubiquinone

supplementation on plasma and CSF total antioxidant capacity. *Free Radical Biology and Medicine*, 1996. 21, 2, 211-217.

MARANTZ, P R. Beta carotene, vitamin E, and lung cancer. *The New England Journal of Medicine*, 331, 9, 613-614, 1994. ISSN 0028-4793.

MAREK, P. *Antioxidační vlastnosti odrůd dřínu, jeřábu a bezu*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně 2011. Diplomová práce, Fakulta technologická, Ústav biochemie a analýzy potravin.

MATOUŠ, B. *Základy lékařské chemie a biochemie*. Praha: Galén, c2010. ISBN 978-80-7262-702-8.

MURRAY, R K. *Harperova Biochemie*. 23. vyd., 2. čes. vyd., v H&H 1. Praha: H & H, Lange medical book. 1998. ISBN 80-85787-38-5.

MURRAY, R K, et al. Harperova biochemie. Z angl. 23. vyd. přel. Lenka Fialová et. al. 4. vyd. v ČR. Praha: H & H, 2002. ISBN 80-7319-013-3.

NĚMECKÁ SPOLEČNOST PRO VÝŽIVU (DGE) et al. *Referenční hodnoty pro příjem živin*. Praha: Společnost pro výživu, 2011. ISBN 978-80-254-6987-3.

OBERBEIL, K, LENZ, C. *Ovoce a zelenina jako lék: strava, která léčí*. Praha: Fortuna Print, c2001. ISBN 80-86144-90-9.

PACKER, L, WEBER, S U. The role of vitamine E in the emerging field of nutraceuticals. *Nutraceuticals in health and disease prevention*. New Your: Marcel Dekker, 2001. ISBN 0-8247-0492-4.

PAMPLONA ROGER, J. D. *Encyklopedie léčivých potravin*. Praha: Advent-Orion, New start, 2005. ISBN 80-7172-542-0.

PAPRSTAIN, F, KOSINA, J, SEDLÁK, J, ŘEZNÍČEK, V, HOLUBEC, V, *Technologie pěstování zimolezu (Lonicera sp.)*. Holovousy: Výzkumný a šlechtitelský ústav ovocnářský Holovousy s.r.o., 2009. ISBN 978-80-87030-08-0.

PAPRSTAIN, F, KOSINA, J, SEDLÁK, J, ŘEZNÍČEK, V, *Technologie pěstování dřínu obecného (Corpus mas L.)*. Holovousy: Výzkumný a šlechtitelský ústav ovocnářský Holovousy s.r.o., 2009. ISBN 978-80-87030-06-6.

PAULOVÁ, H, BOCHOŘÁKOVÁ, H, TÁBORSKÁ, E. Metody stanovení antioxidační aktivity přírodních látek in vitro. *Chemické listy*, Praha, ČR: Česká společnost chemická, 98, 4, 174-179, 2004. ISSN 0009-2770.

PÍCKOVÁ, Š. *Nebezpečná aditiva*. Brno: Masarykova Univerzita 2007. Bakalářská práce, Lékařská fakulta, Teoretické pracoviště.

PÍŤHA, J, POLEDNE, R. *Zdravá výživa pro každý den, Zdraví & životní styl*, Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-2488-1.

POLIDORI, M C, STAHL, W, EICHLER, O, NIESTROJ, I, SIES, H. Profile of antioxidants in human plasma. *Free Radical Biology and Medicine*, 2001. 305, 456-462.

RACEK, J, et al. *Klinická biochemie*. Praha: Galén – Karolinum, 1999. ISBN 80-7262-023-1.

RETH, M. Hydrogen Peroxide as sekund messenger in lymphocyte activation. *Nature Immunology*, 2002. 3, 12, 1129-34.

RICHTER, M., *Malý obrazový atlas odrůd ovoce*. Lanškroun: TG tisk, 2004. ISBN 80-903-4872-6.

ROSENFELDT, F, PEPE, S, LINNANE, A, NAGLEY, P, ROWLAND, M., MARASCO, S, LYON, W, ESMORE, D. Coenzyme Q10 protects the aging heart against stress: studies in rats, human tissues, and patients. *Ann N Y Acad Sci*, 2002. 959, 1, 355-9.

ROSS, D. *Food and nutrition*. India: Oxford Book Co, 2010. ISBN 9789380179131.

SAHA, A, ADAK, S, CHOWDHURY, S, BHATTACHARYYA, M. Enhanced oxygen releasing capacity and oxidative stress in diabetes mellitus in diabetes mellitus associated cardiovascular disease: A komparative study. *Clinica Chimica Acta*, 2005. 361, 1, 141-149.

SIES, H., de GROOT, H. Role of reactive oxygen species in cell toxicity. *Toxicol Lett*, 1992. 65, 547-551.

SMIRNOFF, N. *Antioxidants and reactive oxygen species in plants*. Oxford: Blackwell, 2005. ISBN 978-1-4051-2529-1.

STENESH, J. *Dictionary of biochemistry and molecular biology*. 2nd ed. New York: Wiley, c1989. ISBN 0471840890.

STRUNZ, U. *Žijeme zdravě: navždy mladí*. Praha: Svojtka & Co., 2000. ISBN 80-7237-327-7.

ŠTÍPEK, S a kol. *Antioxidanty a volné radikály ve zdraví a nemoci*. Praha: Grada, 2000. ISBN 80-7169-704-4.

VALÍČEK, P, HAVELKA, E V. *Rakytník řešetlákový: rostlina budoucnosti*. Benešov: Start, 2008. ISBN 978-80-86231-44-0.

VELÍŠEK, J. *Chemie potravin*. Vyd. 2. upr. Tábor: OSSIS, 2002. ISBN 80-86659-01-1.

VLASÁKOVÁ, V. Skladování drobného a méně známého drobného ovoce. Lednice, Mendelova Univerzita v Brně 2013. Diplomová práce, Mendelova Univerzita v Brně, Zahradnická fakulta, Ústav posklizňové technologie zahradnických produktů.

VOET, D, VOET J G. *Biochemie*. Praha: Victoria Publishing, 1995. ISBN 80-85605-44-9.

ZATLOUKAL, J. Stanovení antioxidační aktivity u méně známých ovocných druhů. Lednice, Mendelova Univerzita v Brně 2011. Diplomová práce, Mendelova Univerzita v Brně, Zahradnická fakulta, Ústav posklizňové technologie zahradnických produktů.