

Antioxidační aktivita papriky a pepře

Bc. Pavla Dřimalová

Diplomová práce
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav analýzy a chemie potravin
akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Pavla DRÍMALOVÁ**
Osobní číslo: **T10507**
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Antioxidační aktivita papriky a pepře**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Charakteristika papriky, složení, vlastnosti, využití
2. Charakteristika pepře, složení, vlastnosti, využití
3. Popis antioxidantů, zdroje
4. Metody pro stanovení antioxidační aktivity a polyfenolů

II. Praktická část

1. Stanovení sušiny vzorků papriky a pepře
2. Stanovení antioxidační aktivity papriky a pepře spektrofotometricky s DPPH
3. Stanovení celkového obsahu polyfenolů spektrofotometricky s Folin-Ciocalteuovým činidlem

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

1. VELÍŠEK, Jan. Chemie potravin 3. Tábor: OSSIS, 2002. ISBN 80-86659-03-8.
2. KUBÁŇ, Vlastimil a Petr KUBÁŇ. Analýza potravin. Brno: MZLU, 2007. ISBN 978-80-7375-036-7.
3. ZLOCH, Z., J. ČELÁKOVSKÝ a A. AUJEZDSKÁ. Stanovení obsahu polyfenolů a celkové antioxidační kapacity v potravinách rostlinného původu. Plzeň: ÚHILF UK, 2004.
4. DEEPA, N., CH. KAUR, B. SINGH, H.C. KAPOOR. Antioxidant activity in some red sweet pepper cultivars. Journal of Food Composition and Analysis. 2006, 19, 6-7, s. 572 - 578.
5. PAULOVÁ, H., H. BOCHOŘÁKOVÁ, E. TÁBORSKÁ. Metody stanovení antioxidační aktivity přírodních látek. Chemické listy. 2004, 98, s. 174 - 179.

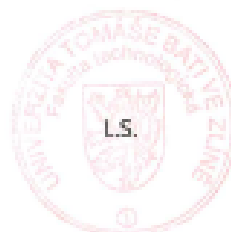
Vedoucí diplomové práce: Ing. Soňa Škrovánková, Ph.D.
Ústav analýzy a chemie potravin

Datum zadání diplomové práce: 10. února 2014

Termín odevzdání diplomové práce: 2. května 2014

Ve Zlíně dne 10. února 2014


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




Ing. Jiří Miček, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: PAULA ADYALOVA

Obor: TEIP

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně 21.5.2014

Paula Adyalova

²⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

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

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

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

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

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

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

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

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

ABSTRAKT

Teoretická část diplomové práce se zabývá popisem a charakterizací papriky a pepře jako koření. Popisuje antioxidanty a volné radikály, a jejich působení v potravinách. Dále je zmíněna antioxidační aktivita a následně metody, kterými se stanovuje. Praktická část diplomové práce je zaměřena na stanovení sušiny, antioxidační aktivity vzorků papriky a pepře pomocí metody DPPH a na stanovení celkového obsahu polyfenolických látek ve vzorcích pomocí Folin-Ciocalteuova činidla.

Klíčová slova: Paprika, pepř, antioxidační aktivita, DPPH, polyfenoly

ABSTRACT

The theoretical part of the thesis deals with the description and characterization of paprika and pepper as seasonings. The antioxidants and free radicals; effect on food and also antioxidant activity, and the methods of its determination are described. The practical part is focused on the determination of dry matter content, antioxidant activity of paprika and pepper by DPPH method and the total content of polyphenolic compounds using the Folin-Ciocalteu agent.

Keywords: Paprika, pepper, antioxidant activity, DPPH, polyphenols

Děkuji paní Ing. Soni Škrovánkové Ph.D. za její ochotu, pomoc, trpělivost a cenné rady při zpracování mé diplomové práce. Dále děkuji paní laborantce Lence Škubalové za pomoc v laboratořích při analýze vzorků. Poděkování patří také spolužačce Janě Bělunkové, která měla trpělivost a vždy mi při analýze pomohla.

V neposlední řadě bych chtěla poděkovat svým rodičům a svému příteli za jejich podporu, důvěru a pomoc při studiu.

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

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 KOŘENÍ	11
1.1 PAPIKA.....	12
1.1.1 Chemické složení.....	14
1.1.2 Druhy papriky.....	15
1.1.3 Rozsah pálivé chuti.....	19
1.1.4 Klasifikace papriky.....	19
1.2 PEPŘ.....	21
1.2.1 Pepřovník černý.....	21
1.2.2 Rozdělení pepře.....	22
1.2.2.1 Nejznámější druhy pepře.....	24
1.2.3 Chemické složení.....	27
2 ANTIOXIDANTY	29
2.1 PŘÍRODNÍ ANTIOXIDANTY.....	30
2.2 VOLNÉ RADIKÁLY.....	33
3 METODY STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY	35
3.1 METODY PRO STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY.....	35
3.1.1 Metoda DPPH.....	35
3.1.2 Metoda FRAP.....	36
3.1.3 Metoda ORAC.....	36
3.1.4 Metoda TEAC.....	37
3.1.5 HPLC metoda s elektrochemickou detekcí.....	37
3.2 METODY PRO STANOVENÍ POLYFENOLŮ.....	38
3.2.1 Stanovení polyfenolů pomocí Folin-Ciocalteuova činidla.....	38
3.2.2 Stanovení polyfenolů chromatograficky.....	39
II PRAKTICKÁ ČÁST	40
4 CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE	41
5 MATERIÁL A PŘÍSTROJE	42
5.1 VZORKY PAPIKY A PEPŘE.....	42
5.2 POUŽITÉ CHEMIKÁLIE.....	43
5.3 POUŽITÉ POMŮCKY A PŘÍSTROJE.....	44
6 METODIKA STANOVENÍ	45
6.1 STANOVENÍ OBSAHU SUŠINY.....	45
6.2 STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY METODOU DPPH.....	45
6.2.1 Příprava extraktu koření.....	46
6.2.2 Stanovení antioxidační aktivity vzorků papriky a pepře.....	46
6.2.3 Příprava standardního roztoku a kalibrační přímky kyseliny askorbové.....	47
6.2.4 Stanovení hodnoty IC ₅₀	47
6.3 STANOVENÍ CELKOVÉHO OBSAHU POLYFENOLŮ S FOLIN–CIOCALTEUOVÝM ČINIDLEM.....	48
6.3.1 Příprava extraktu.....	48

6.3.2	Stanovení celkového obsahu polyfenolů.....	48
6.3.3	Příprava standardního roztoku a kalibrační přímky kyseliny gallové.....	49
7	VÝSLEDKY A DISKUSE	50
7.1	STANOVENÍ SUŠINY VZORKŮ PAPIKY A PEPŘE	50
7.2	STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY VZORKŮ	52
7.2.1	Stanovení kalibrační přímky kyseliny askorbové	52
7.2.2	Stanovení antioxidační aktivity vzorků papriky	53
7.2.3	Stanovení antioxidační aktivity vzorků pepře.....	57
7.3	URČENÍ HODNOTY IC ₅₀	61
7.3.1	Hodnota IC ₅₀ – paprika 5	61
7.3.2	Hodnota IC ₅₀ – paprika 4	63
7.3.3	Hodnota IC ₅₀ – paprika 7	64
7.3.4	Hodnota IC ₅₀ – pepř 4	65
7.3.5	Hodnota IC ₅₀ – pepř 8	67
7.3.6	Hodnota IC ₅₀ – pepř 6	68
7.4	STANOVENÍ CELKOVÉHO OBSAHU POLYFENOLŮ PAPIKY A PEPŘE	69
7.4.1	Stanovení kalibrační přímka kyseliny gallové	69
7.4.2	Stanovení celkového obsahu polyfenolů papriky a pepře.....	71
7.4.2.1	Stanovení celkového obsahu polyfenolů ve vzorcích papriky.....	72
7.4.2.2	Stanovení celkového obsahu polyfenolů ve vzorcích pepře.....	73
	ZÁVĚR	77
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	79
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	85
	SEZNAM OBRÁZKŮ	86
	SEZNAM TABULEK.....	88

ÚVOD

Koření představuje velmi rozmanitou skupinu přírodních látek, které jsou tradičně přidávány do potravin i kvůli zvýšení jejich sensorické jakosti. Diplomová práce je zaměřena na dvě nejvíce používané kuchyňské přísady – papriku (*Capsicum*) a pepř (*Piper*). Paprika a pepř patří ke koření s obsahem přírodních látek pálivé chuti, které zlepšují celkovou chuť mnoha potravin a pokrmů.

Paprika (*Capsicum*) se začala v Evropě používat přibližně v 16. století. Mletá paprika patří mezi nejvíce používané koření. Je ze zralého plodu papriky, který se usuší a poté rozemele na prášek. Je vyráběna buď jen z plodů, nebo ze směsi plodů, lodyhy a semen. Je známo více druhů mleté papriky, které se liší chutí i složením. K nejkvalitnějším se řadí paprika španělská a maďarská. Pálivou chuť většině papriky, kromě kapie, dodává různé množství kapsaicinoidů.

Pepř (*Piper*) také patří k nejrozšířenějším druhům koření na světě. Jako koření se používají plody pepřovníku černého. Jsou to bobule s tenkou dužnatou vrstvou na povrchu. Plody jsou sbírány v různém stupni zralosti a procházejí různým procesem zpracování. Pepř obsahuje alkaloid piperin, který je zodpovědný za pálivost pepře. Podporuje trávení, stimuluje srdeční činnost a pozitivně ovlivňuje metabolismus.

V těchto druzích koření jsou obsaženy i antioxidanty jako jsou polyfenolické látky, které ničí volné radikály. Převaha volných radikálů nad antioxidanty je označována jako oxidační stres. Antioxidanty tak chrání lidský organismus před oxidačním poškozením, a také potraviny před oxidací.

Antioxidační aktivitu lze stanovit řadou různých metod. Pro stanovení antioxidační aktivity vybraných vzorků papriky a pepře byla použita metoda DPPH, která je založena na reakci vzorků se stabilním radikálem DPPH. Celkový obsah polyfenolických látek byl stanoven spektrofotometricky pomocí Folin-Ciocalteuova činidla.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 KOŘENÍ

Kořením se rozumí části rostlin jako kořeny, oddenky, kůra, listy, květy, plody, semena nebo jejich části, které jsou používány přímo nebo technologicky zpracované a používané k ovlivnění chuti a vůně potravin. Některé druhy koření (paprika, kurkuma) ovlivňují i barvu potravin. Koření povzbuzuje chuť k jídlu a podporuje vylučování trávicích šťáv, což umožňuje lepší stravitelnost a vstřebávání potravin. Vedle konzervačních a antioxidačních účinků má řada koření také účinky farmakologické a léčivé, proto je využíváno i ve farmacii (šafrán) a kosmetice (skořice). Koření je řazeno mezi pochutiny vzhledem k jeho nízké výživové a energetické hodnotě [1].

Uvádí se, že jako koření je využíváno přes 200 druhů rostlin, které patří do více jak 30 čeledí [1].

Podle použitých částí rostlin je koření děleno:

- podzemní části rostlin, kořeny, oddenky – kurkuma, zázvor, křen, aj.,
- kůra – druhy skořice,
- listy, celé rostliny – bobkový list, bazalka, majoránka, tymián, estragon, aj.
- květy, jejich části, poupata – hřebíček, šafrán, kapary,
- plody, semena – paprika, pepř, chilli, anýz, badyán, muškátový ořech, kmín, aj [1].

Podle složení výrobku se koření dělí na:

- jednodruhové – anýz, zázvor, bobkový list,
- kořenící směsi – gulášové, ďábelské [1,2].

Podle technologické úpravy je děleno na:

- celé – pepř, nové koření, bobkový list,
- drhnuté – majoránka,
- drcené – kmín,
- mleté – paprika, mletý pepř,

Podle fyziologického účinku na lidský organismus je koření děleno na:

- prospěšné – paprika, kopr, bazalka,
- dráždivé (při nadměrném použití) – pepř, ostrá paprika [1].

Výrobky z koření se dělí na:

- koření – jednotlivé druhy koření. Jsou celé, drhnuté, drcené nebo mleté.
- směs koření – směs jednotlivých druhů koření bez přídavných látek
- kořenící přípravek – směs jednotlivých druhů koření, přídavných látek, zeleniny, soli, aj. Může být ve formě sypké, tekuté nebo pasty [1].

Většina koření je citlivá na vnější podněty a to především při dlouhodobém skladování.

Nejlepší podmínky pro skladování koření jsou v uzavřené neprůsvitné nádobě při pokojové teplotě [2].

1.1 Paprika

Paprika roční pochází z Mexika, odkud se rozšířila do celé Ameriky. Do Evropy byla přivezena Kryštofem Kolumbem z ostrova Haiti. Jako první byla pěstována ve Španělsku, Itálii a Portugalsku. Zaslouhou bulharských zahradníků se začala pěstovat i v ostatních zemích. Do Čech a na Moravu přišla pravděpodobně z Maďarska, kde se objevila již v 16. století [3,10].

Paprika roční je jednoletá rostlina, která se řadí do čeledi lilkovitých (*Solanaceae*). Výška rostliny se pohybuje od 0,5 do 1,5 metru. Rostlina má kopinaté, střídavě postavené listy. Bílé květy rostou jednotlivě a jsou pěti až sedmičetné. Paprika má květy oboupohlavní. Doba vegetace papriky roční je 110 – 120 dnů (od výsevu až do botanické zralosti). Zahrnuje mnoho druhů a poddruhů. Mezi nejvíce pěstované druhy rodu *Capsicum* patří *Capsicum annuum* (paprika roční) a *Capsicum frutescens* (paprika křovitá neboli chilli) [2,3,5,6,7].

Botanické zařazení papriky

Říše – rostliny (*Plantae*)

Podříše – cévnaté rostliny (*Tracheobionta*)

Oddělení – krytosemenné (*Magnoliophyta*)

Třída – vyšší dvouděložné (*Rosopsida*)

Řád – lilkotvaré (*Solanales*)

Čeleď – lilkovité (*Solanaceae*)

Rod – paprika (*Capsicum*) [4,6].



Obr. 1. Paprika (*Capsicum annuum*) [15]

Paprika, jako koření jsou suché vyzrálé a mleté lusky kořenné papriky určitých druhů. Paprikové tobolky se po usušení zbaví stopek a oddělí se žilky a semena. Před mletím se ještě odstraní dělicí stěny. Čisté plody a semena se rozemelou a smíchají v určeném poměru, který odpovídá typu vyráběného paprikového prášku a požadovanému stupni ostrosti. Čím větší je podíl dělicích stěn a semen, tím ostřejší je výrobek [3,5,7,22].



Obr. 2. Červená mletá paprika [7]

1.1.1 Chemické složení

Mletá paprika obsahuje ve 100 g jedlého podílu přibližně 9,5 g vody (Tab. 1). Zbytek tvoří sušina - bílkoviny (14,8 g), lipidy (13 g), sacharidy (55,7 g, z toho využitelné sacharidy tvoří 18,3 g) [13].

Tab. 1. Látky obsažené ve 100 g jedlého podílu mleté papriky [13]

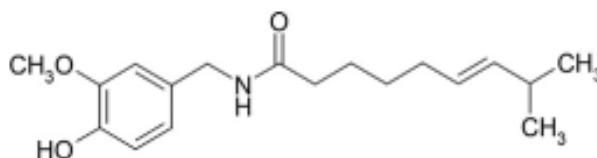
Parametr	Hodnota / Jednotka
Energie kJ	1340 kJ
Energie kcal	324 kcal
Celkové lipidy (tuky)	13,0 g
Využitelné sacharidy	18,3 g
Celkové bílkoviny	14,8 g

Mleté papriky jsou i dobrým zdrojem vitaminů. Ve 100 g jedlého podílu je obsah vitaminů následující: vitamin C (71 mg), vitamin B₁ (0,65 mg/100 g), vitamin B₂ (1,74 mg/100 g), a vitamin E (29,83 mg/ 100 g) [13].

Mletá paprika obsahuje stejné množství α -tokoferolu jako například špenát. Ve 100 g jedlého podílu je obsah α -tokoferolu zhruba 30 mg. [4,8,9].

Papriky a jejich odrůdy jsou charakteristické obsahem pálivých látek, kterými jsou kapsaicinoidy. Řadí se mezi alkaloidy. Mezi hlavní zástupce kapsaicinoidů patří kapsaicin a dihydrokapsaicin. Obsah kapsaicinu v paprice je 48 % a obsah dihydrokapsaicinu je 36 %. Ve sladkých odrůdách paprik (*Capsicum frutescens*) je obsah kapsaicinoidů většinou velmi nízký (0,001 %). Naopak v některých odrůdách *Capsicum annuum* (např. chilli) se obsah kapsaicinoidů pohybuje v rozmezí 0,2-1 %. U velmi pálivých odrůd může být i vyšší [8,9]. Z minerálních látek obsahuje především sodík, fosfor, draslík, hořčík, vápník, železo a vápník [8,9].

Za zbarvení paprik zodpovídají karotenoidy [8].



Obr. 3. Vzorec kapsaicinu [16]

1.1.2 Druhy papriky

Rod paprika zahrnuje mnoho druhů a poddruhů. Mezi nejvíce pěstované druhy rodu *Capsicum* patří *Capsicum annuum* (paprika roční) a *Capsicum frutescens* (paprika křovitá neboli chilli) [4,10].

Capsicum annuum

Paprika roční (*Capsicum annuum*) byla původně pěstována v Mexiku a střední Americe. V dnešní době se pěstuje na celém světě v tropickém a mírném pásu [4].

Rostlina dorůstá do výšky až 80 cm. Délka listů činí přibližně 4 – 16 cm. Květy jsou většinou bílé barvy a zvonkovitého tvaru. Plody většinou dosahují velikosti 20 cm a mohou mít různý tvar (kulatý, kuželovitý, podlouhlý). Zralé plody mají červenou nebo žlutou barvu [4,10,11].

Mezi odrůdy *Capsicum annuum* patří:

- nepálivé odrůdy - typu Bell (nejčastěji červená, oranžová), Cuban, Pimiento (zelená, červená), Sguash (žlutá, oranžová),
- nepálivé i ostré odrůdy – Cherry (červená), Yellow wax (oranžová),
- velmi ostré odrůdy – Cayenne (červená), Jalapeño, Serrano, Mirasol, Piquin (tmavě červená), Chile de Arbol (červená) [4,6,11].



Obr. 4. *Capsicum annuum* [14]

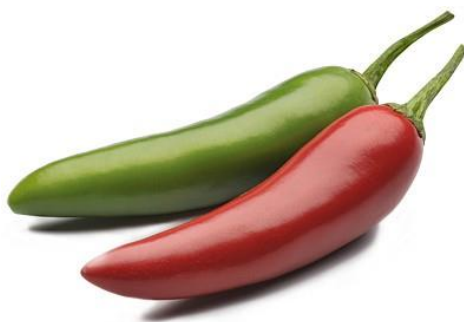
Capsicum frutescens

Papričky chilli (*Capsicum frutescens*) pochází původně z Ameriky a z ostrovů v Karibském moři, kde se pěstují už tisíce let. Do Španělska byly sazenice přivezeny Kryštofem Kolumbem. V současné době představuje chilli jedno z nejvíce pěstovaných koření. Pěstuje se převážně v Indii, Japonsku a Mexiku. *Capsicum frutescens* je mnoholetá rostlina, které vyhovují spíše tropické podmínky [4,6,7,11].

Plody *Capsicum frutescens* jsou různé velikosti a někdy dosahují délky až 8 cm. Obvykle mají červené zbarvení. Většinou jsou pěstovány jako letničky. Sklízají se ještě zelené plody

3 měsíce po výsadbě. Odrůdy používané ve zralém stavu se nechávají na rostlině déle. Plody se pak suší na slunci. Při plné zralosti semena dosahují velmi silné ostrosti. Chut' chilli má rozsah od mírné a štiplavé až po neuvěřitelně pálivou. Plody *Capsicum frutescens* jsou mnohem pálivější než plody papriky roční (*Capsicum annuum*) [4,6,7,11].

Ve všech tropických oblastech jsou vysazovány stovky různých odrůd. Mezi nejznámější odrůdy patří zajisté velmi ostré červené plody Tabasco, které se přidávají do stejnojmenné omáčky [4,6,7,11].



Obr. 5. Papričky Tabasco [15]

Capsicum chinense

Papričky habanero (*Capsicum chinense*) je v současné době nejvíce pěstována v Karibiku. Mají středně zelené plody konického tvaru. U zralých papriček barva přechází do žluté, oranžové až po tmavě červenou. Jsou to jedny z nejpálivějších papriček [4,6].

Mezi nejznámější odrůdy patří velmi ostré Habanero, Datil (oranžová, žlutá), Pimento de cherio (oranžová) [4,7,11].



Obr. 6. Papričky Habanero [7]

Capsicum pubescens

Capsicum pubescens je druh rodu *Capsicum*. Křovitá rostlina, dorůstající do výšky 12 metrů. Je pěstována především v tropických částech Ameriky. Květy mají většinou barvu fialovou. Plody bývají oválné. Zralé papriky mají žlutou, oranžovou nebo červenou barvu. Ze všech druhů je nejméně rozšířený [4,6,11].

Mezi nejznámější patří odrůda Roceto (zeleno-žluté, červené) [4].



Obr.7. Papričky Roceto [16].

Capsicum baccatum

Capsicum baccatum je odrůda pocházející z Brazílie a jedná se spíše o druh chilli. Nyní je nejvíce pěstovaným druhem v jižní Americe. Krémově zabarvené květy jsou doplněny o hnědé, žluté nebo zelené tečky na okvěť. Má špičatý tvar a je velmi pálivá. Její chuť je podobná rozinkám. [4,6,7].

Mezi nejznámější odrůdy patří Amarillo Ají (oranžové) [4].



Obr.8. Paprika odrůdy Ají Amarillo [17].

1.1.3 Rozsah pálivé chuti

Rozsah pálivé chuti paprik a chilli papriček uvádí Scovilleova stupnice (Obr. 9.), pojmenovaná po americkém chemikovi Wilburu Lincolnu Scovilleovi. Počet Scoville jednotek pálivosti (Scoville Heat Unit – Scovilleho jednotky pálivosti - SHU) odpovídá přítomnému množství kapsaicinu. Měření je v současné době prováděno plynovou chromatografií. Naměřené hodnoty se ovšem mohou lišit v závislosti na odrůdě, podnebí a půdě [4,6,18,19].

Pálivost	Příklad
15000000–16000000	kapsaicin
8600000–9100000	kapsaicinoidy jako homokapsaicin
5000000–5300000	pepřový sprej
855000–1075000	Naga Jolokia
350000–580000	Red Savina habanero
100000–350000	Habanero chili, jamajský pepř
50000–100000	thajský pepř
30000–50000	kayenský pepř, papričky tabasco
10000–23000	pepř serrano
2500–8000	jalapeño, maďarská pálivá paprika, omáčka „Tabasco“ (červená)
500–2500	anaheimský pepř
100–500	pimento, peperoncini
0	bez pálivé chuti, sladká paprika

Obr. 9. Scovilleho stupnice pálivé chuti [10]

Práh rozpoznání pálivé chuti kapsaicinu je zhruba $0,1 \text{ mg.kg}^{-1}$. Při koncentraci 10 mg.kg^{-1} vzbudí silný pálivý vjem. Pálivost dihydrokapsaicinu je přibližně stejná. Kapsaicin i dihydrokapsaicin vykazují pálivost 150-300 krát vyšší než pálivé složky obsažené například v pepři a zázvoru [12,37,54].

1.1.4 Klasifikace papriky

Paprika jako koření je obvykle v obchodních řetězcích k dostání v několika chuťových a jakostních variantách v zapečetěných pytlích, které nesou označení pravosti původu. V Evropě jsou rozlišovány především dva typy papriky – španělská a maďarská [4,6,7,9].

Maďarská paprika má plod spíše podlouhlý, zatímco španělská má větší kulatý plod. Rozhodující pro kvalitu papriky je hlavně barva (ASTA) a jemnost. Liší se barvou a především ostrostí. Nejvhodnější skladovací podmínky jsou mimo dosah slunečního záření a sucho [4,6,7,9].

Maďarská paprika - pochází ze dvou oblastí – Szeged a Kalosca .Názvy jsou uváděny i na obalech. Je značně pálivější než španělská [7].

- **zvlášť jemná** (Különleges) – jemně, jasně červená paprika mletá na prášek. Obsahuje nepatrný podíl semen. Sladká, nepatrně pálivá.
- **ušlechtilá, sladká** (Édesnemes) – sladká, tmavě červená paprika. Má mírně pálivou chuť bez náznaku hořkosti. Poměrně jemně mletá.
- **lahůdková** (Delicatess) – jasně červená s mírně pálivou chutí. Má ovocnou příchut'. Vyrábí se z celých zralých plodů bez semen.
- **polosladká** (Félédes) – je méně sladká, spíše palčivá,
- **růžová** (Rozsa) – vyrábí se z celých plodů a je narůžověle červená. Je více pálivá.
- **silná** (Eros) – hrubá, hnědavě červená paprika s palčivější chutí připomínající spíše chilli. Vyrábí se z celých plodů a po jídle může zanechávat hořkou pachut' [7].

Španělská paprika - pochází převážně z oblasti La Vera a nese označení svého původu. Na trhu ji dostaneme v různých stupních jakosti – standardní a výběrovou.

- **jemná sladká** (Dulce) – cihlově červený prášek. Má pikantní chuť a jemně uzenou vůni.
- **hořkosladká** (Agridulce) – tmavě červená pikantní paprika s náznakem hořkosti a štiplavosti.
- **pálivá** (Picante) – rezavě červené barvy s ostře pálivou, slabě nahořklou chutí. Vyrábí se z plodů, u kterých před sušením nebyla odstraněna semena [7].

1.2 Pepř

Pepř patří mezi nejrozšířenější a ekonomicky nejdůležitější koření na světě. Je známo přibližně 2000 druhů pepře, ale jako koření je používáno pouze asi 6 druhů. Sušený mletý pepř je používán od starověku. Na trhu se nejčastěji setkáme s různými druhy pepře, tj. černý, bílý, zelený a růžový. Je k dostání ve formě celé, drcené a mleté. [20,27].

1.2.1 Pepřovník černý

Pepř černý (*Piper nigrum*) je druhým nejběžnějším pálivým kořením. Mezi hlavní producenty patří Indonésie, Brazílie, Indie a Vietnam. Pepř z různých oblastí má odlišné charakteristické znaky. Proto je řazen do různých tříd podle místa pěstování. Obsah silic určuje chuť a vůni pepře, zatímco obsah alkaloidů stanovuje jeho štiplavost [7,8,20,22].

Pepřovník černý (*Piper nigrum*) je popínavý stále zelený keř a patří do čeledi pepřovníkovitých (*Piperaceae*). Dorůstá do výšky zhruba 4 - 6 metrů. Patří mezi tropické rostliny rostoucí ve vlhkém podnebním pásu. Snáší teploty v rozmezí 10 - 40 °C a ideální množství srážek je 1250 - 2000 za rok. Vyžaduje vlhkou a slabě kyselou půdu [23].

Tmavě zelené jednoduché kožovité listy mají oválný tvar a rostou na stonku střídavě. Stonky mají příchytné kořeny, které umožňují liánovité upevnění. Plodem jsou žlutá nebo zelená pepřová zrna, která jsou seskupena v převislém klasu dlouhém až 50 cm. Na každém klasu roste 40-50 bobulí. Sklízají se nezralé bobule ještě předtím, než začnou červenat. V současné době se pěstuje v řadě tropických zemí, zejména v jihovýchodní Asii a Brazílii. Největším světovým vývozcem pepře je Vietnam [23].



Obr. 10. Pepřovník černý [24]

1.2.2 Rozdělení pepře

Černý pepř – černý pepř vzniká z ještě nezralých zelených plodů, která se krátce fermentují a následně suší na slunci. Mohou se také namočit do vařící vody a následně sušit v sušárnách. Po usušení na slunci ztvrdnou a zčernají. Během procesu sušení se jejich velikost zmenšuje a povrch začne být vrásčitý. Barva se mění na tmavě hnědou nebo černou [8,20,27].



Obr. 11. Pepř černý celý [25].

Bílý pepř – na pepř bílý se trhají skoro zralé, žlutavé až červené plody. Aby změkly a uvolnila se z nich vnější dužnatá slupka, tak jsou namáčeny na dva až tři dny do vápenné vody.

Plody nakvasí a změknu. Slupka se odstraní drcením a třením. Po sloupnutí se pepř opláchne a na slunci usuší. Jeho konečná barva je žlutošedá. Bílý pepř je méně aromatický a více pálivý. Oproti pepři černému má pepř bílý mnohem jemnější chuť a vůni. Sklizeň trvá několik měsíců, jelikož zrna dozrávají postupně [8,20,27]



Obr. 12. Pepř bílý celý [24]

Zelený pepř – je sklizený nezralý plod, který se suší většinou v proudu horkého vzduchu nebo zmrazením. Je jemnější a více aromatický než pepř černý a bílý. Často se také nezralý zelený pepř nakládá do slaných nálevů, čímž si zachová své aroma. Při tepelné úpravě absorbují tekutinu a změknu [8,20,27].



Obr. 13. Pepř zelený celý [24].

Červený (růžový) pepř – je plod sklizený ve stádiu zralosti, který je ihned nakládán do nejrůznějších typů nálevů. Jedná se o plod okrasné dřeviny schinu, který je nejvíce pěstován v Argentině a Brazílii. Sklízí se jako již zralý. Chuť nese stopy ovoce, pryskyřice a jalovce. Nejlepší chuť mu ovšem dodává sušení při minusových teplotách.

Kvůli své barvě se přidává do směsí pepřů, i když se nejedná o stejný botanický druh. Vnější slupka je měkká a nedosahuje velké pálivosti. Je třeba ho přidávat s mírou, protože ve větších dávkách může být toxický [7].



Obr. 14. Pepř červený celý [24].

1.2.2.1 Nejznámější druhy pepře

Pepř dlouhý (*Piper longa*) – pochází z Indie a je též známý pod názvem Pippali. Jsou to usušené, asi 5 cm dlouhé, plody keře z rodu pepřovníků. Bobule kubéby se sklízí zelené a suší se na slunci, kde získají temně hnědou až černou barvu. Vypadají jako jehnědy a používají se obvykle vcelku. Chuť je spíše ostře sladká až svíravá [30].



Obr. 15 Pepř dlouhý celý [24].

Pepř cayenský (*Piper frutescens*) – není to pepř, ale jedná se o druh štiplavé papriky. Název nese jen kvůli špatným jazykovým překladům z minulosti. Pojmenován je podle přístavu Cayene ve Francii [7].



Obr. 16. Cayenský pepř mletý [24].

Pepř sečuánský (*Zanthoxylum piperitum*) – jedno z nejstarších koření, které se používalo ve starověké Číně a Japonsku. V Japonsku se též používá jako koření do zeleného čaje. Jedná se o červenohnědé sušené plody čínského druhu jasanu (žlutodřev peprný). Má velmi silné palčivé aroma a chuť nese náznak citrusové kůry [7].



Obr. 17. Pepř sečuánský celý [24]

Pepř kubébový (*Piper cubeba*) – pochází z Jávy, kde se pěstoval od 16. století. Celých 200 let sloužil Evropanům jako náhrada za pepř černý. Dnes však kubébu zná málokdo. V současné době zájem o pepř kubébový značně roste. Bobule kubéby jsou svraštělé, rýhované a jsou větší než bobule pepře černého. Vybíhají v krátkou rovnou stopku. Svoji chuť připomíná nové koření. Pepř kubébový neobsahuje piperin. Má slabě peprnou, příjemnou vůni s náznakem eukalyptu [7].



Obr. 18. Pepř kubébový celý [24].

Pepř africký (*Piper guinese*) – jinak nazývaný také falešný kubébový, západoafrický nebo ashanti pepř. Roste od západu Afriky až po Ugandu. Jedná se o černohnědý sušený plod, 3-6 mm velký. Plody pepře afrického jsou kulaté až oválné, na vrcholku mírně zašpičatělé s pokřivenou stopkou, čímž se liší od pepře kubébového. Není tak hořký jako pepř černý. [7].



Obr. 19. Pepř africký celý [24]

Pepř etiopský (*Xylopiya aethiopica*) – je až 20 metrů vysoký strom rostoucí v subsaharské části Afriky. Plodem jsou lusky, která obsahují malá tvrdá semínka. Mají silnou pálivou až svíravou chuť [7].



Obr. 20. Pepř etiopský celý [24]

Pepř guinejský – rodově mezi pepře nepatří, nýbrž se řadí mezi zázvorovité. Více známý je pod názvem rajska zrna. Květ rostliny se rozvine až do sedm centimetrů dlouhého lusku, který obsahuje malá černá semena. Má peprně štiplavou chuť [7].



Obr. 21. Pepř guinejský [24]

1.2.3 Chemické složení

Černý pepř obsahuje ve 100 g jedlého podílu přibližně 11,9 g vody. Zbytek tvoří sušina - bílkoviny (11,8 g), lipidy (8,6 g), sacharidy (62,7 g, z toho využitelné sacharidy - 42,5 g) (Tab. 24) [13].

Lipidy jsou zastoupeny nasycenými mastnými kyselinami, jejichž obsah se pohybuje ve 100 g jedlého podílu zhruba 0,80 g [13].

Tab. 2. Látky obsažené ve 100 g jedlého podílu černého pepře [13]

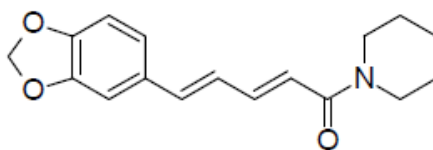
Parametr	Hodnota / Jednotka
Energie kJ	1400 kJ
Energie kcal	335 kcal
Celkové lipidy (tuky)	8,6 g
Využitelné sacharidy	42,5 g
Celkové bílkoviny	11,8 g

Pepř černý je i zdrojem vitaminů. Obsahuje vitamin B₁ (0,11 mg/100 g), vitamin B₂ (0,24 mg/100 g), vitamin E (2,56 mg/100 g) [13].

Z minerálních látek jsou v černém pepři zastoupeny především sodík, hořčík, fosfor, draslík, vápník a železo [13].

Jako hlavní pálivou složku obsahuje piperidinamid piperové kyseliny, triviálně zvaný piperin a patří mezi alkaloidy, resp.protoalkaloidy.

Piperin (Obr. 25) způsobuje pálivou chuť pepře černého a dalších členů čeledi *Piperaceae*. Má protimutagenní a protirakovinné účinky. Dále obsahuje až 5 % alkaloidu chavicinu, příbuzný piperanin, pyrrolididy (piperylin), aj. V černém pepři se obsah protoalkaloidů pohybuje v rozmezí 2-7 %, z tohoto množství je asi 90-95 % piperinu. Piperin a piperylin mají přibližně stejnou pálivost [7,8,20,22].



Obr. 22. Vzorec piperinu [10]

2 ANTIOXIDANTY

Antioxidanty jsou sloučeniny, které mají schopnost chránit orgány před nepříznivými účinky některých reaktivních sloučenin - volných radikálů, které jsou tvořeny při běžné látkové přeměně. Tvoří přirozený ochranný systém organismu proti nežádoucím změnám, chrání buňky a jejich struktury [36,37].

Antioxidanty je možné rozdělit na:

- endogenní
- exogenní

Endogenními antioxidanty jsou ty, které se tvoří v našem těle. Jedná se především o různé enzymy s antioxidačním účinkem [12,58].

Exogenní antioxidanty jsou přijímány potravou. Do skupiny exogenních antioxidantů jsou zahrnovány například vitaminy, fenolické látky a karotenoidy [12,58].

Chemické sloučeniny, které se účastní reakcí, při nichž vznikají toxické formy kyslíku se nazývají prooxidanty. Sloučeniny, které naopak zabraňují vzniku těchto forem nebo je přímo ničí se nazývají antioxidanty. V organismu mezi nimi existuje rovnováha. Je-li rovnováha porušena, například nedostatkem antioxidantů, dochází k tzv. oxidačnímu stresu[38].

Oxidační stres je označován jako převaha volných radikálů. Mezi produkcí volných radikálů a antioxidanty existuje rovnováha. Jakmile má jedna či druhá složka převahu, hrozí lidskému organismu poškození [36,39,40].

Obsah antioxidantů v potravinách je různý. Některé antioxidanty však mohou být zničeny například varem nebo dlouhodobým skladováním. Mezi základní zdroje antioxidantů patří především ovoce, zelenina a zelený čaj [41].

Podle způsobu, jakým antioxidanty zabraňují oxidaci jsou rozlišovány na primární a sekundární.

Primární antioxidanty zhasí volné radikály přímo a patří sem například fenolické sloučeniny a tokoferoly. Sekundární antioxidanty brání oxidaci řadou jiných nepřímých mechanismů a většinou jsou aktivní v přítomnosti jiné látky. Například citronová kyselina je efektivní jen za přítomnosti kovových iontů; vitamin C je účinný v přítomnosti tokoferolů a jiných primárních antioxidantů [40,42,43,44,45,58].

K sekundárním antioxidantům patří například methionin, lipoovou kyselinu, cystein a další přirozeně se vyskytující látky [40,42,43,44,45,58].

Nežádoucí změny způsobené oxidací se projevují například žluknutím přítomných tuků a dalších snadno se oxidujících složek potravin, rozvojem nežádoucího aroma a znehodnocením barvy. Oxidační procesy způsobují v potravinách i další negativní změny, které ovlivňují senzorickou, výživovou a toxikologickou hodnotu a potravin [40,42,43,44,45,46].

Proces oxidace je ovlivněn antioxidanty tak, že:

- reagují s volnými radikály (primární antioxidanty)
- redukují vzniklé hydroperoxy (sekundární antioxidanty)
- vážou do komplexů katalyticky působící kovy
- eliminují přítomný kyslík [42].

2.1 Přírodní antioxidanty

Přirozené antioxidanty jsou látky s antioxidačními účinky. Jsou součástí potravin nebo jsou syntetizovány v rostlinách. Ty se účastní metabolických procesů. Z těch nejdůležitějších jsou to především vitaminy. Lidský organismus je získává potravou především z ovoce a zeleniny, léčivých rostlin a obilovin [47].

Na základě rozpustnosti jsou děleny na:

- hydrofilní - rozpustné ve vodě. Do organismu se dostávají rychleji. Mezi hydrofilní antioxidanty patří například vitamin C, kyselina močová, polyfenolické sloučeniny;
- lipofilní - jsou rozpustné v tucích. Do organismu se dostávají pomaleji. Působí v membránách a lipoproteinech. Patří sem vitamin E, karotenoidy;
- amfofilní - antioxidanty, které zahrnují obě dvě předchozí skupiny. Mezi amfofilní antioxidanty náleží například kyselina lipoová, melatonin, fenolické sloučeniny [47].

Karotenoidy

Mezi významné antioxidanty patří i karoteny. Jedná se o nenasycené polyeny, které obsahují konjugované trans-dvojně vazby, které absorbují světlo a jsou odpovědné za oranžové až

červené zbarvení. Jsou lipofilní povahy. Karoteny mají hydrofobní povahu a jsou dobře rozpustné v tucích. V rostlinách karoteny doprovází stovky příbuzných barevných látek se skupinovým označením karotenoidy. Karotenoidy jsou přirozenou složkou krve a tkáně člověka a většiny živočichů [38,50].

Do antioxidační ochrany se zapojují při odstraňování volných radikálů centrovaných na uhlík a alkylperoxylových radikálů R-O-O \cdot v lipidech. Mezi další funkce karotenů patří zhášení singletového kyslíku (mění excitovanou formu na triplexový kyslík). Nejdůležitějšími jsou β – karoten, lykopen, lutein, α – karoten a zeaxantin [38, 50].

Mezi nejvýznamnější barviva patří červený kapsantin, žlutý karoten, zeaxantin a lutein. Zeaxantin a lutein společně tvoří rostlinné barvivo xantofyl. Vyskytují se přirozeně v potravinách (př. paprika, mrkev, šípek) nebo jsou do potravin přidávány uměle jako umělá barviva [38,50].

Vitamin E

Pod skupinou vitamínů E je zahrnuto osm izomerů tokoferolu, z nichž biologicky nejefektivnější je α – tokoferol. Je to lipofilní sloučenina uplatňující se u eukaryotických buněk jako ochrana nenasycených lipidů před poškozením volnými radikály. Při reakci vitamínu E s volnými radikály však vzniká tokoferolový radikál a následnou inaktivací ztrácí svoji antioxidační aktivitu [36,48].

Antioxidační působení vitamínu E spočívá ve schopnosti zničit peroxylové radikály mastných kyselin dříve, než stačí napadnout nepoškozené lipidy. Sám se potom změní na oxidovaný tokoferolový radikál s větší stabilitou než má sloučenina, se kterou reaguje. Většina oxidovaného tokoferolu se regeneruje redukcí na tokoferol. K redukci slouží buď vitamin C, nebo glutathion. Vitamin E obsahují například ořechy, sója, špenát. [41,38].

Fenolické sloučeniny

Fenolické látky jsou přítomné v řadě potravin. Jsou obsaženy i v různých částech rostlin, například kořeny, listy, plody. [8]

Společným znakem fenolových látek je obsah jednoho či více aromatických jader, substituovaných hydroxylovými skupinami. Antioxidační účinek závisí na počtu a poloze hydroxylových skupin [8, 54, 55].

Zdraví prospěšné jsou především polyfenoly, což jsou fenolické látky, které obsahují více než jedno aromatické jádro. Podle struktury jsou členěny do několika skupin. První skupinu tvoří flavanoly odvozené od heterocyklického flavanu. Do druhé skupiny patří aromatické hydroxykyseliny, kam patří například deriváty kyseliny skořicové a kyseliny benzoové [8, 54, 55].

Polyfenoly

Polyfenoly patří do skupiny chemických sloučenin obsažených v potravinách. Mezi hlavní zdroje polyfenolických antioxidantů patří například káva, zelený čaj a hořká čokoláda [36].

Hlavní funkcí polyfenolů při mechanismu jejich antioxidačního působení je schopnost zhaset volné radikály, zastavovat řetězové radikálové reakce poškozující některé funkční proteiny, chelátově vázat ionty kovů, aj [56].

Polyfenoly se dělí na:

- flavonoidy – vážou těžké kovy a mají schopnost terminovat radikálové oxidační reakce, tím se řadí mezi látky s antioxidačními účinky (flavony, flavonoly, isoflavony, flavanony, antokyanidiny, flavanoly),
- fenolové kyseliny – sloučeniny vykazující primární antioxidační aktivitu, která je závislá na počtu hydroxylových skupin v molekule antioxidantu (kyselina benzoová, gallová) [48],
- lignany - působí jako antioxidanty, mají antimikrobiální a antivirové účinky. Vyskytují se například v čaji, jahodách, brokolici, pohance a slunečnicových semínkách,
- stilbeny – nejdůležitějším zástupcem je resveratrol. Chrání rostliny proti vnějšímu prostředí, proti napadení mikroorganismy a před UV zářením. Resveratrol je účinný antioxidant podílející se na prevenci vzniku onemocnění srdce, cév a nádorových onemocnění. Je obsažen ve slupkách a jádrech bobulí, ale také třapin vinných hroznů [57].

2.2 Volné radikály

Volné radikály jsou přirozenou složkou lidského organismu. Plní řadu fyziologicky důležitých funkcí. Vznikají jako vedlejší produkty látkové přeměny nebo se dostávají do organismu zvenčí. Jsou to atomy, molekuly či ionty schopné samostatné existence, které mají ve svém elektronovém obalu jeden či více nepárových elektronů. Pro organismus jsou nejdůležitější volné radikály kyslíku (ROS - reactive oxygen species) a dusíku ((RNS – reactive nitrogen species). Obě látky mají patogenetický i fyziologický význam. Získáním dalšího elektronu se snaží doplnit elektronový pár do stabilního seskupení [41, 46, 58, 59, 60].

Volný radikál vzniká přidáním jednoho elektronu k molekule, homolytickým štěpením kovalentní chemické vazby nebo oxidací elektronu. K reaktivním formám kyslíku patří například superoxid O_2^- , který vzniká přijetím jednoho elektronu molekuly kyslíku. K redukcí na peroxid vodíku dochází tehdy, přijme-li superoxid další elektron. Peroxid vodíku, který vznikl, se vlivem dalšího elektronu může rozpadnout na hydroxylový radikál a vodu. Hydroxylový radikál tak znovu reaguje s elektronem a vzniká hydroxidový anion [41].

Pokud se jich ale vytvoří nadměrné množství a nejsou dostatečně rychle zničeny, tak se stávají nebezpečnými. Ničí stavební látky nukleových kyselin čímž poškozují DNA. Poškozená DNA vede k reprodukci špatné biologické informace. Dále mohou ničit tkáně v těle a narušovat buněčné membrány. Mají omezenou dobu existence a velkou reaktivitu. Urychlují proces degenerace, stárnutí buněk a snižují obranyschopnost celého organismu. Nejsnadněji volné radikály napadají tělesné tuky, které jsou k oxidaci velmi náchylné. Potom hovoříme o lipidové peroxidaci [41, 46, 58, 59].

Volné radikály mohou napadnout jakoukoliv molekulu v organismu a způsobit její poškození. Mezi nejzávažnější patří poškození bílkovin (inaktivace enzymů a jiných bílkovin s různým biologickým významem) a fosfolipidů buněčných membrán, které vedou k poruše nukleových kyselin (karcinogeneze, mutageneze atd.). Radikály jsou děleny dle příčiny vzniku na exogenní a endogenní [36].

Příčiny exogenní:

- vysoký obsah škodlivin ve vzduchu,
- ionizující záření,
- UV – světlo, modré světlo,
- intoxikace (chloroform, alkohol, tetrachlormethan),

- kouření,
- potrava,

Příčiny endogenní:

- vznik methemoglobinu,
- rozpad fagocytů a mikrofágů,
- syntéza prostaglandinů,
- zvýšený metabolismus estrogenů,
- hyperglykémie,
- autooxidace thiolů [36].

Volné radikály plní v lidském organismu i řadu pozitivních funkcí. Například umožňují bílým krvinkám v imunitním systému obranu proti infekci při tzv. respiračním vzplanutí. Další důležitou fyziologickou roli hrají při zneškodnění patogenů fagocyty. V membráně fagocytů je obsažen enzym NADPH-oxidáza, která napomáhá při jednoelektronové redukci molekulárního kyslíku na superoxid. Ten je následně přeměněn na účinnější ROS. Největší význam z nich má kyselina chlorná, která určitý patogen ničí. Dále se účastní reakcí, které vytváří důležité látky (biosyntéza cholesterolu) [36,39,40,41].

Volné radikály jsou považovány za spolupůvodce celé řady civilizačních onemocnění. Svým působením se například podílejí na vzniku a průběhu diabetu, vzniku očních chorob (šedý zákal), neurodegenerativních onemocnění (Parkinsonova, Alzheimerova choroba) a podporují stárnutí (tvorba agings pigments) [36,39,40,41].

3 METODY STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY

Antioxidační aktivita je definována jako schopnost sloučeniny inhibovat oxidační degradaci sloučenin. Aktivita je dána například větším oxidačně – redukčním potenciálem, schopností rychle odstranit reaktivní formy kyslíku nebo redukcí meziproductů řetězových oxidačních změn. Měření lze provést celou řadou metod a výsledek je obvykle vyjádřen ve vztahu ke kyselině askorbové nebo k tzv. troloxu [27,61].

3.1 Metody pro stanovení antioxidační aktivity

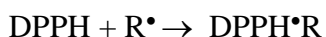
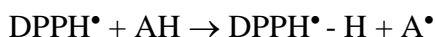
V oblasti chemické analýzy a biologického hodnocení potravin byly vypracovány metody, které umožňují stanovit celkovou antioxidační aktivitu vzorku. Principiálně jsou odlišné a postupně se vyvíjejí jejich modifikace [63].

Metody pro stanovení antioxidační aktivity mohou být rozděleny do dvou skupin:

- chemické metody - hodnotí schopnost eliminovat radikály (DPPH, ABTS, ORAC),
- fyzikální metody - posuzují redoxní vlastnosti látek (FRAP, CUPRAC).

3.1.1 Metoda DPPH

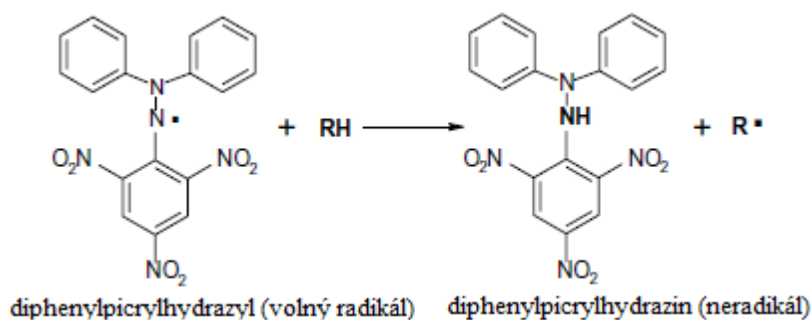
Metoda DPPH je časově nenáročná, velmi jednoduchá a v praxi běžně používaná pro stanovení celkové antioxidační aktivity jak u pevných, tak i kapalných vzorků. Využívá volný stabilní dusíkový radikál DPPH – difenylpikrylhydrazyl. Při reakci dojde k redukci radikálu za vzniku DPPH–H (difenylpikralhydrazin). Po redukci antioxidantem (AH) nebo radikálem (R•) se roztok odbarví dle následující reakce [32,40,64,65].



Pokles absorbance je sledován nejčastěji spektrofotometricky při vlnové délce 517 nm po uplynutí určitého konstantního času nebo se pracuje v kinetickém režimu. Pokles absorbance lze sledovat i detekcí HPLC. Použití detekce HPLC, při které je hodnocen pík radikálu DPPH, je výhodné u barevných vzorků, kdy se zabarvení vzorku eliminuje. U směsných

vzorků bývá radikálová aktivita někdy také vyjádřena v ekvivalentech kyseliny askorbové nebo v jednotkách standardu Troloxu [40,64,65].

DPPH je organická sloučenina fialové barvy, celým názvem 2,2-difenyl-1-pikrylhydrazyl. Jedná se o tmavý, barevný krystalický prášek, který je složený ze stabilních volných radikálových molekul. Sloučenina DPPH má mnoho krystalických forem, které se liší mřížkovou symetrií a bodem tání. Při neutralizaci se barva DPPH mění na světle žlutou až bezbarvou. Intenzita zbarvení se snižuje působením antioxidačních látek. Barevná změna je používána jako vizuální indikátor neutralizace DPPH [28,29,30].



Obr. 23. Struktura DPPH [27]

3.1.2 Metoda FRAP

Metoda FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Potential) patří mezi jednoduché metody a je založena na principu redoxní reakce železitých komplexů, které jsou téměř bezbarvé [40, 66].

Při této metodě redukuje antioxidanty ze vzorku komplex Fe^{3+} -2,4,6-tri (2-pyridyl-1,3,5-triazin) (Fe^{3+} -TPTZ). Mírou antioxidační aktivity vzorku je nárůst absorbance při 593 nm odpovídající množství komplexu Fe^{2+} -TPTZ. Po redukci nebo reakci s dalším činidlem vytváří barevné produkty, například berlínskou modř. Na rozdíl od jiných metod zde není využitý žádný radikál [40, 66].

3.1.3 Metoda ORAC

U metody ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity) se generují kyslíkové radikály a hodnotí se schopnost testované látky zpomalit nebo zastavit radikálovou reakci [13,22].

Detekce je založena na sledování rychlosti úbytku fluorescence β -fykoeritrinu po ataku radikály. Pro generaci peroxylových radikálů se používá AAPH (2,2'-azobis (isobutyrimida-

mid) – dihydrochlorid), při generaci hydroxylových radikálů pak systém $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{Cu}_2^+$. Jelikož se tyto radikály řadí k nejreaktivnějším, patří tento test k důležitým parametrům, které charakterizují antioxidanty [40,67].

3.1.4 Metoda TEAC

Metoda TEAC (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity) patří mezi běžně používané spektrofotometrické metody. Je založena na zhášení syntetického stabilního radikálového kationu ABTS^+ , a je jednou ze základních metod pro stanovení celkové antioxidační aktivity. Někdy také bývá označována jako metoda ABTS (2,2-azinobis(3-ethyl-2,3-dihydrobenzothiazol-6-sulfonová kyselina)) [40,58,66].

Principem metody je zhášení radikálu ABTS^+ antioxidantem, který je donorem vodíku. Radikálový kation ABTS^+ se inkubuje v přítomnosti peroxidázy (metmyoglobin) a peroxidu vodíku [40,58,66].

ABTS^+ má modrozelenou barvu a v přítomnosti antioxidačně aktivních složek extrahovaných ze vzorku potravin se redukuje a tím i odbarvuje. Rychlost a míra odbarvení jsou úměrné antioxidační aktivitě vzorku [40,66,58].

Tato reakce se sleduje spektrofotometricky nejčastěji při 600 nm a celková antioxidační aktivita vzorku je porovnávána se standardní látkou Trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-karboxylová kyselina). Trolox je derivát vitamínu E a je rozpustný ve vodě [40,58,66].

3.1.5 HPLC metoda s elektrochemickou detekcí

HPLC metoda s elektrochemickou detekcí umožňuje přesnou a citlivou detekci elektroaktivních látek použitím amperometrických nebo coulochemických detektorů při analýze HPLC. Na pracovní elektrodu detektoru se vkládá kladný potenciál. Pík látky se projeví jen tehdy, je-li látka při tomto potenciálu oxidována. Látku je tak možno charakterizovat nejen retenčním časem, ale také potenciálem, při kterém se oxiduje. To umožňuje analyzovat komplexní směsi a identifikovat v nich jednotlivé účinné antioxidační komponenty na základě hodnoty potenciálu aplikovaného na elektrodu. Je nutné dodržet vysokou čistotu reagensů v mobilní fázi [40].

Hodnocení antioxidačních vlastností látek pomocí HPLC s elektrochemickou detekcí koreluje s jinými metodami na testování celkové antioxidační aktivity látek jako například s metodou DPPH [40].

3.2 Metody pro stanovení polyfenolů

O studium polyfenolů je v poslední době velký zájem. Jejich potřeba je spojena se snížením rizika kardiovaskulárních onemocnění a některých typů rakoviny. Ke stanovení obsahu celkových polyfenolů v potravinách se většinou používají dvě metody. Polyfenoly je možné zjistit chromatograficky, především metodou HPLC, nebo pomocí reakce s Folin-Ciocalteuovým činidlem [68].

3.2.1 Stanovení polyfenolů pomocí Folin-Ciocalteuova činidla

Veškeré fenolické sloučeniny se oxidují činidlem Folin – Ciocalteu, které se skládá ze směsi kyseliny fosfowolframové a kyseliny fosfomolybdenové. Tato směs se během oxidace fenolů redukuje na směs modrých oxidů wolframu a molybdenu [66,69].

Vytvořené modré zbarvení vykazuje maximální absorpci světla v oblasti vlnové délky 750 - 760 nm, která se měří po uplynutí doby 20 min. K reakční směsi se obvykle přidává uhličitan sodný a jako standard bývá používána kyselina gallová rozpuštěná v destilované vodě [66,69].

Intenzita této absorpce je přímo úměrná celkovému množství původně přítomných fenolických sloučenin, které se nejčastěji vyjadřuje v ekvivalentech standardu kyseliny gallové [66,69].

Nevýhodou této metody je, že činidlo je redukováno i jinými látkami než jsou polyfenoly, například kyselinou askorbovou. Proto výsledky u stanovení polyfenolů metodou HPLC jsou nižší než při použití metodou s Folin-Ciocalteuovým činidlem. Skutečná výsledná hodnota leží patrně někde mezi výsledky obou stanovení [66,69].

3.2.2 Stanovení polyfenolů chromatograficky

Z analytických metod pro stanovení jednotlivých polyfenolů je nejznámější HPLC (High Performance Liquid Chromatography – vysokoúčinná kapalinová chromatografie) na reverzní fázi s různými možnostmi detekce jako například UV-VIS, DAD (detektor s diodovým polem), MS (hmotnostní detektor), aj. [70].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE

Cílem teoretické části diplomové práce bylo charakterizovat vzorky papriky a pepře jako koření a popsat jejich chemické složení a vlastnosti. Dále byly popsány antioxidanty, jejich zdroje a působení. Popsat metody, které se využívají pro stanovení antioxidační aktivity a polyfenolických látek.

Cílem praktické části bylo stanovení sušiny, antioxidační aktivity spektrofotometrickou metodou DPPH a také stanovení celkového obsahu polyfenolických látek metodou s Folin-Ciocalteuovým činidlem u vybraných vzorků papriky a pepře.

5 MATERIÁL A PŘÍSTROJE

5.1 Vzorke papriky a pepře

V diplomové práci bylo analyzováno celkem 32 vzorků různých druhů koření papriky a pepře zakoupených v tržní síti. V Tab. 3. a Tab. 4. je uveden přehled jednotlivých vzorků.

Tab. 3. Přehled vzorků papriky

Vzorek	Číslo vzorku	Značka	Výrobce	Původ	Trvanlivost
Paprika sladká	1	Kotányi	Kotányi, Rakousko		21. 10. 2014
Paprika pálivá	2	Kotányi	Kotányi, Rakousko		8. 8. 2014
Chilli mleté	3	Kotányi	Kotányi, Rakousko	Čína	1. 10. 2014
Chilli Jalapeños	4	Kotányi	Kotányi, Rakousko	Mexiko	22. 1. 2015
Paprika gulášová	5	Kotányi	Kotányi, Rakousko		15. 11. 2014
Paprika lahůdková	6	Kotányi	Kotányi, Rakousko		27. 1. 2015
Chilli peperoncini	7	Kotányi	Kotányi, Rakousko	Malawi	22. 4. 2016
Paprika pálivá	8	Spar	Unimex s.r.o., Praha, ČR		15. 8. 2014
Paprika sladká	9	Clever	Unimex s.r.o., Praha, ČR		30. 7. 2015
Paprika sladká	10	Nadir	Unimex s.r.o., Praha, ČR		10. 10. 2015
Paprika sladká	11	Euro	Thymos s.r.o., SR		30. 9. 2015
Paprika pálivá	12	Euro	Thymos s.r.o., SR		31. 8. 2015

Tab. 4. Přehled vzorků pepře

Vzorek	Číslo vzorku	Značka	Výrobce	Původ	Trvanlivost
Pepř černý mletý	1	Kotányi	Kotányi, Rakousko	Vietnam	31. 3. 2016
Pepř černý celý	2	Kotányi	Kotányi, Rakousko	Vietnam	26. 3. 2017
Pepř zelený celý	3	Kotányi	Kotányi, Rakousko	Indie	8. 2. 2017
Pepř bílý mletý	4	Kotányi	Kotányi, Rakousko	Vietnam	24. 3. 2016
Pepř 4barev celý	5	Kotányi	Kotányi, Rakousko	Indonésie	16. 7. 2017
Pepř černý celý	6	Spice cellar	Tesco a.s., Praha, ČR	Vietnam	28. 2. 2016
Pepř černý celý	7	J. C. Horn	Vitana a.s., Byšice, ČR		22. 8. 2016
Pepř černý celý	8	Orient	Kotányi, Rakousko	Vietnam	19. 6. 2017
Pepř černý celý	9	Avokado	Unimex s.r.o., Praha, ČR	Indie	11. 7. 2015
Pepř černý celý	10	Vitana	Vitana a.s., Byšice, ČR		31. 7. 2016
Pepř černý celý	11	Mammita	Kaufland v.o.s., ČR	Vietnam	30. 5. 2016
Pepřové koření	12	Kotányi	Kotányi, Rakousko		13. 11. 2014
Pepř černý celý	13	Nadir	Unimex s.r.o., Praha, ČR	Indie	25. 9. 2015
Pepř černý mletý	14	Nadir	Unimex s.r.o., Praha, ČR		26. 9. 2015
Pepř černý celý	15	Spar	Unimex s.r.o., Praha, ČR		16. 4. 2015
Pepř černý mletý	16	Spar	Unimex s.r.o., Praha, ČR		25. 2. 2015
Pepř černý celý	17	Euro	Thymos s.r.o., SR		30. 5. 2016
Pepř černý mletý	18	Euro	Thymos s.r.o., SR		30. 8. 2016
Pepř černý celý	19	Mikado	Lidl v.o.s., Praha, ČR		5. 3. 2016
Pepř černý mletý	20	Clever	Unimex s.r.o., Praha, ČR		1. 9. 2015

5.2 Použité chemikálie

- demineralizovaná voda
- acetátový pufr (pH=5,5)
- etanol (Švec - Penta, Chrudim, ČR)
- DPPH - difenylpikrylhydrazyl (Aldrich, USA)
- Folin – Ciocalteuovo činidlo (Penta, ČR)

- uhličitan sodný - Na_2CO_3 (Ing. Petr Lukeš, Uherský Brod)
- standard kyseliny gallové p. a. (Sigma, Německo)
- standard kyseliny askorbové (Fluka – Chemika, Švýcarsko)

5.3 Použité pomůcky a přístroje

- laboratorní sklo
- analytické váhy (EP 214, Ohaus, Švýcarsko)
- spektrofotometr (Spekol 11, ČR)
- spektrofotometr (Libra S6 Biochrom)
- laboratorní sušárna (Venticel 111 Comfort, ČR)

6 METODIKA STANOVENÍ

6.1 Stanovení obsahu sušiny

Sušina představuje pevný zbytek po odstranění vody a těkavých látek, získaný vysušením navážky vzorku při stanovené teplotě za podmínek stanovení. Připravený vzorek se suší v elektrické sušárně při teplotě 105 °C. Po vysušení do konstantní hodnoty se zváží s přesností na 4 desetinná místa [71].

Sušení vzorků bylo provedeno v předsušených a zvážených hliníkových miskách. Do nich byl na analytických vahách navážen 1 g vzorku s přesností na 0,0001 g. Vzorky byly vloženy do sušárny o teplotě 105 °C a sušení bylo provedeno do konstantní hmotnosti.

Po vysušení a vychladnutí v exsikátoru byly misky se vzorky zváženy na analytických vahách s přesností na 4 desetinná místa. Stanovení bylo provedeno třikrát [71].

Sušina papriky a pepře S [%] se vypočítá podle vzorce:

$$S = 100 - v$$

Obsah vlhkosti v [%] se vypočítá podle vzorce:

$$v = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \cdot 100$$

kde: m_0 - hmotnost vysušené prázdné misky [g]

m_1 - hmotnost misky s navážkou vzorku před vysušením [g]

m_2 - hmotnost misky se vzorkem po vysušení [g]

6.2 Stanovení antioxidační aktivity metodou DPPH

Pro stanovení antioxidační aktivity byla zvolena spektrofotometrická metoda s využitím DPPH (difenylpicrylhydrazyl) a standardu kyseliny askorbové.

Principem spektrofotometrické metody je reakce testované látky se stabilním radikálem DPPH, při níž dochází k redukcí radikálu za vzniku DPPH-H (difenylpicrylhydrazin). Tmavě fialový roztok DPPH při reakci změní barvu nebo se úplně odbarví. Zároveň dochází

ke snížení absorbance. Aktivita radikálu je vyjádřena v ekvivalentech kyseliny askorbové [58].

6.2.1 Příprava extraktu koření

Z připravených vzorků byla připravena navážka koření 1 g s přesností na 4 desetinná místa. Vzorky byly extrahovány buď v horké destilované vodě o teplotě 100 °C (100 ml) nebo v etanolu po dobu 10 minut. Následným přefiltrováním přes filtrační papír byl připraven výluh, který byl dle potřeby dále ředěn a použit pro analýzu.

6.2.2 Stanovení antioxidační aktivity vzorků papriky a pepře

Pro stanovení antioxidační aktivity pomocí činidla DPPH bylo experimentálně stanoveno složení reakční směsi.

Reakční směs ve zkumavkách:

- měřený vzorek (A) – 0,1 ml extraktu koření, 1,9 ml DPPH, 1 ml acetátového pufru (pH=5,5),
- kontrolní vzorek (K) – 0,1 ml vody, 1,9 ml DPPH, 1 ml acetátového pufru (pH=5,5),
- slepý pokus – 0,1 ml extraktu, 1,9 ml etanolu, 1 ml acetátového pufru (pH=5,5).

Zkumavky naplněné reakční směsí se uzavřou a promíchají. Nechají se stát ve tmě po dobu 1 hodiny a v průběhu se několikrát promíchají. Po uplynutí této doby se změří absorbance na spektrofotometru při vlnové délce 515 nm. Měří se proti slepému vzorku.

Výpočet inaktivace:

$$I = \frac{K-A}{K} \cdot 100 \text{ [\%]}$$

Kde:

K absorbance kontrolního vzorku

A absorbance vzorku koření

Antioxidační aktivita vzorků papriky a pepře byla vyjádřena v mg ekvivalentu kyseliny askorbové na gram vzorku.

6.2.3 Příprava standardního roztoku a kalibrační přímky kyseliny askorbové

Pro vyhodnocení antioxidační aktivity byla připravena kalibrační křivka kyseliny askorbové. Nejprve byl připraven roztok o koncentraci 0,3 mg/ml. Z tohoto roztoku byly připraveny roztoky kalibrační řady o 9 koncentracích 0,21; 0,18; 0,15; 0,12; 0,075; 0,06; 0,03; 0,015; 0,003 mg/ml.

Reakční směs obsahovala:

- 0,1 ml roztoku z kalibrační řady
- 1,9 ml DPPH
- 1 ml acetátového pufru

Kontrolní vzorek se připraví ve stejném složení jako vzorek, ale místo roztoku z kalibrační řady byl přidán 0,1 ml demineralizované vody. Do slepého vzorku bylo dáno místo DPPH 1,9 ml etanolu.

Zazátkované a promíchané zkumavky se nechali stát po dobu 1 hodiny ve tmě. V průběhu byly několikrát promíchány. Po hodině se změří absorbance při vlnové délce 515 nm.

Kalibrační přímka byla sestrojena jako závislost inaktivace kalibračního roztoku na koncentraci standardu kyseliny askorbové. Výpočet inaktivace je popsán v kapitole 6.2.2.

6.2.4 Stanovení hodnoty IC_{50}

Hodnota IC_{50} byla zjišťována u vzorků papriky a pepře, které vykazovaly nejvyšší antioxidační aktivitu, konkrétně u 3 vzorků mleté papriky a u 3 vzorků mletého nebo celého pepře. Pro výpočet hodnoty IC_{50} byla vytvořena řada z vybraných výluhů papriky a pepře. Byly připraveny 4 roztoky o koncentraci v rozmezí 2,5 – 10 mg/ml. Z roztoků byly připraveny reakční směsi. Inaktivace byla vypočítána stejným způsobem, jaký je uveden v kapitole 6.2.2.

Z naměřených hodnot inaktivace byla sestrojena křivka, jako závislost inaktivace na koncentraci extraktu. Ze získané křivky byla pomocí lineární regrese vypočítána hodnota IC_{50} . Hodnota IC_{50} se zjistila dosažením hodnoty 50% za inaktivaci (y).

6.3 Stanovení celkového obsahu polyfenolů s Folin–Ciocalteuovým činidlem

Pro stanovení celkového obsahu polyfenolů u vybraných vzorků papriky a pepře byla použita fotometrická metoda s Folin-Ciocalteuovým činidlem a standard kyseliny gallové. Folin-Ciocalteuovo činidlo je žlutý roztok s obsahem wolframanu sodného, molybdenu sodného, kyseliny fosforečné a chlorovodíkové, bromu, síranu lithného a vody.

6.3.1 Příprava extraktu

Z připravených vzorků byla připravena navážka koření 1 g s přesností na 4 desetinná místa. Vzorky byly dále extrahovány v horké demineralizované vodě o teplotě 100 °C (100 ml). Směs se nechala 10 minut extrahovat. Následným přefiltrováním přes filtrační papír byl připraven výluh, který byl dle potřeby dále ředěn a použit pro analýzu.

6.3.2 Stanovení celkového obsahu polyfenolů

Stanovení celkového obsahu polyfenolů bylo zjišťováno pomocí metody s Folin-Ciocalteuovým činidlem. Vzorky byly extrahovány s destilovanou vodou o teplotě 100°C po dobu 10 minut.

Reakční směs ve zkumavkách:

- vzorek – 0,1 ml extraktu koření, 1 ml demineralizované vody, 1 ml Folin-Ciocalteuova činidla (10%),
- slepý pokus – 0,1 ml demineralizované vody, 1 ml demineralizované vody, 1 ml Folin-Ciocalteuova činidla (10%).

Zkumavky naplněné reakční směsí se uzavřely a promíchaly. Nechaly se stát v temnu po dobu 5 min. Po uplynutí doby byl k reakční směsi přidán 1 ml 10 % roztoku uhličitanu sodného. Celá směs byla promíchána a uložena do temna na dobu 15 minut. Po 15 min byla změřena absorbance na spektrofotometru při vlnové délce 750 nm. Měří se proti slepému vzorku.

Celkový obsah polyfenolů ve vzorcích papriky a pepře byl vypočítán z rovnice regrese kalibrační křivky kyseliny gallové. Výsledky byly vyjádřeny v mg ekvivalentu kyseliny gallové na gram vzorku papriky a pepře.

6.3.3 Příprava standardního roztoku a kalibrační přímky kyseliny gallové

Kalibrační křivka pro stanovení celkového obsahu polyfenolů byla změřena pomocí standardu kyseliny gallové. Byl připraven roztok o koncentraci 1 mg/ml. Z roztoku byla přichystána kalibrační řada o 7 koncentracích 0,5; 0,4; 0,3; 0,25; 0,2; 0,15; 0,1 mg/ml.

Do zkumavky bylo napipetováno 0,1 ml roztoku z kalibrační řady, 1 ml demineralizované vody a 1 ml 10 % roztoku Folin-Ciocalteuova činidla. Do slepého vzorku bylo přidáno místo 0,1 ml extraktu 0,1 ml destilované vody. Zazátkované a promíchané zkumavky se nechaly stát 5 minut v temnu. Po 5 minutách byl k reakční směsi přidán 10 % roztok uhličitanu sodného. Celá směs byla promíchána a na dobu 15 min vložena do temna. Po uplynutí doby se změřila absorbance při vlnové délce 750 nm.

Kalibrační přímka byla sestrojena jako závislost absorbance kalibračního roztoku na koncentraci standardu kyseliny gallové.

7 VÝSLEDKY A DISKUSE

V praktické části diplomové práce byl u 20 vzorků mletého a celého pepře a 12 vzorků mleté papriky stanoven obsah sušiny, dále byla zjištěna antioxidační aktivita vzorků pomocí metody DPPH (ve vodném prostředí a v prostředí etanolu) a také u vybraných vzorků hodnota IC_{50} . Byl stanoven i celkový obsah polyfenolů u všech vzorků.

7.1 Stanovení sušiny vzorků papriky a pepře

Sušina byla stanovena u 20 vzorků mletého nebo celého pepře a u 12 vzorků mleté papriky. Stanovení bylo provedeno třikrát, byla vypočtena průměrná hodnota sušiny a určena směrodatná odchylka (s). Výsledné hodnoty obsahu sušiny a vlhkosti vzorků jsou uvedeny v Tab. 5 a Tab. 6.

Tab. 5. Obsah sušiny a vlhkosti vzorků papriky

Vzorek	Číslo vzorku	Obsah sušiny [%]	Obsah vlhkosti [%]	s
Paprika sladká	1	91,1	8,9	0,19
Paprika pálivá	2	91,2	8,8	0,03
Chilli mleté	3	91,5	8,5	0,27
Chilli Jalapeños	4	89,9	10,1	0,09
Paprika gulášová	5	90,3	9,7	0,18
Paprika lahůdková	6	90,4	9,6	0,07
Chilli peperoncini	7	92,2	7,8	0,06
Paprika pálivá	8	93,6	6,4	0,04
Paprika sladká	9	91,6	8,4	0,26
Paprika sladká	10	93,7	6,3	0,08
Paprika sladká	11	92,8	7,2	0,04
Paprika pálivá	12	92,3	7,7	0,06

Obsah sušiny u vzorků mleté papriky byl zjištěn v rozmezí 89,9 – 93,6 %. Nejvyšší podíl vlhkosti obsahovaly vzorky mleté papriky 4 (10,1 %), papriky 5 (9,7 %) a papriky 6 (9,6 %). Nejvyšší obsah sušiny byl zjištěn u vzorku mleté papriky 10 (93,7 %).

Tab. 6. Obsah sušiny a vlhkosti vzorků pepře

Vzorek	Číslo vzorku	Obsah sušiny [%]	Obsah vlhkosti [%]	s
Pepř černý mletý	1	88,9	11,1	0,21
Pepř černý celý	2	89,5	10,5	0,01
Pepř zelený celý	3	91,2	8,8	0,05
Pepř bílý mletý	4	88,5	11,5	0,08
Pepř 4barev celý	5	89,7	10,3	0,20
Pepř černý celý	6	89,3	10,7	0,11
Pepř černý celý	7	91,9	8,1	0,21
Pepř černý celý	8	89,8	10,2	0,12
Pepř černý celý	9	89,8	10,2	0,06
Pepř černý celý	10	89,4	10,6	0,24
Pepř černý celý	11	92,1	7,9	0,50
Pepřové koření	12	91,6	8,4	0,08
Pepř černý celý	13	90,6	9,4	0,47
Pepř černý mletý	14	87,9	12,1	0,62
Pepř černý celý	15	89,6	10,4	0,18
Pepř černý mletý	16	89,4	10,6	0,14
Pepř černý celý	17	89,1	10,9	0,02
Pepř černý mletý	18	90,4	9,6	0,15
Pepř černý celý	19	89,8	10,2	0,07
Pepř černý mletý	20	87,9	12,1	0,16

Z Tab. 6 je patrné, že obsah sušiny vybraných vzorků mletého nebo celého pepře se pohyboval v rozmezí 88,5 – 92,1 %. Nejvyšší podíl vlhkosti obsahovaly vzorky mletého černého pepře (12,1-11,5 %) Nejvyšší obsah sušiny byl zjištěn u pepře celého 7 od výrobce J. C. Horn (91,9 %), pepře černého celého 11 od výrobce Kaufland (92,1 %) a u pepře 12 Kotányi (91,6 %).

7.2 Stanovení antioxidační aktivity vzorků

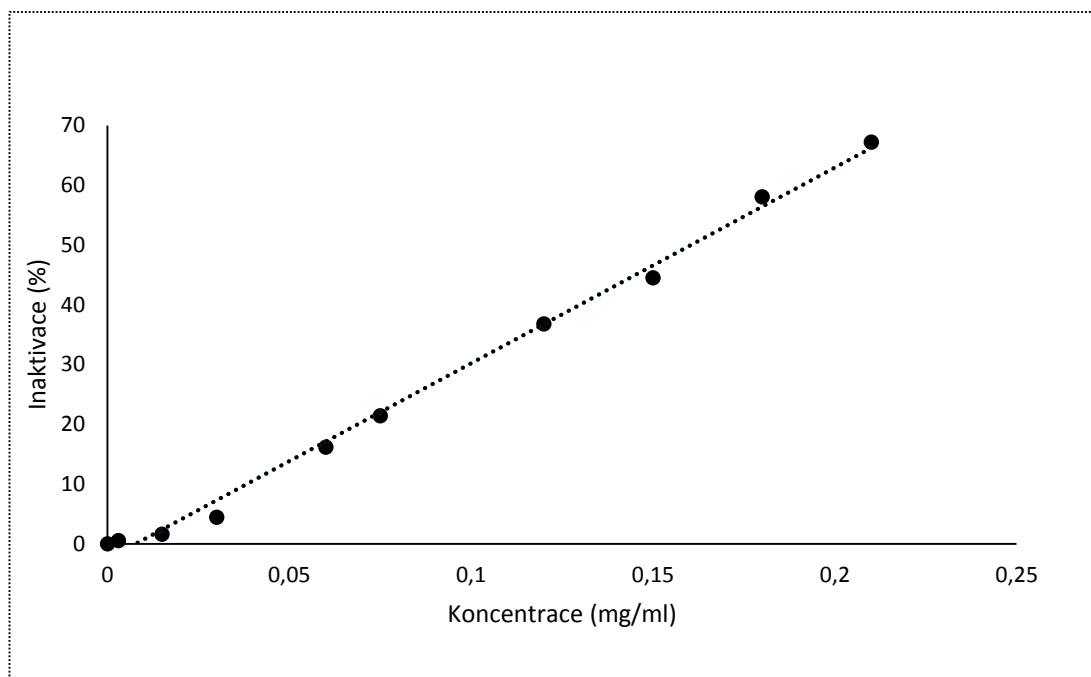
7.2.1 Stanovení kalibrační přímky kyseliny askorbové

Pro sestavení kalibrační křivky (Obr. 24) byl použit standard kyseliny askorbové, kalibrační řada o 9 koncentracích v rozmezí 0,3-003 mg/ml

Kalibrační přímka byla sestavena jako závislost inaktivace kalibračního roztoku na koncentraci standardu kyseliny askorbové. Výpočet inaktivace je popsán v kapitole 6.2.2.

Tab. 7. Vypočítané hodnoty inaktivace pro jednotlivé koncentrace

Koncentrace KA [mg/ml]	Inaktivace [%]
0,21	67,21
0,18	58,03
0,15	44,48
0,12	36,79
0,075	21,44
0,06	16,16
0,03	4,48
0,015	1,60
0,003	0,56



Obr. 24. Kalibrační křivka kyseliny askorbové

Sestrojená kalibrační křivka má rovnici regrese:

$$y = 327,28 x - 2,5148$$

kde: y . . . inaktivace I [%]

x . . . koncentrace kyseliny askorbové [mg/ml]

Korelační koeficient závislosti koncentrace kyseliny askorbové na inaktivaci: $R^2 = 0,995$.

7.2.2 Stanovení antioxidační aktivity vzorků papriky

Pro stanovení antioxidační aktivity papriky byla použita spektrofotometrická metoda s využitím DPPH radikálu. Přesný postup a výpočet inaktivace jsou uvedeny v kapitole 6.2.2.

Celková antioxidační aktivita byla zjišťována u 12 vzorků mleté papriky zakoupené v tržní síti v prostředí demineralizované vody (Tab. 8) a s použitím etanolu (Tab. 9).

Dosazením vypočítané hodnoty inaktivace vzorků papriky do rovnice regrese kalibrační křivky kyseliny askorbové a přepočtem původní koncentrace vzorků papriky ve výluhu použitým ke stanovení, byla antioxidační aktivita vyjádřena jako mg ekvivalentu kyseliny

askorbové na gram vzorku. Na základě hodnoty obsahu sušiny byla přepočtem stanovena hodnota AA mg ekv. KA/g sušiny vzorku.

Tab. 8. Antioxidační aktivita vzorků mleté papriky

Vzorek	Číslo vzorku	Inaktivace [%]	AA [mg ekv. KA/g vzorku]	Sušina [%]	AA [mg ekv. KA/g sušiny vzorku]
Paprika sladká	1	27,19	9,08	91,1	9,96
Paprika pálivá	2	28,87	9,59	91,2	10,52
Chilli mleté	3	35,05	11,47	91,5	12,54
Chilli Jalapeños	4	47,32	15,23	89,9	16,94
Paprika gulášová	5	48,02	15,44	90,3	17,09
Paprika lahůdková	6	31,13	10,28	90,4	11,37
Chilli peperoncini	7	50,65	16,24	92,2	17,61
Paprika pálivá	8	36,30	11,86	93,6	12,67
Paprika sladká	9	34,60	11,34	91,6	12,38
Paprika sladká	10	12,06	4,45	93,7	4,75
Paprika sladká	11	37,35	12,18	92,8	13,13
Paprika pálivá	12	32,83	10,79	92,3	11,69

Zjištěná antioxidační aktivita vzorků mleté papriky (Tab. 8.) se pohybovala v rozmezí 4,45-16,24 mg ekv. KA/g vzorku. Nejvyšší antioxidační aktivitu vykazovaly vzorky papriky 7, papriky 5 a papriky 4. Vzorky mleté papriky 7, 5 a 4 jsou od výrobce Kotányi. Nejnižší antioxidační aktivitu měl vzorek mleté papriky 10 firmy Unimex, který byl o 11,79 % nižší než nejvyšší hodnota antioxidační aktivity.

Vzorky papriky přepočítané na sušinu vzorku měly antioxidační aktivitu v rozmezí 4,75-17,61 mg ekv. KA/g sušiny vzorku. Nejvyšší antioxidační aktivitu přepočtenou na sušinu vzorku měly vzorky papriky 7, papriky 5 a 4 od výrobce Kotányi. Nejnižší antioxidační

aktivitu přepočítanou na sušinu vzorku vykazovala paprika 10 od firmy Unimex (4,75 mg ekv. KA/g sušiny).

Z porovnání výsledků antioxidační aktivity u vzorků mleté papriky (Tab. 8.) je patrné, že vyšší antioxidační aktivitu vykazovaly vzorky s vyšším obsahem kapsaicinu (chilli peperoncini, papričky jalapeños a mleté chilli od firmy Kotányi).

Celková antioxidační aktivita sušené sladké papriky ve vodném extraktu byla zjišťována metodou DPPH ve studii (31). Antioxidační aktivita vzorků mleté papriky se pohybovala v rozmezí 6,22-31,9 mg ekv. KA/g. Při porovnání námi zjištěné nejvyšší hodnoty antioxidační aktivity vzorku mleté papriky (paprika 4 – 16,94 mg ekv. KA/g) a nejvyšší výsledné hodnoty antioxidační aktivity vzorků v literatuře (31) – 31,9 mg ekv. KA/g, byly naše hodnoty zhruba o polovinu nižší. Může to být například způsobeno i jinými podmínkami stanovení, například delší dobou vyluhování.

V článku (73) studovali antioxidační aktivitu u extraktů papriky odrůdy *Capsicum annuum*. Extrakt vzorku odrůdy Cayenne gold vykazoval antioxidační aktivitu 26,7 mg ekv. KA/g. Odrůda Orange Thai měla výslednou antioxidační aktivitu 9,8 mg ekv. KA/g. Antioxidační aktivita našich vzorků byla trochu nižší než v uvedené studii. Nejnižší námi zjištěná hodnota byla mletá paprika 10 (4,45 mg ekv. KA/g).

Antioxidační aktivitou se také zabývali ve studii (50) D. De Luca a kol. Jako vzorek byla připravena *C. annuum* var. *Acuminatum*, sušená na slunci po dobu 2 týdnů při teplotě 30°C. Pro stanovení antioxidační aktivity byla použita metoda s použitím DPPH. *C. annuum* var. *Acuminatum* vykazoval antioxidační aktivitu 85,3 mg ekv. KA/g. Naše vzorky mleté papriky vykazovaly antioxidační aktivitu podstatně nižší (papriky 7 - 16,24 mg ekv. KA/g). Může to být způsobeno například postupem a teplotou sušení, odrůdou.

Tab. 9. Antioxidační aktivita vzorků mleté papriky s použitím etanolu

Vzorek	Číslo vzorku	Inaktivace [%]	AA [mg ekv. KA/g vzorku]	Sušina [%]	AA [mg ekv. KA/g sušiny vzorku]
Paprika sladká	1	36,04	11,7	91,1	12,84
Paprika pálivá	2	31,22	10,30	91,2	11,29
Chilli mleté	3	34,15	11,20	91,5	12,24
Chilli Jalapeños	4	50,43	16,17	89,9	17,99
Paprika gulášová	5	41,52	13,45	90,3	14,89
Paprika lahůdková	6	39,79	12,92	90,4	14,29
Chilli peperoncini	7	48,57	15,61	92,2	16,93
Paprika pálivá	8	41,20	13,36	93,6	14,27
Paprika sladká	9	44,02	14,22	91,6	15,52
Paprika sladká	10	26,06	8,73	93,7	9,32
Paprika sladká	11	34,10	11,19	92,8	12,06
Paprika pálivá	12	37,81	12,32	92,3	13,35

Antioxidační aktivita vzorků mleté papriky (Tab. 9) v prostředí etanolu se pohybovala v rozmezí 8,73-16,17 mg ekv. KA/g vzorku. Nejvyšší antioxidační aktivitu vykazovaly vzorky mleté papriky 4 a 7 od firmy Kotányi a mleté papriky 9 značky Clever.. Nejnižší antioxidační aktivitu měl vzorek značky Nadir paprika 10.

Ve studii (47) byla zjištěna antioxidační aktivita dvou na slunci sušených odrůd papriky *Capsicum annuum*. U odrůdy Roggiano byla stanovena antioxidační aktivita v prostředí etanolu 55,1 mg ekv. KA/g. U odrůdy Senise 52,1 mg ekv. KA/g. Naše výsledky byly značně nižší. Vzorky papriky rodu *Capsicum annuum* vykazovaly antioxidační aktivitu př. paprika 1 – 11,7 mg ekv. KA/g. Rozdíly hodnot mohou být způsobeny jinými podmínkami podnebí (Itálie), odrůdou, aj.

Vzorky mleté papriky přepočítané na sušinu vzorku měly antioxidační aktivitu v rozmezí 9,32 - 17,99 mg ekv. KA/g sušiny vzorku. Nejvyšší antioxidační aktivitu přepočtenou na sušinu vzorku měly vzorky papriky 4, papriky 7 od výrobce Kotányi a mletá paprika 9

značky Clever. Nejnižší antioxidační aktivitu přepočítanou na sušinu vzorku vykazovala paprika 10 od firmy Unimex (4,75 mg ekv. KA/g sušiny)

Zjištěné hodnoty antioxidační aktivity vzorků mleté papriky byly při použití etanolu jako rozpouštědla o něco vyšší.

7.2.3 Stanovení antioxidační aktivity vzorků pepře

Pro stanovení antioxidační aktivity vzorků pepře byla použita spektrofotometrická metoda s využitím DPPH radikálu. Přesný postup a výpočet inaktivace jsou uvedeny v kapitole 6.2.2.

Celková antioxidační aktivita byla zjišťována u 20 vzorků mletého nebo celého pepře, zakoupené v tržní síti v prostředí demineralizované vody (Tab. 10) nebo etanolu (Tab. 11).

Dosažením vypočítané hodnoty inaktivace vzorků papriky do rovnice regrese kalibrační křivky kyseliny askorbové a přepočtem původní koncentrace vzorků papriky a pepře ve výluhu použitém ke stanovení, byla antioxidační aktivita vyjádřena jako mg ekvivalentu kyseliny askorbové na gram vzorku. Na základě hodnoty obsahu sušiny byla přepočtem stanovena hodnota AA mg ekv. KA/g sušiny vzorku.

Tab. 10. Antioxidační aktivita vzorků mletého a celého pepře

Vzorek	Číslo vzorku	Inaktivace [%]	AA [mg ekv. KA/g vzorku]	Sušina [%]	AA [mg ekv. KA/g sušiny vzorku]
Pepř černý mletý	1	26,90	8,98	88,9	10,10
Pepř černý celý	2	44,85	14,47	89,5	16,17
Pepř zelený celý	3	42,76	13,83	91,2	15,16
Pepř bílý mletý	4	49,23	15,81	88,5	17,86
Pepř 4barev celý	5	27,55	9,18	89,7	10,23
Pepř černý celý	6	47,73	15,35	89,3	17,18
Pepř černý celý	7	40,64	13,18	91,9	14,34
Pepř černý celý	8	48,26	15,51	89,8	17,27

Pokračování Tab. 10. Antioxidační aktivita vzorků mletého a celého pepře

Pepř černý celý	9	30,83	10,18	89,8	11,34
Pepř černý celý	10	43,07	13,93	89,4	15,58
Pepř černý celý	11	25,21	8,47	92,1	9,19
Pepřové koření	12	42,40	13,72	91,6	14,98
Pepř černý celý	13	37,15	12,12	90,6	13,38
Pepř černý mletý	14	24,53	8,26	87,9	9,40
Pepř černý celý	15	19,73	6,79	89,6	7,58
Pepř černý mletý	16	34,97	11,45	89,4	12,81
Pepř černý celý	17	39,15	12,73	89,1	14,29
Pepř černý mletý	18	20,64	7,07	90,4	7,82
Pepř černý celý	19	47,86	15,39	89,8	17,14
Pepř černý mletý	20	39,95	12,97	87,9	14,76

Z (Tab.10) stanovení antioxidační aktivity vzorků mletého a celého pepře je patrné, že antioxidační aktivita se pohybovala v rozmezí 7,07-15,81 mg ekv. KA/g vzorku. Nejvyšší antioxidační aktivitu vykazovaly vzorky pepř mletý 4 Kotányi původem z Vietnamu, pepř celý 8 značky Orient také z Vietnamu a pepř celý 19 od výrobce Lidl. Nejnižší antioxidační aktivitu měl vzorek pepř mletý 18 vyroben firmou Thymos s.r.o.

Vzorky pepře přepočítané na sušinu vzorků měly antioxidační aktivitu v rozmezí 7,58-17,86 mg ekv. KA/ g sušiny vzorku. Nejvyšší antioxidační aktivitu přepočtených na sušinu vzorků měly vzorky pepř celý 4 Kotányi, pepř celý 8 Kotányi a vzorek pepř celý 19 od společnosti Lidl. Nejnižší antioxidační aktivitu přepočítanou na sušinu vzorku vykazoval pepř celý 15 firmy Unimex ČR, která se od nejvyšší zjištěné hodnoty antioxidační aktivity lišila o 10,28 %.

Při porovnání výsledků antioxidační aktivity vzorků mletého a celého pepře je zřejmé, že vyšší antioxidační aktivitu měly vzorky pepře celého než vzorky pepře mletého.

G. Agbor a kol.(31) zjistil, že extrakt z pepře bílého měl výrazně vyšší antioxidační aktivitu než pepř černý, což je v souladu i s našimi výsledky.

V práci (35) byla studována u vzorků pepře antioxidační aktivita. U pepře *Piper cubeba* byla stanovena antioxidační aktivita 1,42 mg ekv. KA/g, u *Piper longum* 1,47 mg ekv. KA/g a u *Piper nigrum* 0,72 mg ekv. KA/g. Naše výsledky byly vyšší a pohybovaly v rozmezí 7,07-15,81 mg ekv. KA/g vzorku, což může být způsobeno například druhem pepře, delší dobou působení roztoku DPPH nebo delší dobou extrakce.

H. Liu a kol. (74) metodou s použitím DPPH stanovili celkovou antioxidační aktivitu u černého pepře. Vzorek vykazoval antioxidační aktivitu 37,72 mg ekv. KA/g. Naše vzorky měly výslednou antioxidační aktivitu obdobnou (např. pepř černý celý - 37,15 mg ekv. KA/g).

Tab. 11. Antioxidační aktivita vzorků mletého a celého pepře s použitím etanolu

Vzorek	Číslo vzorku	Inaktivace [%]	AA [mg ekv. KA/g vzorku]	Sušina [%]	AA [mg ekv. KA/g sušiny vzorku]
Pepř černý mletý	1	34,13	11,20	88,9	12,60
Pepř černý celý	2	44,18	14,27	89,5	15,94
Pepř zelený celý	3	35,93	11,75	91,2	12,88
Pepř bílý mletý	4	43,49	14,06	88,5	15,89
Pepř 4barev celý	5	28,64	9,52	89,7	10,61
Pepř černý celý	6	49,62	15,93	89,3	17,84
Pepř černý celý	7	24,49	8,25	91,9	8,98
Pepř černý celý	8	33,26	10,93	89,8	12,17
Pepř černý celý	9	30,40	10,06	89,8	11,20
Pepř černý celý	10	43,70	14,12	89,4	15,75
Pepř černý celý	11	39,11	12,72	92,1	13,81
Pepřové koření	12	48,35	15,54	91,6	16,97
Pepř černý celý	13	46,28	14,91	90,6	16,46
Pepř černý mletý	14	30,35	10,04	87,9	11,42
Pepř černý celý	15	28,23	9,39	89,6	10,48

Pokračování Tab. 11. Antioxidační aktivita vzorků mletého
a celého pepře s použitím etanolu

Pepř černý mletý	16	38,24	12,45	89,4	13,93
Pepř černý celý	17	44,19	14,27	89,1	16,02
Pepř černý mletý	18	25,17	8,46	90,4	9,36
Pepř černý celý	19	42,36	13,71	89,8	15,27
Pepř černý mletý	20	41,92	10,52	87,9	11,97

Výsledné hodnoty antioxidační aktivity vzorků mletého a celého pepře v prostředí etanolu (Tab. 11) se pohybovaly v rozmezí 8,25-15,93 mg ekv. KA/g vzorku. Nejvyšší antioxidační aktivitu vykazovaly vzorky pepř celý 6 od společnosti Tesco a země původu Vietnam, pepř 12 od firmy Kotányi a pepř celý 13 původem z Indie od výrobce Unimex .

Nejnižší antioxidační aktivitu měl vzorek pepř 7 vyrobený firmou Vitana, která se od nejvyšší naměřené hodnoty antioxidační aktivity vzorků mleté papriky lišila o 7,68 %.

Vzorky pepře přepočítané na sušinu měly antioxidační aktivitu v rozmezí 8,98-17,84 mg ekv. KA/ g sušiny vzorku. Nejvyšší hodnoty opět u vzorků od společnosti Tesco pepř celý 6 , pepř 12 od firmy Kotányi a vzorek pepř celý 13 od výrobce Unimex s.r.o. Nejnižší antioxidační aktivitu přepočítanou na sušinu vzorku vykazoval opět vzorek pepř 7, který se od nejvyšší zjištěné hodnoty antioxidační aktivity pepře 6 lišil o 8,86 %.

Dle studie (35) byla stanovena antioxidační aktivita u sušených vzorků pepře. U pepře *Piper cubeba* byla stanovena antioxidační aktivita 1,42 mg ekv. KA/g, u *Piper longum* 1,47 mg ekv. KA/g a u *Piper nigrum* 0,72 mg ekv. KA/g.

M. R. Loizzo a kol (47) zjišťovali antioxidační aktivitu metodou ABTS v sušeném pepři. Vzorek pepře vykazoval antioxidační aktivitu 20,4 mg ekv. KA/g.

B. Heras a kol. (75) studovali celkovou antioxidační aktivita u vzorku pepře odrůdy *Piper lenticellosum* v prostředí etanolu. Byla zjištěna výsledná antioxidační aktivita 23,6 mg ekv. KA/g.

7.3 Určení hodnoty IC₅₀

Hodnotu IC₅₀ byla zjištěna u 6 vzorků mleté papriky, mletého nebo celého pepře, které vykazovaly nejvyšší antioxidační aktivitu.

U 3 vzorků papriky a 3 vzorků pepře byl sestaven graf závislosti inaktivace (%) na koncentraci výluhu koření (mg/ml).

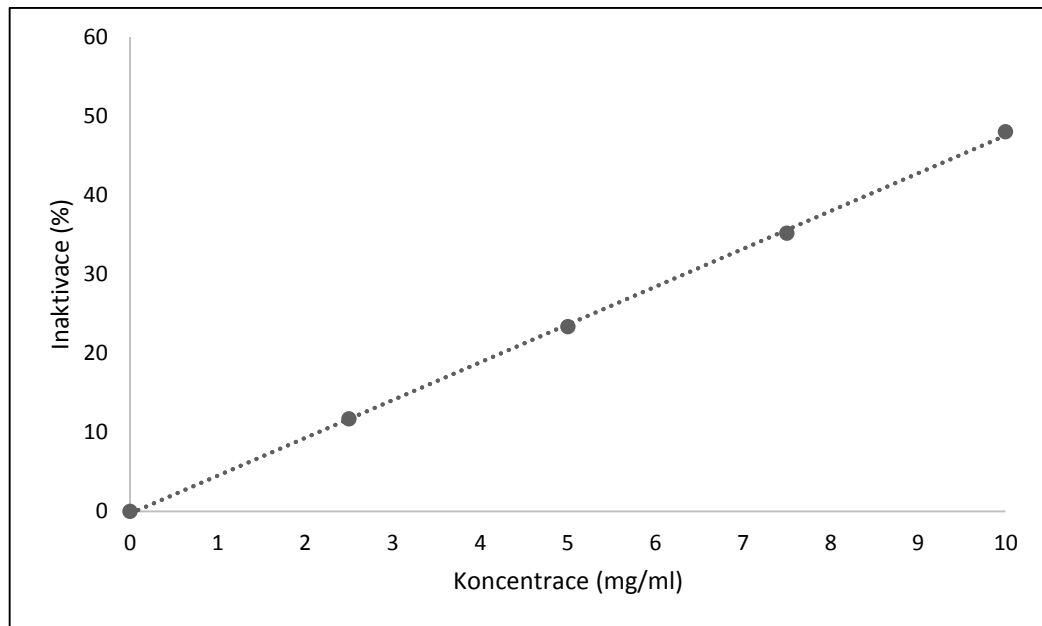
Zjištěná rovnice regresní přímky ve tvaru $y = kx \pm q$ je vyjádřením závislosti inaktivace (%) na koncentraci extraktu koření.

Hodnota IC₅₀ se zjistila dosazením hodnoty 50 % za hodnotu inaktivace (y). Tímto způsobem se zjistila hodnota IC₅₀ u 6 vzorků.

7.3.1 Hodnota IC₅₀ – paprika 5

Tab. 12. Inaktivace pro jednotlivé koncentrace – paprika 5

Koncentrace [mg/ml]	Inaktivace [%]
10,0	48,0
7,5	35,2
5,0	23,4
2,5	11,7
0	0



Obr. 25. Antioxidační aktivita papriky 5

Rovnice regresní přímky má tvar:

$$y = 4,7804x - 0,248$$

$$50 = 4,7804x - 0,248$$

$$x = 10,51 \text{ mg/ml}$$

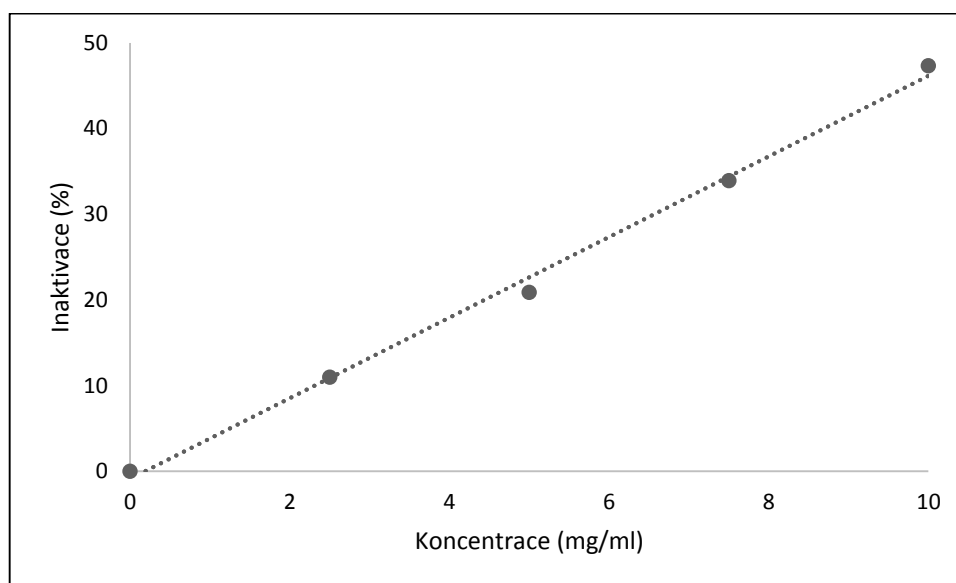
Hodnota spolehlivosti $R^2 = 0,9996$.

Hodnota IC_{50} papriky gulášové 5 je 10,51 mg/ml.

7.3.2 Hodnota IC₅₀ – paprika 4

Tab. 13. Inaktivace pro jednotlivé koncentrace – paprika 4

Koncentrace [mg/ml]	Inaktivace [%]
10,0	47,3
7,5	33,9
5,0	20,9
2,5	10,9
0	0



Obr. 26. Antioxidační aktivita papriky 4

Rovnice regresní přímky má tvar:

$$y = 4,7036x - 0,89$$

$$50 = 4,7036x - 0,89$$

$$x = 10,82 \text{ mg/ml}$$

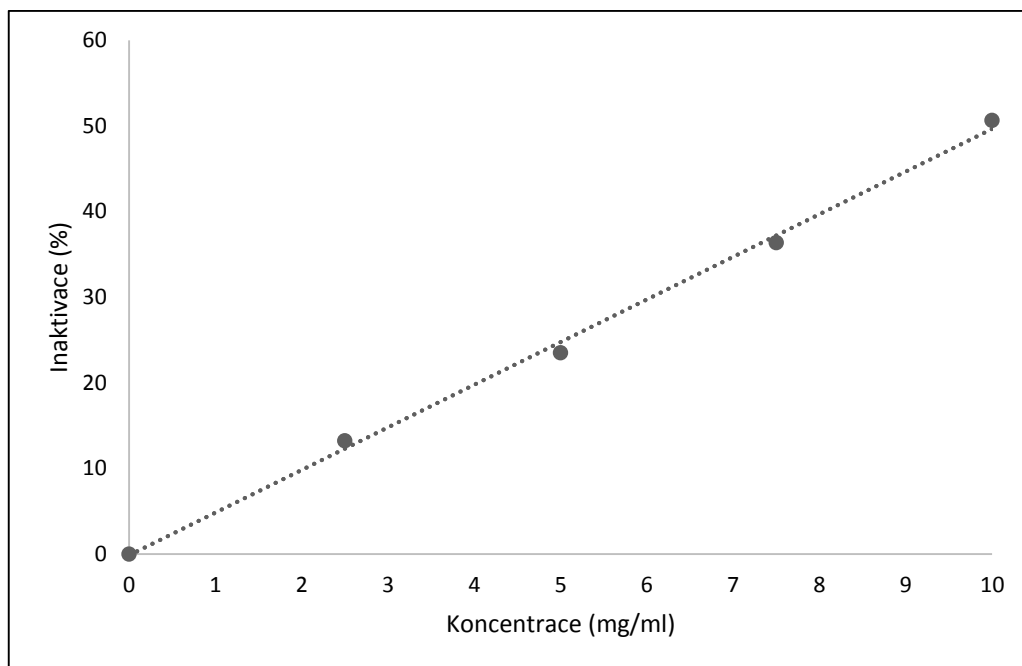
Hodnota spolehlivosti $R^2 = 0,9961$.

Hodnota IC_{50} papriky 4 je 10,82 mg/ml.

7.3.3 Hodnota IC_{50} – paprika 7

Tab. 14. Inaktivace pro jednotlivé koncentrace – paprika 7

Koncentrace [mg/ml]	Inaktivace [%]
10,0	50,7
7,5	36,4
5,0	23,5
2,5	13,2
0	0



Obr. 27. Antioxidační aktivita papriky 7

Rovnice regresní přímky má tvar:

$$y = 4,9776x - 0,13$$

$$50 = 4,9776x - 0,13$$

$$x = 10,07 \text{ mg/ml}$$

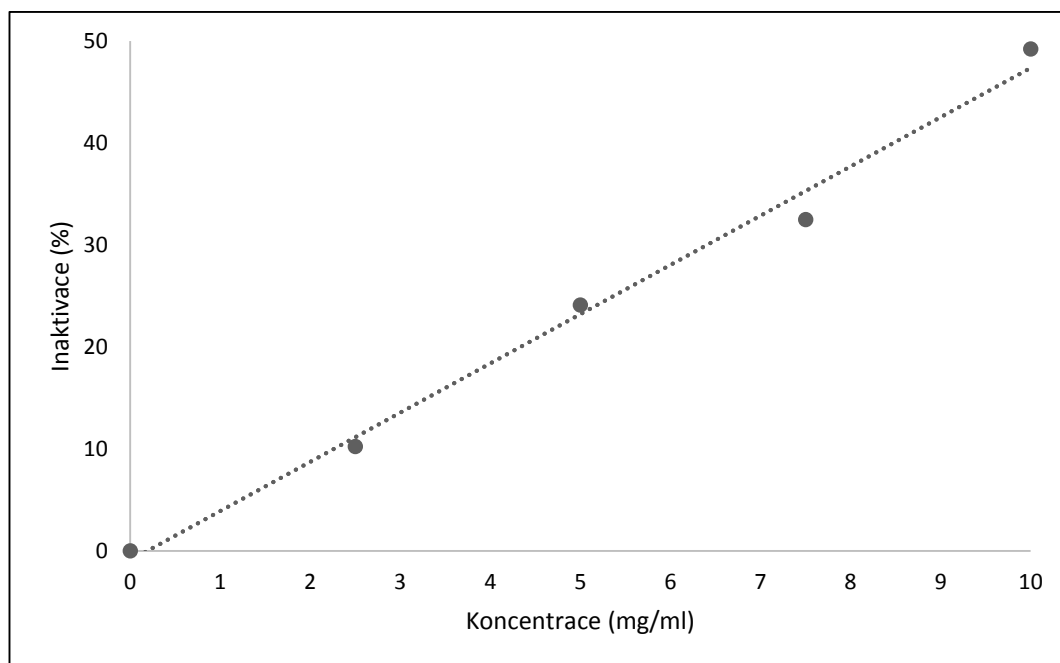
Hodnota spolehlivosti $R^2 = 0,9974$.

Hodnota IC_{50} papriky 7 je 10,07 mg/ml.

7.3.4 Hodnota IC_{50} – pepř 4

Tab. 15. Inaktivace pro jednotlivé koncentrace – pepř 4

Koncentrace [mg/ml]	Inaktivace [%]
10,0	49,2
7,5	32,5
5,0	24,1
2,5	10,2
0	0



Obr. 28. Antioxidační aktivita pepř 4

Rovnice regresní přímky má tvar:

$$y = 4,8292x - 0,93$$

$$50 = 4,8292x - 0,93$$

$$x = 10,55 \text{ mg/ml}$$

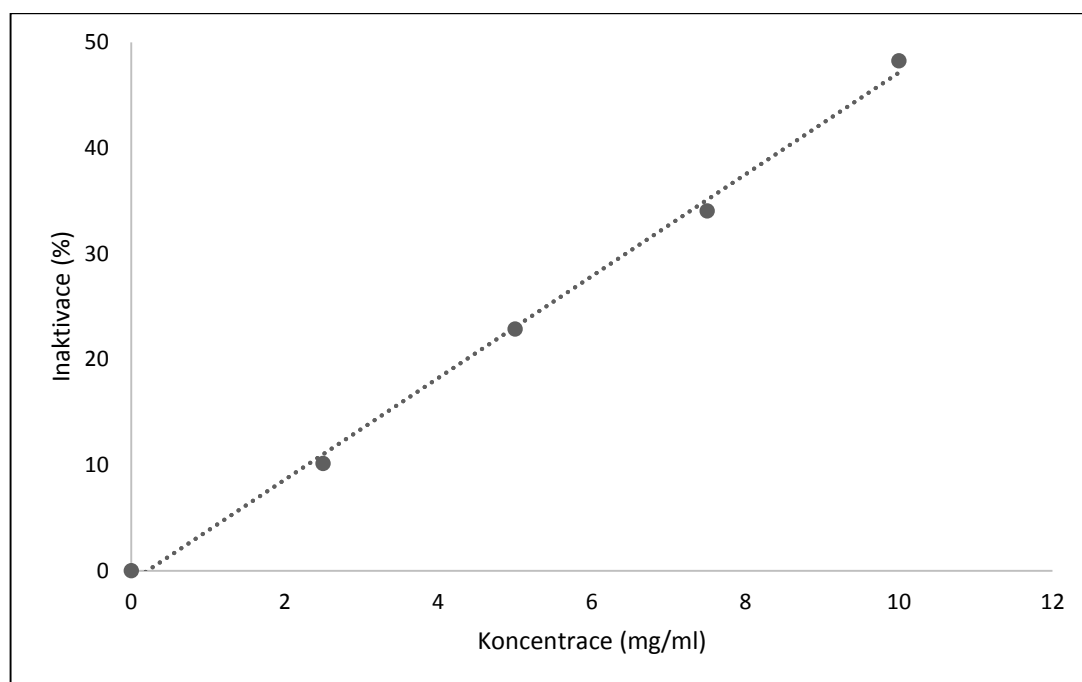
Hodnota spolehlivosti $R^2 = 0,9906$.

Hodnota IC_{50} pepře 4 je 10,55 mg/ml.

7.3.5 Hodnota IC₅₀ – pepř 8

Tab. 16. Inaktivace pro jednotlivé koncentrace – pepř 8

Koncentrace [mg/ml]	Inaktivace [%]
10,0	48,3
7,5	34,1
5,0	22,9
2,5	10,2
0	0



Obr. 29. Antioxidační aktivita pepř 8

Rovnice regresní přímky má tvar:

$$y = 4,8156x - 1,012$$

$$50 = 4,8156x - 1,012$$

$x = 10,59 \text{ mg/ml}$

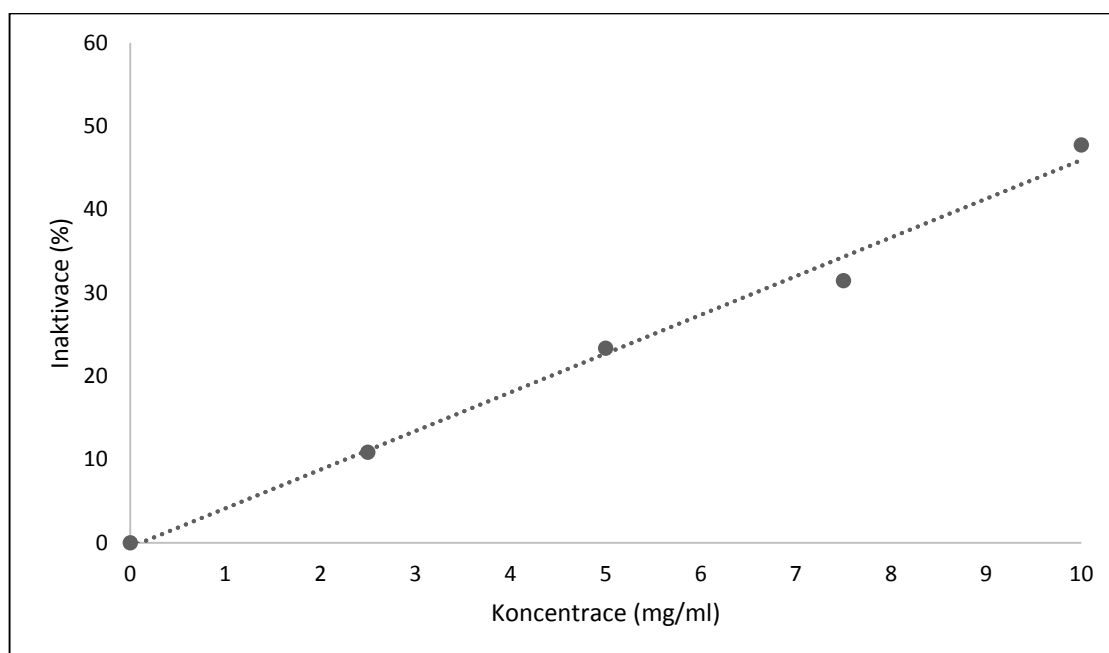
Hodnota spolehlivosti $R^2 = 0,9971$.

Hodnota IC_{50} pepře 8 je $10,59 \text{ mg/ml}$.

7.3.6 Hodnota IC_{50} – pepř 6

Tab. 17. Inaktivace pro jednotlivé koncentrace – pepř 6

Koncentrace [mg/ml]	Inaktivace [%]
10,0	47,7
7,5	31,5
5,0	23,4
2,5	10,9
0	0



Obr. 30. Antioxidační aktivita pepř 6

Rovnice regresní přímky má tvar:

$$y = 4,6428x - 0,536$$

$$50 = 4,6428x - 0,536$$

$$x = 10,88 \text{ mg/ml}$$

Hodnota spolehlivosti $R^2 = 0,9911$.

Hodnota IC_{50} pepře 6 je 10,88 mg/ml.

7.4 Stanovení celkového obsahu polyfenolů papriky a pepře

Pro stanovení celkového obsahu polyfenolů u 32 vybraných vzorků papriky a pepře byla použita fotometrická metoda s Folin – Ciocalteuovým činidlem a standard kyseliny gallové. Příprava a postup stanovení celkového obsahu polyfenolů je popsán v kapitole 6.3.2.

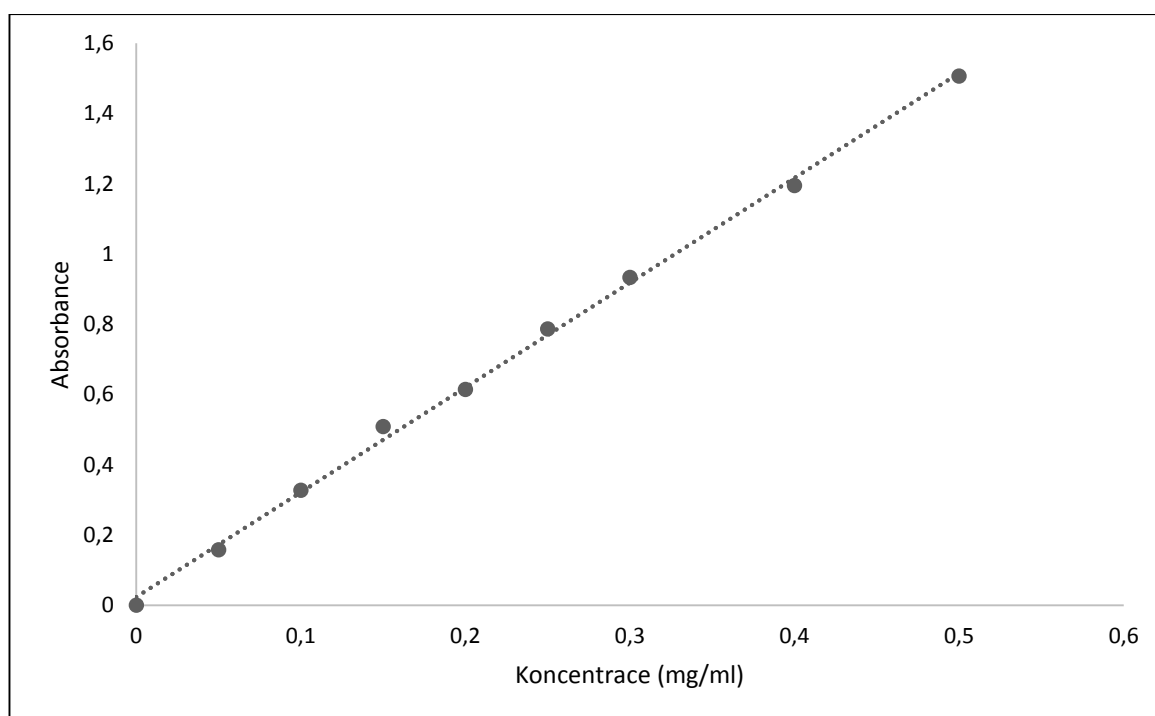
7.4.1 Stanovení kalibrační přímky kyseliny gallové

Pro sestavení kalibrační přímky (Obr. 36) byl použit standard kyseliny gallové, ze kterého bylo vytvořeno 8 kalibračních roztoků o koncentracích v rozpětí 1 – 0,05 mg/ml. Příprava zásobního roztoku a kalibrační křivky je popsána v kapitole 6.3.3.

Kalibrační křivka kyseliny gallové pro stanovení celkových polyfenolů za použití metody s Folin-Ciocalteuovým činidlem byla sestavena jako závislost absorbance na koncentraci kalibračních roztoků kyseliny gallové.

Tab. 18. Naměřené hodnoty absorbance pro jednotlivé koncentrace kyseliny gallové.

Koncentrace GA [mg/ml]	Absorbance
0,5	1,506
0,4	1,195
0,3	0,933
0,25	0,786
0,2	0,614
0,15	0,508
0,1	0,327
0,05	0,157



Obr. 31. Kalibrační křivka kyseliny gallové

Sestrojená kalibrační křivka má rovnici regrese:

$$y = 2,9829 x + 0,0233$$

kde : y . . . absorbance A
 x . . . koncentrace kyseliny gallové [mg/ml]

Korelační koeficient závislosti koncentrace kyseliny gallové na absorbanci: $R^2 = 0,9983$.

7.4.2 Stanovení celkového obsahu polyfenolů papriky a pepře

Celkový obsah polyfenolů byl stanoven spektrofotometricky s Folin-Ciocalteuovým činidlem u 32 vzorků mleté papriky, mletého a celého pepře. Postup stanovení a výpočet celkového obsahu polyfenolů je uveden v kapitole 6.3.2.

Dosazením naměřené hodnoty absorbance vzorků papriky a pepře do rovnice regrese kalibrační křivky kyseliny gallové a přepočtem původní koncentrace vzorků papriky a pepře ve výluhu použitým ve stanovení, byl zjištěn celkový obsah polyfenolů. Výsledek je vyjádřen jako mg ekvivalentu kyseliny gallové na gram vzorku.

Hodnota celkového obsahu polyfenolů přepočtena na sušinu vzorků byla zjištěna na základě hodnoty obsahu sušiny.

7.4.2.1 Stanovení celkového obsahu polyfenolů ve vzorcích papriky

Stanovení celkového obsahu polyfenolů (Tab. 19) byl stanoven u 12 vzorků mleté papriky zakoupené v tržní síti.

Tab. 19. Výsledky stanovení celkového obsahu polyfenolů u papriky

Vzorek	Číslo vzorku	Absorbance	Obsah polyfenolů [mg GA/g vzorku]	Sušina [%]	Obsah polyfenolů [mg GA/g sušiny]
Paprika sladká	1	0,461	14,67	91,1	16,10
Paprika pálivá	2	0,490	15,65	91,2	17,16
Chilli mleté	3	0,786	25,57	91,5	27,95
Chilli Jalapeños	4	0,864	28,18	89,9	31,35
Paprika gulášová	5	0,834	27,18	90,3	30,09
Paprika lahůdková	6	0,882	28,78	90,4	31,84
Chilli peperoncini	7	0,753	24,46	92,2	26,53
Paprika pálivá	8	0,548	17,59	93,6	18,79
Paprika sladká	9	0,687	22,25	91,6	24,29
Paprika sladká	10	0,549	17,62	93,7	18,80
Paprika sladká	11	0,617	19,90	92,8	21,44
Paprika pálivá	12	0,514	16,45	92,3	17,82

U 12 analyzovaných vzorků papriky se obsah celkových polyfenolů pohyboval v rozmezí 14,67-28,78 mg ekv. GA/g vzorku. Vzorky, které byly přepočteny na sušinu měly vyšší obsah celkových polyfenolů, který se pohyboval v rozmezí 16,10 – 31,84 mg ekv. GA/g sušiny vzorku.

Nejvyšší obsah polyfenolů byl zjištěn u papriky 6 (28,78 mg ekv. GA/g), papriky 4 (28,18 mg ekv. GA/g) a u papriky 5 (27,18 mg ekv. GA/g). Nejnižší obsah polyfenolů byl zjištěn u papriky 1 (14,67 mg ekv. GA/g), papriky 2 (15,65 mg ekv. GA/g) a papriky 12 (16,45 mg ekv. GA/g).

U vzorků přepočtených na sušinu vzorku bylo zjištěno, že nejvyšší obsah polyfenolů vykazovaly vzorky papriky 6 (31,84 mg ekv. GA/g sušiny vzorku), papriky 4 (31,35 mg ekv. GA/g sušiny vzorku) a papriky 5 (30,09 mg ekv. GA/g sušiny vzorku).

7.4.2.2 Stanovení celkového obsahu polyfenolů ve vzorcích pepře

Stanovení celkového obsahu polyfenolů (Tab. 20) byl stanoven u 20 vzorků celého nebo mletého pepře zakoupené v tržní síti.

Tab. 20. Výsledky stanovení celkového obsahu polyfenolů u pepře

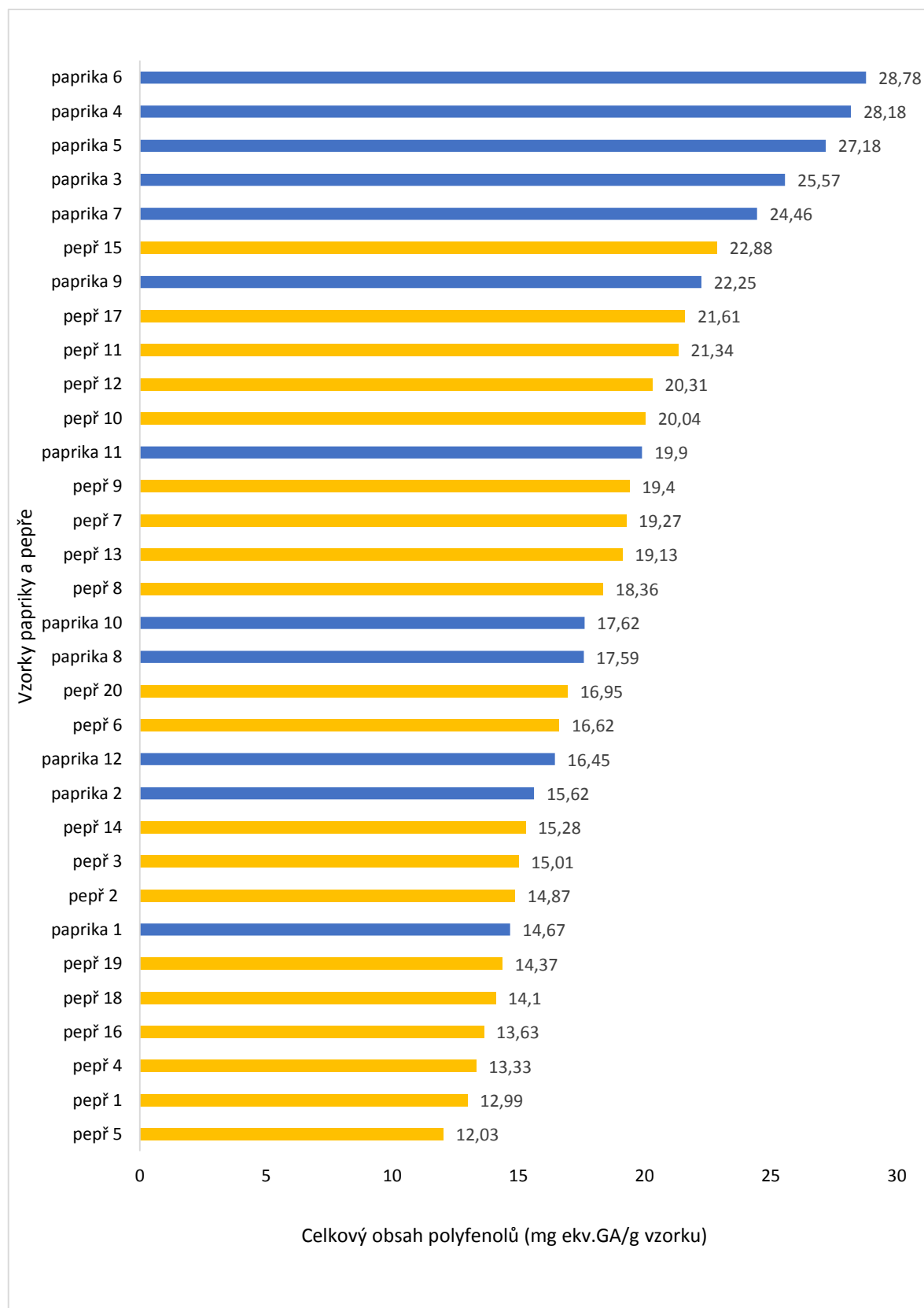
Vzorek	Číslo vzorku	Absorbance	Obsah polyfenolů [mg GA/g vzorku]	Sušina [%]	Obsah polyfenolů [mg GA/g sušiny]
Pepř černý mletý	1	0,411	12,99	88,9	14,61
Pepř černý celý	2	0,467	14,87	89,5	16,61
Pepř zelený celý	3	0,471	15,01	91,2	16,46
Pepř bílý mletý	4	0,421	13,33	88,5	15,06
Pepř 4barev celý	5	0,382	12,03	89,7	13,41
Pepř černý celý	6	0,519	16,62	89,3	18,61
Pepř černý celý	7	0,598	19,27	91,9	20,97
Pepř černý celý	8	0,571	18,36	89,8	20,45
Pepř černý celý	9	0,602	19,40	89,8	21,60
Pepř černý celý	10	0,621	20,04	89,4	22,42
Pepř černý celý	11	0,660	21,34	92,1	23,17
Pepřové koření	12	0,629	20,31	91,6	22,17
Pepř černý celý	13	0,594	19,13	90,6	21,11
Pepř černý mletý	14	0,479	15,28	87,9	17,38
Pepř černý celý	15	0,706	22,88	89,6	25,54
Pepř černý mletý	16	0,430	13,63	89,4	15,25
Pepř černý celý	17	0,668	21,61	89,1	24,25
Pepř černý mletý	18	0,444	14,10	90,4	15,60
Pepř černý celý	19	0,452	14,37	89,8	16,00
Pepř černý mletý	20	0,529	16,95	87,9	19,28

U 20 analyzovaných vzorků mletého nebo celého pepře se obsah celkových polyfenolů pohyboval v rozmezí 12,03 – 22,88 mg ekv. GA/g vzorku. Vzorky, které byly přepočteny na sušinu měly vyšší obsah celkových polyfenolů, který se pohyboval v rozmezí 13,41 – 25,54 mg ekv. GA/g sušiny vzorku.

Nejvyšší obsah polyfenolů byl zjištěn u pepře 15 (22,88 mg ekv. GA/g), pepře 17 (21,61 mg ekv. GA/g) a u pepře 11 (21,34 mg ekv. GA/g). Nejnižší obsah polyfenolů byl zjištěn u pepře 5 (12,03 mg ekv. GA/g), pepře 1 (12,99 mg ekv. GA/g) a pepře 4 (13,33 mg ekv. GA/g).

U vzorků přepočtených na sušinu vzorku bylo zjištěno, že nejvyšší obsah polyfenolů vykazovaly vzorky pepře 15 (25,54 mg ekv. GA/g sušiny vzorku), pepře 17 (24,25 mg ekv. GA/g sušiny vzorku) a pepře 11 (23,17 mg ekv. GA/g sušiny vzorku).

Ze stanovení celkového obsahu polyfenolických látek ve vybraných vzorcích papriky a pepře byl sestrojen graf (Obr. 37).



Obr. 32. Celkový obsah polyfenolů vzorků papriky a pepře

Celkový obsah polyfenolů u vzorků papriky a peře (obr. 32) se pohyboval v rozmezí 12,03-28,78 mg ekv. GA/g. Nejvyšší obsah celkových polyfenolů byl zjištěn u vzorků mleté papriky 6,4,5 od firmy Kotányi a pepře 15 značky Spar, pepře 17 od společnosti Thymos. Nejnižší obsah celkových polyfenolů vykazoval vzorek pepř 5, 1 a 4, všechny od firmy Kotányi. Nízký obsah celkových polyfenolů byl zjištěn u sladké papriky 1 společnosti Kotányi.

Dutra a kol. (32) stanovovali celkový obsah polyfenolů v mleté paprice metodou s Folin-Ciocalteuovým činidlem. Vzorky byly extrahovány ve vodě a absorbance byla měřena při 415 nm. Teplota výluhu vzorků papriky byla 50 °C. Obsah celkových polyfenolů se pohybovaly v rozmezí 16,10-31,35 mg GA/g. Naše hodnoty celkových polyfenolů ve vzorcích papriky a pepře byly v rozmezí 12,03-28,78 mg ekv. GA/g. Pro porovnání s našimi výsledky bylo zjištěno, že v našich vzorcích papriky byl celkový obsah polyfenolů nižší, než obsah celkových polyfenolů uvedený v literárním zdroji (32).

Dle studie (33) byl zkoumán celkový obsah polyfenolů pomocí Folin – Ciocalteuova činidla u pepře *Piper auritum*. Celkový obsah polyfenolů u sušeného vzorku se pohybovaly kolem hodnoty 14,11 mg GA/g. Po porovnání s našimi výsledky bylo zjištěno, že naše vzorky černého mletého pepře byly ve shodě s výsledky uvedenými v literárním zdroji (33). Celkový obsah polyfenolů se u mletého černého pepře pohyboval v rozmezí 12,99 – 16,95 mg GA/g.

De Luca a kol. (50) studovali u sušených vzorků papriky *Capsicum annuum* celkový obsah polyfenolů za použití Folin – Ciocalteuova činidla. Absorbance byla měřena při 765 nm při pokojové teplotě ve vodném prostředí. U vzorku *Capsicum annuum* bylo naměřeno 21,65 mg GA/g. Což je v dobré shodě s našimi výsledky, které se u mleté papriky pohybovaly v rozmezí – 14,67 – 28,78 mg GA /g.

Mendóza a Sanchez. (34) se ve své studii zabývali stanovením obsahu celkových polyfenolů u sušené papriky odrůdy Jeanette a Fascinato. Papriky byly sklizené v provincii Jün-nan, v Číně. Hodnota celkových polyfenolů u odrůdy Jeanette byla 12,89 mg/g, u odrůdy Fascinato 10,02 mg/g. Což je opět v dobré shodě s našimi výsledky (14,67 – 28,78 mg GA /g).

Dle studie (72) je možné sledovat, že vzorky papriky měly celkový obsah polyfenolů vyšší než vzorky pepře, což se shoduje i s našimi výsledky.

Z uvedených literárních zdrojů vyplývá, že vyšší obsah celkových polyfenolů má mletá paprika než mletý pepř, což se shoduje i s našimi výsledky.

ZÁVĚR

Cílem práce bylo stanovit a zhodnotit antioxidační aktivitu a celkový obsah polyfenolů ve 12 vzorcích mleté papriky a ve 20 vzorcích mletého nebo celého pepře. Antioxidační aktivita a celkový obsah polyfenolů byl zjišťován u vzorků od 7 výrobců zakoupených v tržní síti.

Ke stanovení antioxidační aktivity byla použita metoda s využitím DPPH, kde reaguje radikál DPPH s antioxidanty obsaženými ve vzorku za vzniku DPPH-H. Antioxidační aktivita byla zjišťována u 20 vzorků mletého nebo celého pepře a u 12 vzorků mleté papriky. Nejvyšší antioxidační aktivitu mělo koření chilli peperoncini Kotányi (16,24 mg ekv. KA/g), paprika gulášová značky Kotányi (15,44 mg ekv. KA/g) a chilli jalapeños značky Kotányi (15,23 mg ekv. KA/g). Nejnižší antioxidační aktivita byla stanovena u papriky sladké značky Kotányi (9,08 mg ekv. KA/g). Nejvyšší antioxidační aktivitu ve vzorcích pepře vykazovaly pepř bílý mletý značky Kotányi (15,81 mg ekv. KA/g), pepř černý celý značky Orient (15,51 mg ekv. KA/g) a pepř černý celý značky Spice cellar (15,35 mg ekv. KA/g).

Ze zjištěných výsledných hodnot měření lze říci, že vyšší antioxidační aktivitu vykazovaly vzorky mleté papriky než vzorky mletého a celého pepře v prostředí etanolu za stejných podmínek stanovení.

U vzorků, které vykazovaly nejvyšší antioxidační aktivitu byla zjišťována hodnota IC_{50} . Hodnota IC_{50} je hodnota koncentrace vzorku, která je schopna odbourat 50 % radikálu DPPH. Byly použity vzorky papriky gulášové (10,51 mg/ml), papriček jalapeños (10,82 mg/ml), chilli peperoncini 7 (10,07 mg/ml), pepř bílý mletý Kotányi (10,55 mg/ml), pepř černý celý 8 (10,59 mg/ml) a pepř černý celý 6 (10,88 mg/ml). Nejvyšší hodnota IC_{50} , a tedy nejnižší antioxidační aktivitu vykazoval vzorek pepř černý celý Tesco (10,88 mg/ml). Nejnižší hodnota IC_{50} byla zjištěna u mleté papriky chilli peperoncini Kotányi (10,07 mg/ml).

Za použití Folin-Ciocalteuova činidla a standardu kyseliny gallové byl stanoven celkový obsah polyfenolů u vzorků papriky a pepře. Principem metody je oxidace fenolů Folin – Ciocalteuovým činidlem. Nejvyšší celkový obsah polyfenolů byl zjištěn u papriky lahůdkové značky Kotányi (28,78 mg GA/g), chilli jalapeños značky Kotányi (28,18 mg GA/g) a papriky gulášové značky Kotányi (27,18 mg GA/g). Nejnižší obsah polyfenolů vykazovaly vzorek papriky sladké značky Kotányi (14,67 mg GA/g).

U stanovení pepře měly největší obsah polyfenolů pepř černý celý značky Spar (22,88 mg GA/g), pepř černý celý značky Euro (21,61 mg GA/g) a pepř černý celý značky Mammita (21,34 mg GA/g). Nejmenší celkový obsah polyfenolů měl pepř 4 barev značky Kotányi (12,03 mg GA/g).

Celkový obsah polyfenolů byl vyšší u vzorků mleté papriky, kde největší obsah celkových polyfenolů byla stanovena u mleté papriky 6 od společnosti Kotányi (28,78 mg ekv. GA/g).

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KADLEC, Pavel a kol. *Technologie potravin II*. Praha: VŠCHT, 2007. ISBN 80-7080-510-2.
- [2] MALÝ, Ivan a kol. *Polní zelinářství*. Praha: Agrospoj, 1998. ISBN 8023942328.
- [3] PETŘÍKOVÁ, Kristýna a Ivan MALÝ. *Základy pěstování plodové zeleniny*. 1. vyd. Praha: Institut výchovy a vzdělávání MZČR, 1998. ISBN 80-7105-165-9.
- [4] BOSLAND, P.W a E.J. VOTAVA. *Peppers: Vegetable and Spice Capsicums*. Wallingford :CABI, 1999. ISBN 0-85199-335-4.
- [5] VALŠÍKOVÁ, Magdaléna, a kol. *Papriky, rajčiny a baklažány*. 1.vyd., Bratislava, 1987.
- [6] ŠPALDON, Emil., *Koreninová paprika:jej botanické vlastnosti a pestovanie, chemické složení a technologické spracovanie*. 1. vyd. Bratislava, 1948. 250 s.
- [7] NORMAN, Jill., *Bylinky a koření v kuchyni*. Praha: Ottovo nakladatelství, 2008. ISBN 978-80-7360.
- [8] VELÍŠEK, Jan, *Chemie potravin 2*, Tábor: Osis, 2002. ISBN 80-86659-011.
- [9] *Gastronomický čtvrtletník: Koření* [online].[cit. 2014-3-4] Dostupné z WWW: <http://www.fanyinfo.cz/download/FI_Special_1_2006.pdf>.
- [20] TRONÍČKOVÁ, Eva a Zdeňka KREJČOVÁ. *Zelenina*. Praha: Artia, 1985. str. 223.
- [31] KRISHNA, D. A., *Capsicum: the genus Capsicum*. London: Taylor a Francis, 2003. ISBN 0-415-29991-8.
- [42] STRATIL, Pavel, *ABC Zdravé výživy I a II*. Brno: Pavel Stratil, 1993. ISBN 80-900029-8-6.
- [53] *Databáze potravin: Složení* [online].[cit. 2014-4-15].<<http://www.czfcdb.cz/po-viny/?id=262>>.
- [64] KADERA, Josef. *Paprika: popis, pěstování, odrůdy* [online].[cit. 2014-5-4].<<http://documents.pagefliflap.com/>>.
- [75] *Obrázky :Paprika roční*: [online].[cit. 2014-20-2]. <<http://en.wikipedia.org/wiki/Capsicumannuum>>.
- [86] ZHU, Z., a kol., Enhanced oral bioavailability of capsaicin in mixed polymeric micelles: Preparation, in vitro and in vivo evaluation, *Journal of Functional foods*, 2014, 8. s. 359.

- [97] DEEPA, N., M KAUR, CH., Antioxidant activity in some red sweet peppers cultivars. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2006, 19, s. 572-578.
- [108] OTHMAN, A., ABDULLAH, Z., Determination of Capsaicin and Dihydrocapsaicin in Capsicum Fruit Samples using High Performance Liquid Chromatography. *Molecules*, 2011, 16, s. 8919-8929.
- [119] GONZALES, A., PALENIUS, H., Molecular biology of capsaicinoid biosynthesis in chili pepper. *Plant cell reports*. 2011, 30, s. 695-706.
- [20] KADLEC, Pavel, a kol., *Technologie potravin 2*, Praha:2007. ISBN 80-7080-510-2.
- [21] DEEPA, N., a kol., Antioxidant constituents in some sweet pepper genotypes during maturity. *Science direct*, 2007, 40, s. 121-129.
- [22] LAPČÍK, O., OPLETAL, L., MORAVCOVÁ, J., ČOPÍKOVÁ, J. Přírodní látky a jejich deriváty chuti pálivé, *Chemické listy*. 2011, 105, s.452-457.
- [23] *Peprň černý*: [online][cit. 2013-12-2]. Dostupný z WWW: <<http://botany.cz/cs/piper-n-grum/>>.
- [24] *Obrázky koření* : [online][cit. 2014-2-24] Dostupné z WWW: <<http://www.e-koření.cz/prodej/>> .
- [25] *Vzorce vitamínů*: [online] [cit. 2014-2-28] Dostupné z WWW:<<http://fajrizalmi.blogspot.cz/2013/01/jenis-jenis-vitamin.html>>.
- [26] *Hygiena potravin*: [online] [cit. 2014-2-16] Dostupné z WWW <<http://www.greenpharmacy.info/>>
- [27] PEKÁRKOVÁ, EVA. *Pěstujeme rajčata, papriky a další plodové zeleniny*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2001, 68 s. ISBN 80-247-0170-7.
- [28] PRAKASH, A. *Antioxidant activity*, Medallion Laboratories, Analytical Progress, 2001.
- [29] BLOIS, M.S. Antioxidant determinants by the use of a stable free radical. *Nature* ,1958, 181, s.1199.
- [30] KARABÍN, M., P. DOSTÁLEK a P.HOFTA. Přehled metod pro stanovení antioxidační aktivity v pivovarnictví. *Chemické listy* 100, 2006, s. 184-189.
- [31] AGBOR, G., a kol., Comparative analysis of the in vitro antioxidant activity of white

- and black pepper. *Nutrition research*, 2006, s. 659-663.
- [32] CHEN. L., a kol. Anti-inflammatory and antioxidant activities of red pepper (*Capsicum annuum* L.) stalk extracts: Comparison of pericarp and placenta extracts. *Journal of functional foods*, 2001, 5, s.1724-1731.
- [33] BELTRÁN, J., a kol., Total phenolics and antioxidant activity of *Piper auritum* and *Porophyllum ruderale*, *Food chemistry*, 2014, 142, s.455-460.
- [34] MENDOZA, CH., a kol., Characterization of the Nutraceutical Quality and Antioxidant Activity in Bell Pepper in Response to Grafting. *Molecules*, 2013,18, s.15 689-15 703, Molecules 181215689.
- [35] CORKE, H., Systematic evaluation of natural phenolic antioxidants from 133 Indian medicinal plants. *Food chemistry* 102, 2007, s. 938-953.
- [36] RACEK, Jaroslav, *Oxidační stres a možnosti jeho ovlivnění*, nakl. GALEN, 2003, ISBN 80-7262-231-5.
- [37] PITERKOVÁ, J., K.TOMÁNKOVÁ a L.LUHOVÁ, Oxidativní stres: lokalizace tvorby aktivních forem kyslíku a jejich degradace v rostlinném organismu. *Chemické listy*, 2005, 99, s. 455 – 466
- [38] MAROUNEK, M., P. BŘEZINA a J ŠIMŮNEK. *Fyziologie a hygiena výživy*, 2. vyd. Vyškov, 2003. 148 s. ISBN 80-7231-1006-9.
- [39] COOKE, MS., EVANS, MD. et al., Role of the dietary antioxidants in the prevention of in vivo oxidative DNA damage. *Nutrition Res. Rev.*, 2002,č. 15, s. 18-42.
- [40] PAULOVÁ, H., H. BOCHOŘÁKOVÁ a E. TÁBORSKÁ. Metody stanovení antioxi dační aktivity přírodních látek in vitro, *Chemické listy*. 2004, 98, 4, s.174-179. ISSN 0009-2770.
- [41] ŠTÍPEK, Stanislav., *Antioxidanty a volné radikály ve zdraví a v nemoci*, 1. vyd., Praha: Grada publishing s.r.o., 2000, 295-320 s., ISBN 80-7169-704-4.
- [42] VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin 2*. Přepřacované 3.vyd. Tábor: OSSIS, 2009, 623 S. ISBN 978-80-86659-17-6.
- [43] DAVÍDEK, J., G. JANÍČEK a J.POKORNÝ. *Chemie potravin*, Praha: SNTL, 1983.632 s. ISBN 04-815-83.
- [44] POSPÍŠIL, Jan. *Antioxidanty*, 1.vyd.; Praha: Academia, 1968, ISBN 509-21-875.

- [45] POKORNÝ, J., YANISHLIEVA, N., GORDON, M., *Antioxidants in food particular applications*, Woodhead Publishing, 2001, ISBN 978-1-59124-331-1.
- [46] PASSWATER, Richard.A. *O antioxidantech*, Praha: Pragma, 2002, ISBN 80-7205-897-5.
- [47] LOIZZO, M.R., a kol. Influence of drying and cooking process on the phytochemical content, antioxidant and hypoglycaemic properties of two bell Capsicum annum L. cultivars. *Food and chemical Toxicology*, 2013, s. 392-401.
- [48] VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin 3*. Vyd. 2. uprav. Tábor: OSSIS, 2002, 343 s. ISBN 808665902x.
- [49] SVACINA, Štěpán. *Klinická dietologie*. Praha: Grada, 2008, s. 384. ISBN 978-80-247-2256-6.
- [50] TUNDIS, R., a kol., Air-dried capsicum annum var. acuminatum medium and big: Determination of bioactive constituents, antioxidant activity and carbohydrate-hydrolyzing enzymes inhibition. *Food research International*, 2012, 45, s.170-176.
- [51] BURDA, S., OLESZEK, W., LEE, C. Y. *Phenolic compounds and their changes in apples during maturation and cold storage*. *Food Chem.*, 1990, 38, s. 945-948.
- [52] RAUCHOVÁ, H. a M.VOKURKOVÁ. Současný pohled na koenzym Q10, *Chemické listy*, 2009, 103, s.32-39.
- [53] BURDA, S., OLESZEK, W.; CHANG, Y. L. Phenolic compounds and their changes in apples during maturation and cold storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1990, 38, s. 945-948 . ISSN 0021-8561.
- [54] SCALBERT, A; I. T.JOHNSON a M. SALTMARSH, Polyphenols: antioxidants and beyond. *The American journal of clinical nutrition*, 2005, 81.1: 215S-217S
- [55] STOPKA, P., KRÍŽOVÁ, J. Antioxidanty a volné radikály v přírodních produktech. *Chemické listy*, 2006, 100, s. 723 – 732.
- [56] ZLOCH, Z. *Výskyt a zdravotní význam neesenciálních antioxidantů v potravě*. DMEV, 2001, 4, s.29-31.
- [57] KALAČ, P., *Funkční potraviny*. České Budějovice: Dona s.r.o., 2003. ISBN 80-7322-

029-6.

- [58] *Antioxidační aktivita, volné radikály : Spektrofotometrické metody* [online].[cit. 2014-2-20]. Dostupný z WWW: < http://www.vscht.cz/ktk/www_324/lab/navody/oborI/Spektrofotometrie.pdf >.
- [59] JORDÁN, V. a M. HEMZALOVÁ, *Antioxidanty, zázračné zbraně, vitamíny-aminokyseliny-stopové prvky-minerály a jejich využití pro zdravý život*, 1.vyd., Brno: Jota, 2001, 145 s., ISBN 80-7271-156.
- [60] DARLEY-USMAR, V. a B. HALLIWELL. Blood radicals. Reactive nitrogen species, reactive oxygen species, transition metal ions and vascular system. *Pharm. Res.*, 1996, 13, p. 649-662.
- [61] LACHMAN, J. a M. ŠULC, Antioxidační aktivita. *Chemické listy*, 2007, 101, s.591.
- [62] RÉBLOVÁ, Z., *Vliv vnějších faktorů na aktivitu antioxidantů*, *Chemické Listy 2011*, s. 105, 667-669.
- [63] ZLOCH, Z., ČELÁKOVSKÝ, J., AUJEZDSKÁ, A., Posuzování biologické hodnoty potravin na základě jejich antioxidační aktivity. *Č.Sl.Hyg.* 1(č.3), 2004, p. 82-87.
- [64] BLOIS, M. S., *Nature*, 1958, 181, s. 1199 – 1200.
- [65] PAREJO, L., et al., Evaluation of scavenging activity assessed by Co(II)/EDTA induced luminol chemiluminescence and DPPH center) free radical assay. *Journal of Pharmacological and Toxicological Methods*, 2000. 44(3), s.507-512.
- [66] ZLOCH, Z., J. ČELÁKOVSKÝ a A. AUJEZDSKÁ., *Stanovení obsahu polyfenolů a celkové antioxidační kapacity v potravinách rostlinného původu*. Plzeň: ÚHLF UK, 2004.
- [67] CAO, G., SOFIC, E., PRIOR, R., J. AGRIC. *Food Chem*, 1996, 44, s. 3426.
- [68] CHÁVEZ-MENDOZA, a kol. Characterization of the Nutraceutical Quality and Antioxidant Activity in Bell Pepper in Response to Grafting. *Molecules*, 2013, 18, s.15692, ISSN 1420-3049.

- [69] KULISIC, T., RADONIC, A., KATALINIC, V., MILOS, M. Use of different methods for testing antioxidative activity of oregano essential oil. *Food Chemistry*, 2004, 85, s. 633-640.
- [70] DVORŽÁKOVÁ, M., P. DOSTÁLEK a P. HULÍN, Analytické metody stanovení polyfenolů ve sladinách, mladínách a pivech. *Kvasný průmysl*, 2006, 52, str. 112.
- [71] DAVÍDEK, Jiří a kol. *Laboratorní příručka analýzy potravin*. 2. Vydání. Praha: SNTL, 1981. 720 s. Typ. číslo L18-C3-II-84/88 282.
- [72] RANILLA, L., a kol., Phenolic compounds, antioxidant activity and in vitro inhibitory potential against key enzymes relevant for hyperglycemia and hypertension of commonly used medicinal plants, herbs and spices in Latin America. *Bioresource Technology*, 2010, 101, s. 4676-4689.
- [73] BONESI, M., a kol., Antioxidant and hypoglycaemic activities and their relationship to phytochemicals in *Capsicum annuum* cultivars during fruit development, *Food Science and Technology*, 2013, 53, s. 370-377.
- [74] LIU, H., a kol., Polyphenols contents and antioxidant capacity of 68 Chinese herbals suitable for medical or food uses, *Food Research International*, 2008, 41, s. 363-370.
- [75] HERAS, B., a kol., Antiinflammatory and antioxidant activity of plants used in traditional medicine in Ecuador, *Journal of Ethnopharmacology*, 1998, 61, s. 161-166.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

DNA	Deoxyribonukleová kyselina
DPPH	2,2 – difenyl -1 - pikrylhydrazyl
FRAP	metoda na měření antioxidační kapacity na principu redukce železa
ABTS	2,2-azinobis (3-ethylbenzothiazolin-6-sulfonová kyselina)
ORAC	metoda na měření antioxidační kapacity na principu zhášení fluorescence (oxygen radical absorbance capacity).
CUPRAC	.fyzikální metoda (Cupric Reducing AntioxidantCapacity)
TEAC	metoda na měření antioxidační kapacity (trolox equivalent antioxidant capacity)
GA	kyselina gallová
KA	kyselina askorbová
HPLC	vysokoúčinná kapalinová chromatografie (high performance liquid chromatography)
ROS	Reaktivní forma kyslíku

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Paprika <i>Capsicum annuum</i>	str. 13
Obr. 2. Červená mletá paprika	str. 13
Obr. 3. Vzorec kapsaicinu	str. 15
Obr. 4. <i>Capsicum annuum</i>	str. 16
Obr. 5. Papričky Tabasco	str. 17
Obr. 6. Papričky Habanero.....	str. 17
Obr. 7. Papričky Roceto	str. 18
Obr. 8. Paprika odrůdy Aji Amarillo	str. 18
Obr. 9.Scovilleho stupnice pálivé chuti	str. 19
Obr. 10. Pepřovník černý	str. 21
Obr. 11. Pepř černý celý	str. 22
Obr. 12. Pepř bílý mletý	str. 22
Obr. 13. Pepř zelený celý	str. 23
Obr. 14. Pepř červený celý	str. 23
Obr. 15. Pepř dlouhý celý	str. 24
Obr. 16. Cayenský pepř mletý	str. 24
Obr. 17. Pepř sečuánský celý	str. 25
Obr. 18. Pepř kubébový celý	str. 25
Obr. 19. Pepř africký celý	str. 26
Obr. 20. Pepř etiopský celý	str. 26
Obr. 21. Pepř guinejský	str. 26
Obr. 22 Vzorec piperinu.....	str. 28
Obr. 23. Struktura DPPH	str. 26
Obr. 24. Kalibrační křivka kyseliny askorbové.....	str. 53
Obr. 25. Antioxidační aktivita – paprika 5.....	str. 61

Obr. 26. Antioxidační aktivita – paprika 4.....	str. 62
Obr. 27. Antioxidační aktivita – paprika 7.....	str. 63
Obr. 28. Antioxidační aktivita – pepř 4.....	str. 64
Obr. 29. Antioxidační aktivita – pepř 8.....	str. 65
Obr. 30. Antioxidační aktivita – pepř 6.....	str. 66
Obr. 31. Kalibrační křivka kyseliny gallové.....	str. 68
Obr. 32. Celkový obsah polyfenolů vzorků papriky a pepře.....	str. 72

SEZNAM TABULEK

Tab. 1.	Látky obsažené ve 100 g jedlého podílu mleté papriky	str. 14
Tab. 2.	Látky obsažené ve 100 g jedlého podílu mletého pepře	str. 27
Tab. 3.	Přehled vzorků mleté papriky	str. 42
Tab. 4.	Přehled vzorků mletého a celého pepře.....	str. 43
Tab. 5.	Sušina vzorků papriky	str. 50
Tab. 6.	Sušina vzorků pepře	str. 51
Tab. 7.	Vypočítané hodnoty inaktivace pro jednotlivé koncentrace.....	str. 52
Tab. 8.	Antioxidační aktivita vzorků mleté papriky	str. 54
Tab. 9.	Antioxidační aktivita vzorků mleté papriky s použitím etanolu.....	str. 56
Tab. 10.	Antioxidační aktivita vzorků mletého a celého pepře.....	str. 57
Tab. 11.	Antioxidační aktivita vzorků pepře s použitím etanolu.....	str. 59
Tab. 12.	Inaktivace pro jednotlivé koncentrace – paprika 5.....	str. 61
Tab. 13.	Inaktivace pro jednotlivé koncentrace – paprika 4.....	str. 62
Tab. 14.	Inaktivace pro jednotlivé koncentrace – paprika 7.....	str. 63
Tab. 15.	Inaktivace pro jednotlivé koncentrace – pepř 4	str. 64
Tab. 16.	Inaktivace pro jednotlivé koncentrace – pepř 8	str. 65
Tab. 17.	Inaktivace pro jednotlivé koncentrace – paprika 6	str. 66
Tab. 18.	Absorbance pro jednotlivé koncentrace kyseliny gallové.....	str. 67
Tab. 19.	Celkový obsah polyfenolů u vzorku mleté papriky.....	str. 69
Tab. 20.	Celkový obsah polyfenolů u vzorku mletého a celého pepře.....	str. 70

