

# NUTRIČNÍ HODNOTA PEPŘE ČERNÉHO A BÍLÉHO

Bc. Patrik Toman

---

Diplomová práce  
2016

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

akademický rok: 2015/2016

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Patrik Toman**  
Osobní číslo: **T15732**  
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**  
Studijní obor: **Technologie potravin**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Nutriční hodnota pepře černého a bílého**

Zásady pro vypracování:

### I. Teoretická část

1. Zpracování literární rešerše k danému tématu
2. Stanovení cílů, materiálů a metodického postupu

### II. Praktická část

1. Realizace chemických analýz vybraného druhu koření – pepř černý a pepř bílý
2. Vyhodnocení získaných výsledků statistickými metodami
3. Vypracování závěrů a doporučení



Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

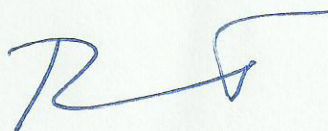
- [1] KALÁBOVÁ, J. 2013. Studium antimikrobiálního účinku vybraných druhů koření. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2013, 66 s.
- [2] MATHEW, S., ABRAHAM, T.E. 2006. Studies on the antioxidant activities of cinnamon (*Cinnamomum verum*) bark extracts, through various in vitro models. In *Food Chemistry*, 2006, 94, 520–528.
- [3] ROBY, M.H.H., SARHAN, M.A., SELIM, K. A-H., KHALEL, K.I. 2013. Evaluation of antioxidant activity, total phenols and phenolic compounds in thyme (*Thymus vulgaris* L.), sage (*Salvia officinalis* L.), and marjoram (*Origanum majorana* L.) extracts. In *Industrial Crops and Products*, 2013, 43, 827–831.
- [4] RODRÍGUEZ-BERNALDO DE QUIRÓS, A., LAGE-YUSTY, M. A., LÓPEZ-HERNÁNDEZ, J. 2010. Determination of phenolic compounds in macroalgae for human consumption. In *Food Chemistry*, 2010, 121, 634–638.
- [5] SNEDECOR, G.W., COCHRAN, W.G. 1967. *Statistical Methods*. Iowa: 6th ed. Iowa State University Press, 1967, 579 p.

Vedoucí diplomové práce: **prof. Ing. Stanislav Kráčmar, DrSc.**  
Ústav technologie potravin

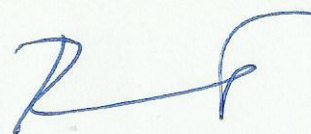
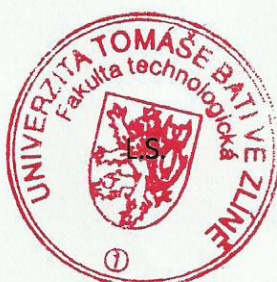
Datum zadání diplomové práce: **2. února 2016**

Termín odevzdání diplomové práce: **20. dubna 2016**

Ve Zlíně dne 2. února 2016



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



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.  
*ředitel ústavu*

## 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 <sup>1)</sup>;
- 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 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> 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 <sup>3)</sup> 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, považuji 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 11. 4. 2016

  
.....

<sup>1)</sup> 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 nevdělečně 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.

<sup>2)</sup> 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 vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

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

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

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

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

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce je zaměřena na nutriční hodnotu pepře černého a bílého. První část je věnována definicím a požadavkům pepře černého a bílého dle potravinářské legislativy a historií pepře. Druhá část se zabývá nutriční hodnotou a chemickým složením pepře, zejména dle obsahu alkaloidů, éterických olejů a fenolických látek. Třetí část popisuje botanický popis, pěstování, sklizeň, technologické zpracování, skladování, využití v gastronomii a vliv na zdraví člověka. Praktická část diplomové práce zahrnuje stanovení obsahu sušiny, stanovení obsahu popela a vlastní stanovení vybraných fenolických látek pepře černého a bílého.

Klíčová slova: pepř černý, pepř bílý, éterické oleje, fenolické látky

## **ABSTRACT**

Thesis is bent to nutritive appreciate pepper black and white. Forepart is devoted definitions and needs pepper black and white according to food legislature and story pepper. Second part of the deal with nutritive dember effect and chemical constitution pepper, especially according to content alkaloids, essential oil and phenolic materials. Third part describes botanical description, prosecution, harvest, technological processing, holding in storage, employ in gastronomy and influence cheers man. Practical part diploma work work includes assesment solids content, assesment ash content and personal assesment choice phenolic materials pepper black and white.

Keywords: pepper black, pepper white, volatile oils, phenolic material

## Poděkování

Rád bych poděkoval panu prof. Ing. Stanislavovi Kráčmarovi, DrSc. za jeho rady a vedení, při zpracování tématu diplomové práce. Dále děkuji firmě Raps Gewürze a Raps-CZ, s.r.o. za poskytnutí vzorků koření k analýzám.

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

# OBSAH

<b>ÚVOD.....</b>	<b>10</b>	
<b>I</b>	<b>TEORETICKÁ ČÁST .....</b>	<b>11</b>
<b>1</b>	<b>ROZDÍLNOST A CHARAKTERISTIKA PEPŘE ČERNÉHO A BÍLÉHO ....</b>	<b>12</b>
1.1	DEFINICE PODLE POTRAVINÁŘSKÉ LEGISLATIVY .....	12
1.1.1	Smyslové požadavky na jakost pepře.....	13
1.1.2	Fyzikální a chemické požadavky na jakost pepře .....	13
1.1.3	Uvádění do oběhu.....	14
1.2	HISTORIE PEPŘE.....	14
<b>2</b>	<b>NUTRIČNÍ HODNOTA PEPŘE .....</b>	<b>15</b>
2.1	CHEMICKÉ SLOŽENÍ SUŠENÉHO PEPŘE .....	16
2.1.1	Alkaloidy .....	16
2.1.2	Éterické oleje.....	18
2.1.2.1	Monoterpenové uhlovodíky .....	18
2.1.2.2	Seskviterpenové uhlovodíky .....	19
2.1.2.3	Ostatní sloučeniny uhlovodíků .....	19
2.1.3	Fenolické látky .....	20
2.1.3.1	Fenolové kyseliny .....	20
2.1.3.2	Flavonoidy .....	21
2.1.3.3	Stilbeny .....	22
2.1.3.4	Lignany .....	22
<b>3</b>	<b>TECHNOLOGIE A POUŽITÍ PEPŘE ČERNÉHO A BÍLÉHO.....</b>	<b>23</b>
3.1	BOTANICKÝ POPIS PEPŘOVNÍKU ČERNÉHO .....	23
3.2	PĚSTOVÁNÍ A SKLIZEŇ PEPŘE.....	25
3.3	TECHNOLOGIE ZPRACOVÁNÍ A SKLADOVÁNÍ.....	26
3.3.1	Černý pepř .....	26
3.3.2	Bílý pepř.....	28
3.3.3	Proces mletí.....	29
3.3.4	Balení a skladování pepře .....	29
3.4	VYUŽITÍ V GASTRONOMII A VLIV NA ZDRAVÍ ČLOVĚKA .....	29
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>31</b>
<b>4</b>	<b>MATERIÁL A METODIKA PRÁCE.....</b>	<b>32</b>
4.1	POUŽITÉ PŘÍSTROJE, ZAŘÍZENÍ A POMŮCKY .....	32
4.2	POUŽITÉ CHEMIKÁLIE .....	32
4.3	POUŽITÝ MATERIÁL .....	32
4.3.1	Celý černý a mletý bílý pepř s minimální trvanlivostí do 1996 .....	32
4.3.2	Celý černý a mletý bílý pepř s minimální trvanlivostí do 2015 .....	33
4.4	PRACOVNÍ POSTUP ANALÝZY.....	33
4.4.1	Stanovení obsahu sušiny .....	33
4.4.2	Stanovení obsahu popela.....	34



4.4.3	Stanovení obsahu vybraných fenolických látek .....	34
4.5	VYHODNOCENÍ ZÍSKANÝCH HODNOT .....	36
<b>5</b>	<b>VÝSLEDKY A DISKUZE .....</b>	<b>37</b>
5.1	STANOVENÍ OBSAHU SUŠINY U PEPŘE ČERNÉHO A BÍLÉHO .....	37
5.2	STANOVENÍ OBSAHU POPELA U PEPŘE ČERNÉHO A BÍLÉHO .....	38
5.3	VLASTNÍ STANOVENÍ OBSAHU VYBRANÝCH FENOLICKÝCH LÁTEK.....	39
5.3.1	Stanovení obsahu vybraných fenolických látek pro pepř černý .....	39
5.3.2	Stanovení obsahu vybraných fenolických látek pro pepř bílý.....	40
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>43</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>44</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>49</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>50</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>52</b>

## ÚVOD

Černý a bílý pepř patří k nejrozšířenějším a nejznámějším druhům koření na světě, jsou přidávány do pokrmů a do potravin pro zlepšení chuti. Aplikují se také pro prodloužení trvanlivosti, protože mají antioxidační účinky, čímž dochází ke zpomalování až zastavení oxidace, dále pak pepř má antibakteriální účinky, dochází tedy k tlumení růstu bakterií až k jejich usmrcení. Na základě těchto účinků, se pepř stal součástí výrobků, jako jsou marinády, sloužící pro nakládání zeleniny a hub. Tyto účinky jsou dány obsahem fenolických látek v pepři.

Antioxidační aktivita pepře černého a bílého byla stanovena pomocí vlastní analýzy UHPLC (ultra vysokoúčinná kapalinová chromatografie). Praktická část diplomové práce byla provedena na Ústavu analýzy a chemie potravin.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 ROZDÍLNOST A CHARAKTERISTIKA PEPŘE ČERNÉHO A BÍLÉHO

Rozdíl mezi černým a bílým pepřem spočívá v době jeho sklizně. Bobule černého pepře se sklízí před dozráním, suší se na slunci, čímž bobule ztvrdnou, zčernají a svažují se. Tento druh pepře je ostrý a silně pálivý. Bobule pepře bílého jsou sklizeny nedozrálá a nakládají se do solného, octového láku nebo se suší při nízkých teplotách. Pepř bílý je velmi aromatický a méně ostrý než pepř černý [10,11].

## 1.1 Definice podle potravinářské legislativy

Přesná definice dle vyhlášky Mze č.419/2000 Sb., kterou se mění vyhláška Mze č. 331/1997 Sb., kterou se provádí § 18 písm. a), d), h), i), j), a k) zákona č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů, pro koření, jedlou sůl, dehydrované výrobky a ochucovadla a hořčici. Pro účely této vyhlášky se rozumí podle § 1:

- a) kořením části rostlin jako kořeny, oddenky, kůra, listy, nať, květy, plody, semena nebo jejich části rostlin, v nezbytné míře technologicky zpracované a užívané k ovlivňování chuti a vůně potravin, u mletých koření se připouští přídavek proti hrudkující látce (látky, které snižují tendenci jednotlivých částic potravin ulpívat vzájemně na sobě) nejvýše do 1 % hmotnosti,
- b) Směsí koření směs jednotlivých koření uvedených pod písmenem a), bez použití přídatných látek, u mletých a drcených směsí koření se připouští přídavek proti hrudkující látce (látky, které snižují tendenci jednotlivých částic potravin ulpívat vzájemně na sobě) nejvýše do 1 % hmotnosti,
- c) Kořenícím přípravkem směs jednotlivých koření uvedených pod písmenem a), přídatných látek, zeleniny, soli nebo hub, případně dalších složek,
- d) Vlastními organickými příměsmi pocházející z vlastní rostliny koření, zejména zlomky stonků, lodyh, větviček, bobulí, plodů, listů a plody prázdné,
- e) Cizími organickými příměsmi částí rostlin, plody a semena pocházející z jiné rostliny,

- f) Anorganickými příměsmi příměsí jiného než rostlinného původu, zejména hrudky hlíny, kaménky nebo písek [7].

### 1.1.1 Smyslové požadavky na jakost pepře

Černý pepř celý, sušený (pepřovník černý, *Piper nigrum* L.) má podobu nezralých plodů, které jsou tvrdé, neloupané, svraštělé, bez stopek. Pepř celý může obsahovat nejvýše 5% lehkých bobulí, přičemž barva celého pepře je na hranici mezi hnědočernou, šedočernou a černou s kořenou vůní a palčivě ostrou chutí. Černý pepř mletý je definován obdobně jako pepř celý, s tím rozdílem, že se jedná o sypký prášek se znatelným zrněním v podobě drti, barvou šedobílou se žlutým až zeleným odstínem, s ostře kořeněnou vůní a palčivě ostrou chutí [7].

Bílý pepř celý je definován jako sušené zralé plody, které jsou loupané, tvrdé, na povrchu hladké a kulovité bobule. Barva tohoto druhu pepře se pohybuje mezi šedobílou a temně šedou se světlými pruhy. Bílý pepř mletý je obdobný jako celý, jedná se o prášek se znatelným zrněním v podobě drti, barva je šedobílá s nažloutlým odstínem a s kořeněnou vůní a palčivě ostrou chutí [7].

### 1.1.2 Fyzikální a chemické požadavky na jakost pepře

Pro černý pepř (celý) je povolena maximální přípustná vlhkost 14,0 %, maximální obsah celkového popela 6,0 % hmotnosti sušiny, obsah silic nejméně 2,0 ml.100 g v sušině a 0,8 ml.100 g (pro mletý pepř), obsah příměsí maximálně 4,0 % (vlastní organické příměsi), 0,5 % (cizí organické příměsi) a 0,5 % (anorganických příměsí). Obsah alkaloidních látek jako piperin nejméně 4,0 % [7].

Pro bílý pepř (celý i mletý) je povolena maximální přípustná vlhkost 15,0 %, maximální obsah celkového popela 3,5 % hmotnosti sušiny, obsah silic nejméně 1,0 ml.100 g v sušině a 0,6 ml.100 g v sušině (pro mletý pepř). Obsah příměsí a obsah piperinu je stejný jako u pepře černého celého [7].

### 1.1.3 Uvádění do oběhu

Koření se skladuje dle vyhlášky v suchých, chladných a větratelných místnostech na podlážkách, nejméně 5 cm nad zemí, od stěn a odděleně od látek s výraznými pachy a vůněmi [7].

## 1.2 Historie pepře

První historické zmínky o pepři pochází z 2. tisíciletí př. n. l. v Indii kde získal jméno Pipali (tzn. bobule). Později se objevil ve středověku, kde byl považován za žádanou měnu, pepřem se vyplácelo věno, clo nebo válečné daně [8,9].

Pepř byl nesmírně významný pro uchování potravin a ochucení různých druhů mas bez chuti, proto byla poptávka po pepři stále vysoká a dovolit si jej mohl jen málokdo, hlavně mocní a bohatí lidé. To směřovalo o velké úsilí získat „ostrovy koření“ se kterými je dodnes spojeno několik velkých jmen jako Marco Polo, Kolumbus, Vasco da Gama, Magellan a Drake, kteří neustále hledali po celé zeměkouli pepř a koření, které jim mělo přinést bohatství [8,9].

## 2 NUTRIČNÍ HODNOTA PEPŘE

Nutriční hodnota se vyjadřuje jako množství obsažených látek v potravinách, které jsou pro výživu člověka významné, prospěšné nebo nežádoucí [40]. Nutriční nebo také výživová hodnota potravin (živiny nebo také nutrienty) zahrnuje energetickou a biologickou hodnotu. Živiny se dělí dle zdrojů [41-43] na dvě základní skupiny:

- Základní živiny, mezi které patří **proteiny (bílkoviny)** představující pro lidské tělo zdroj stavebních látek, dále **lipidy (tuky)** a **sacharidy (cukry)**, které jsou zdrojem energie. Velice důležitý je jejich vzájemný poměr, který by měl tvořit 10 – 15 % bílkovin, 55 – 60 % sacharidů a 25 – 30 % tuků.
- Ochranné látky, jako jsou **vitamíny** a **minerální látky**, zajišťující správné biochemické funkce lidského organismu. **Voda** je důležitá pro látkovou přeměnu a tvoří základní složku potravin. A dále zde patří **stopové prvky**.

Zdroj [43] uvádí také obsah dalších látek, které se neřadí mezi živiny, ale jsou prospěšné pro zdraví člověka podle prokázaných studií, jako jsou salicyláty, polyfenoly a další.

Podle vyhlášky č. 450/2004 Sb., o označování výživové hodnoty potravin je povinné uvádět nutriční hodnoty na obal výrobku, jestliže, je při uvádění do oběhu, předkládání a nabídce či v reklamě uvedeno výživové tvrzení dle zdroje [38]. Nutriční hodnota pepře černého je uvedena v (tab. 1) [6].

Tabulka 1. Nutriční složení pepře černého na 100 gramů [6]

Základní složky pepře		Minerální látky pepře		Vitamíny pepře	
Voda	10,51 g	Minerální soli	4,33 g	Vit. B <sub>1</sub>	0,109 mg
Bílkoviny	10,95 g	Vápník	437 mg	Vit. B <sub>2</sub>	0,240 mg
Tuky	3,26 g	Fosfor	173 mg	Vit. B <sub>3</sub>	1,142 mg
Sacharidy	64,81 g	Sodík	44 mg		
		Draslík	1259 mg		
		Železo	28,86 mg		

Energetická hodnota se uvádí v kilojoulech (kJ) nebo také v kilokaloriích (kcal), přičemž 1 kcal = 4,18 kJ. Jedná se o souhrn energie (tepla), která vznikne rozkladem (spálením) látek vyskytující se v potravíně aby se doplnila energetická potřeba lidského organismu (příkladem může být svalová činnost, trávicí pochody a další) [43,44]. Energetická hodnota pepře v množství 100 gramů dodává lidskému organismu 255 Kcal, což je 1 065,9 kJ [6].

## 2.1 Chemické složení sušeného pepře

Podle Pruthi, 1993 [6] sušený pepř obsahuje 8,7 – 14,0 % vody a 86,0 – 91,3 % sušiny.

Dle zdrojů [6,12] je sušina pepře tvořena:

- Škrob (28,0 – 49,0 %),
- Nerozpustná vláknina (8,7 – 18,0 %),
- Alkaloid piperin (1,7 – 7,4 %),
- Netěkavé etherový extrakt (3,9 – 11,5 %),
- Éterické oleje, tzv. těkavý etherový extrakt (0,3 – 4,2 %),
- Celkový dusík (1,5 – 2,6 %),
- Extrakt alkoholu (4,4 – 12,0 %),
- Rozpustný popel kyselin (0,03 – 0,55 %),
- Celkový obsah popela (3,6 – 5,7 %), jedná se o obsah minerálních látek,
- Pryskyřice a fenolické látky.

Podle zdroje [33] sušina pepře obsahuje 0,3 – 2,1 % pryskyřic, která se nachází ve slupce plodu pepře. Ostrá chuť pepře je způsobena přítomností pryskyřic, éterických olejů a alkaloidu piperinu [8,37].

### 2.1.1 Alkaloidy

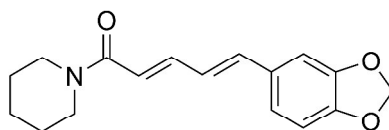
Alkaloidy jsou dusíkaté organické báze, které vznikají v rostlinách v podobě heterocyklických útvarů. Jsou tvořeny solemi a kyselinami vznikající jako sekundární metabolity. Alkaloidy pepře jsou pálivé látky a jejich základní funkce spočívá v ochraně rostliny před živočichy a hmyzem. Dělí se do tří základních skupin [14,18,19,21,36]:



- Pravé alkaloidy – jsou heterocyklické dusíkaté báze odvozené od aminokyselin,
- Pseudoalkaloidy – jsou opět heterocyklické dusíkaté báze, jejichž prekurzory netvoří aminokyseliny,
- Protoalkaloidy – jsou bazické aminy odvozené od aminokyselin, přičemž, heterocyklický systém neobsahuje dusík. V černém pepři jsou protoalkaloidy zastoupeny z 2 – 7 %. Z této hodnoty je samotný piperin zastoupen z 90 – 95 %.

Vznik alkaloidů a jejich množství je závislé na faktorech jako jsou kvalita, množství dusíkatých látek, světlo, vlhkost a pH půdy. Alkaloidy pepře jsou převážně tvořeny piperinem a chavicinem [14,18,21].

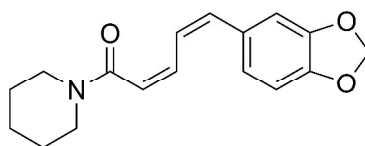
Piperin ( $C_{17}H_{19}O_3N$ ) nebo také zvaný jako amid kyseliny piperové, se nachází v endospermu pepře. Často bývá označen jako protoalkaloid. Je málo rozpustný ve vodě, spíše rozpustný v alkoholu, etheru nebo ve chloroformu. Jeho nejvyšší koncentrace je přítomna těsně před sklizní pepře. Palčivá chuť piperinu je závislá na amidické funkci, která je spojena čtyřmi uhlíkovými atomy s benzenovým jádrem. V celých semenech pepře je piperin velmi stálý alkaloid ale v případě mletého pepře za přístupu vzduchu velmi snadno oxiduje. Mezi další alkaloidy příbuzné piperinu patří piperanin a pyrrolididy (např. piperylin), které mají pálivou vlastnost téměř na stejné úrovni jako samotný piperin [14,18,19,21].



Obr. 1. Piperin [21]

Mezi biologické účinky piperinu patří stimulace centrální nervové soustavy a protirakovinné účinky. Piperin ve vyšším množství způsobuje snížení krevního tlaku, zrychlené dýchání a poškození jazykové tkáně [21].

Chavicin ( $C_{17}H_{19}O_3N$ ) je stereoisomer piperinu, je tedy tvořen směsí piperinu a dalších alkaloidů v menším obsahu [14,18].



Obr. 2. Chavicin [21]

### 2.1.2 Éterické oleje

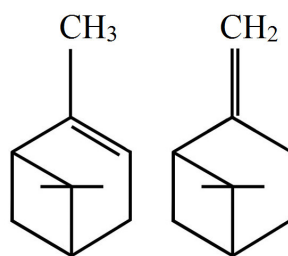
Éterické oleje (esenciální oleje nebo také silice) jsou těkavé látky, které se vyskytují v siličných buňkách v rostlinných pletivech. Jsou tvořeny z více chemických látek, jako jsou terpenové a seskviterpenové uhlovodíky, alkoholy, aldehydy, ketony a estery. Celkem je identifikováno až 250 těkavých sloučenin v různých odrůdách pepře. Éterické oleje mají antimikrobiální funkci, znamená to, že zvyšují uchovatelnost potravin a pokrmů tím, že zpomalují růst mikroorganismů jako např. *Vibrio cholerae*, *Staphylococcus albus*, *Shigella dysenteriae*, *Streptomyces faecalis*, *Bacillus spp.* Éterické oleje pepře v koncentraci 0,2 – 1 % zastavují růst aflatoxinů, produkovanými plísněmi *Aspergillus parasitics* [6,12,27,29].

Pepř černý obsahuje zejména 70 – 80 % monoterpenových uhlovodíků a 20 – 30 % seskviterpenových uhlovodíků. Terpenové uhlovodíky tvoří aroma a za přítomnosti vzduchu a vyšších teplot snadno oxidují za vzniku primárních produktů (hydroperoxydy) přičemž konečné produkty autooxidace jsou epoxidy, alkoholy a ketony [19].

#### 2.1.2.1 Monoterpenové uhlovodíky

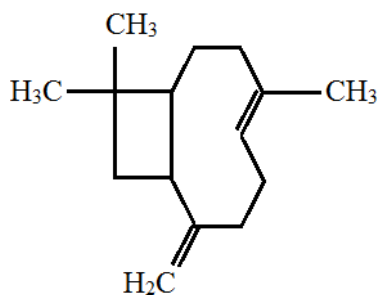
Monoterpeny jsou přírodní, sekundární metabolity rostlin, přičemž je rostlina produkuje, aniž by je využívala jako zásobní látku nebo zdroj energie. Tyto látky slouží v rostlině jako detoxikační produkty (plní obranné funkce) [16].

Zejména zde nalezneme  $\alpha$ -pinen (22 %),  $\alpha$ -thujen (21 %),  $\beta$ -karyofylen (17 %),  $\beta$ -pinen, sabinen, limonen, D-3-karen, myrcen,  $\alpha$ -fellandren a p-cymen. Mezi okysličené monoterpenoidní sloučeniny patří borneol, karvakrol, cis-carveol, trans-carveol, karvon, krypton [6,12,19].

Obr. 3.  $\alpha$ -pinen a  $\beta$ -pinen [19]

### 2.1.2.2 Seskviterpenové uhlovodíky

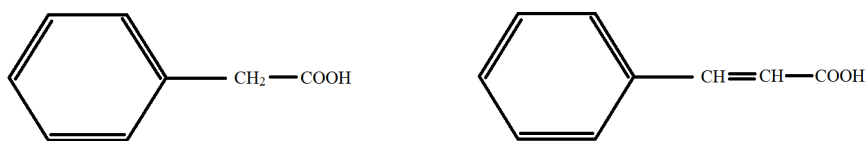
Hlavní složku zde tvoří zejména karyofyllen a dále pak cis-bergamonten, trans-bergamonten, bisabolen, kadinen, calamenen, copaen, cubeben a další. Mezi okysličené seskviterpeny patří alkohol karyofyllen, karyofyllen keton, bisabolol a další [6].



Obr. 4. Karyofyllen [19]

### 2.1.2.3 Ostatní sloučeniny uhlovodíků

Mezi ostatní sloučeniny éterických olejů patří eugenol, methyl eugenol, benzaldehyd, trans-anetol, myristicin, safrol, piperonal, n-butyrofenon. Mezi aromatické látky patří kyselina benzoová, kyselina fenylactová, kyselina skořicová, kyselina piperonalová a kyselina máselná [6].



Obr. 5. Benzoová kyselina a skořicová kyselina [19]

### 2.1.3 Fenolické látky

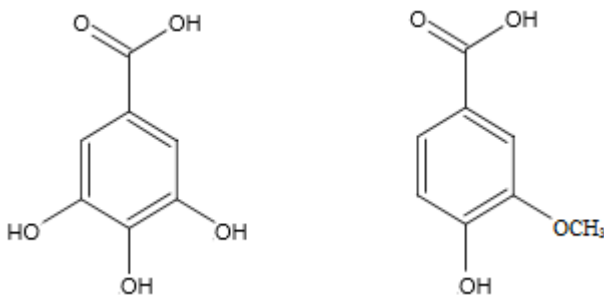
Jedná se o heterogenní nízkomolekulární chemické látky, které obsahují vždy alespoň jeden aromatický okruh s jedním nebo více připojených hydroxylových skupin. Vyskytují se v rostlinách, kde plní mnoho funkcí. Fenolické látky mohou tvořit dle zdrojů [19,34]:

- Vonné látky (degradační produkty fenolových kyselin jako jsou některé jednoduché fenoly a deriváty hydroxyfenolových kyselin). Mohou být tvořeny primárními složkami některých esenciálních olejů, viz kap. 2.1.2.
- Chuťové látky (polyfenolické látky jako kondenzovatelné třísloviny, které dodávají trpkou chuť). Obdobně jako u vonných látek, mohou být tvořeny esenciálními oleji.
- Přírodní barviva (antokyanidiny).

Fenolické látky se řadí mezi antioxidanty, tzn., že omezují aktivitu kyslíkových radikálů, dochází tím k prodloužení stálosti potravin. Pro lidské tělo antioxidanty představují ochranu tkáně před poškozením reaktivním kyslíkem, který napadá lipidové membrány, proteiny a DNA, což má za následek vzniku mnoha zdravotních poruch jako jsou rakovina, cukrovka nebo neurodegenerace [20,39]. Dále zahrnují proti – bakteriální, proti – alergickou, proti – zánětlivou, proti – karcinogenní, proti – virovou, proti – toxickou, proti – mutagenní funkci [17,35]. Fenolické látky se dělí do 4 skupin, jako jsou fenolové kyseliny, flavonoidy, stilbeny a lignany [20].

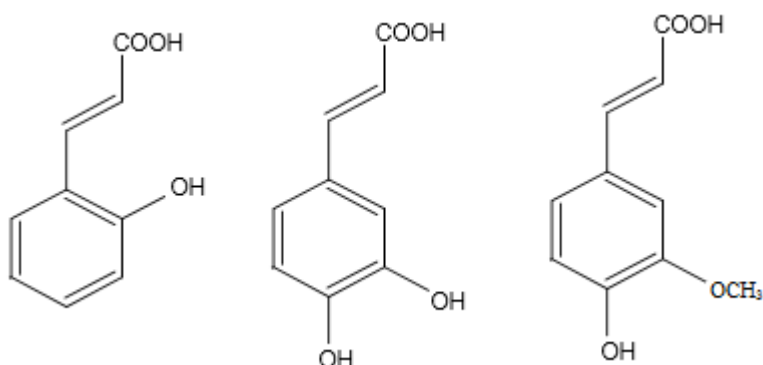
#### 2.1.3.1 Fenolové kyseliny

Hydroxybenzenové kyseliny (kyselina gallová a kyselina vanilová) [35].



Obr. 6. Kyselina gallová a vanilová [17]

Hydroxyskořicové kyseliny – kyselina skořicová a její deriváty (kumarová, kávová a ferulová kyselina) [35].

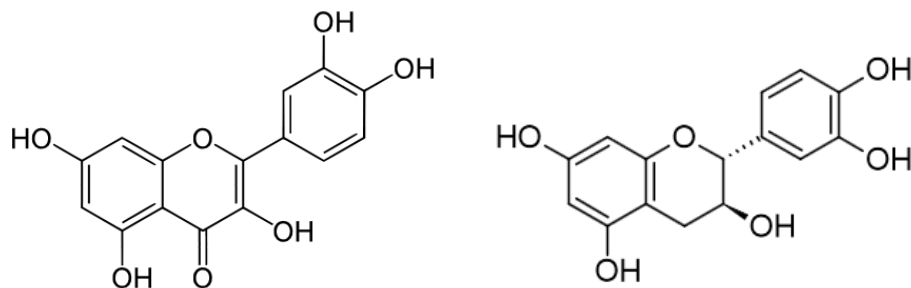


Obr. 7. Kyselina kumarová, kávová a ferulová [17]

### 2.1.3.2 Flavonoidy

Jsou tvořeny uhlíkovou strukturou difenyl-propanů, tvořící dvě benzenové jádra s lineárně spojeným uhlíkovým řetězcem navázaný na třetí benzenové jádro. Člení se v závislosti, na stavu oxidace centrálního benzenového jádra. Antioxidační aktivita, která je dána obsahem kaempferolu, rhamnetinu a quercetinu podle (Vösgen a Herrmann 1980) [6]. Flavonoidy se dělí na flavonoly, flavony, isoflavony, flavanony, anthokyanidiny a flavanoly [35].

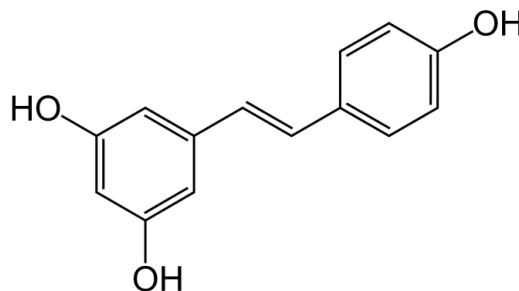
Mezi flavonoly pepře patří zejména quercetin, quercetin-3-o- $\beta$ -D rutinosid, isoquercetin, kaempferol 3-arabinosid, kaempferol-3-o- $\beta$ -galaktosid a rutin. Nejvýznamnějším flavanolem pepře je katechin, který dodává sladkou až trpkou chuť pepře [6].



Obr. 8. Quercetin [24] a katechin [26]

### 2.1.3.3 Stilbeny

Stilbeny (resveratrol). Stilbeny jsou látky, které jsou tvořeny dvěma benzenovými kruhy spojenými alifatickým dvou-uhlíkatým řetězcem. Deriváty stilbenu se mohou vyskytovat ve formě volných sloučenin nebo jako glykosidy. Mají antimikrobní funkci [21].

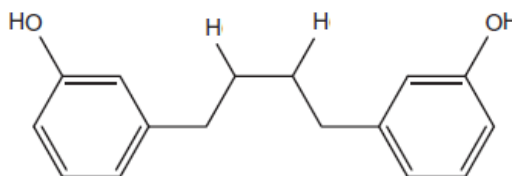


Obr. 9. Resveratrol [25]

Resveratrol má antioxidační funkci a podle zdroje [48] se považuje za zdraví prospěšný stilben, protože chrání srdce a cévy před onemocněním (riziko vzniku kardiovaskulárních onemocnění), slouží jako ochranná látka před vznikem nádorů, snižuje hladinu cholesterolu v krvi a jeho přítomnost ovlivňuje srážlivost krve.

### 2.1.3.4 Lignany

Lignany tvoří skupinu dimerových biopolymerů, jejich funkcí je obranný a ochranný systém rostlin. Tvořeny skeletem s 18 atomy uhlíku v molekule. Vzniká spojením dvou fenylpropanových jednotek [21,34].

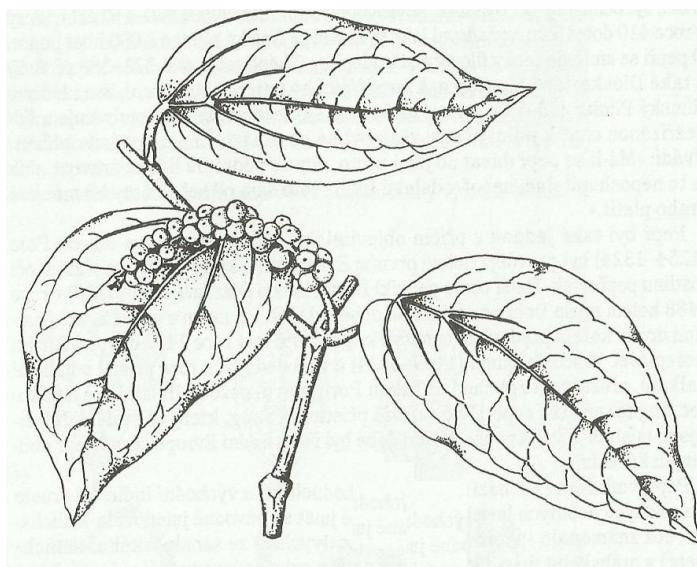


Obr. 10. Obecný vzorec lignanu [20]

### 3 TECHNOLOGIE A POUŽITÍ PEPŘE ČERNÉHO A BÍLÉHO

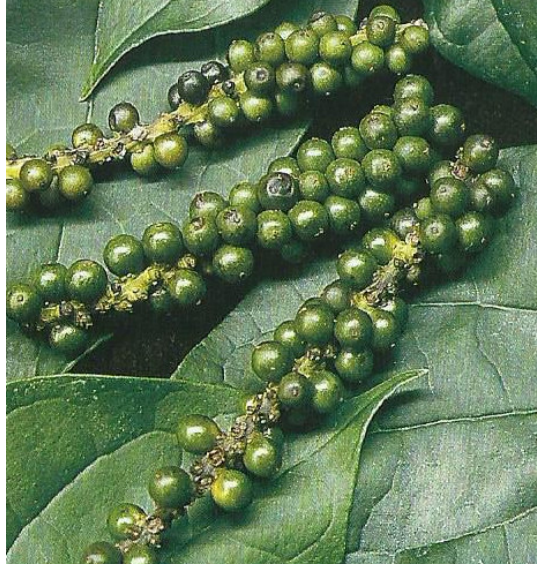
#### 3.1 Botanický popis pepřovníku černého

Pepřovník černý je tropická, stále zelená popínavá dřevnatá rostlina dosahující výšky až 15 metrů, 1 – 2 metry v průměru rostliny v plané formě. Upravená kultivovaná forma pro snazší sklizeň dosahuje výšky 4 metrů a po 3 – 5 letech [8] nebo po 8 letech [6] rostlina dosáhne své plné zralosti a po dobu 20 – 30 let, každým třetím rokem plodí ovocné bobule. Jedna taková rostlina poskytne až 3,5 Kg bobulí. Listy pepřovníku černého (obr. 11) jsou tmavě zelené, tvrdé, kožovité, oválné, zašpičatělé s výraznou žilnatinou [6,9,10,28,32,33].



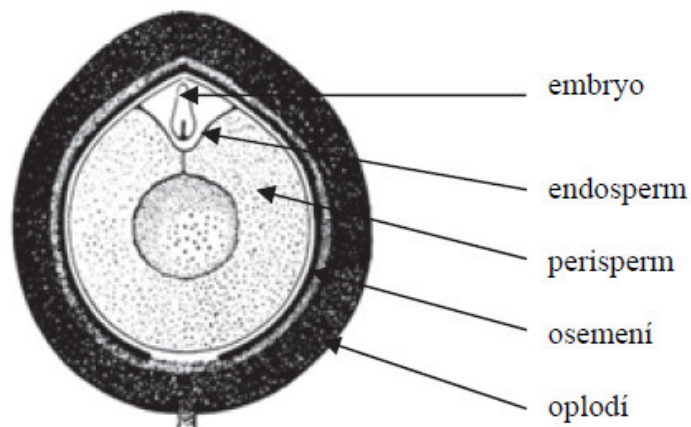
*Obr. 11. Listy pepřovníku černého [33]*

Zpočátku listy vyrůstají vzpřímeně vzhůru a poté spadnou směrem k zemi. Tyto listy nesou převislé klasy malých květů nebo zavěšené palicovité pruty (obr. 12) připomínající červený rybíz, s délkou 3 – 15 cm obsahující 50 – 150 květů mající bílou až žlutou barvu. [6,8-10].



Obr. 12. Palicové pruty pepřovníku [10]

Plody pepře černého jsou bobulovitého a také peckovitého charakteru, protože, endokarp pepře je tvořen bez mezer, avšak je tvořeno sklerenchymatickými buňkami. Jedná se o rostlinná pletiva. Plod pepře se skládá z částí jako oplodí, osemení, perisperm (obr. 13) a v něm zaujímá velmi malý prostor endosperm tvořící embryo (zárodek) [37].



Obr. 13. Schéma řezu plodu pepře (Hohmann, 2007) [37]

Plody pepře bílého se liší od pepře černého tím, že, neobsahuje vrstvy oplodí a tudíž vnější vrstvy sklerenchymatických buněk [37].



### 3.2 Pěstování a sklizeň pepře

Pepřovník černý se pěstuje v nejvýznamnějších pěstivelských zemích Indie (monzunové lesy), Indonésie, Malajsie a Brazílie. Dále pak Thajsko, Vietman, Čína, Srí Lanka, Madagaskar, ostrovy jižních moří a tropická Afrika. Způsob pěstování pepře je různý, může mít podobu šplhajících prutů po rámech (obr. 14) obdobné jako vigvamy, přičemž jsou pruty v horní části sbírány, nebo se pruty vedou tak, aby obrůstaly živé stromy [9,10].



*Obr. 14. Pěstování pepřovníku černého [33]*

Nejvhodnější požadavek při pěstování pepřovníku černého jsou vysoké atmosférické srážky, jednotná teplota a vysoká relativní vlhkost vzduchu, kdy vlhkost je typická pro horký a vlhký tropický region. Rostlina požaduje při pěstování atmosférické srážky 2000 – 4000 mm, teplota pěstování 25 – 32 °C, relativní vlhkost vzduchu 65 – 95 %, nachází se z mořské hladiny až do výšky 1200 m. n. m. a pepřovník se rozrůstá nejlépe v půdě v rozmezí pH 4,5 – 6,9 přičemž pH nad 5,5 nebo 5,8 je ideální půda pro pěstování pepřovníku černého [6].

Pepřovník černý, který se pěstuje v regionech jako Sarawaka, Indonésie, Thajsko a Vietnam jsou atmosférické srážky nejčastěji a minimální období sucha [6].

Pro pepř se využívají 2 způsoby pěstování. Buď tzv. „žijí“ na stromech nebo jsou „mrtvé“ na betonových nebo dřevěných sloupech. Vysázení se provádí do výkopů v půdě, kde se poté vloží směs ornice a kořeněné řízky, neboli tzv. řízkování, což je použití původní rostliny, přičemž nově vznikající rostlina je klonem mateřské rostliny, která má stejné vlastnosti a je geneticky shodná s mateřskou rostlinou [6].

V průběhu pěstování pepře je zapotřebí provádět chemickou ochranu (prováděnou metylal-koholem) a mechanickou ochranu rostliny (pravidelné prohlídky) abychom zamezili výskytu hmyzu. Mezi nejnebezpečnější typ hmyzu patří červec (*Pseudococcidae*), který saje rostlinné šťávy (hlavně bílkoviny a cukry), což způsobí oslabení až znetvoření rostliny a pokud je takto rostlina napadená, musí být umístěna do karantény [6,15].

Sklizeň pepře se provádí v různém stupni zralosti v závislosti na požadavku konečného produktu. Proto se pepř dělí dle zdroje [10]:

- Černý pepř – sběr zelených prutů, přičemž bobule jsou nedozrálé,
- Bílý pepř – sběr červeno-oranžových prutů, bobule jsou vyzrálé.

### 3.3 Technologie zpracování a skladování

#### 3.3.1 Černý pepř

Po ručním sběru zelených prutů jsou pruty vloženy do tašek a překryté po dobu 12 – 24 hodin, přičemž se ponechají krátkodobě prokvasit. Cílem je aktivace enzymů katalyzující reakce, kterou vzniká aroma, barva koření a odstraňují se nežádoucí látky. Po té jsou pruty ručně mláceny, či pošlapovány nohama šlapačů nebo za použití mechanických „mlátiček“ různých typů (typické pro velké pěstírny pepře). Takto získané plody jsou sušeny na slunci [6,27].

Před samotným procesem sušení se může provádět proces blanšírování, kdy jsou plody vloženy do drátěných sít a umístěny do tzv. kotelní vody po dobu 2 minut a poté vyjmuty a rozprostřeny na venkovní plochy určeny k sušení plodů. Blanšírováním plodů, získáváme bledou barvu, dochází k odstranění prachu, nečistot a mikrobiální kontaminace. Vedle sušení na slunci se využívají také sušárny mechanické nebo elektrické, které jsou typické pro rychlé sušení plodů [6,27].

Proces sušení spočívá ve snížení vlhkosti z původních 28 – 38 % na vlhkost kolem 10 % (Ravindran 2000) [6,27].

*Tabulka 2. Třídění podle velikosti bobulí pepře [6]*

	<b>Velké bobule</b>	<b>Střední bobule</b>	<b>Malé bobule</b>
<b>Velikost [mm]</b>	> 4,25	3,25 – 4,25	< 3,25
<b>Dané typy pepře</b>	Panniyur 1	Karimunda	Kurialmundi
	Valiakaniakkadan	Arakulammunda	Naranyakodi
	Vadakkan	Ottaplackal	Nedumchola

Sušený černý pepř je přepraven k výrobnímu zařízení sloužící k třídění (tab. 2) a k odstranění nežádoucích předmětů a kontaminujících látek. Nejprve se použije mechanická síta, pro odstranění špendlíkových hlaviček, jiná zeleninová semena a písku. Následuje vícepatrová síta se vzdušným třídícím strojem a samospádových odstředivek pro pečlivé odstranění prachu, stébla rostlin, cizích předmětů a kamenů [6].



*Obr. 15. Kuličky sušeného pepře černého [8]*

Konečnou úpravou je sterilizace pepře párou nebo gama zářením v tzv. spirálovité zařízení a následně je pepř zabalen do obalu. Poté je dodán na trh, záleží na obchodním původu pepře (tab. 3) [6].

Tabulka 3. Rozdělení pepře černého dle obchodního původu [6]

Nejkvalitnější typ pepře	Méně kvalitní typ pepře	Netříděný typ pepře
Mangalore, malabar, téllicheri.	Singapore, sarawak, lampong.	Naturel

### 3.3.2 Bílý pepř

Sklizené vyzrálé, červeno-oranžové pruty pepřovníku jsou omláceny jako u pepře černého pro získání ovocných bobulí. Ty jsou vloženy do jutových pytlů a máčeny v mořské vodě nebo jsou přímo vloženy do tanků s vodou a máčeny po dobu 7 – 10 dnů. Tímto máčením dochází ke kvašení slupky plodu (tzv. oplodí), které jsou následujícím abrazivním zařízením odstraněna. Alternativou zde může být fermentace na hromadách, čímž dosáhneme stejného výsledku. Následuje sušení semen na slunci, čímž dostávají žlutobílou barvu. Takto usušený pepř je přepraven k zařízení sloužící k třídění a k odstranění nežádoucích předmětů a kontaminujících látek stejně jako u pepře černého. Před zabalením do obalu se provede sterilizace pepře párou nebo gama zářením, s cílem zničení mikrobiální kontaminace a živočišných škůdců. Pro získání kvalitnější barvy se semena vkládají do chlorového vápna po dobu 1 – 2 dnů [6,8-10,27,30].



Obr. 16. Kuličky sušeného pepře bílého [8]

### 3.3.3 Proces mletí

Pepř se mele pomocí mlecích mlýnů, fungující na principu mlecích kamenů chlazené vzduchem proti zabránění unikání aromatických látek. Nebo se pepř mele za studena s přidávkou tekutého dusíku o teplotě  $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ , oproti, mlecích mlýnů se jedná o dražší způsob [27].



*Obr. 17. Mletý černý pepř a mletý bílý pepř [8]*

### 3.3.4 Balení a skladování pepře

Sušený celý nebo mletý pepř se balí do obalu, který se skládá z vrstvených fóliových a hliníkových materiálů chránící pepř před světlem a úniku aroma. Dále pak jsou často používané skleněné obaly, nebo obaly vyrobené z plastů jako polyethylen [27].

Základem skladování pepře je zajištění minimální vzdušné vlhkosti skladované místnosti. Za vyšší vzdušné vlhkosti dochází k zapaření kuliček pepře a následné tvorbě plísní. Pepř se skladuje na temném a chladném místě, bez přístupu vzduchu [10].

## 3.4 Využití v gastronomii a vliv na zdraví člověka

Černý pepř se využívá jako koření a protože se jedná o pochutinu, která zlepšuje vůni, chuť, vzhled a barvu, využívá se v mnoha výrobcích a pokrmech. Je použit zejména pro přípravu všech druhů masa, na ryby, drůbež, do vaječných pokrmů, polévek, omáček, na přípravu zeleniny nebo do salátů, pomazánky, paštiky, při přípravě nálevů a suchých směsí koření. Pepř bílý je určen spíše do bílých omáček, majonéz a salátů [31,33,42].

Z pepře se vyrábí i aromata jako oleoresin (pepřový sprej, parfémy), což je extrakt z pepře získaný extrakcí organickými polárními rozpouštědly (metanol nebo etanol) nebo nepolárními rozpouštědly (hexan nebo benzin) čímž získáváme tzv. miscelu. Miscela je roztok oleje v rozpouštědle a po odpaření rozpouštědla v destilační komoře za teplot od 80 – 200 °C získáváme olej-pryskyřice s tmavě zeleným odstínem, která obsahuje 13 – 14 % silic a 50 % piperinu a podobných pálivých látek [6,19,31].

Pepř má obecně vliv zejména na fyziologické pochody v lidském organismu. Použití pepře má vliv na [8-10,32,33,36]:

- Organismus, který prohřívá (proti zimnici) a uleví od nevolnosti,
- Podporuje trávení, vzbuzuje chuť k jídlu, proti nadýmání a proti průjmům,
- Slouží k léčení nachlazení, ulehčuje odkašlávání a mírní svalové bolesti,
- Při otravě závadnými potravinami a má močopudný charakter,
- Při bolestech zubů a při obezitě.

Pepř se může takto přidat přímo do připravovaného pokrmu nebo se mohou kuličky černého sušeného pepře spařit v horké vodě po dobu několika minut, poté kuličky pepře odstranit, a takto hotový výluh postupně pít [9].

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 4 MATERIÁL A METODIKA PRÁCE

### 4.1 Použité přístroje, zařízení a pomůcky

- Dřevěný mlýnek – Waldner (household mill combi star)
- Elektrická sušárna – BMT Venticell 111 comfort
- Muflová pec – MLW (LM 212,11)
- UHPLC – Ultimate 3000 Dionex (USA)
- Analytická váha – AE Adam, AFA – 210 LC
- Hliníková miska s víčkem, kelímek
- Laboratorní sklo (odměrné baňky, nálevky a kádinky)
- Filtrační papíry (PTFE Advantec filtr (Japonsko))
- Exsikátor

### 4.2 Použité chemikálie

- Metanol (Fisher Scientific s.r.o., Hradec Králové ČR)
- Kyselina octová (Fisher Scientific s.r.o., Hradec Králové ČR)
- Destilovaná voda
- Acetonitril

### 4.3 Použitý materiál

#### 4.3.1 Celý černý a mletý bílý pepř s minimální trvanlivostí do 1996

Vzorky pepře černého a bílého pocházející z vesnice Schwäbische Alb (Švábská Alba), která se nachází na území Německa s těsnou blízkostí Švýcarska ve výšce 802 m. n. m. Vzorky byly nalezeny v domě starém 150 – 200 let, vytápěném pouze v zimním období a v současné době slouží jako chata. Vzorek celého pepře černého byl před provedení analýzy upravený namletím.



### 4.3.2 Celý černý a mletý bílý pepř s minimální trvanlivostí do 2015

Jedná se o vzorky, které byly vyrobené a dodané firmou Raps – CZ, s.r.o. Vzorek celého pepře černého byl před provedení analýzy upravený namletím.

## 4.4 Pracovní postup analýzy

### 4.4.1 Stanovení obsahu sušiny

Sušina je tvořena všemi látkami v potravíně, kromě vody a těkavých látek. Proces sušení se provádí za určitých podmínek [23].

Vzorek o hmotnosti 5 g se zváží a stejnoměrně rozvrství do předem zvážené hliníkové misky a ponechá se sušit (kontrolní metoda) v elektrické sušárně při teplotě  $103 \pm 2$  °C do konstantního úbytku hmotnosti. Jedná se o stav, kdy se váha vzorku nesnižuje v průběhu sušení a zůstává konstantní [23,45].

Po vyjmutí ze sušárny, následuje vložení hliníkové misky se vzorkem do exsikátoru, aby došlo k vychladnutí vzorku a poté k jeho zvážení na analytických vahách [23,45]. Získané hodnoty se uvádí s přesností na 0,01. Vzorec pro zjištění obsahu vlhkosti [%]:

$$v = \frac{a-b}{a-c} * 100$$

Kde: v... obsah vody ve vzorku [%],

a... hmotnost misky a vzorku před sušením [g],

b... hmotnost misky a vzorku po vysušení [g],

c... hmotnost misky před sušením [g] [24].

Vzorec pro zjištění obsahu sušiny [%]:  $S = 100 - v$

#### 4.4.2 Stanovení obsahu popela

Popel je definován jako zbytek minerálních látek po vyžhání vzorku v misce nebo kelímku při teplotě 500 – 600 °C nebo až 900 °C probíhající v muflové peci nebo po kvantitativní oxidaci organické hmoty. Jedná se o velmi rychlou a přesnou metodu, která se považuje za jeden z důležitých ukazatelů kvality potravin. V černém pepři nalezneme z minerálních látek zejména vápník, sodík, draslík a železo [6,22,45].

Postup pro stanovení obsahu popela je následující. Vzorek o hmotnosti 5 g se zváží s přesností na 0,0001 g na analytických vahách do vyžháního a předem zváženého porcelánového kelímku. Nejprve se provede zuhelnění navážky pomocí kraje roztopené pece a poté se přesune pomocí laboratorních kleští dovnitř pece. Pec se poté uzavře a vzorek se ponechá spalovat při teplotě 550 °C tak dlouho, až se spálí všechny zuhelnatělé částice. Podmínkou je, aby v popelu nezůstaly černé body, které jsou typické pro nedokonalé spálení [45].

Poté se miska vyjme z pece a pro vychlazení vloží do exsikátoru. Poté se zváží na analytických vahách. Získané hodnoty se uvádí s přesností na 0,01. Vzorec pro stanovení obsahu popela [%] podle zdroje [45]:

$$p = \frac{(m_a - m_b)}{m_c - m_b} * 100$$

Kde: p ... obsah popela ve vzorku [%],

$m_a$  ... hmotnost kelímku s popelem [g],

$m_b$  ... hmotnost prázdného kelímku [g],

$m_c$  ... hmotnost kelímku s navážkou vzorku [g].

#### 4.4.3 Stanovení obsahu vybraných fenolických látek

Vlastní analýza vybraných fenolických látek byla provedena podle zdroje [1-3]. Vzorky kromě bílého pepře byly namlety a naváženy na analytických vahách o hmotnosti  $0,1 \pm 0,001$  g do závitové čepičky centrifugační tuby.

Následně byla přidána extrakční směs složená z metanolu, destilované vody a kyseliny octové v poměru 30:69:1. Směs byla následně třepána ve vodní lázni při 70 °C po dobu 50 minut.

Po uplynutí této doby, byla směs zchlazena na pokojovou teplotu a zfiltrována. Filtrování se provedlo do odměrné baňky o objemu 10 ml s extrakčním rozpouštědlem přes 0,5 µm PTFE Advantec filtr, čímž došlo k odstranění hrubých částic a poté byl filtrát vstříknut do chromatografu.

Chromatograf UHPLC Dionex Ultimate 3000, detektor UV/VIS, kolona Phenomenex Kinetex C18 150 x 4,6 mm.

Podmínky analýzy:

- nástřik na kolonu o objemu 10 µl,
- délka trvání analýzy 45 minut,
- mobilní fáze B (voda: acetonitril:kyselina octová v poměru 67:32:1),
- mobilní fáze C (voda: kyselina octová v poměru 99:1),
- průtok 1 ml.min<sup>-1</sup>,
- gradient:
  - při 0 min 10 % mobilní fáze B a 90 % mobilní fáze C,
  - při 10 min 20 % mobilní fáze B a 80 % mobilní fáze C,
  - při 16 min 40 % mobilní fáze B a 60 % mobilní fáze C,
  - při 20 min 50 % mobilní fáze B a 50 % mobilní fáze C,
  - při 25 min 70 % mobilní fáze B a 30 % mobilní fáze C,
  - při 30 min 70 % mobilní fáze B a 30 % mobilní fáze C,
  - při 40 min 10 % mobilní fáze B a 90 % mobilní fáze C,
  - při 45 min 10 % mobilní fáze B a 90 % mobilní fáze C,
- teplota kolony 30 °C,
- vlnová délka při 275 nm.

#### 4.5 Vyhodnocení získaných hodnot

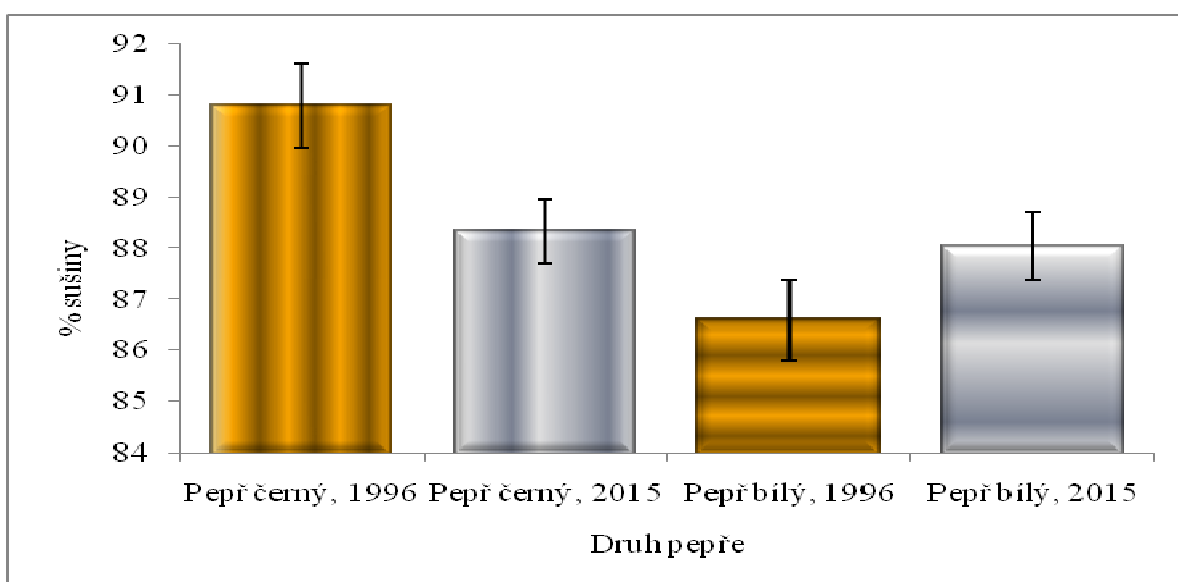
Získané hodnoty byly vyhodnoceny pomocí analýzy rozptylu (ang. *Analysis of variance* – ANOVA) dle zdroje [5] statistickým balíčkem Microsoft® Excel 2000 a Unistat 5.1 [46].

## 5 VÝSLEDKY A DISKUZE

Pro stanovení obsahu sušiny, obsahu popela a vlastní stanovení obsahu vybraných fenolických látek bylo použito celkem 20 vzorků pepře černého a bílého s minimální trvanlivostí do 1996 a 2015. Tyto vzorky se lišily zejména místem odběru vzorku koření v jednotlivém balení.

### 5.1 Stanovení obsahu sušiny u pepře černého a bílého

Obsah sušiny byl stanoven celkem u 4 vzorků pepře černého a u 4 vzorků pepře bílého, které se liší minimální trvanlivostí do 1996 a 2015. Každé stanovení bylo provedeno třikrát, čímž se vypočítala průměrná hodnota obsahu sušiny. Výsledné hodnoty pro obsah sušiny jsou uvedeny v (obr. 18).

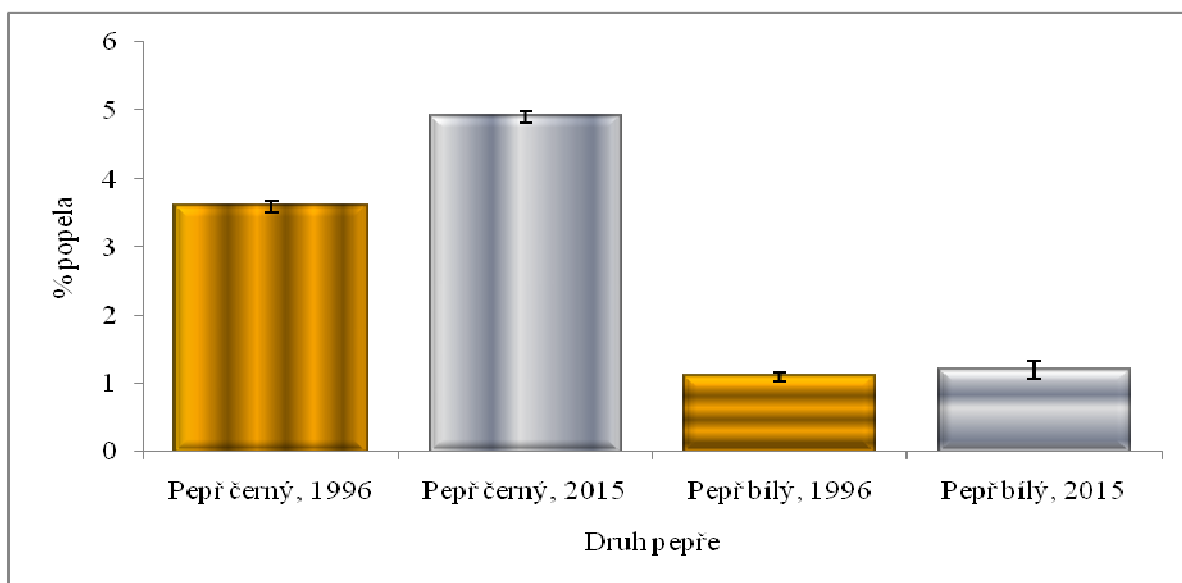


Obr. 18. Grafické znázornění rozdílnosti obsahu sušiny pro pepř černý a bílý s minimální trvanlivostí do 1996 a 2015 (průměr  $\pm$  S.D.)

Obsah sušiny u pepře černého a bílého s minimální trvanlivostí do 2015 je téměř stejný, avšak vzorky pepře černého a bílého s minimální trvanlivostí do 1996 vykazují rozdílnost.

## 5.2 Stanovení obsahu popela u pepře černého a bílého

Stanovení obsahu popela bylo provedeno celkem u 4 vzorků pepře černého a u 4 vzorků pepře bílého, s minimální trvanlivostí do 1996 a 2015. Každé stanovení bylo provedeno třikrát, aby se vypočítala průměrná hodnota obsahu popela. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v (obr. 19).



Obr. 19. Grafické znázornění rozdílnosti obsahu popela pro pepř černý a bílý s minimální trvanlivostí do 1996 a 2015 (průměr ± S.D.)

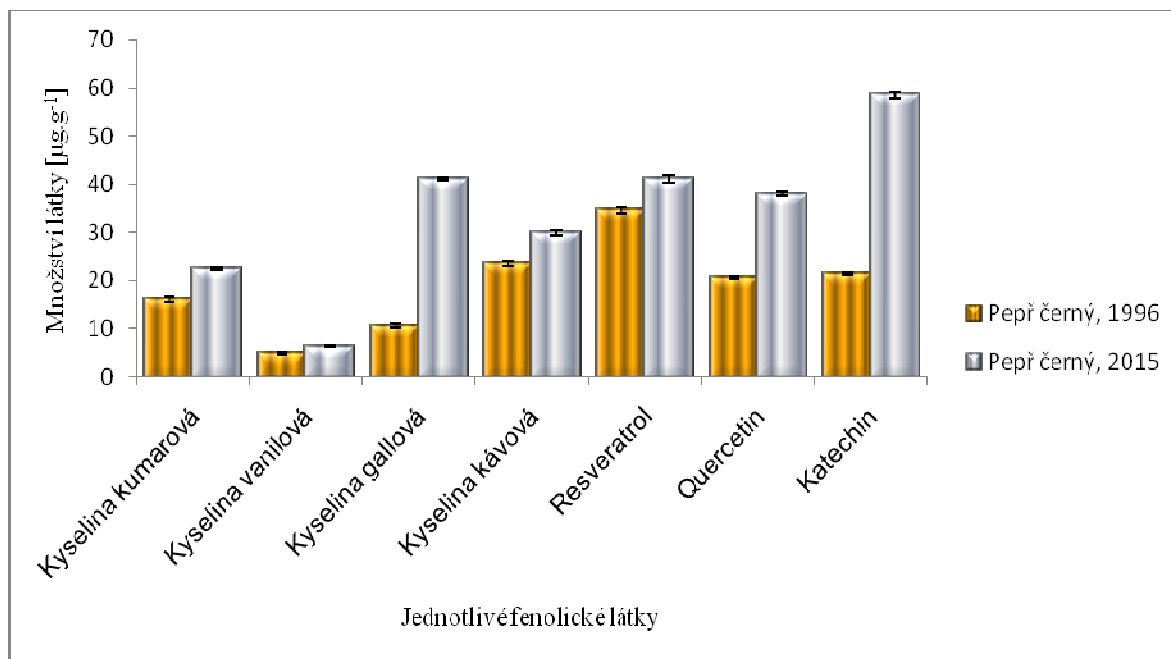
Obsah popela se u vzorků pepře černého mírně liší o 1,30 %, avšak u pepře bílého je téměř na stejné úrovni.

Výsledky naznačují, že obsah sušiny u pepře černého a bílého s minimální trvanlivostí do 1996 a 2015 byl rozdílný, což mohlo být způsobeno tím, že pepř černý byl před analýzou vcelku, čímž v průběhu skladování došlo k menšímu odparu vlhkosti, oproti pepři bílému, který byl mletý. Obsah popela byl téměř stejný u obou vzorků pepře, a proto lze říci, že dlouhodobé skladování pepře nemá výrazný vliv na obsah minerálních látek.

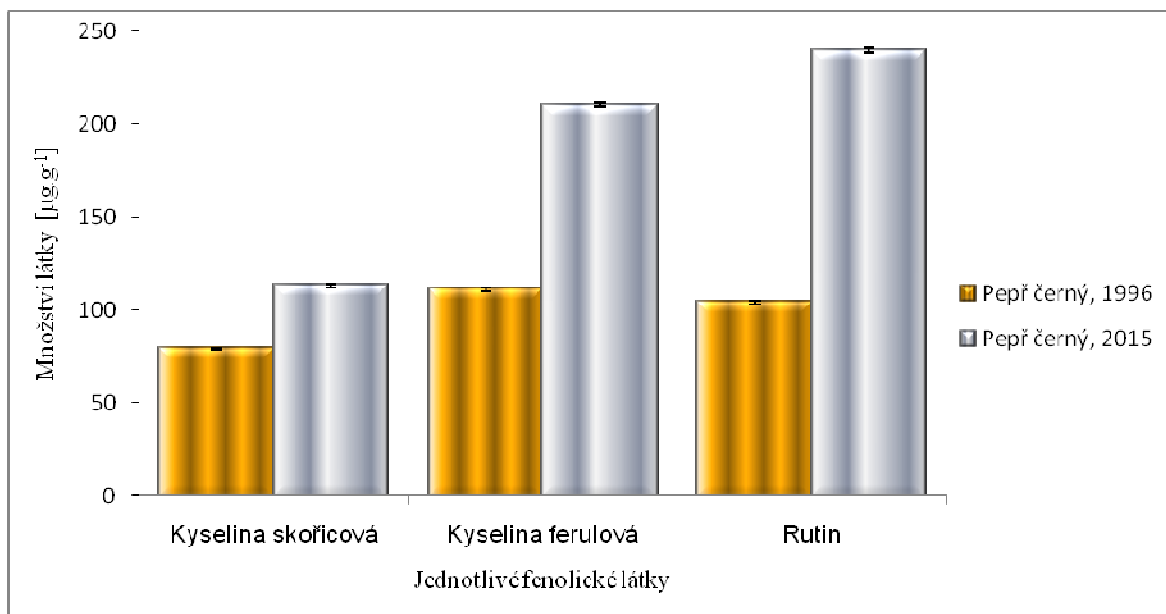
### 5.3 Vlastní stanovení obsahu vybraných fenolických látek

#### 5.3.1 Stanovení obsahu vybraných fenolických látek pro pepř černý

K vlastnímu stanovení obsahu vybraných fenolických látek pro pepř černý bylo použito celkem 2 vzorků a to pepř s minimální trvanlivostí do 1996 a 2015. Každé stanovení bylo provedeno dvakrát.



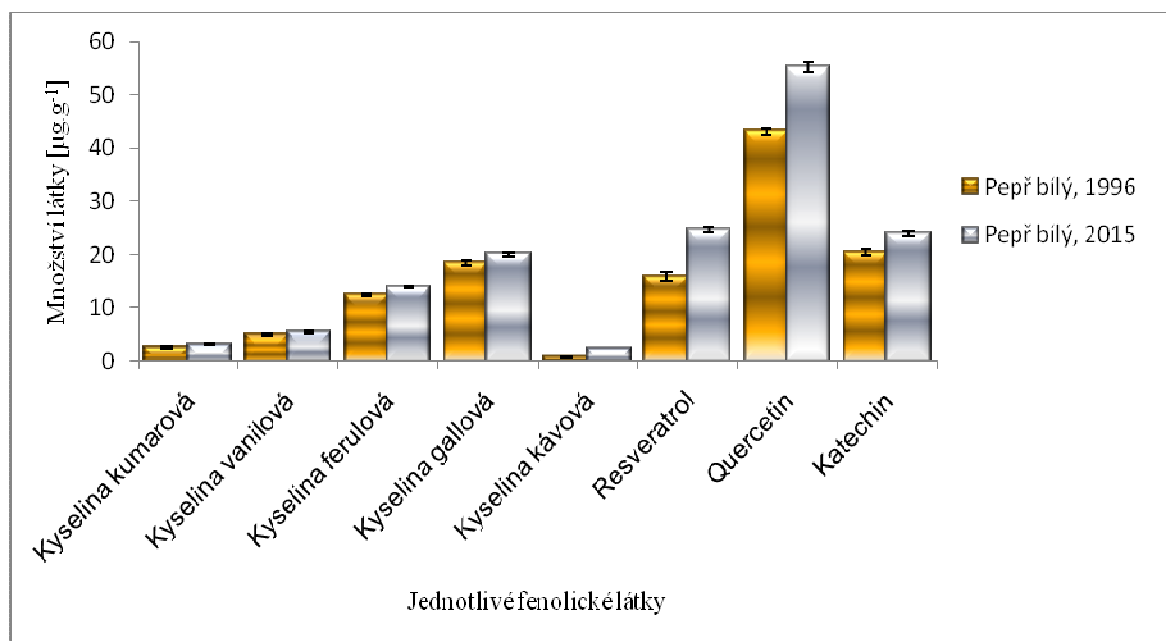
Obr. 20. Grafické znázornění obsahu vybraných fenolických látek pepře černého s minimální trvanlivostí do 1996 a 2015 (průměr  $\pm$  S.D.)



Obr. 21. Grafické znázornění rozdílného obsahu vybraných fenolických látek pepře černého s minimální trvanlivostí do 1996 a 2015 (průměr ± S.D.)

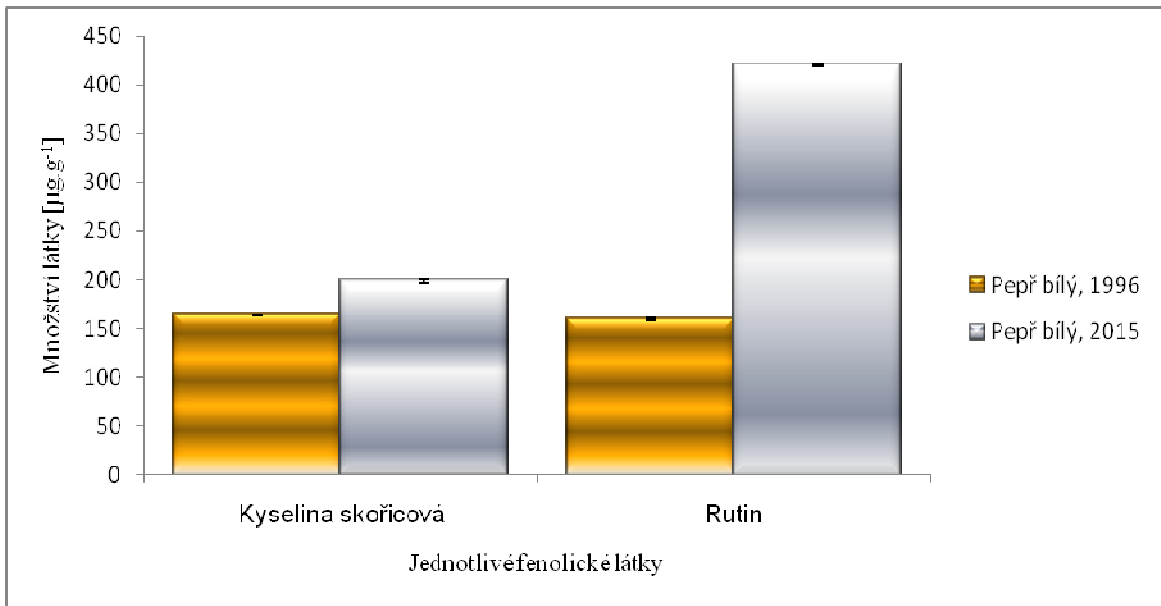
### 5.3.2 Stanovení obsahu vybraných fenolických látek pro pepř bílý

K vlastnímu stanovení obsahu vybraných fenolických látek pro pepř bílý bylo použito celkem 2 vzorků a to pepř s minimální trvanlivostí do 1996 a 2015. Každé stanovení bylo provedeno dvakrát.

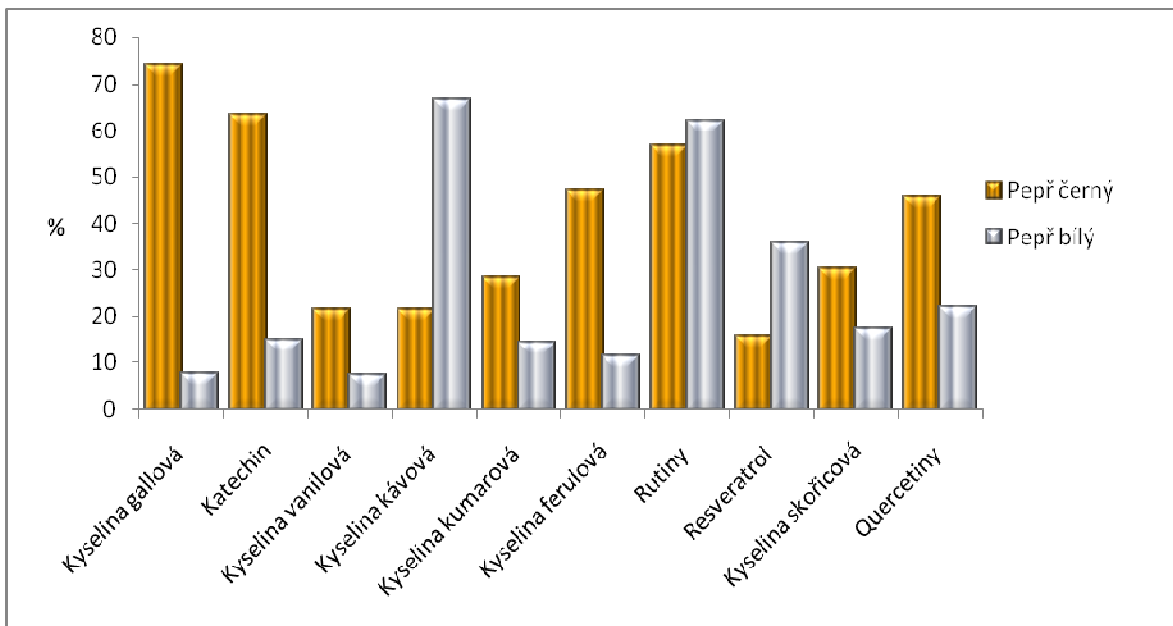


Obr. 22. Grafické znázornění rozdílného obsahu vybraných fenolických látek pepře bílého s minimální trvanlivostí do 1996 a 2015 (průměr ± S.D.)





Obr. 23. Grafické znázornění rozdílného obsahu vybraných fenolických látek pepře bílého s minimální trvanlivostí do 1996 a 2015 (průměr ± S.D.)



Obr. 24. Grafické znázornění porovnání rozdílu obsahu vybraných fenolických látek u pepře černého a bílého

Hodnoty na (obr. 24) zobrazují rozdíl obsahu, který se vypočítal následujícím postupem. Příklad výpočtu pro kyselinu gallovou pro pepř černý:

- Pepř černý s minimální trvanlivostí do 2015 =  $41,11 \pm 0,28 \text{ ug.g}^{-1} \dots 100,0 \%$ ,
- Pepř černý s minimální trvanlivostí do 1996 =  $10,64 \pm 0,38 \text{ ug.g}^{-1} \dots 25,9 \%$ .

Rozdíl obsahu kyseliny gallové pro pepř černý s minimální trvanlivostí do 2015 a 1996 činí  $100,0 - 25,9 = 74,1 \%$ .

U vzorku pepře černého (obr. 24) s minimální trvanlivostí do 1996 došlo k nejvyššímu rozdílu (rozdílnost z důvodu použití jiné rostliny, vzorky spolu nesouvisí) kyseliny gallové a to  $74,1 \%$ , katechinu  $63,5 \%$  a rutinu  $56,5 \%$ . Dále ferulová kyselina  $47,1 \%$  a quercetinu  $45,6 \%$ . U ostatních fenolických látek v rozmezí  $15,6 - 30,0 \%$ .

Naopak u vzorku pepře bílého s minimální trvanlivostí do 1996 došlo k nevyššímu rozdílu kyseliny kávové  $66,6 \%$ , rutinu  $62,1 \%$  a resveratrolu  $35,6 \%$ . U ostatních fenolických látek, kromě kyseliny gallové a vanilové došlo k rozdílu v rozmezí  $11,3 - 22,0 \%$ . Naopak k nejnižšímu rozdílu došlo u kyseliny gallové a vanilové  $7,6$  a  $7,2 \%$ .

Ze získaných výsledků z vlastní analýzy, nebylo možné provést porovnání s literaturou, protože doposud nebyla obdobná analýza na principu stanovení fenolických látek pomocí UHPLC kapalinové chromatografie provedena pro vzorky pepře černého a bílého. Porovnání bylo provedeno s obdobnou rostlinou, jako je sečuánský pepř.

Podle článku [47] antioxidační kapacita a hlavní fenolické sloučeniny koření běžně užívané v Číně, jsme provedli porovnání obsahu rutinu v sečuánském pepři (byla aplikována metoda UPLC) s našimi hodnotami pro pepř černý s minimální trvanlivostí do 2015. Jie Chen (2011) uvádí obsah rutinu  $1724,7 \pm 13,1 \text{ } \mu\text{g.g}^{-1}$  v sečuánském pepři, naše hodnoty rutinu pro pepř černý s minimální trvanlivostí do 2015 činily  $239,64 \pm 1,15 \text{ } \mu\text{g.g}^{-1}$  a pro pepř bílý s minimální trvanlivostí do 2015 činily  $421,04 \pm 1,12 \text{ } \mu\text{g.g}^{-1}$ . Sečuánský pepř se liší zejména od pepře černého a bílého tím, že se jedná o bobule trnitého jasanu (pepř anýzový), liší se obsahem éterických olejů, alkaloidů a koření má lehce citronovou chuť [8,10,33].

## ZÁVĚR

Cílem praktické části bylo stanovit a vyhodnotit pomocí experimentu vliv doby skladování pepře černého a bílého za optimálních podmínek s minimální trvanlivostí do 1996 a 2015 na obsahu sušiny, popela a vybraných fenolických látek. Mezi vybrané fenolické látky patří kyselina gallová, vanilová, kávová, kumarová, ferulová, skořicová, dále pak katechin, rutin, resveratrol a quercetin.

Vzorky pepře černého s minimální trvanlivostí do 1996 vykazují o 2,47 % vyšší obsah sušiny než vzorky pepře černého s minimální trvanlivostí do 2015. Obsah sušiny u vzorků pepře bílého s minimální trvanlivostí do 1996 vykazují o 1,44 % nižší obsah sušiny než u vzorků pepře bílého s minimální trvanlivostí do 2015.

Vzorky pepře černého s minimální trvanlivostí do 1996 vykazují o 1,3 % nižší obsah popela než vzorky pepře s minimální trvanlivostí do 2015, oproti vzorkům pepře bílého s minimální trvanlivostí do 1996 a 2015, které mají obsah popela téměř stejný.

Obsah vybraných fenolických látek se významně snížily v průměru o 46,7 % u pepře černého a o 42,4 % u pepře bílého. Znamená to, že u vzorku pepře černého a bílého s minimální trvanlivostí do 1996 došlo nejen ke snížení obsahu fenolických látek ale také ke snížení jejich přirozených funkcí (např. ochrana plodu). Jedná se o ochranu před oxidací, před napadením bakteriemi a viry, před toxicitou apod. Dále dochází ke ztrátě vonných a chuťových látek v pepři i přesto, že výrobek je zabalen v odpovídajícím obalu.

Proto, aby nedocházelo ke zbytečným ztrátám významných fenolických látek během skladování, se doporučuje, skladovat pepř v nepropustných obalech uložený v suchých, temných a chladných prostorech.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] KALÁBOVÁ, J. 2013. Studium antimikrobiálního účinku vybraných druhů koření. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2013, 66 s.
- [2] MATHEW, S., ABRAHAM, T.E. 2006. Studies on the antioxidant activities of cinnamon (*Cinnamomum verum*) bark extracts, through various in vitro models. In *Food Chemistry*, 2006, 94, 520-528.
- [3] ROBY, M.H.H., SARHAN, M.A., SELIM, K. A-H., KHALEL, K.I. 2013. Evaluation of antioxidant activity, total phenols and phenolic compounds in thyme (*Thymus vulgaris* L.), sage (*Salvia officinalis* L.), and marjoram (*Origanum majorana* L.) extracts. In *Industrial Crops and Products*, 2013, 43, 827-831.
- [4] RODRÍGUEZ-BERNALDO DE QUIRÓS, A., LAGE-YUSTY, M. A., LÓPEZ-HERNÁNDEZ, J. 2010. Determination of phenolic compounds in macroalgae for human consumption. In *Food Chemistry*, 2010, 121, 634-638.
- [5] SNEDECOR, G.W., COCHRAN, W.G. 1967. *Statistical Methods*. Iowa: 6th ed. Iowa State University Press, 1967, 579 p.
- [6] EDITED BY K.V. PETER. *Handbook of herbs and spices*. 2nd ed. Boca Raton, Fla: CRC Press, 2001. ISBN 1855735628.
- [7] Vyhláška č. 419/2000 Sb. [online]. 2000 [cit. 2016-3-13]. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-419>
- [8] MORRIS, Sallie. *Vše o koření: praktická kuchařka krok za krokem*. České vyd. 1. Praha: Svojtka & Co., 2005, 256 s. Ilustrovaná encyklopedie (Svojtka & Co.). ISBN 80-7352-122-9.
- [9] ZILLIKEN, Monika. *Koření: popis a použití*. Vyd. 1. V Praze: Ikar, 2006, 287 s. ISBN 80-249-0796-8.
- [10] IBURG, Anne. *Lexikon koření: původ, chuť, použití, recepty*. 1. vyd. Čestlice: Rebo Productions CZ, 2004, 301 s. ISBN 80-7234-375-0.
- [11] BLÁHA, Ludvík a František ŠREK. *Suroviny pro učební obor Cukrář, Cukrářka*. 2. aktualizované vyd. Praha: Informatorium, 1996, 212 s. ISBN 80-854-2786-9.

- [12] *Charakteristika, složení, účinky a používání pepře: Složení pepře* [online]. 2004. [cit. 2015-10-20]. Dostupné z: <http://www.bezpecnostpotravin.cz/charakteristika-slozeni-ucinky-a-pouzivani-pepre.aspx>
- [13] *Piperin* [online]. [cit. 2015-10-22]. Dostupné z: [http://sk.swewe.net/word\\_show.htm/?69545\\_1&Piper%C3%ADn](http://sk.swewe.net/word_show.htm/?69545_1&Piper%C3%ADn)
- [14] LAPČÍK, O., OPLETAL, L., MORAVCOVÁ, J., ČOPÍKOVÁ, J., DRAŠAR, P., Přírodní látky a jejich deriváty chuti pálivé, *Chem. Listy* 105, 452 – 457 (2011)
- [15] VONDRÁŠKOVÁ, Šárka. *Ochrana rostlin proti červcům* [online]. 2004 [cit. 2015-11-08]. Dostupné z: <http://www.agronavigator.cz/default.asp?ch=1&typ=1&val=22757&ids=111>
- [16] DVOŘÁKOVÁ, MARCELA, IRENA VALTEROVÁ a TOMÁŠ VANĚK. *MONOTERPENY V ROSTLINÁCH* [online]. Praha 6, 2011, 2011 [cit. 2015-11-04]. Dostupné z: [http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2011\\_11\\_839-845.pdf](http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2011_11_839-845.pdf)
- [17] MARCANÍKOVÁ, KATEŘINA a BLANKA BEŇOVÁ. *VYUŽITÍ COULOMETRICKÉHO DETEKTORU PRO ANALÝZU FENOLICKÝCH LÁTEK* [online]. Pardubice, 2010 [cit. 2015-11-04]. Dostupné z: [http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2010\\_s1\\_s27-s30.pdf](http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2010_s1_s27-s30.pdf)
- [18] STANĚK, Jaroslav. *Alkaloidy*. 1. Vyd. Praha: Československá akademie věd, 1957, 653 s. Studie a prameny.
- [19] VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin 2*. Vyd. 1. Tábor: OSSIS, 1999, 3 sv. ISBN 80-902-3914-5.
- [20] NÚÑEZ BURCIO, Oscar. *Fast liquid chromatography-mass spectrometry methods in food and environmental analysis*. New Jersey: Imperial College Press, 2015, xviii, 606 pages. ISBN 9781783264933.
- [21] VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin 3*. Vyd. 1. Tábor: OSSIS, 1999, 3 sv. ISBN 80-902391-5-3.
- [22] KUBÁŇ, Vlastimil a Petr KUBÁŇ. *Analýza potravin*. Vyd. 1. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2007, 202 s. ISBN 9788073750367.

- [23] PIPEK, Petr. *Návody pro laboratorní cvičení z technologie neúdržných potravin*. 2. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 1991, 155 s. ISBN 80-7080-104-2.
- [24] RAMEŠOVÁ, ŠÁRKA, ROMANA SOKOLOVÁ a KAROLINA PECKOVÁ. *ELEKTROCHEMICKÉ STUDIUM DEGRADACE PŘÍRODNÍCH BARVIV POUŽÍVANÝCH NA UMĚLECKÝCH PAMÁTKÁCH* [online]. Praha 2, 2011 [cit. 2015-12-02]. Dostupné z: [http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2011\\_s1\\_s62-s64.pdf](http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2011_s1_s62-s64.pdf)
- [25] ŠMIDRKAL, JAN, VLADIMÍR FILIP, KAREL MELZOCH, IRENA HANZLÍKOVÁ, DANIELA BUCKIOVÁ A BOHDAN KŘÍSA. RESVERATROL. In: *Chemické listy* [online]. Praha 6, 2001 [cit. 2015-12-02]. Dostupné z: <http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/archiv/2001/10-PDF/602-609.pdf>
- [26] ČOPÍKOVÁ, JANA, ZDENĚK WIMMER, OLDŘICH LAPČÍK, LUCIE CAHLÍKOVÁ, LUBOMÍR OPLETAL, JITKA MORAVCOVÁ a PAVEL DRAŠAR. PŘÍRODNÍ LÁTKY SVÍRAVÉ A TRPKÉ CHUTI. *Chemické listy* [online]. Praha 6, 2014 [cit. 2015-12-02]. Dostupné z: [http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2014\\_11\\_1053-1057.pdf](http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2014_11_1053-1057.pdf)
- [27] KADLEC, Pavel, Karel MELZOCH a Michal VOLDŘICH. *Co byste měli vědět o výrobě potravin?: technologie potravin*. Vyd. 1. Ostrava: Key Publishing, 2009, 536 s. Monografie (Key Publishing). ISBN 978-80-7418-051-4.
- [28] KYBAL, Jan. *Naše a cizí koření*. 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1988, 225 s. Rostlinná výroba (Státní zemědělské nakladatelství).
- [29] KRAJČOVÁ, Jitka. *Zbožíznalství*. Vyd. 3. Praha: Vysoká škola hotelová v Praze 8, 2005, 251 s. ISBN 80-86578-51-8.
- [30] DIENSTBIER, Jan a Alena VLČKOVÁ. *Lexikon koření*. Vyd. 1. Praha: I. Železný, 1998, 134 s., [4] s. barev. obrazových příloh. Knížky dostupné každému. ISBN 80-240-0620-0.
- [31] VONÁŠEK, František a Emilie TREPKOVÁ. *Chuť a aroma*. Praha: Maxdorf, 2002, 124 s. ISBN 80-85800-51-9.

- [32] ŠTVERÁK, Daniel. *Přírodoskum požitkářství: látky omamné, dráždivé, léčivé a škodlivé: botanica 1494-2002*. Praha: Clinamen, 2002, 191 s. ISBN 80-239-4016-3.
- [33] VALÍČEK, Pavel. *Koření a jeho léčivé účinky*. 1. vyd. Benešov: Start, 2005, 135 s. ISBN 80-86231-34-8.
- [34] VELÍŠEK, Jan a Karel CEJPEK. *Biosynthesis of food components*. 1st ed. Tábor: OSSIS, 2008, xii, 497 s. ISBN 978-80-86659-12-1.
- [35] IVANIŠOVÁ, Eva. *Bioactive compounds in foodstuffs*. First edition. Nitra: Slovak University of Agriculture in Nitra, 2014, 96 stran. ISBN 978-80-552-1264-7.
- [36] CHÝLEOVÁ, Lydie. *Koření a jeho použití v potravinářském průmyslu*. Praha: Výzkumný ústav potravinářského průmyslu, Středisko technických informací potravinářského průmyslu, 1986, 44 s.
- [37] POSPIECH, Matej, Bohuslava TREMLOVÁ, Michaela PETRÁŠOVÁ a Zdeňka JAVŮRKOVÁ. *Skladba a struktura potravin*. Vyd. 1. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2014. ISBN 978-80-7305-695-7.
- [38] ČESKO. Vyhláška č. 450/2004 Sb. O označování výživové hodnoty potravin
- [39] NGO, Dai-Hung, Isuru WIJESEKARA, Thanh-Sang VO, Quang VAN TA a Se-Kwon KIM. 2011. Marine food-derived functional ingredients as potential antioxidants in the food industry: An overview. *Food Research International*. 2011, (44), 523–529.
- [40] Nutriční hodnota. *Bezpečnost potravin A-Z* [online]. [cit. 2016-03-13]. Dostupné z: <http://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/92253.aspx>
- [41] KUBICOVÁ, Dagmar. *Náuka o požívatinách*. Martin: Osveta, 2004. ISBN 80-8063-165-4.
- [42] ODSTRČIL, Jaroslav a Milada ODSTRČILOVÁ. *Chemie potravin*. Vyd. 1. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2006. ISBN 80-7013-435-6.
- [43] KUDLOVÁ, Eva. *Hygienu výživy a nutriční epidemiologie*. 1. vyd. Praha: Karolinum, 2009. ISBN 978-80-246-1735-0.

- [44] Energetická hodnota. *Bezpečnost potravin A-Z* [online]. [cit. 2016-03-13]. Dostupné z: <http://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/92241.aspx>
- [45] SEVEROVÁ, Marta a Pavel BŘEZINA. *Návody pro laboratorní cvičení z analýzy potravin*. Vyškov: Vysoká vojenská škola pozemního vojska Vyškov, 1998. ISBN 80-7231-022-4.
- [46] Statistický systém UNISTAT® verze 5.1.
- [47] LU, M., YUAN, B., ZENG, M., CHEN J. 2011. Antioxidant capacity and major phenolic compounds of spices commonly consumed in China. *Food Research International*. 2011, (44), 530 - 536.
- [48] KOPEC, Karel. *Tabulky nutričních hodnot ovoce a zeleniny*. Vyd. 1. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1998. ISBN 80-86153-64-9.



**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

Mze	Ministerstvo zemědělství
m	metr
$\mu\text{m}$	mikrometr
nm	nanometr
mm	milimetr
g	gram
Kg	kilogram
ml	mililitr
$\mu\text{l}$	mikrolitr
tzn.	to, znamená
Kcal	kilokalorie
kJ	kilojoul
m. n. m.	metr nad mořem
§	paragraf zákona
S.D.	směrodatná odchylka
DNA	deoxyribonukleová kyselina

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Piperin [21]</i> .....	17
<i>Obr. 2. Chavicin [21]</i> .....	18
<i>Obr. 3. <math>\alpha</math>-pinen a <math>\beta</math>-pinen [19]</i> .....	19
<i>Obr. 4. Karyofyllen [19]</i> .....	19
<i>Obr. 5. Benzoová kyselina a skořicová kyselina [19]</i> .....	19
<i>Obr. 6. Kyselina gallová a vanilová [17]</i> .....	20
<i>Obr. 7. Kyselina kumarová, kávová a ferulová [17]</i> .....	21
<i>Obr. 8. Quercetin [24] a katechin [26]</i> .....	21
<i>Obr. 9. Resveratrol [25]</i> .....	22
<i>Obr. 10. Obecný vzorec lignanu [20]</i> .....	22
<i>Obr. 11. Listy pepřovníku černého [33]</i> .....	23
<i>Obr. 12. Palicové pruty pepřovníku [10]</i> .....	24
<i>Obr. 13. Schéma řezu plodu pepře (Hohmann, 2007) [37]</i> .....	24
<i>Obr. 14. Pěstování pepřovníku černého [33]</i> .....	25
<i>Obr. 15. Kuličky sušeného pepře černého [8]</i> .....	27
<i>Obr. 16. Kuličky sušeného pepře bílého [8]</i> .....	28
<i>Obr. 17. Mletý černý pepř a mletý bílý pepř [8]</i> .....	29
<i>Obr. 18. Grafické znázornění rozdílnosti obsahu sušiny pro pepř černý a bílý s minimální trvanlivostí do 1996 a 2015 (průměr <math>\pm</math> S.D.)</i> .....	37
<i>Obr. 19. Grafické znázornění rozdílnosti obsahu popela pro pepř černý a bílý s minimální trvanlivostí do 1996 a 2015 (průměr <math>\pm</math> S.D.)</i> .....	38
<i>Obr. 20. Grafické znázornění obsahu vybraných fenolických látek pepře černého s minimální trvanlivostí do 1996 a 2015 (průměr <math>\pm</math> S.D.)</i> .....	39
<i>Obr. 21. Grafické znázornění rozdílného obsahu vybraných fenolických látek pepře černého s minimální trvanlivostí do 1996 a 2015 (průměr <math>\pm</math> S.D.)</i> .....	40
<i>Obr. 22. Grafické znázornění rozdílného obsahu vybraných fenolických látek pepře bílého s minimální trvanlivostí do 1996 a 2015 (průměr <math>\pm</math> S.D.)</i> .....	40
<i>Obr. 23. Grafické znázornění rozdílného obsahu vybraných fenolických látek pepře bílého s minimální trvanlivostí do 1996 a 2015 (průměr <math>\pm</math> S.D.)</i> .....	41

*Obr. 24. Grafické znázornění porovnání rozdílu obsahu vybraných fenolických látek  
u pepře černého a bílého ..... 41*

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tabulka 1. Nutriční složení pepře černého na 100 gramů [6] .....</i>	<i>15</i>
<i>Tabulka 2. Třídění podle velikosti bobulí pepře [6] .....</i>	<i>27</i>
<i>Tabulka 3. Rozdělení pepře černého dle obchodního původu [6] .....</i>	<i>28</i>