

Stanovení nutričních a biologicky aktivních látek v Matcha čajích

Kateřina Kolofiková

Bakalářská práce
2018

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav analýzy a chemie potravin

akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Kateřina Kolofiková**

Osobní číslo: **T17695**

Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**

Studijní obor: **Technologie a řízení v gastronomii**

Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Stanovení nutričních a biologicky aktivních látek v matcha čajích**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Pěstování a výroba matcha čajů.
2. Nutriční a biologicky aktivní látky zelených čajů a matcha čajů.

II. Praktická část

1. Stanovení základních nutričních charakteristik.
2. Extrakce biologicky aktivních látek matcha čajů a jejich stanovení pomocí metod spektrofotometrických a chromatografických.
3. Zpracování naměřených dat, diskuze, závěr.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

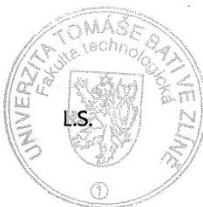
- [1] HARA, Yukihiro. Green tea: health benefits and applications. New York: Marcel Dekker, c2001. Food science and technology (Marcel Dekker, Inc.), 106. ISBN 0-8247-0470-3. nl [2] ŠILAROVÁ, Petra, Lenka ČESLOVÁ a Milan MELOUN. Fast gradient HPLS/MS separation of phenolics in green tea to monitor their degradation. Food Chemistry [online]. 2017, 237, 10 [cit. 2017-11-30]. Dostupné z: <http://apps.webofknowledge.com.proxy.k.utb.cz>.
[3] DIETZ, Christina, Matthijs DEKKER a Batina PIQUERAS-FISZMAN. An intervention study on the effect of matcha tea, in drink and snack bar formats, on mood and cognitive performance. Food Research International [online]. 2017, 99, 13 [cit. 2017-11-30]. Dostupné z: <http://apps.webofknowledge.com.proxy.k.utb.cz>.
[4] WEISS, David J. a Christopher R. ANDERTON. Determination of catechins in matcha green tea by micellar electrokinetic chromatography. Journal of Chromatography A [online]. 2003, 1011, 8 [cit. 2017-11-30]. Dostupné z: <http://apps.webofknowledge.com.proxy.k.utb.cz>.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Daniela Sumczynski, Ph.D.**
Ústav analýzy a chemie potravin
Datum zadání bakalářské práce: **2. února 2018**
Termín odevzdání bakalářské práce: **4. května 2018**

Ve Zlíně dne 2. února 2018



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



doc. Ing. Jiří Mlček, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: ... Kotoříkovi Kotoříková.....

Obor: ... TRG.....

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 4. 5. 2018

Kotoříková

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 vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

²¹⁾ 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). Odprá-li autor takového díla odělit 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 výdělků jim 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 přihlídně k výši výdělků dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá pěstováním a základní nutriční charakteristikou zelených a matcha čajů. Teoretická část práce je zaměřena i na výrobu matcha a zelených čajů, jejich zpracování, dále na nutriční a biologicky aktivní látky, které tyto čaje obsahují. Praktická část zahrnuje výsledky měření obsahu vlhkosti, popela, bílkovin, tuků, vlákniny, chlorofylu, polyfenolů, antioxidační aktivity a vitamínu C.

Klíčová slova: matcha čaj, vláknina, chlorofyl, polyfenoly, antioxidační aktivita

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the cultivation and basic nutritional characteristics of green and matcha teas. The theoretical part of the work is focused on the production of matcha and green teas and their nutritional and biologically active substances. The experimental part includes the measurement of the moisture, ash, proteins, fats, fibre, chlorophylls, polyphenols, antioxidant activity and vitamin C contents.

Keywords: matcha tea, fiber, chlorophyll, polyphenols, antioxidant activity

Ráda bych poděkovala vedoucí mé bakalářské práce doc. Ing. Daniele Sumczynski, Ph.D. za její odborné vedení, poskytnuté materiály, připomínky a také za velice cenné rady, trpělivost a ochotu pomoci během zpracovávání této práce. Ráda bych také poděkovala Ing. Tereze Koláčkové za trpělivost a pomoc při práci v laboratořích. Práce byla podpořena grantem UTB ve Zlíně, IGA/FT/2018/006.

Dále děkuji své rodině a příteli, zvláště své mamince, za podporu během celého studia.

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracovala samostatně a že veškeré materiály, které jsem při vypracování práce využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Dále prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 PĚSTOVÁNÍ A VÝROBA ZELENÝCH A MATCHA ČAJŮ	12
1.1 HISTORIE ZELENÝCH A MATCHA ČAJŮ	13
1.2 PĚSTOVÁNÍ ZELENÝCH ČAJŮ.....	14
1.2.1 Vysazování a sběr	15
1.2.2 Zpracování čaje	16
1.2.3 Zelené čaje	17
1.2.3.1 Nejznámější druhy zeleného čaje	18
1.2.4 Černé a oolong čaje	19
1.3 MATCHA ČAJ	21
1.3.1 Výroba čaje matcha	21
2 NUTRIČNÍ A BIOLOGICKY AKTIVNÍ LÁTKY ZELENÝCH ČAJŮ A MATCHA ČAJŮ	23
2.1 ZÁKLADNÍ NUTRIČNÍ CHARAKTERISTIKA ZELENÉHO ČAJE.....	23
2.1.1 Voda a sušina, popel	23
2.1.2 Volné cukry	24
2.1.3 Polysacharidy a vláknina.....	24
2.1.4 Bílkoviny a aminokyseliny	24
2.1.5 Lipidy	25
2.1.6 Vitaminy.....	25
2.1.7 Minerální prvky.....	25
2.2 BIOLOGICKY AKTIVNÍ LÁTKY V ZELENÝCH ČAJÍCH	26
2.2.1 Polyfenoly	26
2.2.1.1 Flavonoidy	27
2.2.1.2 Polyfenolické kyseliny.....	27
2.2.1.3 Taniny	27
2.2.2 Alkaloidy.....	27
2.2.3 Organické kyseliny.....	28
2.2.4 Saponiny a silice	28
2.2.5 Barviva	28
2.3 ÚČINKY ZELENÉHO ČAJE NA ORGANIZMUS	29
3 CÍL PRÁCE	30
II PRAKTICKÁ ČÁST	31
4 METODIKA	32

4.1	POUŽITÉ CHEMIKÁLIE	32
4.2	POUŽITÉ PŘÍSTROJE A POMŮCKY	32
4.3	CHARAKTERISTIKA VZORKŮ	33
4.4	STANOVENÍ OBSAHU VLHKOSTI REFERENČNÍ METODOU	34
4.5	STANOVENÍ POPELA	34
4.6	STANOVENÍ OBSAHU DUSÍKATÝCH LÁTEK DLE KJELDAHLA S PŘEPOČTEM NA OBSAH HRUBÝCH BÍLKOVIN	35
4.7	STANOVENÍ OBSAHU LIPIDŮ DLE SOXHLETA	36
4.8	SPEKTROFOTOMETRICKÉ STANOVENÍ CHLOROFYLŮ V MATCHA ČAJÍCH	36
4.9	STANOVENÍ VLÁKNINY	37
4.9.1	Stanovení hrubé vlákniny	37
4.9.2	Stanovení neutrálně detergentní vlákniny	38
4.10	STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY METODOU DPPH	39
4.10.1	Kalibrační křivka pro stanovení antioxidační aktivity metodou DPPH	40
4.11	STANOVENÍ CELKOVÉHO OBSAHU POLYFENOLŮ FOLIN-CIOCALTEUHO METODOU	40
4.11.1	Kalibrační křivka pro stanovení obsahu polyfenolů Folin- Ciocalteuovou metodou	40
4.12	STANOVENÍ VITAMINU C	41
4.12.1	Kalibrační křivka pro stanovení vitamínu C	41
4.13	STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ	41
5	VÝSLEDKY A DISKUZE	42
5.1	VÝSLEDKY STANOVENÍ VLHKOSTI A POPELE	42
5.2	VÝSLEDKY STANOVENÍ DUSÍKU DLE KJELDAHLA S PŘEPOČTEM NA OBSAH HRUBÝCH BÍLKOVIN A STANOVENÍ OBSAHU LIPIDŮ DLE SOXHLETA	43
5.3	VÝSLEDKY STANOVENÍ OBSAHU HRUBÉ VLÁKNINY A NEUTRÁLNĚ – DETERGENTNÍ VLÁKNINY	44
5.4	VÝSLEDKY STANOVENÍ CHLOROFYLŮ	45
5.5	VÝSLEDKY STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY METODOU S DPPH A CELKOVÉHO OBSAHU POLYFENOLŮ	46
5.6	VÝSLEDKY STANOVENÍ VITAMINU C	47
	ZÁVĚR	49
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	51
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	56
	SEZNAM OBRÁZKŮ	57
	SEZNAM TABULEK	58

ÚVOD

Čaj je, hned po vodě, nejvíce rozšířeným a konzumovaným nápojem na světě, pěstujícím se na plantážích v mnoha různých oblastech. Mezi nejznámější patří nepochybně Čína, Japonsko, Indie, Cejlon, Turecko a Nepál.

Zelený čaj pochází z čajovníku čínského a v jeho listcích je obsaženo velké množství zdraví prospěšných látek. Jedny z nejdůležitějších jsou označovány jako katechiny. Radíme zde katechin (C), epikatechin (EC), epikatechin galát (ECG), epigalokatechin (EGC) a epigalokatechin-3-galát (EGCG). Bylo prokázáno, že nejúčinnější a nejvýznamnější je EGCG, který je velmi silným antioxidantem.

Všechny druhy čajů jsou velice oblíbené a jejich konzumace neustále roste. Čaje můžeme rozdělit do tří skupin – čaje pravé, bylinné a ovocné. Vyhláška 330/1997 Sb. v aktuálním znění obsahuje definici pravého, zeleného, černého i oolong čaje, ale neobsahuje prozatím definici pro matcha čaje, které jsou v dnešní době velice populární záležitostí.

Pravé čaje mají bohatou historii a způsob jejich zpracování je starý již stovky let. Můžeme je rozdělit do tří skupin podle způsobu fermentace: nefermentované – zelené a bílé čaje, částečně fermentované – oolong a červené čaje, kompletně fermentované – černé čaje.

Všechny druhy pravých čajů, především zelených, obsahují velké množství přírodních antioxidantů (katechiny, flavonoidy, teaflaviny), které mají mnoho prospěšných a léčebných účinků na lidské zdraví. Pomáhají při boji proti rakovině, snižují hladinu lipoproteinů LDL, zamezují stárnutí organismu, působí proti volným radikálům, jsou prevencí v boji proti srdečně - cévním onemocněním. Pravé čaje obsahují alkaloid kofein, který má stimulační účinky.

Zelené čaje jsou tradičním nápojem v Číně a Japonsku. Jejich konzumace je rozšířená po celém světě a oblíbenost stále roste, díky výborným účinkům na zdraví. Flavonoidy a vitamin C v zeleném čaji mají vysoký antioxidační potenciál. Zelený čaj působí příznivě i na různá poškození pokožky a patří k nejstarším léčivým prostředkům na světě. Matcha čaje, vzhledem k tomu, že jsou konzumovány jako takové ve formě celých rozemletých listů, jistě mohou přinést i další nutriční benefity. Z tohoto důvodu se jim věnuje i tato práce.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PĚSTOVÁNÍ A VÝROBA ZELENÝCH A MATCHA ČAJŮ

Matcha pochází z rostliny čajovníku čínského – *Camellia sinensis*. Existují dvě hlavní odrůdy: *Camellia sinensis* var. *Sinensis* (vyskytující se v Číně), a *Camellia sinensis* var. *Assamica* (rostoucí zejména v indickém Ásámu). Rozmanitost chutí čaje je dána zeměpisnou oblastí, půdou, nadmořskou výškou a typem podnebí [1, 7].

Chut' umami matcha čaje je jedinečná a nelze ji přirovnat k žádnému jinému čaji. I vzhledem se velmi liší. Jedná se o celé zelené lístky umleté na extra jemný zelený prášek, který bývá často zaměňován s instantním práškem [7].



Obr. 1: Zelený prášek matcha [12]

Zásadními podmínkami nutnými k výrobě kvalitní matchy jsou pěstitelské podmínky, zastiňování a mletí. V Japonsku jsou dvě nejvýznamnější oblasti výroby a pěstování matchy – Udži a Nišio. Oblast Udži se vyznamenala jako místo, kde se v Japonsku zrodil čaj, a je proslavená zelenými čaji vysoké kvality.

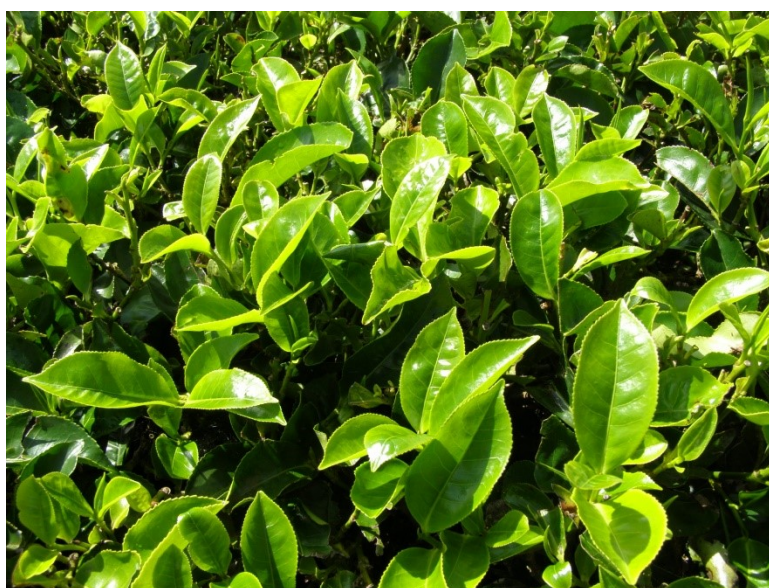
Nišio je město v prefektuře Aiči, které je největším producentem matchy. V Nišiu se dnes vyrábí největší množství čaje matcha [1, 7].

Obecně čajovník se pěstuje ve více než třiceti zemích světa, mimo Japonsko také zejména v Číně, Indii a na Srí Lance. Ročně se vyprodukuje přibližně dva a půl milionů tun sušeného čaje. Z toho připadá asi 20 % na čaj zelený, téměř 2 % na oolong a 78 % na čaj černý. Zelený, černý a oolong čaj se zhotovují ze stejného rostlinného druhu neboli čajovníku čínského. Čajovník má jemné, střídavě uspořádané listy vejčitého tvaru, na okra-

jích jemně až hrubě zubaté. Ve stáří ztvrdnou a dostanou tak kožovitý vzhled. Výhonky listů jsou úzké a špičaté a poupata květů oblá [5, 8, 9, 10].

Odrůda *Sinensis* dosahuje keřovitého vzrůstu s malými listy dlouhé od 5 do 12 cm, dobře snáší chlad ve vysokých nadmořských výškách. Listy odrůdy *Assamica* mohou měřit až 20 cm, je stromovitého vzrůstu a vyžaduje teplé podnebí [2].

Největšími producenty čaje jsou Čína, Japonsko, Vietnam, Indonésie, Indie, Rusko, Srí Lanka a mnoho dalších [9, 10]



Obr. 2: Čajovník čínský [14]

Dle vyhlášky 330/1997 Sb. v aktuální znění je pravý čaj definovaný jako čaj vyrobený z výhonků, listů, pupenů, nebo jemných částí zdřevnatělých stonků čajovníku *Camellia sinensis*. Zeleným čajem se rozumí pravý čaj, ve kterém neproběhla fermentace, polofermentovaným čajem (oolongem) chápeme čaj pravý, ve kterém proběhla částečná fermentace a plně fermentovaným čajem je čaj černý [26].

1.1 Historie zelených a matcha čajů

Čaj se na japonské ostrovy rozšířil v 8. století n. l. zásluhou buddhistických mnichů, pocházejících z Číny, kteří do země propašovali sazenice čajovníku. Matchu přivezl do Japonska japonský mnich Mjóan Eisai, který v 80. letech 12. století cestoval po Číně a přitom se zabýval buddhistickou meditací a objevil zelený čaj z mletých lístků. V roce

1191 se vrátil do Japonska i s několika semínky čajovníku a zde pak začal s kampaní, při níž popularizoval pití matchy [1, 7].

První čajová plantáž byla vytvořena u největšího japonského jezera Biwa-ko. Důležitou oblastí je Shizuoka, nacházející se na úpatí hory Fuji, kde má původ téměř polovina veškeré současné japonské čajové produkce. Dnešnímu světovému trhu poskytuje vysoce ceněný japonský zelený čaj Gyokuro a nejlepší druhy Senchy. V Japonsku se produkuje prakticky pouze zelený čaj [1].

1.2 Pěstování zelených čajů

List čajovníku je vždy zelený, lesklý a v mládí porostlý jemnými chloupky. Květy jsou bílé nebo růžové, k přípravě nálevu se nepoužívají. Čajovníky se pěstují v tropických a subtropických oblastech v nadmořských výškách 600 – 2800 m. Ideální předpoklad pro růst mají čajovníky pěstované při teplotě od 18 do 28 °C a dostatečném slunečním svitu. I když se čaje vyšší jakosti často ještě sklízají ručně, používá se dnes na čajových plantážích také speciální technika [5].

Čajovník lze rozmnožovat několika způsoby. Nejprve se vysévala semena nebo vysazovaly odnože, dnes se dává přednost vysazování sazenic získaných řízkováním. Po jednom roce se provádí první řez, aby se keř rozrůstal do šířky. Po tři roky se rostliny opětovně seřezávají. Až pak získají rostliny svůj konečný tvar a mohou se z nich poprvé sklízet čajové lístky [5].



Obr. 3: Čínská čajová plantáž [13]

K zúrodnování se nyní používají dvě metody. Podle tradičního způsobu se nechají semínka naklíčit pod vlhkou pytlou a teprve poté se vysazují na plantážích nebo do květináčů. Nejvíce se využívá vegetativního rozmnožování pomocí sazeniček ve sklenících

nebo pod umělohmotnými stříškami. Při ručním sběru se sklízí mladé výhonky v podobě dvou lístků a jednoho pupenu. V mnoha novějších čajových plantážích se provádí sklizeň za pomoci strojů [4].

Ruční sběr a strojová sklizeň se na mnoha čajových plantážích v Japonsku kombinují tak, že se první jarní úroda jako ušlechtilá, velmi vysoce kvalitní sklizeň, sbírá ručně a pozdější sklizeň se provádějí strojově. Denně se sesbírá úroda okolo 30 – 35 kg čerstvého čaje. Z tohoto množství se získá 7 – 9 kg sušeného čaje [4].

1.2.1 Vysazování a sběr

K vytvoření nové plantáže je důležité zbavit půdu stromů, křovin i plevelů. Potom se na něm 2 – 3 roky pěstují vysoké traviny a obohacuje se živinami. Ze zásady se volí čajovníky s vysokou produkcí listů a dobrou odolností, nechají se jeden rok v klidu bez sklizně dorůst do výšky výhonků asi 1 m. Poté se roztřídí na řadu sazenic a jednotlivě se zasadí do půdy v plastických nádobách, až zapustí kořeny a dosáhnou výšky asi 60 cm. Poté se přesadí přímo do země, do hustých stejnoměrných řádků. Nezbytné při sázení čajovníku je také vysazování stromů, neboť jej chrání před nadměrným slunečním zářením i větrem. Zpočátku je velmi důležité čajovníky pravidelně zastříhovat [6, 10].

Po 4 – 5 letech poskytnou keře první sklizeň; rostliny mohou přinášet úrodu 60 – 70 let. V závislosti na poloze a klimatických podmínkách se čaj sklízí buď v průběhu celého roku, nebo se sklizeň řídí vegetačním cyklem rostliny. Ten zahrnuje 8 – 9 nejteplejších měsíců v roce, během nichž lze každých 10 – 14 dní sklízet nové listy a poupata [6].

První sklizeň následujícího jara se vyznačuje aromaticností, téměř výhradně se provádí ručním sběrem. Existují také čaje nazývané „highgrown“, které rostou ve vyšších polohách a tím se liší i jejich doba růstu, která je delší, což podporuje bohaté aroma [6, 8].

Poupata, mladé listy a výhonky čajovníku se pečlivě ručně trhají a shromažďují v koši. Aroma a taktéž kvalita čaje jsou tím vyšší, čím jsou listy mladší, ty se během sklizně nesmí potřhat, polámat či popraskat. Jestliže je sklizeň méně pečlivě provedena nebo se použije strojové česání, mohou se do sklizně dostat i starší listy. Jeden keř čajovníku poskytne v průměru 200 g čerstvých výhonků ročně, světová produkce se poté pohybuje kolem 2,6 mil. tun čaje [6].

1.2.2 Zpracování čaje

Fermentací a sušením listů lze prodloužit trvanlivost čaje. Existuje mnoho druhů čaje, které lze rozčlenit podle způsobu zpracování čajových lístků do následujících skupin: zelený, černý, bílý a oolong [5, 8, 10].

Čaje mohou být rozděleny podle jejich původu, způsobu výroby a velikosti listu.

Podle původu na:

- čínské,
- indické,
- ceylonské,
- japonské a další.

Podle způsobu výroby:

- bílý,
- zelený (nefermentovaný),
- žlutý,
- oolong
- černé (polofermentované),
- červené (fermentované).

Podle velikosti listu:

- celolistové (Whole leaf),
- zlomkové (Broken),
- drť,
- práškovité (Fannings, Dust),
- typu CTC – Crushing (drcení), Tearing (trhání), Curling (rolování) [8, 11].

Čajové listy se mají podle možnosti sklízet jen suché, což ale často není možné vzhledem ke klimatickým podmínkám [6].

Listy se ručně nebo strojově svinují, tj. lámou se, aby se buněčná struktura dostala do kontaktu se vzdušným kyslíkem. V průběhu tohoto procesu se zbarvují do tmavě zelené barvy a mění se v kašovitou hmotu. Rozdrcené listy se následujícím postupem třídí v třasadle. Listy, které zůstaly v síti, se znovu válejí a prosívají, a to vše se opakuje ještě

potřetí, až se získají celkem tři dhooly. Nakonec se listy fermentují rostlinnými enzymy [6].

Fermentace je klíčovým úkonem při výrobě černého čaje. Při fermentaci dochází k degradaci chlorofylu a listy se zbarví do červenohněda. Při závěrečném pražení a sušení získá čaj svou černou barvu a listy se částečně svinou. Pouze listové pupeny zůstanou stříbřité či světlé a jsou v hotovém čaji patrné jako „tips“. Sušením se obsah vlhkosti snižuje zhruba na 5 % původního obsahu, proces fermentace se zastaví a čaj se stává hotovým konzervovaným produktem [5, 6].

1.2.3 Zelené čaje

V tisícileté čajové historii se místo fermentace nově sesbíraných listů aplikovaly tyto metody:

- sušení na slunci,
- vaření a sušení teplem,
- pražení v kulatých kovových pánvích na ohni,
- a napařování [3, 4].

K získání zeleného čaje, je třeba čerstvé čajové listy ihned po sklizni nahřát, aby neproběhla žádná fermentace. Nahřívání trvá pouze několik minut, během nichž se zničí rostlinné enzymy, díky kterým by jinak došlo k zbarvení rozmělněné listové hmoty do hnědavé barvy. Tyto enzymy se sestávají z bílkovin a při teplotě kolem 60 °C ztrácejí svou účinnost. Nahřívání probíhá buď podle klasické metody vařící vodou (zelený asámský a cejlonský čaj), nebo, jak je zvykem např. v Japonsku, ve výrobnách čaje v moderních napařovacích aparaturách. Jelikož nedochází k procesu fermentace, udrží si čajové lístky svou barvu i typické „zelené“ aroma. Rozdílné metody nahřívání jsou základem odlišného aroma hotového čaje, které je typické pro jednotlivé oblasti [4, 5, 6].

Zelené čaje vybrané jakosti se sklízí ručně a ručně se také dále zpracovávají. Čerstvě otrhané lístky se nechávají zavadnout na železné pánvi nad ohněm. Enzymy obsažené v buňkách se denaturují, aby nedošlo k fermentaci. Listy se rozloží v tenké vrstvě na bambusová plata, aby uschly. Během sušení se obracejí a několikrát se při tom ručně svinují [5, 6].

1.2.3.1 Nejznámější druhy zeleného čaje

V Japonsku se tradičně déle než osm století zpracovává prakticky pouze zelený čaj. Z toho vychází i široký výběr japonských odrůd.

Sencha je nejvíce konzumovaný japonský čaj. Listy se zpracovávají okamžitě po sběru. Krátce se na ně působí párou, potom se natřásají v proudu teplého vzduchu a opětovně se suší a svinují tak dlouho, až vypadají jako jehličky. Matcha je zelený čaj, který se v Japonsku pije při čajových obřadech. Při výrobě se nejlepší listový čaj Sencha rozemele kamenným mlýnkem na jemný prášek. Čaj Matcha si zachovává všechny účinné látky a je bohatý na kofein. Má kalnou, sytě zelenou barvu a silné aroma [3].



Obr. 4: Sencha [18]

Gyokuro se zpracovává velmi podobně jako Sencha. Nazývá se také „Perlová rosa“ a patří mezi nejdražší japonské čaje. K jeho výrobě se využívají mladé lístky z prvního jarního sběru. Ihned jak vyraší pupeny, zakryjí se čajovníky rákosovými rohožemi a tmavými sítěmi. Jelikož rostliny mají jen málo světla, obsahují méně tříslovin a nálev má pak jemnější chuť [4, 5].



Obr. 5: Gyokuro [19]

Schincha je ručně sbíraný a tříděný zelený čaj. Sklízí se pouze velice mladé, jemné výhonky a lístky.

U Bancha čaje se sklízí výlučně starší a větší lístky, které se zpracovávají stejně jako Sencha. Podíl kofeinu je nepatrný a vyskytuje se zde značné množství železa a tříslovin [4, 5].

Zelený čaj produkují v Číně hlavně oblasti Kuang-si, Kuang-tung, Chu-nan, S'-čchuan, Chu-pej a další. K oblíbeným a nejznámějším druhům zelených čínských čajů patří např.:

Ču čcha (Gunpowder, „Střelný prach“),

Yunnan,

Čen mej,

Lung ťing a Pi luo čchun [3, 4].

Většina indických plantáží byla určena pro výrobu černého čaje. Avšak v pěstitelských oblastech Assamu a Darjeelingu se vyskytují i čajovní plantážníci, kteří vyrábějí zelený čaj podle japonské napařovací metody [3, 4].

1.2.4 Černé a oolong čaje

Přestože černý čaj prospívá zdraví méně než čaj zelený, je zatím ve světě nejoblíbenějším druhem čaje. Tvoří 80 % veškerého vyrobeného a vypitého čaje [2]. Černý čaj má výraznější vůni, chuť a je tmavší. Obvyklé zpracování natrhaných listů na černý čaj obsahuje čtyři pracovní kroky: zavadání, svinování, fermentace a sušení [5].

Lístky černého čaje se tedy zpracovávají déle, součástí zpracování je i autooxidace, která zapříčiňuje tmavě hnědou až načervenalou barvu lístků. Černý čaj vzniká tepelnou fermentací zavadlého (tzv. vlivem teplého vzduchu mírně předsušeného) a nasekaného popř. svinutého čajového lístku. Při svinování vychází látky obsažené uvnitř na nechráněný povrch listu. Z chemického hlediska se jedná o částečnou fermentaci a zároveň proběhne i oxidace [2, 4].

Z prvotních, ve vodě rozpustných vstřebatelných polyfenolů vznikají nevstřebatelné a ve vodě nerozpustné sloučeniny, např. rubigeny, obsah kofeinu se při fermentaci a oxidaci mění jen nepatrně [4, 6]. Při fermentaci se snižuje také obsah vitaminů (hlavně vitaminu C) a minerálních prvků [6].



Obr. 6: Černý čaj [15]

Oolong (wu-lung) je čínský výraz pro „černého draka“. Přes svůj domněle zařazující název ho však neřadíme k černým čajům, ale zůstává někde na pomezí mezi zeleným a černým čajem. Čaje oolong jsou polofermentované a mohou se značně lišit co do stupně fermentace. Oolong je zčásti zoxidovaný, tudíž má o něco výraznější chuť než čaj zelený. Z hlediska částečné oxidace však oolong obsahuje méně polyfenolů. Oolong se ve světě pije velmi málo, ročně se jej vypijí méně než 2 % [2, 5]. Je charakteristický svým jemným aroma [6].



Obr. 7: Oolong čaj [16]

Natřhané listy se asi na hodinu rozloží na velké kusy látky a vystaví se na slunci, tím začne mírná fermentace. U některých oolongů se kvůli lepší fermentaci listy protřásají v bambusových koších, aby se jim narušily okraje a mohla z nich unikat šťáva. Ve chvíli, kdy okraje listů začnou červenat, ukončí se fermentace sušením (zhruba 45 min při 70 °C).

Horké listy se zabalí do kusů bavlněné látky a zabalené listy se zhruba 20 min hnětou a valchují. Potom se znovu suší [3, 5].

Tento postup se u některých čajů opakuje až desetkrát. Na konci zpracování jsou listy pevné a svinuté. Rozlišují se čtyři typy čaje oolong:

Pouchong, Zhen Cha, So Cha a Kao-Shan-Cha [3, 5].

1.3 Matcha čaj

Podle starodávných záznamů, semínka čajovníku zasadili v Japonsku poprvé mniši Saičó a Kúkai kolem roku 805. Počínali si stejným způsobem, jenž viděli na svých cestách po Číně a to, že lisovali lístky do cihel, z nichž čaj seškrabávali a dávali jej do horké vody [7].

V 90. letech 12. století přivezl Mjóe rostlinky matchy do mnoha míst, a to i do Udži. Zdejší klima je k výrobě čaje vhodné, protože zde málo mrzne a vane tu mírný, ale neustálý vítr [5, 7].



Obr. 8: Matcha tea [17]

V 18. století zavedl Sóen Nagatani zpracování zeleného čaje metodou z Udži. Jeho nápad spočíval v napařování čajových lístků, což vedlo k zabránění fermentace.

Metoda z Udži propůjčuje lístkům svěžít, trávovou chuť. Tento postup byl pro zpracování čaje v Japonsku klíčový, protože se odlišoval od pražených a pečených zelených čajů z Číny [3, 7].

1.3.1 Výroba čaje matcha

Tajemství matchy nespočívá jen v umletí zelených čajových lístků, ale ve složitém pěstitelském a výrobním procesu, kterým matcha musí projít. Začátkem jara začínají na keřích rašit pupeny a v této fázi jsou čajovníková pole téměř zastíněná. Proces zastiňování je pro čajovníky velice stresující. Keře nejsou schopny fotosyntézy, a to vede k vytvoření

většího množství L-teaninu a brání vzniku tříslovin (třísloviny způsobují trpkou chuť čaje. Existují dva různé způsoby zastínění: tana a džikagise.

Tana se používá na velkých, prvotřídních plantážích a spočívá v důmyslné konstrukci. Přes ni jsou přehozeny sítě, které propustí jen 10 % světla, ale přitom umožní, aby k čajovníkům pronikl déšť a vlhkost.

Džikagise používají drobní pěstitelé. Přímo přes čajovníky rozprostou velký kus látky, který rostliny zastíní [7, 8, 9].

Sklizeň čajových lístků začíná 88. den od začátku léta. Natrhané lístky se převezou do továrny, kde se nejprve přemění na stav zvaný arača a poté na stav tenča. Lístky se při značně vysoké teplotě rychle napaří, tím se zastaví fermentační či oxidační proces a zůstává zelená barva. Napařování trvá zhruba asi 20 sekund, potom se lístky usuší, aby se snížil obsah vlhkosti. V této fázi jsou lístky označovány jako arača.

Arača znamená v japonštině „hrubý čaj“, který se dále zpracovává. Odstraní se stonky a další nechtěné části. Lístky se prosejí, protřídí a v separátoru barev se odstraní všechny lístky, které nejsou naprosto jasně zelené.

Čaj tenča vybrané jakostní třídy se pomocí kamenného mlýna umele na dokonale jemný zelený prášek [7].

V prostředí, kde proces mletí probíhá, jsou nízká a stabilní teplota a nulová vlhkost. Vše probíhá ve tmě, aby lístky zůstaly jasně zelené a čerstvé. Umleté lístky jdou do balírny, kde se matcha při tlumeném světle přesype do obalu, který zabrání přístupu světla, vzduchu (sáčky se často vakuově uzavírají) a matcha tím zůstane déle čerstvá [7, 8].

Každý rok se na světě sklídí více než 5 milionů tun čaje. Z toho množství připadá na japonskou matchu 3 000 t, to znamená, že se matchy prodá pouze 0,06 %. U většiny druhů čaje jsou na výrobu 1 kg čaje potřeba 4 kg zelených lístků, ale na výrobu 1 kg mleté matchy je potřeba více než 6 kg čerstvých zelených lístků. V Japonsku se každý rok prodá zhruba 2 550 t matchy, což je asi 85 až 90 % celkové každoroční produkce [7, 9].

2 NUTRIČNÍ A BIOLOGICKY AKTIVNÍ LÁTKY ZELENÝCH ČAJŮ A MATCHA ČAJŮ

Obsah jednotlivých sloučenin, které jsou důležité pro zdraví člověka, závisí nikoli jen na druhu čaje, ale i na způsobu sklizně, popř. na stáří čerstvých čajových lístků, na zpracování, také dávkování, dále na teplotě vody i době louhování, stejně jako na stáří sušeného čaje. V průběhu dlouhého skladování čaje se velký počet obsažených látek znehodnotí, může dojít ke snížení jakostních znaků čaje [6].

Keře matchy se pěstují ve stínu a tím je podpořena tvorba aminokyselin a chlorofylu. Matcha obsahuje vysoký podíl přírodních flavonoidů (katechinů). EGCG – epigalokatechin galát je jedním z hlavních flavonoidů. Stejně jakožto všechny druhy zeleného čaje i matcha obsahuje polyfenoly a kofein, což je přirozený stimulant a rovněž důležitou aminokyselinu L-teanin [1, 7].

2.1 Základní nutriční charakteristika zeleného čaje

2.1.1 Voda a sušina, popel

Surový list čaje obsahuje 75 – 82 % vody, 18 – 25 % pevných složek (sušiny). Čaj, který je určený ke konzumaci, obsahuje 4 – 12 % vlhkosti a 88 – 96 % sušiny. Hmotnostní úbytek sušením u čajové hmoty při 103 °C u černých čajů je stanoveno nejvýše na 10 % [26].

Sušina čaje obsahuje:

55 % nerozpustných látek a 45 % rozpustných. Nerozpustný podíl zahrnuje samotnou hmotu listu, některé proteiny, minerální prvky a nízké množství vázaného kofeinu.

Mezi ve vodě rozpustné složky patří hlavně:

z 50 % polyfenoly,

z 15 % aminokyseliny a kofein,

cukry, pektiny,

organické kyseliny,

některé minerální prvky (hlavně fluor),

vitaminy a silice (éterické oleje) [3, 20].

Množství celkového popele u černého čaje má být nejvýše 8,0 %, dle ISO 11287 (2012) je předepsán obsah popele u zelených čajů min. 4 % a max. 8 % [26].

2.1.2 Volné cukry

Čajový list obsahuje jednoduché sacharidy, jako produkty štěpení polysacharidů a pektinů. Ty mohou reagovat s volnými aminokyselinami během zpracování čaje a jsou odpovědné za výsledné aroma. V listech čaje se nachází cukry v nízkém množství okolo 0,73 – 1,41 % v sušině čaje [36].

2.1.3 Polysacharidy a vláknina

Škrob tvoří pouze 0,82 – 2,96 % hmotnosti čaje [36]. Ze složitějších polysacharidů jsou v čajovém listu zastoupeny celulóza, hemicelulózy a lignin [24, 25].

Pektiny se vyskytují ve vyšším množství a tvoří až 6,1 % hmotnosti čaje [36].

Vláknina je zpravidla tvořena komplexními sacharidy, které lze označit jako neškrobové polysacharidy. Patří sem celulóza, hemicelulózy, pektin. K tomuto komplexu se často váže i lignin, který ovšem nepatří mezi polysacharidy. Rozpustná vláknina má schopnost vázat vodu a navozuje pocit sytosti, zástupcem jsou některé hemicelulózy a pektin. Mezi nerozpustnou vlákninu pak patří celulóza, některé hemicelulózy a lignin [23, 28]. Zelené čaje obsahují cca kolem 10 % hrubé vlákniny [47].

2.1.4 Bílkoviny a aminokyseliny

Z proteinů obsažených v čaji jsou důležité enzymy. Jsou odpovědné za proces fermentace, jedná se převážně o polyfenoloxidázy, peroxidázy a aminooxidázy [25].

Aminokyseliny hojně se vyskytující v čaji jsou leucin, izoleucin, serin, kyselina glutamová, asparagová, glutamin, treonin a fenylalanin. Koncentrace aminokyselin se mění v průběhu zpracování čajového listu. V čaji se nachází aminokyselina zvaná L-teanin (γ -etylaminoglutamová kyselina). Tento je důležitou složkou zelených čajů, podílí se na vytváření aroma a chuti čaje. Teanin má uklidňující účinek a snižuje účinky kofeinu. Jeho obsah je 1,5 – 3,0 % ve 100 g čaje. Dodává čaji sladkou chuť [27].

Významnou aminokyselinou vyskytující se v čaji je také γ -aminomáselná kyselina (GABA) a sodná sůl kyseliny glutamové [34, 35, 43].

2.1.5 Lipidy

Lipidová frakce čajového listu je složena hlavně z triacylglycerolů (tuky a oleje), terpenoidů, spinasterolů a vosků [24]. Množství lipidů v zelených čajích se pohybuje cca do 5 % [46].

2.1.6 Vitaminy

Čerstvý čajový lístek obsahuje mnoho vitaminů, mezi nejdůležitějšími jsou vitamin B₁, B₂, B₃, C, E a vitamin K. Jejich množství závisí na typu čaje a oblasti, ze které čajovník pochází [28, 32, 33].

Zelený čaj obsahuje vyšší množství vitaminu C a vitamin E než černý čaj, jelikož prochází jiným způsobem zpracování [3, 23, 28].

Vitamin E je přítomen v listech čajovníku a také zeleném čaji, do nálevu se již neuvolňuje. Čajový list obsahuje převážně α -, β -, γ - a δ - tokoferoly [29, 35].

Vitamin C je přítomen v čerstvém čajovém listu, jeho koncentrace během zpracování a skladování klesá. [3, 35]. Množství vitaminu C v zelených čajích se pohybuje v rozmezí od 0,13 – 0,15 % [48].

2.1.7 Minerální prvky

Zelený čaj obsahuje 5 – 7 % minerálních prvků. Mezi hlavní patří draslík, vápník, zinek, fosfor, mangan, fluor, hořčík, železo a měď [27].

Zelený a černý čaj mají nejvyšší obsah fluoru, a to až 450 mg.kg⁻¹ v sušině čaje [23, 28].

Draslíku je v čaji 21 600 mg.kg⁻¹ a sodíku cca 450 mg.kg⁻¹ [23].

Obsah chloridových aniontů v čaji činí 5 200 mg.kg⁻¹ u pravého čaje [23], hořčíku je v pravém čaji 2 500 mg.kg⁻¹ a obsah vápníku činí 4 300 mg.kg⁻¹.

Významný je i obsah fosforu, a to až 6 300 mg.kg⁻¹.

Obsah železa v čaji je až 310 mg.kg⁻¹.

Obsah zinku v čaji činí až 38 mg.kg⁻¹ [23, 28].

2.2 Biologicky aktivní látky v zelených čajích

Čaj obsahuje téměř 400 bioaktivních látek. Za hlavní biologicky účinné látky zeleného, nefermentovaného a neoxidovaného čajového lístku se považují:

kofein, teofylin, teobromin,
polyfenoly,
saponiny,
éterické oleje,
karoteny,
vitaminy,
enzymy, barviva jako chlorofyl aj.

Dále budou postupně uvedeny ty, vyjma těch, které byly uvedeny v základních nutričních látkách. Významné bioaktivní látky čaje jsou prezentovány v tabulce 1.

Tab. 1: Účinné látky v čajích a jejich množství [29]

Účinné látky	Množství	Účinné látky	Množství
Flavonoly	0,6 – 0,7 %	Vitamin B ₂	≤ 1 %
Glukokininy	0,6 %	Teanin	≤ 0,1 %
Polyfenoly	10 – 25 %	Kofein	2 – 4 %
Vitamin C	0,15 – 0,25 %	Saponiny	0,1 %
Fluor	0,009 – 0,035 %	Selen	0,00010 – 0,00018 %
Vitamin E	0,025 – 0,07 %	Zinek	0,0030 – 0,0075 %

2.2.1 Polyfenoly

Polyfenoly najdeme nejen v pravém čaji, ale také v ovoci a zelenině a mnoha bylinných čajích. Jednotlivé zastoupení polyfenolů v pravých čajích je ovlivněno procesem fermentace. Jsou důležitou součástí čajového lístku a mezi hlavní polyfenoly čaje patří flavonoidy [3, 35, 36].

Polyfenoly mají pozitivní účinek na chuť a barvu čaje. Jejich přítomnost v čaji lze rozeznat podle trpké a hořké chuti v ústech, kterou vyvolávají. Chuť zeleného čaje je trpčí, za to mohou neoxidované polyfenoly [3].

Většina polyfenolů obsažených v čaji jsou katechiny, které obvykle tvoří 30 – 42 % suché hmotnosti [4, 31].

2.2.1.1 *Flavonoidy*

Čajový list obsahuje flavonoidy, známé jako katechiny. Katechiny jsou velice účinné, ve vodě rozpustné antioxidanty, které se snadno oxidují, proto zelený čaj má mnohem více katechinů než čaj černý [4, 31]. Zelený čaj neprochází fermentací a je tzv. neoxidovaný. Mezi hlavní katechiny obsažené v čerstvém čajovém listu a v zeleném čaji jsou epikatechin (EC), epikatechin galát (ECG), epigalokatechin (EGC) a epigalokatechin galát (EGCG). Katechiny udávají hořkou a trpkou chuť zeleného čaje a představují 30 – 40 % obsahu sušiny v zeleném čaji [35, 36]. Množství flavonoidů v čaji činí 10 – 25 mg.l⁻¹ [49].

2.2.1.2 *Polyfenolické kyseliny*

Z hlediska chemické struktury jsou polyfenolové kyseliny odvozené od kyselin benzoové a skořicové. Hlavními deriváty hydroxybenzoových kyselin jsou kyselina gallová, *p*-hydroxybenzoová, vanilová, protokatechinová, syringová, a ellagová. Hydroxyskořicové kyseliny patří do skupiny fenylypropanoidů. Hlavními zástupci jsou kyselina kávová, *p*-kumarová, ferulová, sinapová a chlorogenová [37].

Technologické zpracování potravin tepelnou úpravou, pasterizací a mražením přispívá k uvolňování fenolických kyselin z vazeb, ale celkový obsah kyselin se tepelným zpracováním mění jen v nepatrné míře. Ztráty vyluhováním tvoří méně než 2 % z celkového podílu kyselin [40, 41]. Množství polyfenolických kyselin v zelených čajích činí cca okolo 165 mgGAE.g⁻¹ (dle podmínek extrakce) [44].

2.2.1.3 *Taniny*

Z chemického hlediska dělíme taniny na kondenzované a hydrolyzovatelné. Mezi hlavní deriváty hydrolyzovaných taninů patří ellagitaniny a gallotaniny. Množství taninů v čajích se pohybuje cca do 1,5 mg.g⁻¹ [45].

2.2.2 *Alkaloidy*

Jedná se o dusíkaté, heterocyklické organické látky zásadité povahy. Alkaloidy mají velmi silné fyziologické účinky. Mezi nejznámější alkaloid čaje řadíme kofein [21, 22]. Kofein je hlavním původcem povzbuzujících účinků zeleného čaje. Je velmi dobře rozpustný v horké vodě [4, 30].

Nejvíce kofeinu se vyskytuje v mladých lístcích a pupenech, ve starších listech je pak vyšší podíl tříslovin [4]. Obsah kofeinu v čaji je cca 1,4 – 4,0 %. Nejvyšší množství kofeinu v čajích je dán pořadím: černé čaje \geq oolong \geq zelené \geq čerstvý čajovníkový list [35, 38].

Kromě kofeinu se v čaji nachází v menším množství teobromin a v zanedbatelném množství i teofylin. Teobromin má podobné účinky jako kofein, ale se slabším účinkem. Oba alkaloidy mají vazodilatační a diuretický účinek [38]. Množství teobrominu a teofylinu se v zelených čajích pohybuje v rozmezí 4 – 5 % [50].

2.2.3 Organické kyseliny

Organické kyseliny se také podílí na organoleptických vlastnostech čajů. Mezi organické kyseliny nacházející se v čajích patří kyselina šťavelová, malonová, citrónová, adipová a chinová [23, 36, 49].

2.2.4 Saponiny a silice

Saponiny řadíme mezi látky s glykosidickou stavbou molekuly. Saponiny působí močopudně, rozpouštějí hlen a mohou mít mírně projímavý účinek [21, 22].

Silice jsou označovány také jako éterické oleje. Jsou to aromatické, většinou vonné, těkavé, ve vodě nerozpustné složky především terpenického charakteru [21, 22]. Tvoří asi 0,01 – 0,05 % sušiny čaje. V černém čaji bývá vyšší počet vonných látek než v čaji zeleném. Každý čaj má své ojedinělé seskupení aromatických látek. Různé koncentrace těchto látek, jejich vzájemné míchání a ředění, společně s dalšími aspekty jako klima, půda, zpracování, stárnutí a vylouhování, dávají vzniknout nepřehledné škále vůní [27, 28]. Základ aroma čaje tvoří nositelé zeleného aroma jako je (Z)-3-hexenol, (E)-2-hexenal, hexanal, dále je přítomen 3-metylbutanol, metylsalicylát, fenol a gaujakol.

V zeleném čaji bývá ve srovnání s černým čajem méně linaloolu, linaloxidů a některých dalších sloučenin [3, 23].

2.2.5 Barviva

Z barviv čajového listu je nejvíce zastoupený chlorofyl, který v procesu fermentace je oxidován na feofytin a feoforbidy, a dále karotenoidy [24].

Červená a žlutá barviva čajů jsou odvozená od antokyaninů a flavonů [37].

Čaj pěstovaný ve stínu má sníženou hladinu katechinů a vyšší množství karotenoidů a chlorofylu. Vysušené čajové lístky obsahují až 1,4 mg chlorofylu [39, 42]. Z xantofylových a karotenoidových barviv jsou v čaji detekovány lutein, zeaxantin, neoxantin či α karoten.

2.3 Účinky zeleného čaje na organismus

Každodenní pití čaje má příznivý vliv na zdravotní stav člověka. Čaj nejenom osvěžuje, ale kromě toho má stimulační účinky [4, 5].

Třísloviny v nápoji působí protizánětlivě, uklidňují žaludek a střeva a mají léčivé účinky na sliznice dýchacích cest při nachlazení. Pro uvolnění tříslovin a jiných účinných látek v čaji je důležitá doba louhování. Čím déle ponecháme čajové lístky v horké vodě, tím více tříslovin se uvolní. Podle nejnovějších poznatků lze pravidelným pitím čaje snížit riziko srdečního infarktu i vzniku rakoviny. Čaj obsahuje také malé množství teofylinu. Tato látka povzbuzuje krevní oběh a uvolňuje svalové křeče [5, 6]. Třísloviny plní funkci bránit nebo zpomalovat resorpci kofeinu v žaludku a střevě, proto má déle louhovaný nápoj pronikavější aroma [4, 30].

Především zelený, ale i černý čaj má vysoký obsah fluoru, který působí příznivě na zuby a zvyšuje odolnost zubní skloviny vůči kyselinám a bakteriím. Brání tak vzniku zubního kazu. Neslazený zelený nebo černý čaj má nulovou kalorickou hodnotu a lze ho doporučit jako vhodný nápoj při dietě zaměřené na hubnutí [5, 6].

Zelený čaj snižuje hladinu cholesterolu i lipoproteinů LDL, a tím zmenšuje riziko spojené s ukládáním cholesterolu v cévách. Cholesterol je krevním oběhem roznášen pomocí dvou lipoproteinů HDL a LDL [28, 29].

Dále pití čaje může napomoci:

proti depresím,

snižuje hladinu cholesterolu v krvi,

vykazuje antibakteriální účinek,

podporuje funkci jater,

brání tvorbě ledvinových a žlučnickových kamenů.

Čaj, jako komplex biologicky aktivních látek se „chová“ jako antioxidant a má mnoho dalších významných funkcí [3, 4, 6].

3 CÍL PRÁCE

Cílem teoretické části práce bylo shrnout základní charakteristiku pěstování a výroby zelených čajů, a to i se zaměřením na matcha čaje. Nedílnou součástí teoretické části bylo shrnout základní nutriční a biologicky aktivní látky v zelených čajích.

Cílem experimentální části bylo analyzovat vyselektované vzorky matcha čajů, u kterých se stanovovaly následující jakostní parametry: vlhkost, popel, hrubá bílkovina, lipidy, hrubá i neutrálně-detergentní vláknina, chlorofyl, celkové polyfenoly, vitamin C a antioxidační aktivita. Následně byly výsledky statisticky zpracovány a diskutovány.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 METODIKA

4.1 Použité chemikálie

Pro jednotlivá stanovení byly použity tyto chemikálie:

- H_2SO_4 96%, (–Penta, ČR),
- H_2O_2 30%, (–Penta, ČR),
- NaOH 30 hmot. %, (–Penta, ČR),
- H_3BO_4 2 hmot. %, (–Penta, ČR),
- Tashiho indikátor, (–Penta, ČR),
- $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$, (–Ing. Petr Lukeš, Uherský Brod, ČR),
- H_2SO_4 ($0,025 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$), (–Penta, ČR),
- CaCO_3 , (–Penta, ČR),
- n-hexan, (–Penta, ČR),
- NDC (disodná sůl kyseliny etylendiamintetraoctové, tetraboritan sodný dekahydrát, hydrogenfosforečnan sodný, laurylsulfát sodný), (–Ankom Technology, USA),
- aceton 80 %, (–Penta, ČR),
- siřičitan sodný, (–Lach-Ner, s.r.o, Neratovice, ČR),
- α -amyláza, (–Ankom Technology, USA),
- trietylglykol, (–Ankom Technology, USA),
- metanol 20 %, (–Lachner, s.r.o., Česká republika),
- NaOH ($0,313 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$), (–Mach chemikálie, Česká republika),
- Folin-Ciocalteu činidlo, (–Penta s.r.o., Česká republika),
- Na_2CO_3 20 %, (–Lachema, Česká republika),
- DPPH (2,2-difenyl-1-pikrylhydrazyl), (–Sigma Aldrich, Německo),
- standard troloxu (–Sigma Aldrich, Německo),
- standard kyseliny gallové (–Sigma Aldrich, Německo),
- H_3PO_4 , (–Penta, ČR),
- destilovaná voda.

4.2 Použité přístroje a pomůcky

Pro jednotlivá stanovení byly použity následující přístroje a pomůcky:

- analytické váhy (–AFA 210 LC, Schoeller, ČR),
- elektrická sušárna (–Venticell 111 Comfort, BTM a.s., ČR),
- extrakční patrony (–Verkon, Praha),
- spektrofotometr Lambda 25 (–Perkin Elmer Inc., USA),
- Daisy^{II} inkubátor (–Ankom Technology, New York, USA),
- filtrační sáčky F57, velikost pórů 50 µm (–Ankom Technology, New York, USA),
- spektrofotometr Libra S6 (–Bichrom Ltd. Velká Británie),
- filtrační papír KA 4 (–Papírárna Keseg and Rathouzský),
- impulzní svářečka KF-200 (–HC, ČR),
- muflová pec – LM 112 10 ML W (–Elektro – VEBF, Německo),
- extrakční patrony (–Verkon, Praha),
- mineralizátor Selecta - Block digest 12 (–O. K. Servis BioPro, Praha),
- Ankom220 Fiber analyzer (–Ankom Technology, New York, USA),
- kapalinový chromatograf (–Shimadzu LC-20AD),
- Soxtherm (–Gerhard, Německo),
- destilační zařízení Behr S2 (– Labor-Komplet s.r.o., ČR),
- kolona C8 Dionex Acclaim 150 x 2.1 mm; 5 µm (–Thermo Scientific, MA, USA),
- běžné laboratorní pomůcky a sklo.

4.3 Charakteristika vzorků

Pro stanovení bylo použito celkem 8 vzorků Matcha čajů: organic green Koisan tea (země původu: Japonsko), Kissa Matcha tea (země původu: Japonsko), Moya Matcha premium (země původu: Japonsko), Harmony - Bio Matcha tea (země původu: Japonsko), Zelenáčky od Kačky (země původu: Čína), Don Matcha (země původu: Japonsko), Whittard Matcha tea (země původu: Japonsko) a Royal Pharma (země původu: Japonsko). Čaje byly uchovávány v originálním balení při laboratorní teplotě 23 ± 2 °C v klimatizované laboratoři bez přístupu denního světla. Po zakoupení byly jednotlivé vzorky analyzovány do 1 měsíce.

4.4 Stanovení obsahu vlhkosti referenční metodou

Nejdříve bylo provedeno předsušení hliníkových misek v elektrické sušárně při 130 ± 2 °C po dobu 1 hodiny. Po vychladnutí v exsikátoru a zvážení byl do misek navážen 1 g vzorku s přesností na 0,1 mg. Misky se vzorky byly poté sušeny v horkovzdušné sušárně na 130 ± 2 °C po dobu 1 hodiny. Po vysušení a vychladnutí v exsikátoru byly misky na analytických vahách zváženy opět s přesností na 0,1 mg. Výsledkem je průměr ze tří stanovení. Postup byl proveden dle modifikace normy ČSN ISO 712 (461014).

Výpočet obsahu vlhkosti [%]:

$$W = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \cdot 100 \quad (1)$$

kde: m_1 – hmotnost prázdné vysušené misky [g],

m_2 – hmotnost misky se vzorkem před sušením [g],

m_3 – hmotnost misky se vzorkem po sušení [g].

Výpočet obsahu sušiny [%]:

$$S_{\check{s}} = 100 - V \quad (2)$$

kde: $S_{\check{s}}$ – obsah sušiny [%],

V – obsah vody [%].

4.5 Stanovení popela

Pro stanovení obsahu popela byly nejdříve vyžihány prázdné porcelánové kelímky při teplotě 550 ± 25 °C po dobu 1 hodiny. Po této době byly vloženy do exsikátoru pro vychladnutí a poté byly zváženy na analytických vahách s přesností na 0,1 mg. Do kelímků bylo naváženo po 1 g vzorku opět s přesností na 0,1 mg. Následně byly kelímky se vzorky vloženy do muflové pece, kde byly při teplotě 550 ± 25 °C po dobu 5,5 hodiny spalovány. Poté byly vzorky z pece vloženy do exsikátoru pomocí kleští. Kelímky byly zváženy s přesností na 0,1 mg. Výsledkem je průměr ze tří provedených stanovení. Postup byl proveden dle modifikace normy ČSN ISO 2171 (461019).

Výpočet obsahu popela [%]:

$$P = \frac{m_1 - m_2}{m_3 - m_2} \cdot 100 \quad (3)$$

kde: m_1 – hmotnost porcelánového kelímku s popelem [g],

m_2 – hmotnost prázdného porcelánového kelímku [g],

m_3 – hmotnost porcelánového kelímku s navážkou vzorku [g].

4.6 Stanovení obsahu dusíkatých látek dle Kjeldahla s přepočtem na obsah hrubých bílkovin

Stanovení dusíku bylo provedeno podle Kjeldahla. Do mineralizační zkumavky bylo naváženo 0,25 g vzorku s přesností na 0,1 mg. Ke vzorku bylo v digestoři přidáno 10 ml koncentrované 96% H_2SO_4 , dále 0,5 ml 30% H_2O_2 a 1 lžička směsného katalyzátoru ($Na_2SO_4 + CuSO_4 \cdot 5 H_2O$ v poměru 1:10). Obsah byl poté vložen do mineralizátoru Block Digest 12 se zařízením pro odsávání par zplodin, které vznikají při mineralizaci. Byla zapnuta pračka plynů, digestoř a vyhřívací blok na 400 °C a mineralizace probíhala 1 hodinu. Po skončení mineralizace a následném vychladnutí zkumavek byly mineralizáty převedeny kvantitativně do odměrných baněk o objemu 25 ml a byly destilovanou vodou doplněny po rysku. Do destilační baňky přístroje Behr S2 bylo poté pipetováno 10 ml zředěného mineralizátu a byl automaticky dávkován 30 hmot. % roztok NaOH tak, aby byl v přebytku. Po přidavku NaOH byl uvolněn amoniak, který byl předestilován s vodní parou a jímán do předlohy s 50 ml 2 hmot. % roztoku H_3BO_4 . Dále bylo po skončení destilace do předlohy přidáno 3 až 5 kapek indikátoru Tashiro a roztok byl titrován $0,025 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ H_2SO_4 do stálého červenofialového zbarvení. Obsah dusíku vypočítaný ze spotřeby H_2SO_4 byl převeden na obsah hrubé bílkoviny pomocí přepočítávacího faktoru 6,25. Výsledkem byl průměr ze čtyř stanovení. Obsah dusíku byl stanoven dle modifikace normy ČSN EN ISO 20483.

Výpočet obsahu hrubé bílkoviny [mg]:

$$m_B = V_b \cdot 10^{-3} \cdot c_{H_2SO_4} \cdot M_N \cdot f_t \cdot f_z \cdot f_{př} \quad (4)$$

kde: V_b – spotřeba odměrného roztoku H_2SO_4 při titraci [ml],

$c_{H_2SO_4}$ – koncentrace (přesná) odměrného roztoku H_2SO_4 [$\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$],

M_N – molární hmotnost dusíku [$M_N = 14,01 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$],

f_t – titrační faktor ($f_t = 2$),

f_z – zředovací faktor ($f_z = 25 \text{ ml} / 10 \text{ ml} = 2,5$),

$f_{př}$ – přepočítávací faktor ($f_{př} = 6,25$).

Výpočet obsahu hrubé bílkoviny [%]:

$$S_B = \frac{m_B}{m_n} \cdot 100 \quad (5)$$

kde: m_B – obsah hrubé bílkoviny [g],

m_n – hmotnost navážky vzorku [g].

4.7 Stanovení obsahu lipidů dle Soxhleta

Předem vysušené extrakční nádoby s varnými kamínky byly zváženy na analytických vahách s přesností na 0,1 mg. Do prázdných extrakčních patron byly naváženy 2 g vzorku. Patrony byly poté vloženy do drátěných držáků, které byly vloženy do zvážených extrakčních nádobek. Poté bylo do extrakčních nádobek nalito 100 ml n-hexanu (extrakčního činidla) a patrona byla překryta smotkem vaty. Extrakční nádoby byly vloženy do přístroje Soxtherm a poté následovala extrakce po dobu 2 hodin a 22 minut. Po skončení extrakce byly extrakční nádoby vyjmuty z přístroje a nádoby s odstraněnými patrony byly sušeny v sušárně při 65 °C pro odpaření zbytkového hexanu. Poté byly nádoby zváženy a byl vypočítán obsah lipidů ve vzorku. Průměrná hodnota lipidů ve vzorku byla vypočítána ze tří stanovení.

Výpočet obsahu lipidů [%]:

$$S_L = \frac{m_2 - m_1}{m_{vz}} \cdot 100 \quad (6)$$

kde: m_1 – hmotnost prázdné nádoby s varnými kamínky [g],

m_2 – hmotnost vysušené nádoby s lipidy [g],

m_{vz} – hmotnost navážky vzorku [g].

4.8 Spektrofotometrické stanovení chlorofylů v matcha čajích

Pro stanovení chlorofylů bylo nejprve naváženo 0,05 g vzorku a přidáno 20 ml 80 % acetonu do třecí misky spolu s CaCO_3 , aby se zabránilo tvorbě feofytinu. Poté se nechaly třecí misky stát 15 minut v temnu. Směs se zfiltrovala přes filtrační papír smočený 80 % acetonem a extrakt se převedl do 25 ml odměrné baňky a doplnil se 80 % acetonem po rysku. Nakonec se v kyvetě změřila absorbance extraktu při vlnových délkách 649 a 665 nm oproti 80 % acetonu jako blanku.

Výpočet množství chlorofylů [mg.l^{-1}]:

$$\text{Chlorofyl a} = 11,63 \cdot (A665) - 2,39 \cdot (A649) \quad (7)$$

$$\text{Chlorofyl b} = 20,11 \cdot (A649) - 5,18 \cdot (A665) \quad (8)$$

$$\text{Celkový chlorofyl} = 6,45 \cdot (A665) + 17,72 \cdot (A649) \quad (9)$$

kde: A649 – absorbance při vlnové délce 649 nm

A665 – absorbance při vlnové délce 665 nm

4.9 Stanovení vlákniny

4.9.1 Stanovení hrubé vlákniny

Do předem acetonem propraných a v digestoři odvětraných filtračních sáčků F57 bylo naváženo 0,5 g vzorku s přesností na 0,1 mg. Poté byly sáčky zataveny a jeden sáček byl zataven prázdný – pro stanovení korekce. Sáčky byly vloženy do uzavřené nádoby s acetonem, kvůli vyextrahování tuku. Po odvětrání v digestoři byly sáčky umístěny do přístroje Ankom²²⁰ Fiber Analyzer. Do analyzátoru bylo přidáno $0,1275 \text{ mol.dm}^{-3} \text{ H}_2\text{SO}_4$ a bylo zapnuto topení a míchání. Hydrolyza vzorků probíhala při $100 \text{ }^\circ\text{C}$ po dobu 45 minut. Po této době byl přístroj vypnut, kyselina byla vypuštěna a sáčky byly promývány horkou destilovanou vodou o teplotě okolo $90 \text{ }^\circ\text{C}$, a to 3x po dobu 5 minut. Celý proces byl opakován, ale s přidavkem $0,313 \text{ mol.dm}^{-3} \text{ NaOH}$ opět při $100 \text{ }^\circ\text{C}$ po dobu 45 minut. Po skončení byl NaOH vypuštěn a sáčky byly opět promývány 3x horkou destilovanou vodou a na závěr 1x studenou destilovanou vodou po dobu 5 minut. Dále byly sáčky vyjmuty z přístroje a byla z nich vysušena přebytečná voda pomocí filtračních papírů. Sáčky byly opět ponořeny do acetonu, odvětrány v digestoři a na závěr vysušeny v sušárně při $105 \text{ }^\circ\text{C}$ zhruba 4 hodiny. Po skončení této doby byly vloženy do exsikátoru a zváženy s přesností opět na 0,1 mg. Dále byly sáčky vloženy do předem vyžíhaných a zvážených porcelánových kelímků a byly páleny při $550 \pm 25 \text{ }^\circ\text{C}$ asi 5,5 hodiny. Na závěr byly po vychladnutí v exsikátoru zváženy s přesností na 0,1 mg a stanovení bylo provedeno 3x.

Výpočet obsahu hrubé vlákniny [%]:

$$\text{CF} = \frac{(m_3 - m_1 \cdot c_1) - (m_4 - m_1 \cdot c_2)}{m_2} \cdot 100 \quad (10)$$

kde: m_1 – hmotnost prázdného sáčku [g],
 m_2 – hmotnost navážky vzorku [g],
 m_3 – hmotnost sáčku po vysušení [g],
 m_4 – hmotnost popela po spálení vysušeného sáčku [g],
 c_1 – korekce hmotnosti sáčku po hydrolýze [g],
 c_2 – korekce sáčku po spálení [g].

Výpočet korekce [g]:

$$c_1 = \frac{m_S}{m_1} \quad (11)$$

$$c_2 = \frac{m_P}{m_1} \quad (12)$$

kde: m_S – hmotnost vysušeného prázdného sáčku po hydrolýze [g],
 m_P – hmotnost popela prázdného sáčku [g].

4.9.2 Stanovení neutrálně detergentní vlákniny

Pro stanovení neutrálně-detergentní vlákniny byl nejdříve připraven roztok neutrálně-detergentního činidla (NDČ), kdy bylo naváženo 120 g činidla NDČ (obsahující disodnou sůl kyseliny etylendiamintetraoctové, tetraboritan sodný dekahydrát, hydrogenfosforečnan sodný a laurylsulfát sodný) s 20 ml trietylglykolu do 2 l destilované vody (pH 6,9 až 7,1). Poté byl připraven pracovní neutrálně-detergentní roztok NDR přidáním 20 g siřičitanu sodného a 4 ml α -amylázy do (NDČ). V acetonu promyté a následně odvětrané filtrační sáčky byly popsány fixem na textil a prázdné zváženy (hmotnost m_1). Poté bylo do každého sáčku naváženo 0,5 g vzorku s přesností na 0,1 mg, z nichž jeden sáček byl bez navážky zataven a byl označen jako korekční (hmotnost m_2). Navážené vzorky byly v sáčcích rovnoměrně rozprostřeny a poté vloženy do přístroje Ankom²²⁰ Fiber Analyzer, kam byl také nalit NDR. Následně bylo po uzavření přístroje zapnuto míchání a ohřev na teplotu 100 °C. Po 75 minutách bylo vypnuto míchání i ohřev a NDR byl pomocí vypouštěcího ventilu vypuštěn. Po otevření horního otvoru přístroje byl 3x proveden proplach horkou vodou s přídatkem 4 ml α -amylázy. Mezi každým proplachem bylo zapnuto míchání na 5 minut. Nakonec byl pro ochlazení přístroje a sáčků proveden ještě jeden proplach studenou vo-

dou. Sáčky vyjmuté z přístroje byly pomocí filtračního papíru vysušeny a pro odmaštění byly ponořeny na 3 minuty do acetonu. Po uplynuté době byly sáčky odvětrány a vloženy do sušárny nastavenou na teplotu 105 °C, kde byly ponechány 4 hodiny. Po vysušení byly pro vychlazení vloženy do exsikátoru a následně zváženy (hmotnost m_3). Na závěr byly jednotlivé sáčky vloženy do porcelánových kelímků, které byly žíhány v peci na 550 ± 25 °C po dobu 5,5 hodiny. Po žíhání byly opět pro vychlazení vloženy do exsikátoru a pro zjištění hmotnosti spáleného obsahu zváženy (hmotnost m_4). Následně byla vypočítána neutrálně-detergentní vláknina NDF [%] pomocí vztahu:

$$\text{NDF} = \frac{(m_3 - m_1 \cdot c_1) - (m_4 - m_1 \cdot c_2)}{m_2} \cdot 100 \quad (13)$$

$$c_1 = \frac{m_S}{m_1} \quad (14)$$

$$c_2 = \frac{m_P}{m_1} \quad (15)$$

kde: m_1 – hmotnost prázdného sáčku [g],
 m_2 – hmotnost navážky vzorku [g],
 m_3 – hmotnost sáčku po vysušení [g],
 m_4 – hmotnost popele [g],
 c_1 – korekce hmotnosti sáčku po hydrolýze [g],
 c_2 – korekce hmotnosti sáčku po spálení [g],
 m_S – hmotnost vysušeného prázdného sáčku po hydrolýze [g],
 m_P – hmotnost popele prázdného sáčku [g].

4.10 Stanovení antioxidační aktivity metodou DPPH

Pro stanovení je potřeba připravit pracovní roztok DPPH (2,2-difenyl-1-pikrylhydrazyl). Na zásobní roztok bylo rozpuštěno 24 mg DPPH ve 100 ml metanolu. Ze zásobního roztoku byl dle spotřeby potřebné ke stanovení míchán pracovní roztok v poměru 10 ml zásobního roztoku DPPH na 45 ml metanolu. Byla změřena absorbance pracovního roztoku A_0 proti metanolu při 515 nm. Pro měření bylo do zkumavky pipetováno 8,55 ml pracovního roztoku DPPH a potřebné množství extraktu vzorku. Směs se nechala 60 minut reagovat v temnu. Po uplynutí doby byla změřena absorbance A_1 při vlnové délce 515 nm.

Z naměřených hodnot úbytku absorbance, byla vypočtena dle vzorce 1 hodnota inaktivace. Výsledná antioxidační aktivita byla vypočtena na základě rovnice lineární regrese a byla vyjádřena jako ekvivalentní množství mg troloxu v 1 g vzorku. Stanovení bylo pro všechny extrakty provedeno ve dvojnásobném opakování a každé opakování bylo proměřeno třikrát. Bylo tedy získáno 12 hodnot pro každou frakci každého vzorku.

$$\text{Inaktivace (\%)} = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \cdot 100 \quad (16)$$

4.10.1 Kalibrační křivka pro stanovení antioxidační aktivity metodou DPPH

Jako standard byl použit trolox, jehož zásobní roztok byl připraven rozpuštěním v metanolu na koncentraci 800 mg.l⁻¹. Jeho ředěním byla připravena kalibrační řada o koncentracích 40, 80, 120, 160 a 200 mg.l⁻¹. Jednotlivé koncentrace byly přidávány k 8,55 ml pracovního roztoku v množství 450 µl a po 60 minutách v temnu měřeny na spektrofotometru Lambda 25 při vlnové délce 515 nm. Z naměřených hodnot úbytku absorbance byla sestavena kalibrační křivka jako závislost inaktivace na koncentraci troloxu [mg.l⁻¹].

4.11 Stanovení celkového obsahu polyfenolů Folin-Ciocalteuho metodou

Do 10 ml odměrné baňky bylo pipetováno 5 ml destilované vody, ke které bylo přidáno potřebné množství extraktu vzorku, 0,5 ml Folin-Ciocalteuova činidla, 1,5 ml 20% Na₂CO₃ a baňka byla doplněna destilovanou vodou po rysku. Obsah odměrné baňky byl promíchán a umístěn na 30 minut do temna. Po uplynutí této doby bylo provedeno měření absorbance při vlnové délce 765 nm na spektrofotometru Lambda 25 oproti blanku. Z naměřených hodnot byl s pomocí rovnice kalibrační křivky standardu vypočten celkový obsah polyfenolů ve vzorku, který byl vyjádřen jako ekvivalentní množství mg kyseliny gallové v 1 g vzorku. Stanovení bylo pro všechny extrakty provedeno ve dvojnásobném opakování a každé opakování bylo proměřeno třikrát. Bylo tedy získáno 12 hodnot pro každou frakci každého vzorku.

4.11.1 Kalibrační křivka pro stanovení obsahu polyfenolů Folin-Ciocalteuovou metodou

Jako standard byla použita kyselina gallová, jejíž zásobní roztok byl vytvořen rozpuštěním v metanolu na koncentraci 4 000 mg.l⁻¹. Ředěním byla vytvořena kalibrační řada o koncentracích 50, 100, 200, 400, 600 a 800 mg.l⁻¹. Do 10 ml odměrné baňky bylo pipetováno 5 ml

destilované vody, ke které bylo přidáno 200 μl standardu, 500 μl Folin-Ciocalteuova činidla, 1,5 ml 20% uhličitanu sodného a odměrná baňka byla doplněna po rysku. Obsah odměrné baňky byl promíchán a umístěn na 30 minut do temna. Poté byly jednotlivé koncentrace proměřeny na spektrofotometru Lambda 25 při vlnové délce 765 nm. Z naměřených hodnot byla sestavena kalibrační křivka jako závislost absorbance A na koncentraci c kyseliny gallové [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$].

4.12 Stanovení vitamínu C

Extrakce vitamínu C byla provedena rozpuštěním 0,5 g čaje matcha do 25 ml extrakční směsi, která sestávala ze směsi metanol: kyselina fosforečná: voda v poměru 99,0: 0,5: 0,5. Vzorky byly třepány 15 minut v tmavých lahvích a pak filtrovány přes nylonové filtry (13 mm, 0,45 μm). Vitamin C byl stanoven za použití Dionex Ultimate 3000 HPLC chromatografu. Pro analýzu vitamínu C byl nástřik na kolonu 20 μl , průtok mobilní fáze 0,8 ml min^{-1} a teplota kolony byla 25 ° C. Vitamin C byl stanovován na koloně C8 Dionex Acclaim (150 x 2.1 mm; 5 μm). Mobilní fáze byla stejná jako extrakční směs a bylo použito izokratické eluce. Detekce vitamínu C byla provedena při vlnové délce 254 nm.

4.12.1 Kalibrační křivka pro stanovení vitamínu C

Odpověď DAD byla lineární v rozmezí kalibrace 1 – 4 $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ ($R^2=0,9993$). Vitamin C byl identifikován a kvantifikován za použití retenčního času a metody standardního přídatku. Kalibrační křivka byla sestrojena jako závislost plochy píku ($\text{mAU}\cdot\text{min}$) na koncentraci standardu [$\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$]. Obsah vitamínu C byl vypočítán z rovnice lineární regrese.

4.13 Statistické vyhodnocení

S pomocí Dean-Dixonova testu (Q-testu) byly z naměřených výsledků vyloučeny odlehle hodnoty. Poté bylo provedeno statistické vyhodnocení pomocí parametrického testu, který srovnává střední hodnoty dvou nezávislých souborů (Studentův t -test) s hladinou významnosti 5 %. Ze zbylých hodnot byl výsledek vyjádřen jako aritmetický průměr se směrodatnou odchylkou. Pro zpracování výsledků byl použit program StatK25.

5 VÝSLEDKY A DISKUZE

5.1 Výsledky stanovení vlhkosti a popele

Tabulka 1 prezentuje hodnoty vlhkosti a popele u jednotlivých vzorků matcha čajů. Stanovení bylo provedeno metodami uvedenými v kapitolách 4.4 a 4.5. Všechny výsledky v bakalářské práci jsou uvedeny vždy jako aritmetický průměr a směrodatná odchylka (SD).

Tab. 2: Obsah vlhkosti a popele ve vzorcích matcha čajů

Vzorek	Vlhkost \pm SD [%]	Popel \pm SD [%]
Khoisan tea	4,4 \pm 0,1 ^a	5,9 \pm 0,1 ^a
Kissa	4,8 \pm 0,1 ^b	6,7 \pm 0,1 ^b
Moya	4,5 \pm 0,2 ^{a,b}	7,1 \pm 0,1 ^c
Bio Matcha tea	3,1 \pm 0,2 ^c	6,0 \pm 0,1 ^a
Zelenáčky od Kačky	5,6 \pm 0,1 ^d	5,7 \pm 0,1 ^d
Don Matcha	3,8 \pm 0,2 ^e	5,6 \pm 0,1 ^e
Whittard	3,1 \pm 0,2 ^{c,f}	6,5 \pm 0,1 ^f
Royal Pharma	3,9 \pm 0,2 ^{e,g}	5,4 \pm 0,1 ^g

Hodnoty ve sloupcích, které mají stejné písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ($P \geq 0,05$). Hodnoty ve sloupcích, které mají odlišné písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ($P < 0,05$).

Za vlhkost se považují látky, které těkají za podmínek metody. Pevný zbytek po odstranění vody u vzorku pak nazýváme sušinou. Z naměřených hodnot, které můžeme vidět v tabulce lze usoudit, že nejvyšší vlhkost měl vzorek Zelenáčky od Kačky (5,6 %), naopak nejnižší vlhkost byla naměřena u vzorků Whittard (3,1 %) a Bio Matcha tea (3,1 %). Norma pro obsah vlhkosti v matcha čajích neexistuje, ale lze uvést, že obsah vlhkosti u černých čajů se běžně pohybuje v rozmezí 4 – 12 % [3, 20].

Získaný obsah popela u vzorků po spálení představuje obsah minerálních prvků daných vzorků. U všech vzorků je obsah popele vyšší než 5 %. Vzorek Royal Pharma obsahuje nejnižší obsah popele a to 5,4 %, oproti vzorku Moya, který má nejvyšší obsah popele (7,1 %). Všechny vzorky se v obsahu popele navzájem statisticky lišily, až na čaje Khoisan a Bio matcha. Množství celkového popele u zelených čajů je min. 4 % a max. 8 %. V tomto rozmezí se nachází všechny analyzované vzorky matcha čajů, i když pro matcha čaje konkrétně normy v obsahu popele nejsou deklarovány [26].

5.2 Výsledky stanovení dusíku dle Kjeldahla s přepočtem na obsah hrubých bílkovin a stanovení obsahu lipidů dle Soxhleta

Jak ukazuje tabulka 3, byly z testovaných vzorků nejbohatší na obsah hrubých bílkovin vzorky Kissa Matcha tea (36,0 %) a Whittard (35,9 %). Naopak mezi vzorky s nejnižším obsahem hrubé bílkoviny lze zařadit vzorek Royal Pharma (21,1 %).

Stanovení obsahu lipidů dle Soxhleta bylo provedeno metodou popsanou v kapitole 4.7. V tabulce 3 jsou uvedeny výsledky stanovení obsahu lipidů v matcha čajích.

Tab. 3: Obsah hrubé bílkoviny a lipidů ve vzorcích matcha čajů

Vzorek	Obsah hrubé bílkoviny \pm SD [%]	Lipidy \pm SD [%]
Khoisan tea	24,5 \pm 0,4 ^a	6,6 \pm 0,1 ^a
Kissa Matcha tea	36,0 \pm 0,1 ^{b,g}	6,2 \pm 0,1 ^b
Moya	28,9 \pm 0,3 ^c	6,2 \pm 0,1 ^{b,c}
Bio Matcha tea	25,2 \pm 0,3 ^d	8,2 \pm 0,1 ^d
Zelenáčky od Kačky	24,4 \pm 0,1 ^a	5,9 \pm 0,1 ^e
Don Matcha	26,3 \pm 0,1 ^e	7,1 \pm 0,1 ^f
Whittard	35,9 \pm 0,1 ^g	6,5 \pm 0,1 ^a
Royal Pharma	21,1 \pm 0,1 ^f	6,0 \pm 0,1 ^{e,g}

Hodnoty ve sloupcích, které mají stejné písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ($P \geq 0,05$). Hodnoty ve sloupcích, které mají odlišné písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ($P < 0,05$).

Obsah hrubých bílkovin u měření klesala v pořadí Kissa Matcha tea \geq Whittard $>$ Moja $>$ Don Matcha $>$ Bio Matcha tea $>$ Khoisan tea \geq Zelenáčky od Kačky \geq a Royal Pharma. Obsah hrubých bílkovin je u všech testovaných vzorků vyšší než 20 %, což je v rozmezí 19 – 30 %, jak udává literatura. Matcha čaje obsahují vyšší množství proteinů, ale vzhledem k tomu, že se matcha konzumuje v malém množství, tak jsou z výživového hlediska zanedbatelné. Navíc, rostlinné proteiny nejsou plnohodnotné.

Lipidy se rozumí tuky ve formě triacylglycerolů, ale také fosfolipidy. Nejnižší obsah lipidů byl obsažen ve vzorku matchy Zelenáčky od Kačky (5,9 %) a Royal Pharma (6,0 %). To může být výhodné především pro skladování, kvůli možnému oxidačnímu žluknutí [23]. Naopak nejvyšší obsah lipidů byl obsažen ve vzorku Bio Matcha tea (8,2 %). Tento vzorek je pro skladování více problematický, jelikož je zde větší náchylnost k oxidaci mastných kyselin. Pro přesnější hodnocení by bylo vhodné stanovit obsah jednotlivých mastných kyselin ve vzorcích. Množství lipidů v zelených čajích se pohybuje cca do 5 % [46],

všechny analyzované vzorky matcha čajů obsahují vyšší množství lipidů, než je uvedeno v literatuře.

5.3 Výsledky stanovení obsahu hrubé vlákniny a neutrálně – detergentní vlákniny

Stanovení obsahu hrubé vlákniny u matcha čajů bylo provedeno metodou, která je více popsána v kapitole 4.9.1. Tabulka 4 ukazuje výsledky jak obsahu hrubé vlákniny u jednotlivých vzorků, tak také neutrálně detergentní vlákniny.

Tab. 4: Obsah hrubé vlákniny a neutrálně – detergentní vlákniny

Vzorek	Hrubá vláknina ± SD [%]	ND vláknina ± SD [%]
Khoisan tea	15,4 ± 0,7 ^a	41,2 ± 0,8 ^a
Kissa	10,8 ± 1,2 ^{b,f,g}	36,5 ± 0,8 ^{b,e}
Moya	12,4 ± 0,1 ^c	32,4 ± 1,6 ^{c,e}
Bio Matcha tea	11,5 ± 0,3 ^{b,d}	37,7 ± 2,7 ^{b,d,e}
Zelenáčky od Kačky	11,7 ± 0,7 ^{b,e}	36,6 ± 2,1 ^e
Don Matcha	10,9 ± 0,5 ^f	35,6 ± 3,5 ^{b,c,e,f}
Whittard	9,6 ± 0,3 ^g	38,4 ± 2,9 ^{a,b,e}
Royal Pharma	11,8 ± 1,1 ^{b,c,f,h}	36,4 ± 2,9 ^{b,g,e}

Hodnoty ve sloupcích, které mají stejné písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ($P \geq 0,05$). Hodnoty ve sloupcích, které mají odlišné písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ($P < 0,05$).

Hrubá vláknina představuje komplex celulózy a ligninu. Nejnižší obsah hrubé vlákniny byl naměřen u vzorku Whittard (9,6 %), nejvyšší obsah byl detekován u vzorku Khoisan tea (15,4 %). Vláknina je velmi významná především pro podporu peristaltiky střev a také pro bakteriální flóru v tlustém střevě. Vzhledem k tomu, že matcha čaj se konzumuje ve velmi nízkém množství (obvykle 2 g denně), tak zajisté příspěvek vlákniny k denní doporučené dávce (25 g osobu a den) bude nevýznamný. Zelené čaje obsahují cca okolo 10 % hrubé vlákniny [47], což splňují všechny analyzované vzorky matcha čajů, kromě vzorku Whittard, kde je obsah hrubé vlákniny pod 10 %. Norma pro obsah lipidů v matcha čajích není stanovena.

Neutrálně – detergentní vlákninu tvoří komplex celulózy, ligninu a nerozpustných hemice-lulóz. Nejvyšší obsah ND vlákniny obsahují vzorky Khoisan tea (41,2 %) a Whittard (38,4 %), u vzorků Moya (32,4 %) a Don Matcha (35,6 %) byl naopak naměřen nejnižší obsah

ND vlákniny. V porovnání s naměřenými hodnotami pro hrubou vlákninu, lze říci, že obsah zároveň hrubé i neutrálně detergentní vlákniny je nejvyšší u vzorku 1 (Khoisan tea).

5.4 Výsledky stanovení chlorofylů

Chlorofyl byl stanoven spektrofotometricky pomocí metody popsané v kapitole 4.8 a výsledky jsou uvedeny v tabulce 5.

Tab. 5: Obsah chlorofylů ve vzorcích matcha čajů

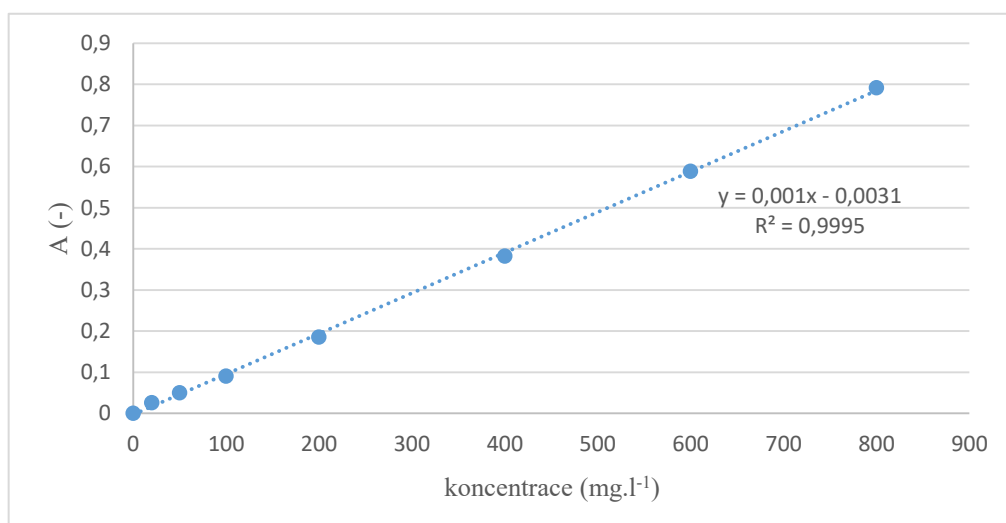
Vzorek	chlor <i>a</i> ± SD [mg.g ⁻¹]	chlor <i>b</i> ± SD [mg.g ⁻¹]	total ± SD [mg.g ⁻¹]
Khoisan tea	1,1 ± 0,1 ^a	0,5 ± 0,1 ^a	1,6 ± 0,1 ^a
Whittard	3,2 ± 0,1 ^b	1,7 ± 0,1 ^b	4,9 ± 0,1 ^b
Don Matcha	2,5 ± 0,1 ^{c,f}	1,3 ± 0,1 ^c	3,8 ± 0,1 ^c
Bio Matcha tea	1,1 ± 0,1 ^a	0,6 ± 0,1 ^d	1,7 ± 0,1 ^d
Royal Pharma	1,1 ± 0,1 ^a	0,6 ± 0,1 ^{d,e}	1,7 ± 0,1 ^e
Zelenáčky od Kačky	1,5 ± 0,1 ^d	0,7 ± 0,1 ^f	2,1 ± 0,1 ^f
Kissa	2,3 ± 0,1 ^{e,f}	1,1 ± 0,1 ^g	3,3 ± 0,2 ^g
Moya	2,4 ± 0,1 ^f	1,2 ± 0,1 ^{c,h}	3,7 ± 0,1 ^h

Hodnoty ve sloupcích, které mají stejné písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ($P \geq 0,05$). Hodnoty ve sloupcích, které mají odlišné písemné indexy, se mezi sebou statisticky liší ($P < 0,05$).

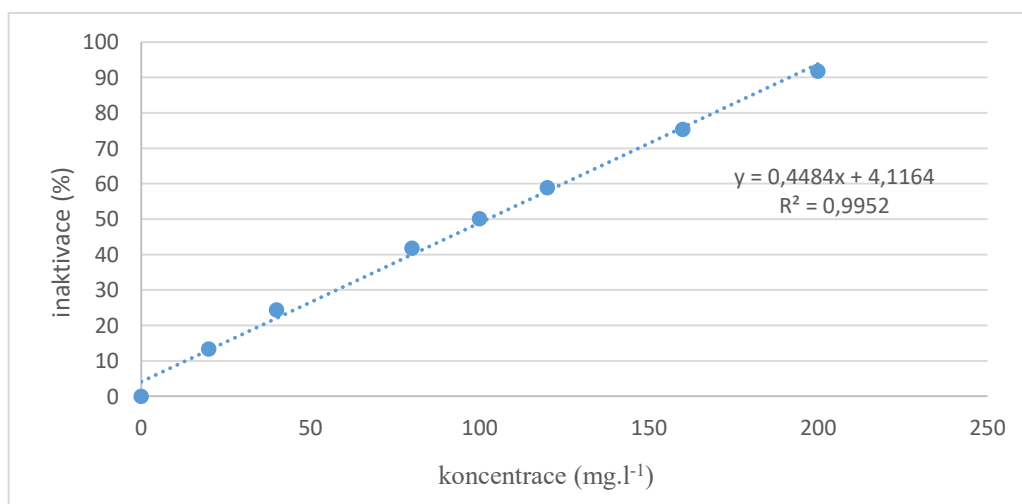
Chlorofylové barvivo je typické pro zelenou barvu listů. K tvorbě chlorofylu je třeba světlo a teplota nad 4 °C. Nejvyšší obsah chlorofylu *a* obsahuje vzorek Whittard (3,2 mg.g⁻¹). Naopak nejnižší koncentrace chlorofylu *a* mají vzorky Khoisan tea, Bio Matcha tea a Royal Pharma (všechny 1,1 mg.g⁻¹). U vzorků Khoisan tea (0,5 mg.g⁻¹), Bio Matcha tea a Royal Pharma (oba 0,6 mg.g⁻¹) byl naměřen nejnižší obsah chlorofylu *b*. Nejvyšší obsah chlorofylu *b* má vzorek Whittard (1,7 mg.g⁻¹). Nejvyšší hodnota celkového chlorofylu byla naměřena u vzorku Whittard (4,9 mg.g⁻¹), naopak nejnižší hodnota byla naměřena u vzorků Khoisan tea (1,6 mg.g⁻¹), Bio Matcha tea a Royal Pharma (oba 1,7 mg.g⁻¹). Vysušené čajové lístky zeleného čaje obsahují 1,4 mg celkového chlorofylu [42], z čehož vyplývá, že všechny testované vzorky matcha čaje obsahují vyšší hodnoty chlorofylu, než uvádí literatura. Chlorofyl dodává čaji matcha typickou zelenou barvu.

5.5 Výsledky stanovení antioxidační aktivity metodou s DPPH a celkového obsahu polyfenolů

Nejprve byly proměřeny jednotlivé kalibrační body standardů a následně byly sestrojeny kalibrační křivky těchto standardů (grafy 1 a 2) pro kyselinu gallovou (koncentrace 50; 100; 200; 400; 600 a 800 mg.l^{-1}) a pro trolox (koncentrace 40; 80; 120; 160 a 200 mg.l^{-1}). Z rovnic lineární regrese byly vypočítány obsahy celkových polyfenolů a antioxidační aktivity.



Obr. 9: Kalibrační křivka kyseliny gallové pro stanovení celkových polyfenolů



Obr. 10: Kalibrační křivka troloxu pro stanovení antioxidační aktivity

Výsledky stanovení celkových polyfenolů (TPC – Total Phenolic Content) a výsledky antioxidační aktivity (AOA – Antioxidant activity) jsou zapsány do tabulky 6. Výsledky ob-

sahu TPC jsou uvedeny v ekvivalentech kyseliny gallové (mg GAE.g^{-1}), výsledky stanovení antioxidační aktivity jsou uvedeny v ekvivalentech troloxu (mg TE.g^{-1}).

Tab. 6: Obsah celkových polyfenolů a hodnota antioxidační aktivity

vzorek	TPC \pm SD [mg GAE.g^{-1}]	AOA \pm SD [mg TE.g^{-1}]
Khoisan tea	74,7 \pm 1,2 ^a	187 \pm 5 ^a
Whittard	81,3 \pm 2,8 ^b	212 \pm 2 ^b
Don Matcha	88,5 \pm 5,3 ^c	229 \pm 1 ^c
Bio Matcha tea	84,3 \pm 2,0 ^d	216 \pm 3 ^b
Royal Pharma	88,3 \pm 2,9 ^c	215 \pm 2 ^b
Zelenáčky od Kačky	88,1 \pm 1,0 ^c	219 \pm 5 ^d
Kissa	72,3 \pm 0,6 ^d	179 \pm 2 ^e
Moya	64,4 \pm 1,9 ^e	193 \pm 6 ^f

Hodnoty ve sloupcích, které mají stejné písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ($P \geq 0,05$). Hodnoty ve sloupcích, které mají odlišné písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ($P < 0,05$).

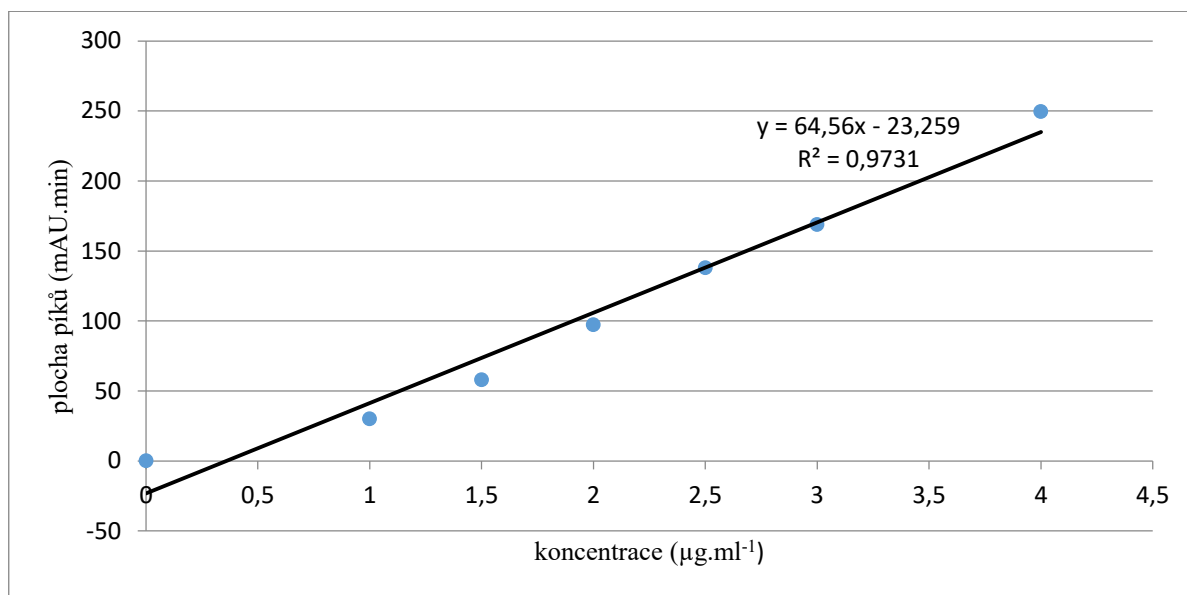
Stanovované polyfenoly u jednotlivých vzorků byly nejvyšší u vzorku Don Matcha (88,5 mg GAE.g^{-1}), Royal Pharma (88,3 mg GAE.g^{-1}) a Zelenáčky od Kačky (88,1 mg GAE.g^{-1}), naopak nejnižší obsah polyfenolů obsahoval vzorek Moya (64,4 mg GAE.g^{-1}). Weiss and Anderton (2003) stanovovali celkový obsah polyfenolů v matcha čajích, které vyextrahovali 100 % metanolem a zjistili, že nejvyšší hodnotu TPC je v ekvivalentech kyseliny gallové [51]. Zdrojem polyfenolických látek je kromě čaje také zelenina, ovoce, vláknina, víno, aromatické a léčivé rostliny.

Antioxidační aktivita je schopnost směsi látek inhibovat oxidační degradaci různých sloučenin. Metoda s DPPH hodnotí eliminaci syntetického stabilního radikálu DPPH. Z naměřených hodnot antioxidačních aktivit u vzorků lze usoudit, že nejvyšší antioxidační aktivitu má vzorek Don Matcha (229 mg TE.g^{-1}) a nejnižší hodnota antioxidační aktivity je u vzorku Kissa (179 mg TE.g^{-1}).

5.6 Výsledky stanovení vitamínu C

Jak dokazuje tabulka 7, až na shodu u dvou vzorků, všechny mezi sebou v obsahu vitamínu C vykazují statisticky významný rozdíl. Vitamin C byl stanoven chromatograficky pomocí metody popsané v kapitole 4.13. Kalibrační křivka byla sestrojena jako závislost plochy píku na koncentraci vitamínu C. Z rovnice lineární regrese byl vypočten obsah vitamínu C

v matcha čajích. Kalibrační křivka byla naměřena pro koncentrace 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0 a 4,0 $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$.



Obr. 11: Kalibrační křivka pro stanovení vitamínu C

Tab. 7: Obsah vitamínu C ve vzorcích matcha

vzorek	Vitamin C \pm SD [mg/g]
Khoisan	2,56 \pm 0,13 ^a
Whittard	2,86 \pm 0,12 ^b
Mo Cha Fen	3,46 \pm 0,05 ^c
Don Matcha	3,25 \pm 0,10 ^d
Bio Matcha	3,19 \pm 0,14 ^{d,e}
Royal Pharma	3,98 \pm 0,05 ^f
Kissa	1,95 \pm 0,05 ^g
Moya	1,63 \pm 0,05 ^h

Hodnoty ve sloupcích, které mají stejné písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ($P \geq 0,05$). Hodnoty ve sloupcích, které mají odlišné písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ($P < 0,05$).

Výsledky stanovení obsahu vitamínu C jsou uvedeny v tabulce 7. Koncentrace vitamínu C jsou v širokém rozmezí od 1,63 do 3,98 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$. Bohužel literární data zaměřená na množství vitamínu C v čaji matcha jsou vzácné. Park et al. (2009) měřil vitamin C v prášku ze zeleného čaje od 1,35 do 1,53 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$. Jak jsme viděli z našich výsledků, čaj matcha obsahoval více než dvakrát vyšší hladiny vitamínu C.

ZÁVĚR

Cílem práce bylo analyzovat nutriční a biologicky aktivní látky v matcha čajích. Teoretická část byla věnována historii, pěstování, výrobě, nutričním a biologicky aktivním látkám zelených a matcha čajů. Byly charakterizovány jednotlivé druhy pravých čajů, u zelených i nejnámější zástupci. V praktické části bylo analyzováno stanovení obsahu vlhkosti referenční metodou, obsahu popela, dusíkatých látek dle Kjeldahla s přepočtem na obsah hrubých bílkovin, obsah lipidů dle Soxhleta, dále spektrofotometrické stanovení chlorofylů v matcha čajích, stanovení vlákniny – hrubé a neutrálně – detergentní vlákniny, antioxidační aktivita pomocí metody s DPPH, celkového obsahu polyfenolů Folin–Ciocalteuho metodou a také stanovení vitamínu C.

Z naměřených hodnot u jednotlivých vzorků matcha čajů vyplynulo, že ani jeden z nich neměl obsah vlhkosti vyšší než 12 %. Získaný obsah popela u vzorků po spálení představuje obsah minerálních prvků. U všech vzorků matcha čajů byl obsah popela vyšší než 5 %. Množství celkového popela u zelených čajů má být min. 4 % a max. 8 %. V tomto rozmezí se nacházely všechny analyzované vzorky.

Matcha čaje obsahují vyšší množství proteinů, ale vzhledem k tomu, že se matcha konzumuje v malém množství, tak jsou z výživového hlediska zanedbatelné. Obsah bílkovin v matcha čajích se pohyboval od 21,1 % do 36,0 %. Obsah lipidů v matcha čajích byl naměřen od 5,9 % do 8,2 %. Nižší obsah lipidů může být výhodný především pro skladování, kvůli možnému oxidačnímu zluknutí. Vzorky s vyšším obsahem tuků jsou pro skladování více problematické, jelikož je zde větší náchylnost k oxidaci mastných kyselin.

Hrubá vláknina představuje komplex celulózy a ligninu. Obsah hrubé vlákniny u vzorků matcha čajů se pohyboval od 9,6 % do 15,4 %. Vláknina je velmi významná především pro podporu peristaltiky střev a také pro bakteriální flóru v tlustém střevě. Vzhledem k velmi nízké konzumaci matcha čaje je zajiště obsah vlákniny v kontextu denní doporučené dávky zanedbatelný. Neutrálně – detergentní vlákninu tvoří komplex celulózy, ligninu a nerozpustných hemicelulóz. V porovnání s naměřenými hodnotami pro hrubou vlákninu, lze říci, že obsah ND vlákniny jsou výrazně vyšší, a to od 32,4 % do 41,2 %.

Chlorofyl byl u matcha čajů stanoven spektrofotometricky. Obsah celkového chlorofylu se pohyboval v matcha čajích od 1,6 mg.g⁻¹ do 4,9 mg.g⁻¹. Chlorofyl dodává čaji matcha typickou zelenou barvu a jeho obsah a stabilita je pro matcha čaje stěžejním ukazatelem. Obsah chlorofylu v matcha čajích je cca 2 – 3x vyšší než u čajů zelených.

Matcha čaje jsou bohatým zdrojem polyfenolů, mají také vysokou hodnotu antioxidační aktivity. Obsah celkových polyfenolů se pohyboval v rozmezí od 64,4 do 88,5 mg GAE.g⁻¹. Hodnoty antioxidační aktivity pak byly naměřeny v rozmezí 179 – 229 mg TE.g⁻¹.

Výsledky chromatografického stanovení obsahu vitamínu C se pohybovaly v širokém rozmezí. Literární data zaměřená na množství vitamínu C v čaji matcha jsou vzácné. Z našich výsledků lze detekovat, že čaj matcha obsahoval více než dvakrát vyšší hladiny vitamínu C.

Z dosažených výsledků lze shrnout, že matcha čaj je zejména zdrojem proteinů, chlorofylu, vlákniny a polyfenolů. Vzhledem k nízkým dávkám denního příjmu, však nelze očekávat výrazný přísun hlavních nutrientů. Lze však matcha čaj doporučit ke konzumaci ve formě převážně nápoje jako součást denního pitného režimu, a to díky komplexu polyfenolů a vyšším hodnotám antioxidační aktivity.

Všechny druhy čaje, a v poslední době i matcha čaje, jsou využity nejen jako nápoje, ale staly se i součástí farmaceutického, potravinářského a kosmetického průmyslu. Ve farmacii jsou využívány hlavně extrakty z pravých a bylinných čajů jako léčiva či součásti léčiv. V potravinářství se uplatnily čaje, především extrakty, pro vytvoření chuti a vůně mnoha potravin. Matcha čaje se používají jako surovinové komponenty do mnoha potravin, kde může plnit i funkci nutriční složky.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] HARA, Yukihiro. *Green tea: health benefits and applications*. New York: Marcel Dekker, c2001. Food science and technology (Marcel Dekker, Inc.), 106. ISBN isbn0-8247-0470-3.
- [2] MITSCHER, Lester A. a Victoria DOLBY TOEWS. *Knih o zeleném čaji: čínský pramen mládí: jak pomoci zeleného čaje předcházet rakovině a zpomalovat stárnutí*. Praha: ZEMS, 2006. ISBN 80-720-5153-9.
- [3] PRATT, James Norwood a Diana ROSEN. *Rádce milovníka čaje: průvodce pro pravého znalce o tom, jak kupovat, připravovat a vychutnávat čaj*. Praha: Pragma, 1999. ISBN 80-720-5672-7.
- [4] OPPLIGER, Peter a Diana ROSEN. *Nová kniha o zeleném čaji: průvodce pro pravého znalce o tom, jak kupovat, připravovat a vychutnávat čaj*. Praha: Pragma, 2000. ISBN 80-720-5758-8.
- [5] WACHENDORF, Viola von a Diana ROSEN. *Čaj: průvodce pro pravého znalce o tom, jak kupovat, připravovat a vychutnávat čaj*. Praha: Slovart, c2007. ISBN 978-80-7209-922-1.
- [6] RECMAN, Tomáš. *Zelený čaj*. 1. vyd. Praha: 2003, 133 s. ISBN 80-7237-651-9
- [7] CHEADLE, Louise a Nick KILBY. *Knih o čaji matcha: vše, co jste o tomto úžasném zeleném superčaji chtěli vědět*. Praha: Euromedia, 2017. Esence. ISBN 978-80-7549-284-5.
- [8] VALTER, Karel a Nick KILBY. *Vše o čaji pro čajomily: vše, co jste o tomto úžasném zeleném superčaji chtěli vědět*. 3. aktualiz. vyd. Praha: Granit, 2001. Esence. ISBN 80-729-6013-X.
- [9] WU, Runjin a Erika Alice HAASE. *Léčíme se čínskými čaji: vše, co jste o tomto úžasném zeleném super čaji chtěli vědět*. Praha: Ivo Železný, 2003. Praktické recepty. ISBN 80-237-3802-X.
- [10] ROUPEC, Jiří a Erika Alice HAASE. *Okouzující vůně čaje: Magazín o sběratelství, ale nejen pro sběratele*. Brno: Rovnost, 1993. Interes. ISBN 80-901-3547-1.
- [11] ŽAČEK, Z. *Nad šálkem plným vůně*. 1. Vyd. Praha: Merkur, 1977, 257 s. ISBN 51-219-77

- [12] *What is matcha*: [online]. [cit. 2018-02-16]. Dostupný z WWW:
<https://www.medicalnewstoday.com/articles/305289.php>
- [13] *Čínská čajová plantáž*: [online]. [cit. 2018-02-16]. Dostupný z WWW:
<https://epochaplus.cz/zasadni-objev-budeme-diky-nemu-pit-lepsi-caj/>
- [14] *Camellia sinensis*: [online]. [cit. 2018-02-16]. Dostupný z WWW:
<https://www.biolib.cz/cz/image/id49253/>
- [15] *Černý čaj*: [online]. [cit. 2018-03-08]. Dostupný z WWW:
<https://www.manutea.cz/assam-komsong-tgfopi-cerny-caj-x1417>
- [16] *Oolong čaj*: [online]. [cit. 2018-03-08]. Dostupný z WWW:
<http://www.gastroslovník.sk/gastro-sprivedca/gastro-sprivedca-detail/oolong-caj/>
- [17] *Matcha tea*: [online]. [cit. 2018-03-08]. Dostupný z WWW:
<http://cookingwithsusa.blogspot.sk/2015/01/zeleny-zazrak-matcha-tea.html>
- [18] *Sencha* [online]. [cit. 2018-04-16]. Dostupný z WWW:
<https://www.manutea.cz/sencha-makato-zeleny-caj-x1262>
- [19] *Gyokuro* [online]. [cit. 2018-04-16]. Dostupný z WWW:
<http://www.e-cajovna.net/japonsky-caj-i-aneb-vzhuru-na-cestu-k-zaponcum>
- [20] ALMAJANO, M. P., CARBO, R., JIMENEZ, J. A. L., GORDON, M. H. *Antioxidant and antimicrobial activities of tea infusions*. Food Chemistry. 2008, roč. 108, č. 1, s. 55-63.
- [21] BULÁNKOVÁ, Iveta. *Léčivé rostliny na naší zahradě*. Praha: Grada, 2005. Česká zahrada. ISBN 80-247-1274-1.
- [22] KORBELÁŘ, J., ENDRIS, Z., KREJČA J. *Naše rostliny v lékařství*. 5. přeprac. vyd. Praha: Avicenum, 1981. 504 s. ISBN: 735 21-08/31 08-092-81.
- [23] VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin*. Tábor: OSSIS, 1999. Česká zahrada. ISBN 80-902-3914-5.
- [24] Matthew E Harbowy. *Tea chemistry*. Critical Reviews in Plant Sciences, 1997. DOI: 10.1080/07352689709701956
- [25] Y. H. HUI. *Handbook of Food and Beverage Fermentation Technology*, CRC Press, Stanfield, 2004. ISBN: 978-0-203-91355-0

- [26] Vyhláška: 330/1997 Sb. [online]. [cit. 2018-04-16]. Dostupné na stránce: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1997-330>
- [27] Sabu M Chacko. *Beneficial effects of green tea: A literature review*. Chinese Medicine, 2010, 5:13. DOI: 10.1186/1749-8546-5-13
- [28] TEUFL, Cornelia. *Zelený čaj - elixír zdraví*. Překlad Romana Barfussová. Praha: Metamedia, 2000. ISBN 80-238-5536-0
- [29] ROSEN, Diana. *Rádce milovníka zeleného čaje*. Překlad Markéta Janouchová. Praha: Pragma, 2000. ISBN 80-7205-755-3.
- [30] LÜBECK, Walter. *Zelený čaj: [uzdravující požitky]*. Překlad Miroslav Hubáček. Vyd.1. Olomouc: Fontána, 2007. ISBN 978-80-7336-413-7.
- [31] KHAN, Naghma a Hasan MUKHTAR. *Tea polyphenols for health promotion*. Life Sciences. 2007, 81(7), 519-533]. DOI: 10.1016/j.lfs.2007.06.011. ISSN 00243205.
- [32] SHARANGI, A. B. *Medicinal and therapeutic potentialities of tea (Camellia sinensis L.) – A review*. Food Research International. 2009, 42(5-6), 529-535. DOI: 10.1016/j.foodres.2009.01.007. ISSN 09639969.
- [33] PASTORE, Robert L. a Patrick FRATELLONE. *Potential Health Benefits of Green Tea (Camellia sinensis): A Narrative Review*. EXPLORE: The Journal of Science and Healing. 2006, 2(6), 531-539. DOI: 10.1016/j.explore.2006.08.008. ISSN 15508307.
- [34] ROBERTS, G.R., ANDERSON, G.W. *Changes undergone by free amino-acids during the manufacture of black tea*. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 1966, roč. 17, č. 4, s. 182-188.
- [35] HORIE, H., KOHATA, K. *Analysis of tea components by high-performance liquid chromatography and high-performance capillary electrophoresis*. Journal of Chromatography A. 2000, roč. 881, č.1 – 2, s. 425-438.
- [36] SÁDECKÁ, J., POLONSKÝ, J. *Electrophoretic methods in the analysis of beverages*. Journal of Chromatography A. 2000, roč. 880, č. 1-2, s. 243-279.
- [37] DAVIS, L. A., LEWIS, J. R., CAI, Y., POWELL, C., DAVIS, A. P., WILKINS, J. P. G., PUDNEY, P., CLIFFORD, M. N. *A polyphenolic pigment from black tea, Phytochemistry*. 1997, roč. 46, č. 8, s. 1397-1402.

- [38] CHEBY, T. O., *The Chinese green tea and cardiovascular health, Journal of Agricultural-and-Food-Chemistr.* 2006, roč. 108, č. 3, s. 301-308.
- [39] M. Ošťádalová: *Hodnocení organoleptických vlastností vybraných bylinných čajů.* 2007, 110 s. UTB ve Zlíně, Fakulta technologická.
- [40] LIU, R., H. *Potencial synergy of phytochemicals in cancer prevention: mechanism of action.* In *Journal of Nutrition*, 2004. vol. 134, p. 3479S-3485S.
- [41] TIMORACKÁ, M., VOLLMANNOVÁ, A., BYSTRICKÁ, J. *Polyphenols in chosen species of legume-a review.* *Potravinarstvo*, 2010. 4(4). 65-72.
- [42] ŠILAROVÁ, Petra, Lenka ČESLOVÁ a Milan MELOUN. *Fast gradient HPLS/MS separation of phenolics in green tea to monitor their degradation.* *Food Chemistry* [online]. 2017, 10 [cit. 2017-11-30]. Dostupné z: web of science
- [43] DIETZ, Christina, Matthijs DEKKER a Batina PIQUERAS-FISZMAN. An intervention study on the effect of matcha tea, in drink and snack bar formats, on mood and cognitive performance. *Food Research International* [online]. 2017, 13 [cit. 2017-11-30].
- [44] WEISS, David J. a Christopher R. ANDERTON. Determination of catechins in matcha green tea by micellar electrokinetic chromatography. *Journal of Chromatography A* [online]. 2003, **1011**, 8 [cit. 2017-11-30].
- [45] ZARGAR, Bisma, Darakshan MAJEED, Shaiq Ahmad GANAI, Shabir Ahmad MIR a B. N. DAR. Effect of different processing parameters on antioxidant activity of tea. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2018, **12**(1), 527-534. DOI: 10.1007/s11694-017-9664-5. ISSN 2193-4126. Dostupné také z: <http://link.springer.com/10.1007/s11694-017-9664-5>
- [46] MUNIVENKATAPPA, Nalina, Saroja SARIKONDA a Rajkumar RAJAGOPAL. Variations in quality constituents of green tea leaves in response to drought stress under south Indian condition. *Scientia Horticulturae*. 2018, (233), 10.
- [47] TONG, Zhao, Chen ZHONGZHENG, Lin XIAORONG, Ren ZHONGYANG, Li BIN a Zhang YUANYUAN. Preparation and characterization of microcrystalline cellulose (MCC) from tea waste. *Carbohydrate Polymers*. 2018, 7.

- [48] ROP Otakar, Vojtěch ŘEZNÍČEK, Magdalena VALŠÍKOVÁ, Tunde JURIKOVA, Jiří MLČEK, Daniela KRAMÁŘOVÁ. Antioxidant properties of European cranberrybush fruit (*Viburnum opulus* var. *edule*). *Molecules*. 2010, vol. 15, iss. 6, p. 4467–4477
- [49] PROTIVA, Rani Das a Eun JONG-BANG. A comparative study of ultra-sonication and agitation extraction techniques on bioactive metabolites of green tea extract. *Food Chemistry*. 2018, 7.
- [50] LI, Guizhen, Xiaoqin WANG a Kyung Ho ROW. Magnetic Solid-phase Extraction with Fe₃O₄/Molecularly Imprinted Polymers Modified by Deep Eutectic Solvents and Ionic Liquids for the Rapid Purification of Alkaloid Isomers (Theobromine and Theophylline) from Green Tea. *Molecules*. 2017, **22**(7), 1061-. DOI: 10.3390/molecules22071061. ISSN 1420-3049. Dostupné také z: <http://www.mdpi.com/1420-3049/22/7/1061>
- [51] WEISS, David J. a Christopher R. ANDERTON. Determination of catechins in matcha green tea by micellar electrokinetic chromatography. *Journal of Chromatography A*. 2003, (1011), 7.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AOA Antioxidant activity, antioxidační aktivita

C katechin

CTC Crushing, Tearing, Curling (drcení, trhání, rolování)

ČSN České technické normy

DPPH 2,2-difenyl-1-pikrylhydrazyl

EC epikatechin

ECG epikatechin galát

EGC epigalotechnin

EGCG epigalokatechin-3-galát

HPLC High performance Liquid Chromatography (vysokoúčinná kapalinová chromatografie)

ISO International Organization for Standardization (mezinárodní organizace zabývající se tvorbou norem)

ND Neutrálně-detergentní

NDČ Neutrálně-detergentní činidlo

NDF Neutrálně-detergentní vlákna

NDR Neutrálně-detergentní roztok

SD Standard Deviation (směrodatná odchylka)

TPC Total phenolic content (celkový obsah polyfenolů)

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Zelený prášek matcha [12]	12
Obr. 2: Čajovník čínský [14]	13
Obr. 3: Čínská čajová plantáž [13]	14
Obr. 4: Sencha [18]	18
Obr. 5: Gyokuro [19]	18
Obr. 6: Černý čaj [15]	20
Obr. 7: Oolong čaj [16]	20
Obr. 8: Matcha tea [17]	21
Obr. 9: Kalibrační křivka kyseliny gallové pro stanovení celkových polyfenolů	46
Obr. 10: Kalibrační křivka troloxu pro stanovení antioxidační aktivity	46
Obr. 11: Kalibrační křivka pro stanovení vitamínu C	48

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Účinné látky v čajích a jejich množství [29]	26
Tab. 2: Obsah vlhkosti a popele ve vzorcích matcha čajů	42
Tab. 3: Obsah hrubé bílkoviny a lipidů ve vzorcích matcha čajů	43
Tab. 4: Obsah hrubé vlákniny a neutrálně – detergentní vlákniny	44
Tab. 5: Obsah chlorofylů ve vzorcích matcha čajů	45
Tab. 6: Obsah celkových polyfenolů a hodnota antioxidační aktivity	47
Tab. 7: Obsah vitamínu C ve vzorcích matcha	48