

Obsah biologicky aktivních látek v matcha čajích a jejich stanovení v průběhu přípravy

Ing. Tereza Koláčková, Ph.D.

Teze disertační práce

Teze disertační práce

**OBSAH BIOLOGICKY AKTIVNÍCH LÁTEK V
MATCHA ČAJÍCH A JEJICH STANOVENÍ V
PRŮBĚHU PŘÍPRAVY**

**DETERMINATION OF THE CONTENT OF BIOLOGICALLY
ACTIVE SUBSTANCES IN MATCHA TEA AND THEIR
DETERMINATION DURING PREPARATION**

Autor: **Ing. Tereza Koláčková, Ph.D.**

Studijní program: P2901 Chemie a technologie potravin
Studijní obor: 2901V013 Technologie potravin

Školitel: doc. Ing. Daniela Sumczynski, Ph.D.

Oponenti: prof. RNDr. Leona Buňková, Ph.D.
doc. Ing. Eva Vítová, Ph.D.
doc. Ing. Libor Červenka, Ph.D.

Zlín, září 2023

© Tereza Koláčková

Vydala **Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně** v edici **Doctoral Thesis Summary**.
Publikace byla vydána v roce 2023

Klíčová slova: matcha, Camellia sinensis, nutriční analýza, biologicky aktivní látky, polyfenoly, alkaloidy, antioxidační aktivita, HPLC, ICP-MS, in vitro stravitelnost

Key words: matcha, Camellia sinensis, nutritional analysis, biological active substances, phenolics, alkaloids, antioxidant activity, HPLC, ICP-MS, in vitro digestibility

Plná verze disertační práce je dostupná v Knihovně UTB ve Zlíně.

ISBN 978-80-7678-196-2

Poděkování:

Chtěla bych velmi poděkovat mé vedoucí doc. Ing. Daniele Sumczynski, Ph.D. za cenné rady, odborné vedení disertační práce a také za trpělivost, ochotu a podporu hlavně při dokončování této práce. Dále děkuji Ing. Lence Fojtíkové za rady, strávený čas a pomoc při práci v laboratořích. Také děkuji firmě Oxalis spol. s r.o. za spolupráci a poskytnuté vzorky pro tuto disertační práci. Dále velký dík patří mé mamince a mým nejbližším za vynaloženou podporu a trpělivost při mém studiu, a hlavně při dokončování disertační práce.

„Tea with us became more than an idealization of the form of drinking; it is a religion of the art of life.“

- Okakura's The Book of Tea

ABSTRAKT

Odrůda, podmínky pěstování, sběr a technologie zpracování listů ovlivňuje celkovou kvalitu čajových lístků a konečného nálevu. Disertační práce se zaměřuje na stanovení obsahu základních nutričních a biologicky aktivních látek v práškovém matcha čaji a jeho vyluzích a také po jeho *in vitro* stravitelnosti. Obsah hrubé bílkoviny byl stanoven v koncentracích od 20,3 % do 35,0 % a lipidů od 4,12 do 8,23 %. Obsah chlorofylů *a* a *b* se pohybuje od 1,10 do 4,32 mg.g⁻¹ a 0,46 do 2,73 mg.g⁻¹, koncentrace kofeinu, theofylinu a theobrominu byly stanoveny v rozmezí od 14,1 do 34,4 mg.g⁻¹, od 8,06 do 19,4 μg.g⁻¹ a od 0,14 do 0,27 mg.g⁻¹. Nejvyšší množství z polyfenolů měla kyselina chlorogenová (až 3920 μg.g⁻¹). Mezi nejhojněji zastoupené prvky matcha čaje se řadí K, Mg, Mn, Ca, Fe a Zn. Vyšší teplota luhování má pozitivní vliv na vyšší vyluhování kofeinu, delší doba luhování měla za následek vyšší obsah celkových polyfenolů a flavonoidů v nálevu matcha a tím také vyšší hodnotu antioxidační aktivity. Stravitelnost matcha čaje se pohybuje v sušině od 55,9 do 69,8 % a v organické hmotě od 59,4 do 71,3 %.

ABSTRACT

The variety, growing conditions, picking and leaf processing technology affect the overall quality of the tea leaves and the final infusion. The dissertation focuses on determining the content of basic nutritional and biologically active substances in powdered matcha tea and its extracts, as well as its *in vitro* digestibility. Crude protein content was determined in concentrations from 20,3 % to 35,0 % and lipids from 4,12 to 8,23 %. The content of chlorophylls *a* and *b* varies from 1,10 to 4,32 mg.g⁻¹ and 0,46 to 2,73 mg.g⁻¹, the concentrations of caffeine, theophylline and theobromine were determined in the range from 14,1 to 34,4 mg.g⁻¹, from 8,06 to 19,4 μg.g⁻¹ and from 0,14 to 0,27 mg.g⁻¹. Chlorogenic acid had the highest amount of polyphenols (up to 3920 μg.g⁻¹). The most abundant elements in matcha tea include K, Mg, Mn, Ca, Fe and Zn. A higher brewing temperature has a positive effect on higher caffeine leaching, a longer brewing time resulted in a higher content of total polyphenols and flavonoids in the matcha brew and thus also a higher value of antioxidant activity. The digestibility of matcha tea varies for dry matter digestibility from 55,9 to 69,8% and for organic matter digestibility from 59,4 to 71,3%.

OBSAH

1	SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	7
2	CÍL DISERTAČNÍ PRÁCE	9
3	ZVOLENÉ METODY ZPRACOVÁNÍ.....	10
3.1	POUŽITÉ VZORKY MATCHA ČAJŮ	10
3.2	PŘÍPRAVA VZORKŮ	11
3.2.1	Prášková forma matcha čaje.....	11
3.2.2	Příprava výluhů matcha čaje	11
3.2.3	Příprava ledových matcha čajů.....	11
3.3	STANOVENÍ SUŠINY	12
3.4	STANOVENÍ POPELA.....	12
3.5	STANOVENÍ DUSÍKU S NÁSLEDNÝM PŘEPOČTEM NA OBSAH HRUBÉ BÍLKOVINY	12
3.6	STANOVENÍ OBSAHU LIPIDŮ.....	12
3.7	STANOVENÍ HRUBÉ A NEUTRÁLNĚ-DETERGENTNÍ VLÁKNINY	13
3.8	STANOVENÍ STRAVITELNOSTI TECHNIKOU <i>IN VITRO</i>	13
3.9	STANOVENÍ CELKOVÝCH POLYFENOLŮ SPEKTOFOTOMETRICKY	13
3.10	STANOVENÍ CELKOVÝCH FLAVONOIDŮ SPEKTOFOTOMETRICKY	13
3.11	STANOVENÍ CHLOROFYLŮ SPEKTOFOTOMETRICKY	13
3.12	STANOVENÍ ANTIOXIDAČNÍ AKTIVITY.....	14
3.12.1	Metoda se zhášením radikálu ABTS	14
3.12.2	Metoda se zhášením radikálu DPPH.....	14
3.13	STANOVENÍ POLYFENOLICKÝCH KYSELIN POMOCÍ HPLC.....	14
3.14	STANOVENÍ KOFEINU, L-THEANINU, THEOBROMINU A THEOFYLINU POMOCÍ HPLC-UV	14
3.15	STANOVENÍ MINERÁLNÍCH A STOPOVÝCH PRVKŮ METODOU ICP-MS	15
3.15.1	Mineralizace vzorku	15
3.15.2	ICP-MS instrumentace	15
3.15.3	Kalibrace a přesnost měření	15
3.16	STATISTIKA	15
4	VYBRANÉ DOSAŽENÉ VÝSLEDKY PRÁCE	16

4.1	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST I – NUTRIČNÍ ANALÝZA PRÁŠKOVÉ FORMY MATCHA ČAJE	16
4.1.1	Výsledky stanovení základních nutričních parametrů.....	16
4.1.2	Stanovení chlorofylů <i>a</i> a <i>b</i>	19
4.2	STANOVENÍ MINERÁLNÍCH A STOPOVÝCH PRVKŮ POMOCÍ ICP-MS.....	20
4.2.1	Toxické prvky.....	21
4.3	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST II – STANOVENÍ BIOLOGICKY AKTIVNÍCH LÁTEK VE VODNÝCH A METHANOLOVÝCH VÝLUZÍCH MATCHA ČAJŮ.....	26
4.3.1	Stanovení celkových flavonoidů, polyfenolů a antioxidační aktivity.....	26
4.3.2	Stanovení fenolického profilu pomocí HPLC.....	27
4.4	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST III – STANOVENÍ BIOLOGICKY AKTIVNÍCH LÁTEK VE VYBRANÝCH LEDOVÝCH MATCHA ČAJÍCH.....	32
4.4.1	Stanovení kofeinu, theobrominu, theofylinu a L-theaninu.....	32
4.4.2	Stanovení antioxidační aktivity (ABTS, DPPH) a celkových polyfenolů a flavonoidů v ledových matcha čajích.....	34
4.5	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST IV – STANOVENÍ VYBRANÝCH NUTRIČNÍCH A BIOLOGICKY AKTIVNÍCH LÁTEK V NESTRÁVENÉM PODÍLU MATCHA ČAJE PO PROCESU SIMULACE TRÁVENÍ PROCESEM <i>IN VITRO</i>	35
4.5.1	Stanovení sušiny, popela a stravitelnosti.....	35
4.5.2	Vliv stravitelnosti na uvolňování xantinových alkaloidů a L-theaninu.....	36
5	PŘÍNOS PRO VĚDU A PRAXI.....	39
6	ZÁVĚR.....	40
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	42
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	52
	SEZNAM TABULEK.....	53
7	PUBLIKAČNÍ AKTIVITY AUTORA.....	54
8	ODBORNÝ ŽIVOTOPIS AUTORA.....	56

1 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Camellia sinensis L. je stále zelený, 1–2 m vysoký keř, rostoucí převážně v Číně, Tibetu, Indii a Japonsku. Listy jsou kožovité s matným povrchem, 4–15 cm dlouhé, 2–5 cm široké, silné a mají tupý konec. Mladé lístky jsou hladké a mají krátké bílé chloupky na spodní straně. Tyto se sklízí přednostně pro výrobu jemnějšího a kvalitnějšího čaje. Rozdílné stáří listů určuje kvalitu budoucího nápoje i jeho chemické složení. Čím jsou lístky starší, tím více tmavnou a chloupky se vytrácí. Druh *Camellia sinensis* má také stříbřitě šedé, hedvábné pupeny, květy jsou žluto-bílé o průměru 2–4 cm se 7–8 okvětními lístky. Při výrobě kvalitnějšího čaje jsou nejdříve sklizeny pupeny a první 2–3 mladé listy pro další zpracování (Hilal, 2017; Namita et al., 2012; Wachendorfová, 2007).

Chemické složení čajových listů významně závisí na klimatických podmínkách a postupech pěstování, složení půdy, nadmořské výšce, době sklizení, třídění, zpracování, skladování a sušení, dále také například na technikách extrakce, použitých rozpouštědlech atd. Existuje přímá závislost mezi kvalitou čaje a obsahem aminokyselin, kofeinu a polyfenolů v čajových lístcích, stejně tak obsah popela může být kvalitativním znakem pro uchovatelnost čaje (Muhammad et al., 2013). Chemická analýza pupenů a listů sklizených na jaře odhalila obecně vyšší koncentraci aminokyselin a aromatických sloučenin, ale nižší hladiny celkových polyfenolů a kofeinu než v čajových listech sklizených na podzim (Liu et al., 2015). Mezi hlavní biologicky aktivní látky obsažené v čajích patří polyfenoly, alkaloidy, aminokyseliny, chlorofyl, minerální a stopové prvky a vitaminy (Nawab et al., 2015; Bhutia Pemba et al., 2015; Cabrera et al., 2003).

Zelený čaj má díky bioaktivním složkám, včetně kofeinu, L-theaninu, polyfenolů (z řad flavonoidů), mnoho farmakologických a fyziologických funkcí. Byly studovány účinky antimutagenní, antikarcinogenní, hypocholesterolemické, antibakteriální, antioxidační a antialergenní, které mohou pomoci při snižování hladiny cholesterolu a cukru, snížit riziko oxidačního stresu a kardiovaskulárních chorob a může stimulovat detoxikační procesy (Cooper, 2011; Aman et al., 2013; Saeed et al., 2017; Sielicka-Różyńska et al., 2020). Japonsko společně s Čínou ovládá 20 % jeho světové konzumace. Čaj je jedním z nejoblíbenějších nápojů hlavně díky své chuti a podpurným zdravotním účinkům (Topuz et al., 2014).

Výroba zeleného čaje nezahrnuje proces fermentace, takže si čaj ponechává zelenou barvu. Čajové lístky jsou brzy po sklizni napařovány vysokou teplotou, aby se inaktivovaly enzymy. Dále následuje proces válcování a sušení (Hilal, 2017). Zelený čaj obsahuje mnoho cenných látek jako jsou polyfenoly (flavonoidy, zejména pak katechiny), alkaloidy (kofein, theobromin,

theofylin), barviva (chlorofyly, karotenoidy), dále aminokyseliny (zejména L-theanin), lipidy, polysacharidy, vitamin C a minerální a stopové prvky. Flavonoidy mají antioxidační, protizánětlivé, antialergické a antimikrobiální účinky, dále mohou být zodpovědné za prevenci rakoviny, cukrovky či obezity (Bhutia Pemba et al., 2015; Namita et al., 2012; Saeed et al., 2017; Roshanak et al., 2016). Pití zeleného čaje je spojeno se snížením hladiny glukózy, triglyceridů a celkové hladiny cholesterolu, snížením rizika srdečních ischemických chorob a hraje důležitou roli jako antioxidant (Yamabe et al., 2009; Komes et al., 2010; Xu et al., 2016). Nadměrná konzumace zeleného čaje může mít také negativní důsledky pro konzumenta. Pokud se překročí limit konzumace kofeinu, může ve vyšší míře způsobovat třes rukou, bolesti hlavy, nevolnost či bušení srdce (Hilal, 2017; Ravikumar, 2014).

Matcha je vysoce kvalitní čaj, který se získává díky náročnému procesu pěstování a dalšího zpracování. Pro výrobu matcha čaje jsou čajovníky zastiňovány již z jara (v polovině dubna), jakmile vyraší nové pupeny, hustou tkaninou zabraňující slunečnímu svitu působit na listy. Zastiňování probíhá po dobu tří až čtyř týdnů před sklizní, a to až z 90 % po dobu 20 dnů, což zvyšuje budoucí kvalitu čaje (Dietz et al., 2017). Plantáž se zakryje rákosovými nebo bambusovými rohožemi (tradiční metoda) či plachtami. Ve velkopěstírnách jsou užívány konstrukce postavené kolem keřů, a pomocí nich jsou zastíněny sítěmi, které propustí jen 10 % slunečního svitu. Tento způsob se nazývá tana. Malopěstitelé používají postup zvaný džikagise – tento je jednodušší, protože je látka přehozena přímo přes keře čajovníku (Heiss, 2016). Dopad slunečních paprsků na čajové plantáže je tady snížen na 60 až 75 %. Zamezení přístupu světla způsobí, že se v lístcích zvýší obsah chlorofylu (lístky jsou tmavší), sníží se koncentrace tříslovin a nálev bude mít sladší, ale méně výraznou chuť. Zhruba po deseti dnech, kdy jsou plantáže zastíněny rákosem, se přidá vrstva slámy. Dojde k dalšímu omezení slunečních paprsků na více než 90 %. Rostlina ke svému růstu potřebuje světlo a jeho nedostatek přinutí lístky růst za světlem, takže jsou delší, tenčí a mají jasně zelenou barvu. Díky speciální kultivační metodě zastiňováním jsou čajové listy zvláště bohaté na antioxidační sloučeniny. V průběhu zastiňování jsou rostliny schopny produkovat vyšší množství kofeinu a aminokyselin (zvláště L-theaninu) a dalších bioaktivních sloučenin včetně chlorofylu, odpovědných za jedinečnou, nehořkou chuť a charakteristickou zářivou barvu matchi. Zároveň klesá množství katechinů, které mají trpkou a svíravou chuť. Díky vysokému množství chlorofylu a L-theaninu je matcha vysoce ceněna pro svou kvalitu a je považována za nejaromatičtější zelený čaj (Kochman et al., 2021; Sielicka-Różyńska et al., 2020; ECA, 2016; Okakura, 2000; Pettigrew, 2001; Kaneko et al., 2006; Heiss, 2016).

2 CÍL DISERTAČNÍ PRÁCE

Cílem disertační práce je stanovení obsahu základních nutričních látek a biologicky aktivních látek u vzorků matcha čajů, a to nejen v prášku, ale i v připravených výluzích, ledových čajích a také po simulaci procesu trávení v podmínkách *in vitro*.

Dílčí cíle s jednotlivými stanoveními:

a) Stanovení nutričních a biologicky aktivních látek u matcha čajů v práškové formě (**experimentální část I**):

- stanovení obsahu vlhkosti, popela, hrubé bílkoviny a lipidů, stanovení hrubé a neutrálně-detergentní vlákniny, *in vitro* stravitelnosti,

- stanovení chlorofylu *a* a *b* a celkového chlorofylu spektrofotometricky,

- stanovení prvkového složení pomocí ICP-MS.

b) Stanovení biologicky aktivních látek v připravených vodných výluzích matcha čajů (**experimentální část II**):

- stanovení antioxidační aktivity spektrofotometricky metodami se zhášením radikálů ABTS a DPPH,

- stanovení obsahu celkových polyfenolů a flavonoidů spektrofotometricky,

- stanovení fenolického profilu pomocí HPLC.

c) Stanovení biologicky aktivních látek ve vybraných ledových matcha čajích (**experimentální část III**):

- stanovení antioxidační aktivity spektrofotometricky metodami se zhášením radikálů ABTS a DPPH

- stanovení obsahu celkových polyfenolů a flavonoidů spektrofotometricky,

- stanovení kofeinu, L-theaninu, theobrominu a theofylinu pomocí HPLC.

d) stanovení vybraných biologicky aktivních látek v nestráveném podílu matcha čajů po procesu simulace trávení procesem *in vitro* (**experimentální část IV**):

- stanovení sušiny, popela a stravitelnosti,

- stanovení kofeinu, L-theaninu, theobrominu a theofylinu pomocí HPLC.

3 ZVOLENÉ METODY ZPRACOVÁNÍ

3.1 Použité vzorky matcha čajů

K analýzám byly použity vzorky matcha čajů různých zemí původu (Japonsko, Čína, Korea). Vzorky byly zakupovány ve specializovaných obchodech s prodejem čajů nebo v lékárnách. Čtyři vzorky byly dodány firmou Oxalis, spol. s r.o., se kterou se v rámci disertační práce spolupracovalo. Vzorky byly uchovávány v klimatizované laboratoři při 23 ± 2 °C a bez přístupu slunečního záření. Balení matcha čajů bylo různorodé – od jednoporcových balení (2 g) až po 1000 g.

Tab. 1 Charakteristika analyzovaných vzorků

Vzorky	Označení	Země původu
Bio matcha Shao Xing*	Shao Xing	Čína
Bio matcha Jeju*	Jeju	Korea
Bio matcha Hisui*	Hisui	Japonsko
Bio matcha Asagiri*	Asagiri	Japonsko
100% Organic green Matcha tea	Khoisan	Japonsko
Organic Japanese matcha tea No. 82	Whittard	Japonsko
Mo Cha Fen	Mo Cha Fen	Japonsko
Matcha Japonsko	Don Matcha	Japonsko
Bio Matcha Tea	Bio matcha	Japonsko
Bio original matcha tea	Royal pharma	Japonsko
Matcha tea Focus No. 10	Kissa	Japonsko
Matcha premium	Moya	Japonsko
Premium Japan bio matcha	Japan bio	Japonsko
Premium matcha tea	Allnature	Čína
Bio matcha tea	Wolfberry	Čína

* Vzorky poskytla firma Oxalis, spol. s r.o.

3.2 Příprava vzorků

Pro dané experimenty a následné analýzy byly vzorky matcha čajů připravovány individuálně.

3.2.1 Prášková forma matcha čaje

Vzorky matcha čajů v práškové podobě byly přímo váženy na analytických vahách s přesností na 0,1 mg. U těchto vzorků bylo provedeno stanovení základních nutričních hodnot (sušina, celkový popel, hrubá bílkovina a celkové lipidy), dále stanovení stravitelnosti v podmínkách *in vitro*, hrubé a neutrálně-detergentní vlákniny, chlorofylu *a* a *b*, kofeinu a stopových a minerálních prvků.

3.2.2 Příprava výluhů matcha čaje

Pro přípravu nápoje byly vzorky matcha čajů naváženy na analytických vahách s přesností na 0,1 mg a zality destilovanou vodou o teplotě 70 °C a míchány na magnetickém míchadle po dobu 5 minut. Dále byly vzorky filtrovány přes filtrační papír a následně přes nylonový filtr (13 mm; 0,45 μm). U těchto vzorků bylo provedeno stanovení vyluhovaných celkových polyfenolů a flavonoidů, antioxidační aktivity metodami s ABTS a DPPH a fenolického profilu pomocí HPLC.

3.2.3 Příprava ledových matcha čajů

Byly provedeny různé způsoby přípravy ice-tea matcha extraktů vzorků (Tab. 2). U ledových čajů byly provedeny 3 metody s přidavkem ledu, rozdílnou teplotou vody, navázkou vzorku a dobou luhování. Konečný objem byl 250 ml. Následně byl každý vzorek filtrován přes skládaný papírový filtr KA4 (Smith Filters, UK). Takto připravené vzorky byly dále použity pro stanovení antioxidační aktivity (s ABTS, s DPPH), celkových polyfenolů a flavonoidů, kofeinu, L-theaninu, theobrominu, theofylinu, fenolického profilu, minerálních a stopových prvků.

Pozn.: Pokud byly připravovány vzorky pro následnou prvkovou analýzu pomocí ICP-MS, vždy byla použita voda nebo led v ultrapure kvalitě (18.2 MΩcm) (Purelab Classic Elga system, Labwater/VWS, London, UK), vzorek nebyl připravován ve skle a nebyl v kontaktu s kovy. Byly použity plastové materiály.

Tab. 2 Příprava ledových matcha čajů

Metoda	Navážka vzorku [g]	Objem vody [ml]	Teplota [°C]	Navážka ledu [g]	Doba luhování
1	2,00	150	70	100	5 minut
2	2,00	150	20	100	5 minut
3	2,00	150	20	100	12 hodin v lednici při 8 °C

3.3 Stanovení sušiny

5 g práškového vzorku s přesností na 0,1 mg bylo naváženo do předsušeného kelímku. Vzorky byly sušeny 6 hodin v sušárně při 103 ± 2 °C. Byla použita norma ČSN ISO 1572.

3.4 Stanovení popela

Do předem vyžíhaných a zvážených porcelánových kelímků bylo naváženo 5 g práškového vzorku s přesností na 0,1 mg. Vzorky se pálily 5,5 hodiny při teplotě 550 ± 20 °C. Pro stanovení celkového popela bylo využito normy ČSN ISO 1575.

3.5 Stanovení dusíku s následným přepočtem na obsah hrubé bílkoviny

Pro stanovení obsahu celkového dusíku s přepočtem na obsah hrubé bílkoviny byla použita metoda dle Kjeldahla s mineralizací vzorku mokrou cestou a následnou destilací amoniaku po přidavku nadbytku 30 hm.% NaOH. Výsledný obsah dusíku byl následně násoben přepočítávacím faktorem (6,25) a vyjádřen jako hrubá bílkovina. Byla použita norma ČSN EN ISO 20483.

3.6 Stanovení obsahu lipidů

Celkový obsah lipidů v práškové formě matcha čajů byl stanovován pomocí metody dle Soxhleta s hexanem jako extrakčním činidlem. Extrakce probíhala na zařízení Soxtherm Gerhard po dobu 2 hodin a 22 minut (Koláčková et al., 2020a).

3.7 Stanovení hrubé a neutrálně-detergentní vlákniny

Při stanovení hrubé vlákniny (CF, crude fibre) bylo nejprve naváženo 0,5 g (s přesností na 0,1 mg) práškového vzorku matcha čaje do filtračních sáčků (typ F57, Ankom Technology, USA) a pokračovalo se dle studie Sumczynski et al., 2015a.

Neutrálně-detergentní vláknina (NDF, neutral-detergent fibre) byla stanovena pomocí neutrálně-detergentního činidla. Filtrační sáčky F57 byly promývány v acetonu po dobu 3 minut a poté ponechány při cca 20 °C a dále se pokračovalo dle Koláčková et al., 2020a.

3.8 Stanovení stravitelnosti technikou *in vitro*

Analýza se stanovila dle Mišurcová, 2008. Stravitelnost byla vypočtena podle vzorců Koláčková et al. (2021).

3.9 Stanovení celkových polyfenolů spektrofotometricky

Obsah celkových polyfenolů byl stanoven metodou s pomocí Folin-Ciocalteuho činidla. Výsledky byly vyjádřeny jako ekvivalentní množství mg kyseliny gallové na 1 g vzorku (Cicoo et al., 2009).

3.10 Stanovení celkových flavonoidů spektrofotometricky

Obsah celkových flavonoidů byl stanoven spektrofotometricky pomocí tvorby barevného komplexu s chloridem hlinitým. Výsledky byly vyjádřeny jako ekvivalentní množství mg rutinu na 1 g vzorku (Kotásková et al., 2016a).

3.11 Stanovení chlorofylů spektrofotometricky

Bylo odváženo 0,05 g práškového vzorku s přesností na 0,1 mg, který se rozetřel ve třecí misce s 20 ml 80% acetonu spolu s CaCO₃ (na špičku lžičky) pro zabránění tvorby feofytinu. Směs se nechala 15 minut stát v temnu. Poté byla zfiltrována přes filtrační papír smočený 80% acetonem. Extrakt byl převeden do 25ml odměrné baňky a doplněn 80% acetonem po rysku. Měřila se absorbance extraktu při vlnových délkách 649 a 665 nm oproti 80% acetonu jako blanku. Na základě vzorců 1 až 3 (Vernon, 1960) byl vypočten obsah chlorofylů *a* a *b* i celkový chlorofyl:

$$\text{Chl } a \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) = 11.63 (A_{665}) - 2.39 (A_{649}) \quad (1)$$

$$\text{Chl } b \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) = 20.11 (A_{649}) - 5.18 (A_{665}) \quad (2)$$

$$\text{Celkový chl} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) = 6.45 (A_{665}) + 17.72 (A_{649}) \quad (3)$$

3.12 Stanovení antioxidační aktivity

3.12.1 Metoda se zhášením radikálu ABTS

Pomocí metody s ABTS (2,2'-azinobis-(3-etyl-2,3-dihydrobenzotiazol-6-sulfonátu) dochází ke zhášení kationtu-radikálu ABTS, který byl vyroben reakcí ABTS s peroxodisíranem draselným o koncentraci $0,06 \text{ mol.l}^{-1}$ a ponechán generaci po dobu 16 hodin bez přístupu světla. Dále byla připravena reakční směs, která se ponechala reagovat po dobu 30 minut v temnu. Po uplynutí 30 minut byla změřena absorbance na spektrofotometru Lambda 25 při vlnové délce 734 nm (Sumczynski et al., 2015b).

3.12.2 Metoda se zhášením radikálu DPPH

Zásobní roztok se připravil rozpuštěním 24 mg DPPH (1,1-difenyl-2-((2,4,6-trinitrofenyl)hydrazyl)) ve 100 ml metanolu. Z takto získaného zásobního roztoku DPPH se připravil roztok pracovní. Při vlastním měření vzorků bylo pipetováno do zkumavky vždy 8,55 ml pracovního roztoku DPPH a 450 μl extraktu vzorku. Vzorek byl ponechán 60 minut v temnu a následně se spektrofotometricky proměřila absorbance při vlnové délce 515 nm (Ferri et al., 2013).

3.13 Stanovení polyfenolických kyselin pomocí HPLC

Připravené extrakty vzorků dle kap. 3.2.2 se nastříkávaly na kolonu v množství 10 μl , s dobou analýzy 45 minut, při teplotě kolony 30 °C. Mobilní fázi A byla voda a kyselina octová v poměru 99:1, mobilní fázi B pak voda, acetonitril a kyselina octová v poměru 67:32:1. Eluce probíhala gradientově. Vlnová délka detekce byla 275 nm (Kotásková et al., 2016b).

3.14 Stanovení kofeinu, L-theaninu, theobrominu a theofylinu pomocí HPLC-UV

Vzorky matcha čajů byly připravovány dle kapitoly 3.2. Připravené ledové čaje (kap. 3.2.3) pak byly filtrovány přes nylonový filtr (13 mm, 0,45 μm) a nastříkávány do chromatografu Dionex Ultimate 3000. Mobilní fáze sestávala ze dvou složek. Fáze A byla tvořena směsí vody a 0,05% H_3PO_4 a mobilní fázi B byl acetonitril. Eluce probíhala gradientově. Měření byla vyhodnocována při vlnových délkách 210 nm pro L-theanin a 275 nm pro theobromin, kofein a theofylin (Boros et al., 2016).

3.15 Stanovení minerálních a stopových prvků metodou ICP-MS

3.15.1 Mineralizace vzorku

Prášek matcha čaje byl navážen (0,20 g) do teflonových nádobek s přidavkem 7 ml 67% ultrapure HNO₃ a 1 ml 30% ultrapure H₂O₂. Pro rozklad se použil mikrovlnný systém Milestone Ethos One (Soriso, Itálie). Byl použit program pro čajové listy s parametry dle Koláčková et al., 2020b. Stejným postupem byl mineralizován vzorek nestráveného podílu, který byl připraven digescí technikou *in vitro*.

3.15.2 ICP-MS instrumentace

Analýza se prováděla pomocí hmotnostního spektrometru s indukčně vázaným plazmatem (ICP-MS). Jako kolizní plyn bylo použito hélium. Nastavení konkrétních pracovních parametrů bylo dle Koubová et al., 2018 a Sumczynski et al., 2018.

3.15.3 Kalibrace a přesnost měření

Byly použity certifikované referenční materiály ze zelených řas Metranal® 8 (Analytica Ltd., Jílové, ČR), NIST Rýžová mouka 1568b (Národní ústav pro normalizaci a technologii, zakoupené v Analytica Ltd., Praha, ČR), čajové listy (INCT-TL-1, Institut of Nuclear Chemistry and Technology, Polsko) a Lišejník (IAEA-336, International Atomic Energy Agency, Rakousko). Certifikované materiály byly připraveny stejným způsobem, jako probíhala mineralizace prášku matcha čaje.

3.16 Statistika

Naměřené výsledky jsou vyjádřeny jako střední hodnota v sušině vzorku ± směrodatná odchylka. Výsledky byly vyhodnoceny na hladině významnosti 5 % a zpracovány dle programu StatK25. Pro statistické vyhodnocení se použil Dean Dixonův test (Q-test), jež vylučuje odlehlý výsledek, Shapiro-Wilkův test pro zjištění normality, parametrický Studentův *t*-test srovnávající střední hodnoty dvou nezávislých souborů, dále neparametrický Wilcoxonův test srovnávající střední hodnoty dvou nezávislých souborů a Tukeyův test pro mnohonásobné porovnávání. Pro zjištění lineární závislosti mezi dvěma veličinami byl použit Pearsonův koeficient (Buňka et al., 2008; Kříž et al., 2007).

4 VYBRANÉ DOSAŽENÉ VÝSLEDKY PRÁCE

4.1 Experimentální část I – nutriční analýza práškové formy matcha čaje

4.1.1 Výsledky stanovení základních nutričních parametrů

Výsledky stanovení vybraných nutričních parametrů jsou prezentovány v Tab. 3. Při stanovení sušiny v matcha čajích se její obsah pohyboval v rozmezí 95,2 až 97,5 %. Podle platného nařízení by množství sušiny pro zelený čaj nemělo být nižší než 90 %. Vyšší vlhkost může poukazovat na špatné technologické zpracování a špatné podmínky pro uchovávání a skladování, tedy celkovou kvalitu čaje (Vyhláška č. 330/1997 Sb.).

Obsah popela se signifikantně lišil vyjma vzorků Khoisan a Bio matcha. Pohyboval se v rozmezí od 5,23 do 8,73 %. Dle ISO 11287 (2012) je u zeleného čaje minimální a maximální obsah popela, jako ukazatele minerálních látek, stanoven na 4 a 8 %. Z naměřených výsledků tuto maximální hodnotu překročily tři vzorky. Norma udávající obsah popela pro matcha čaje není. Nicméně, pro udržení dobré kvality čaje někteří autoři vědeckých studií doporučují jeho obsah nižší než 5,54 % (Topuz et al., 2014; Rehman et al., 2002).

V listech zelených čajů se obsah hrubé bílkoviny pohybuje obvykle mezi 1–2 % (Muhammad et al., 2013). Z naměřených dat je vidět, že matcha čaje obsahují 10x vyšší hodnoty v obsahu bílkovin. To je přisuzováno jejímu pěstování pomocí zastiňování, kdy se čajovníku nastaví stresové podmínky, které mají vliv na metabolické dráhy. Obsah bílkovin v zelených čajích není udán žádnou normou.

Koncentrace lipidů se v matcha čajích pohybovaly od 4,12 do 8,23 %. Výrobci či distributoři matcha čajů poskytují přibližnou hodnotu obsahu lipidů kolem 5 %. Je to asi 3–5x více než v listech klasického zeleného čaje (Muhammad et al., 2013). Oxidační stabilita je důležitým parametrem určujícím kvalitu čaje. Poskytuje také informace o dlouhodobé stabilitě přirozeně obsažených antioxidantů a tím o stabilitě produktu.

Tab. 3 Výsledky stanovení nutričních parametrů

Matcha	Sušina [%]	Popel [%]	Hrubá bílkovina [%]	Lipidy [%]
Shao Xing	97,1±0,4 ^a	8,32±0,1 ^a	29,3±0,3 ^a	5,71±0,2 ^a
Jeju	97,0±0,4 ^a	8,73±0,2 ^b	25,0±0,2 ^b	6,53±0,2 ^b
Hisui	97,2±0,4 ^a	7,81±0,1 ^c	26,5±0,2 ^c	6,16±0,1 ^{c,g}
Asagiri	97,5±0,2 ^a	8,12±0,2 ^d	35,0±0,3 ^d	6,25±0,1 ^c
Khoisan	95,6±0,2 ^b	5,91±0,1 ^e	22,3±0,7 ^e	6,68±0,1 ^b
Whittard	96,9±0,4 ^a	6,55±0,2 ^f	34,6±0,2 ^d	6,53±0,2 ^b
Mo Cha Fen	95,8±0,3 ^b	5,23±0,1 ^g	20,3±0,3 ^f	4,12±0,1 ^d
Don Matcha	96,3±0,4 ^{a,b}	5,60±0,1 ^h	27,3±0,1 ^g	7,10±0,1 ^e
Bio Matcha	96,8±0,5 ^{a,b}	6,01±0,1 ^e	25,2±0,5 ^b	8,23±0,2 ^f
Royal Pharma	96,2±0,4 ^{a,b}	5,44±0,1 ⁱ	26,3±0,3 ^c	6,01±0,1 ^g
Kissa	95,2±0,3 ^b	6,72±0,1 ^j	34,7±0,7 ^d	6,25±0,1 ^c
Moya	95,4±0,3 ^b	7,19±0,2 ^k	28,9±0,5 ^a	6,23±0,3 ^c
Japan Bio tea	97,3±0,4 ^a	5,23±0,03 ^a		
Allnature	96,4±0,3 ^b	4,73±0,05 ^b		
Wolfberry	96,2±0,4 ^b	4,58±0,04 ^c		

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota ± SD v sušině (n=3). Číselné hodnoty ve sloupcích se stejnými horními písmennými indexy se významně neliší ($p \geq 0,05$), zatímco hodnoty s různými horními indexy vykazují statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$).

Tab. 4 uvádí výsledky stanovení *in vitro* stravitelnosti práškové formy vzorku, která byla vyjádřena jako hodnota stravitelnosti sušiny (DMD) a organické hmoty (OMD). DMD hodnoty se pohybovaly v rozmezí od 55,9 do 69,8 % a stravitelnost OMD od 59,4 do 71,3 %. Údaje z výzkumu, které hodnotí stravitelnost čajových listů, jsou omezené. Nízké hodnoty stravitelnosti jsou doprovázeny vyššími obsahy vlákniny, a to jak CF, tak i NDF. Zajímavou skutečností je spíše nízká pozitivní korelace mezi vysokým obsahem bílkovin a stravitelností v matcha čajích ($r=0,2995$) (Koláčková et al., 2020a). Je obecně známo, že vyšší množství vlákniny má vliv na snižování stravitelnosti. Rehman et al. (2002) vysvětlili, že stravitelnost proteinů byla výrazně snížena, pokud byly do stravy zahrnuty taniny, protože tyto snižují sekreci enzymů v tenkém střevě a také inhibují amylázy a glukosidázy (Zhang et al., 2018). Obsah CF, který je prezentován celulózu a ligninem, se pohyboval v rozmezí od 10,7 do 17,5 %. Jelikož použitá metoda stanovení CF umožňuje stanovit pouze celulózu a lignin (nerozpustné hemicelulózy pronikají ze sáčku ven), byla proto také stanovena NDF vláknina. Její obsah byl naměřen v rozmezí 30,7–42,8 %. Topuz et al. (2014) zaznamenal obsah CF v listech zelených čajů do 10,7 % a uvedl, že obsah CF je výrazně ovlivněn faktory, jako jsou doba rašení pupenů a úroveň zastínění. Obsah CF je vyšší zároveň s vyššími dávkami použitého hnojiva (Venkatesan a Ganapathy, 2004). Šmiechovska a Dmowski (2006) poté upřesnili, že obsah hrubé vlákniny by neměl být vyšší než 16,5 % za účelem udržení vysoké kvality čaje během jeho skladování. Tato hodnota byla překročena pouze u jednoho vzorku.

Tab. 4 Výsledky stanovení vlákniny a stravitelnosti technikou *in vitro*

Vzorky	CF	NDF	DMD	OMD
	[%]	[%]	[%]	[%]
Shao Xing	11,6±0,2 ^a	37,3±0,3 ^a	61,2±0,5 ^a	64,9±0,5 ^a
Jeju	16,1±0,3 ^b	41,3±0,4 ^b	55,9±0,4 ^b	59,4±0,4 ^b
Hisui	17,5±0,3 ^c	42,8±0,4 ^c	56,3±0,4 ^b	60,0±0,5 ^b
Asagiri	13,0±0,2 ^d	37,7±0,3 ^{a,g}	59,2±0,6 ^c	62,8±0,4 ^c
Khoisan	16,4±0,3 ^b	40,7±0,4 ^b	56,1±0,5 ^b	59,9±0,4 ^b
Whittard	12,6±0,1 ^e	36,0±0,3 ^d	66,0±0,5 ^d	69,7±0,4 ^d
Mo Cha Fen	13,4±0,1 ^f	30,7±0,4 ^e	63,2±0,3 ^e	65,8±0,4 ^e
Don Matcha	12,4±0,2 ^e	35,3±0,4 ^f	60,7±0,4 ^a	63,7±0,5 ^f
Bio Matcha	12,5±0,3 ^e	34,6±0,4 ^g	61,2±0,4 ^a	64,5±0,4 ^a
Royal Pharma	11,9±0,2 ^{a,h}	32,6±0,2 ^h	65,1±0,5 ^f	68,3±0,4 ^g
Kissa	10,7±0,2 ^g	35,8±0,3 ^f	62,4±0,5 ^g	64,8±0,5 ^a
Moya	12,0±0,1 ^h	37,9±0,2 ^g	58,7±0,4 ^c	60,4±0,4 ^b
Japan Bio tea			67,2±0,3 ^a	68,7±0,1 ^a
Allnature			69,3±0,3 ^b	70,8±0,4 ^b
Wolfberry			69,8±0,5 ^b	71,3±0,5 ^b

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota ± SD v sušině (n=3). Číselné hodnoty ve sloupcích se stejnými horními indexy se významně neliší ($p \geq 0,05$), zatímco hodnoty s různými horními indexy vykazují statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$).

4.1.2 Stanovení chlorofylů *a* a *b*

Velký důraz je kladen na zachování zelené barvy listů čaje matcha. Odhaduje se, že asi 4,09 mg.g⁻¹ chlorofyl *a* a 1,42 mg.g⁻¹ chlorofylu *b* jsou v matcha čajích (Kohata et al., 1998a), zatímco průměrný celkový obsah chlorofylu v obyčejném zeleném čaji je v množství 1,20 mg.g⁻¹ (Loranty et al., 2010). Z výsledků je patrné, že obsah chlorofylu *a* a *b* se pohybuje v rozmezí 1,10–4,32 a 0,46– 2,73 mg.g⁻¹. Nízké koncentrace chlorofylu *a* mohou pocházet z

nevhodného výrobního procesu protože chlorofyl *a* mohl být snížen teplem snadněji (Kohata et al., 1998b).

Tab. 5 Výsledky stanovení chlyrofylů v matcha čajích

Vzorky	Chlorofyl <i>a</i> [mg.g ⁻¹]	Chlorofyl <i>b</i> [mg.g ⁻¹]	Celkový chlorofyl [mg.g ⁻¹]
Shao Xing	2,64 ± 0,03 ^a	1,42 ± 0,04 ^a	4,06 ± 0,04 ^a
Jeju	3,21 ± 0,01 ^b	2,13 ± 0,03 ^b	5,34 ± 0,02 ^b
Hisui	3,74 ± 0,02 ^c	2,54 ± 0,04 ^c	6,28 ± 0,03 ^c
Asagiri	4,32 ± 0,03 ^d	2,73 ± 0,04 ^d	7,05 ± 0,04 ^d
Khoisan	1,10 ± 0,02 ^e	0,46 ± 0,02 ^e	1,56 ± 0,02 ^e
Whittard	3,23 ± 0,04 ^b	1,73 ± 0,02 ^f	4,96 ± 0,03 ^f
Mo Cha Fen	1,47 ± 0,02 ^f	0,56 ± 0,01 ^g	2,03 ± 0,02 ^g
Don Matcha	2,61 ± 0,04 ^a	1,41 ± 0,02 ^a	4,02 ± 0,03 ^a
Bio Matcha	3,94 ± 0,04 ^g	1,63 ± 0,02 ^h	5,57 ± 0,02 ^h
Royal Pharma	1,75 ± 0,02 ^h	0,63 ± 0,02 ⁱ	2,38 ± 0,02 ⁱ
Kissa	2,37 ± 0,04 ⁱ	1,13 ± 0,04 ^j	3,50 ± 0,04 ^j
Moya	2,42 ± 0,03 ⁱ	1,24 ± 0,02 ^k	3,66 ± 0,03 ^k

Výsledky jsou uvedeny jako průměr ± SD v sušině vzorku (n=5). Průměry ve sloupci s alespoň jedním identickým horním indexem se významně neliší ($p \geq 0,05$), zatímco průměry s různými horními indexy vykazují významný rozdíl ($p < 0,05$)

4.2 Stanovení minerálních a stopových prvků pomocí ICP-MS

Všeobecně se obsah prvků v rostlinných surovinách připisuje podmínkám prostředí (klimatické, půdní) a výrobním procesům (Erdemir, 2018; Koch et al., 2018). Mezi hlavní prvky obsažené v čajích patří Al, Ca, K, Mg, Mn, Na, P a S, které jsou přítomny obvykle v μg koncentracích na gram čaje. Některé prvky jako např. B, Ba, Co, Cr, Cu, Fe, Ni, Rb, Sr, Ti a Zn nejsou v koncentracích μg , ale spíše ng.g^{-1} . Koncentrace toxických prvků (As, Cd, Hg a Pb) jsou obvykle nízké a jejich obsahy se mohou u různých druhů čajů lišit (Szymczycha-Madeja et al., 2015). Černé čaje mají vyšší obsah stopových prvků a obsahují vyšší koncentrace kovů, a to díky procesu jejich výroby

(Brzezicha-Cirocka et al., 2016a). Obsahy minerálních a stopových prvků, řádově se vyskytujících v μg v 1 g vzorku čaje, jsou uvedeny v Tab. 6, výskyty prvků řádově odpovídající ng jsou prezentovány v Tab. 7. Obsah sodíku u dvou vzorků dosáhl hodnoty $185 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, což je o 50 % více, než bylo publikováno ve studii Koch et al. (2018). Sodík ovlivňuje krevní tlak a reguluje rovnováhu vody v těle (Derun, 2014). Ve vysokých koncentracích byl stanoven hořčík (až do $2400 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), což je v souladu s další publikovanou studií (Erdemir et al., 2018). Jeho nedostatek může způsobovat svalovou slabost a nervové poruchy (Derun, 2014). Vyšších koncentračních hodnot v matcha čajích dosáhl fosfor (až $4180 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$). Kromě zpevňování kostí hraje fosfor důležitou roli i v transportu buněčné energie. Draslík, který působí jako regulátor v osmotické rovnováze buněk a reguluje pozitivně srdeční rytmus (Derun, 2014), je uváděn jako nejvíce zastoupený prvek v zelených čajích s průměrnou koncentrací 16–25 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ (Koch et al., 2018). Obsah draslíku v analyzovaných vzorcích se pohyboval pod uvedeným rozmezím. Naopak obsah vápníku v matcha čajích dosáhl $2650 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, a to souhlasí s literárními údaji (Koch et al., 2018). Nižší koncentrační zastoupení v porovnání s vápníkem má mangan. Hodnoty jeho koncentrací byly od 17,1 do $68,4 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. Námi naměřené hodnoty koncentrací pro tento prvek byly nižší v porovnání se studií Brzezicha-Cirocka et al. (2016b), kde byl obsah manganu až $1380 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. Mangan se podílí na tvorbě kostí a působí jako aktivátor enzymových komplexů. V hemových bílkovinách je detekována většina železa jako základního prvku pro tvorbu červených krvinek (Derun, 2014). Množství dostupného železa z rostlin je ovšem nízké v důsledku přítomnosti kyseliny fytové jako jeho antagonisty. Obsah železa v zelených čajích byl stanoven v rozmezí od 63,6 do $150 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (Symczycha-Madeja et al., 2015), u matcha čaje byl jeho obsah 138–172 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (Koch et al., 2018), což se shoduje s výsledky našeho měření. Měď a zinek spolu metabolicky spolupracují, a to tak, že při nadměrné spotřebě zinku dochází ke snížení koncentrace mědi v lidském těle. Nedostatek zinku může způsobovat vypadávání vlasů a snižovat hojení ran. Například Koch et al. (2018) stanovil obsah zinku v matcha čajích 3x nižší, než bylo naměřeno v této práci. Zdá se, že v matcha čajích jsou i v porovnání s čaji černými vyšší koncentrace mědi. Obsah mědi ve vzorcích matcha čajů dosahoval $25,3 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, v černém čaji byl jeho obsah o něco nižší, dosáhl $19,4 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (Brzezicha-Cirocka et al., 2016a; Symczycha-Madeja et al., 2015). V metabolismu glukózy hraje významnou úlohu chrom (Derun, 2014), selen působí zase jako významný buněčný antioxidant. Obsah chromu v matchi byl mezi 2,12 až $21,1 \text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$, koncentrace selenu nepřesáhla hodnotu $17,6 \text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$.

4.2.1 Toxické prvky

Toxické prvky jako Pb, As, Cd, Hg, Al, Ni a Sn mohou pronikat do rostliny díky znečištění životního prostředí, prostřednictvím kořenového systému z

půdy nebo z povrchové kontaminace listů (Dalipi et al., 2018). Těžké kovy mají nepříznivé zdravotní účinky na lidský organizmus, např. vykazují cytotoxicitu, oxidační stres, endokrinní disrupci či mitochondriální dysfunkci. Některé toxické prvky v lidském těle se mohou akumulovat a způsobit dlouhodobé poškození organismu (Schwalfenberg et al., 2013). Neurotoxická by mohla být spojena s potenciální toxicitou hliníku. Přestože mnoho výzkumů poukázalo na souvislost mezi Alzheimerovou chorobou a hliníkem, nebyl dosud nalezen přímý vztah. Jelikož je *Camellia sinensis* jednou z rostlin, ve kterých může být silně akumulován hliník, je tento prvek v ní monitorován (Street et al., 2006). Nejnižší a nejvyšší koncentrace hliníku v čajích matcha byly 5,42 a 113 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. Ve srovnání se zeleným čajem klasickým je jeho obsah v matcha čajích několikanásobně vyšší (Szymczycha-Madeja et al., 2015). Otázkou je, zda-li jeho akumulaci v rostlině napomáhá zastiňování, což je jedna z hypotéz, která by měla být vědecky podložena. Kadmium je považováno za nefrotoxin, a proto by mělo být taktéž monitorováno (WHO, 2013). S arsenem patří mezi významné kontaminanty, které se do čajů dostávají přes různé přísady, případně hnojiva (Milani et al., 2016). Koncentrace kadmia u matcha čajů byla stanovena do 1,52 $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$, přičemž jiná studie dokládá jeho obsah až 2,6 $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$ (Koch et al., 2018). Koncentrace arsenu se pohybovaly v rozmezí 14,2 až 31,5 $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$. Množství cínu bylo stanoveno do 1,51 $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$. Literární údaje analyzující obsah cínu v matcha čajích jsou vzácné. Hodnoty cínu stanovené u různých druhů čajů se pohybovaly až do hodnot 47,6 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (Lagad et al., 2013). Hromadění cínu v tkáních je poněkud omezené vzhledem k jeho pohybu zažívacím traktem. Cín však může způsobit akutní obtíže gastrointestinálního traktu (WHO, 2006). Mezi příznaky nadměrného příjmu rtuti patří neurologická a kardiovaskulární onemocnění. Nejvyšší koncentrace Hg naměřená u našich vzorků dosahovala hodnoty 2,63 $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$. Schwalfenberg et al. (2013) analyzoval rtuť v čajových listech a v nálevech. V nálevu nebyla přítomnost rtuti detekována, ovšem v čajových listech byla zjištěna koncentrace rtuti až 20 $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$. Zdá se tedy, že rtuť je v listu vázána tak, že se obtížně dostává do čajového výluhu. Hodnoty koncentrací olova byly stanoveny jen u dvou vzorků čajů matcha nad 1 $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$. Olovo v nejvyšší míře postihuje nervovou soustavu. I nikl patří mezi karcinogenní kovy a přispívá k iniciaci epigenetické alterace. Koch et al. (2018) stanovil koncentraci niklu v matcha čajích řádově v $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, v naší práci byly stanoveny nižší obsahy, řádově $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$. Údaje o hladinách příjmu prvků získaných z matchi ve stravě jsou omezené. Při hodnocení úrovně příjmu matcha ve stravě je třeba vzít v úvahu mnoho faktorů, jako je proces vyluhování, stravitelnost a biologická dostupnost minerálů, protože matcha je konzumována jako všechny části listů (Dalipi et al., 2018; Koláčková et al., 2020a).

Tab. 6 Výsledky stanovení obsahu minerálních a stopových prvků v matcha čajích pomocí ICP-MS [$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$]

Prvek	Mo Cha Fen	Whittard	Shao Xing	Asagiri	Bio Matcha	Jeju	Don Matcha	Royal Pharma
^{23}Na	130 \pm 2 ^a	160 \pm 8 ^b	135 \pm 2 ^c	125 \pm 2 ^d	161 \pm 3 ^b	185 \pm 2 ^e	131 \pm 2 ^a	185 \pm 1 ^e
^{24}Mg	1890 \pm 20 ^a	2290 \pm 20 ^b	1850 \pm 20 ^c	1760 \pm 10 ^d	2400 \pm 30 ^e	2090 \pm 20 ^f	2080 \pm 30 ^f	2090 \pm 20 ^f
^{27}Al	9,11 \pm 0,10 ^a	5,42 \pm 0,12 ^b	11,5 \pm 0,1 ^c	12,1 \pm 0,1 ^d	113 \pm 1 ^e	10,8 \pm 0,1 ^f	9,11 \pm 0,20 ^a	10,8 \pm 0,1 ^f
^{31}P	3850 \pm 20 ^a	4070 \pm 20 ^b	4160 \pm 30 ^c	3740 \pm 30 ^d	4040 \pm 20 ^b	3740 \pm 30 ^d	3770 \pm 20 ^d	3740 \pm 30 ^d
^{39}K	2970 \pm 20 ^a	4150 \pm 30 ^b	4290 \pm 30 ^c	2750 \pm 20 ^d	2970 \pm 10 ^a	4190 \pm 30 ^b	2980 \pm 20 ^a	4190 \pm 30 ^b
^{44}Ca	1980 \pm 20 ^a	1650 \pm 20 ^b	2090 \pm 10 ^c	2310 \pm 20 ^d	2640 \pm 20 ^e	2650 \pm 20 ^e	1760 \pm 20 ^f	2650 \pm 30 ^e
^{55}Mn	40,1 \pm 1,0 ^a	59,7 \pm 2,1 ^b	68,4 \pm 2,4 ^c	17,1 \pm 1,0 ^d	19,1 \pm 1,2 ^e	23,5 \pm 1,0 ^f	17,8 \pm 1,2 ^d	24,6 \pm 1,1 ^f
^{57}Fe	89,4 \pm 1,5 ^a	87,5 \pm 1,4 ^a	94,1 \pm 2,8 ^b	112 \pm 3 ^c	96,4 \pm 2,5 ^b	115 \pm 2 ^c	83,6 \pm 1,5 ^d	87,5 \pm 1,8 ^a
^{63}Cu	19,6 \pm 1,2 ^a	6,21 \pm 0,20 ^b	6,12 \pm 0,10 ^b	23,6 \pm 2,0 ^{c,d}	22,9 \pm 0,6 ^c	20,1 \pm 1,0 ^a	25,3 \pm 1,0 ^d	6,69 \pm 0,20 ^f
^{66}Zn	68,5 \pm 1,5 ^a	21,5 \pm 0,5 ^b	23,5 \pm 0,6 ^c	73,0 \pm 1,4 ^d	34,7 \pm 1,1 ^e	24,7 \pm 0,3 ^f	68,5 \pm 1,8 ^a	38,7 \pm 1,0 ^g
^{137}Ba	4,42 \pm 0,08 ^a	4,40 \pm 0,10 ^a	2,21 \pm 0,10 ^b	7,02 \pm 0,10 ^c	3,84 \pm 0,10 ^d	5,33 \pm 0,10 ^e	2,22 \pm 0,1 ^b	4,41 \pm 0,1 ^a

Výsledky jsou uvedeny jako střední hodnota \pm SD v sušině (n=5). Hodnoty v řádku s alespoň jedním identickým horním indexem se významně neliší ($p \geq 0,05$), zatímco hodnoty s různým horním indexem vykazují statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$).

Tab. 7 Výsledky stanovení obsahu stopových prvků v matcha čajích pomocí ICP-MS [ng.g⁻¹]

Prvek	Mo Cha Fen	Whittard	Shao Xing	Asagiri	Bio Matcha	Jeju	Don Matcha	Royal Pharma
⁷ Li	15,4±0,3 ^a	24,8±1,0 ^b	31,6±1,5 ^c	39,1±0,5 ^d	34,3±1,0 ^e	19,6±1,0 ^f	34,7±0,3 ^e	19,6±1,0 ^f
⁹ Be	12,2±0,4 ^a	3,80±0,10 ^b	15,5±0,2 ^c	5,30±0,10 ^d	2,40±0,08 ^e	12,2±0,1 ^a	6,21±0,11 ^f	12,2±0,20 ^a
⁴⁸ Ti	771±10 ^a	421±8 ^b	621±6 ^c	658±9 ^d	459±10 ^e	663±7 ^f	370±10 ^g	380±6 ^f
⁵² Cr	10,9±0,3 ^a	5,60±0,10 ^b	18,9±0,1 ^c	21,1±0,5 ^d	4,80±0,10 ^e	20,3±0,2 ^f	9,61±0,20 ^g	7,93±0,20 ^j
⁵⁹ Co	32,6±1,0 ^a	30,4±1,0 ^b	31,6±0,8 ^a	22,3±0,5 ^c	31,8±1,1 ^a	29,0±0,5 ^d	35,5±1,0 ^e	23,7±1,2 ^c
⁶⁰ Ni	268±3 ^a	205±2 ^b	326±2 ^c	228±2 ^d	366±4 ^e	296±4 ^f	343±2 ^g	281±3 ⁱ
⁷¹ Ga	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
⁷⁵ As	30,1±1,0 ^a	31,5±1,2 ^a	31,2±0,4 ^a	24,2±0,4 ^b	14,2±0,3 ^c	30,0±1,3 ^a	21,2±0,7 ^d	28,0±0,5 ^e
⁷⁷ Se	12,5±0,2 ^a	17,6±0,3 ^b	8,92±0,12 ^c	15,9±0,3 ^d	16,3±0,3 ^d	14,3±0,4 ^e	8,83±0,20 ^f	10,2±0,2 ^h
⁸⁸ Sr	233±2 ^a	288±2 ^b	195±2 ^c	255±3 ^d	388±2 ^e	194±2 ^c	205±3 ^f	408±5 ^g
¹⁰⁷ Ag	17,3±0,5 ^a	14,2±0,3 ^b	25,6±1,0 ^c	30,4±0,5 ^d	31,4±0,4 ^e	18,2±0,5 ^f	25,8±0,4 ^c	23,8±0,4 ^h
¹¹¹ Cd	1,31±0,10 ^a	1,12±0,10 ^b	1,03±0,10 ^c	1,41±0,10 ^a	1,52±0,10 ^d	1,11±0,10 ^b	1,03±0,02 ^c	1,11±0,10 ^b
¹¹⁸ Sn	1,12±0,10 ^a	0,81±0,10 ^b	0,62±0,10 ^c	0,62±0,08 ^c	0,53±0,10 ^{c.e}	1,51±0,10 ^d	0,42±0,03 ^e	1,10±0,10 ^a

Prvek	Mo Cha Fen	Whittard	Shao Xing	Asagiri	Bio Matcha	Jeju	Don Matcha	Royal Pharma
¹³³ Cs	27,4±1,1 ^a	22,8±0,4 ^b	27,6±0,1 ^a	36,5±1,5 ^c	38,9±1,0 ^d	27,6±0,3 ^a	54,3±0,4 ^e	25,1±0,2 ^f
¹⁴⁰ Ce	21,4±0,3 ^a	43,8±1,0 ^b	37,5±1,2 ^c	41,3±0,9 ^d	44,6±1,4 ^e	36,9±1,0 ^c	25,6±0,3 ^f	22,3±0,4 ^h
¹⁶⁵ Ho	0,92±0,10 ^a	0,91±0,10 ^a	1,32±0,10 ^b	1,63±0,11 ^{c,e}	1,01±0,11 ^d	1,52±0,05 ^c	1,54±0,02 ^c	2,22±0,04 ^f
¹⁸¹ Ta	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
²⁰² Hg	1,32±0,10 ^a	1,41±0,10 ^a	2,14±0,05 ^b	1,71±0,10 ^c	1,72±0,10 ^c	1,31±0,10 ^a	2,63±0,10 ^d	1,50±0,10 ^e
²⁰⁵ Tl	1,01±0,10 ^a	2,23±0,10 ^b	2,03±0,10 ^c	1,02±0,10 ^a	1,21±0,10 ^d	2,20±0,10 ^b	1,90±0,05 ^{c,e}	1,81±0,10 ^e
²⁰⁸ Pb	1,82±0,10 ^a	ND	0,07±0,01 ^b	0,05±0,01 ^c	0,07±0,01 ^b	ND	1,04±0,05 ^d	ND
²³⁸ U	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Výsledky jsou uvedeny jako střední hodnota ± SD v sušině (n=5). Hodnoty v řádku s alespoň jedním identickým horním indexem se významně neliší ($p \geq 0,05$), zatímco hodnoty s různým horním indexem vykazují statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$). ND – nebyl detekován, limit detekce: Ga, Ta, Pb, U < 0,01 $\mu\text{g.l}^{-1}$.

4.3 Experimentální část II – stanovení biologicky aktivních látek ve vodných a methanolových výluzích matcha čajů

4.3.1 Stanovení celkových flavonoidů, polyfenolů a antioxidační aktivity

Matcha čaj je připravován ve vodě ve formě „našlehaného“ prášku, takže se tento čaj konzumuje celý, tzn. ve formě listů i s nálevem (Weiss a Anderton, 2003). Mimo polyfenoly uvolněné do nálevu se musí také počítat s tím, že ty, které zůstanou vázané v listech naše tělo dokáže taktéž teoreticky využít v průběhu procesu trávení. V laboratorních experimentech se tento proces simuluje pomocí extrakce biologicky aktivních látek (BAL) do methanolu, což bylo provedeno i v disertační práci. Této problematice se věnuje následně i experimentální část IV disertační práce, kde je proces trávení simulován v podmínkách *in vitro* a byly stanovovány retenční faktory pro vybrané BAL. Jak je vidět v Tab. 8, obsahy celkových flavonoidů (TFC) a polyfenolů (TPC) se pohybovaly v rozmezí od 52,8 do 83,1 mg RE.g⁻¹ a od 64,4 do 93,9 mg GAE.g⁻¹ čaje (Koláčková et al., 2020a). Polyfenoly matcha čaje mohou zvýšit biologickou aktivitu glutathionperoxidázy a superoxidismutázy, čímž mají významný potenciál v ochraně proti oxidačnímu poškození buněk lidského organismu (Bhutia Pemba et al., 2015).

Tab. 8 Výsledky stanovení celkových flavonoidů, polyfenolů a antioxidační aktivity ve vodném výluhu

Matcha	TFC [mg RE.g ⁻¹]	TPC [mg GAE.g ⁻¹]	AOA ABTS [mg TE.g ⁻¹]	AOA DPPH [mg TE.g ⁻¹]
Shao Xing	59,7±0,4 ^a	72,0±1,0 ^a	262±2 ^a	180±5 ^a
Jeju	54,1±0,5 ^{b,h}	79,3±1,0 ^{b,g}	256±2 ^b	169±2 ^b
Hisui	60,9±0,5 ^c	69,6±1,0 ^c	296±3 ^c	192±5 ^c
Asagiri	52,8±0,4 ^d	78,4±0,7 ^b	285±2 ^d	171±2 ^b
Khoisan	64,1±0,4 ^e	75,8±0,7 ^d	288±4 ^d	184±5 ^a
Whittard	68,4±0,6 ^f	84,1±2,0 ^e	319±2 ^e	212±2 ^d
Mo Cha Fen	76,7±0,7 ^g	93,0±1,0 ^f	378±5 ^f	231±4 ^e
Don Matcha	83,1±0,7 ^h	93,9±1,0 ^f	382±5 ^f	229±3 ^e
Bio Matcha	75,5±0,5 ⁱ	84,3±2,0 ^e	329±4 ^g	216±2 ^f
Royal Pharma	77,5±0,6 ^g	80,3±1,0 ^g	346±2 ^h	216±3 ^f
Kissa	54,9±0,5 ^b	72,3±0,6 ^a	277±5 ⁱ	179±3 ^a
Moya	53,9±0,2 ^h	64,4±1,0 ^h	246±3 ^j	193±4 ^c

Výsledky jsou uvedeny jako střední hodnota ± SD v sušině (n=5). Hodnoty ve sloupci s alespoň jedním identickým horním indexem se významně neliší ($p \geq 0,05$), zatímco výsledky s různými horními indexy vykazují statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$). ABTS – 2,2'-azino-bis(3-etyl-2,3-dihydrobenzothiazol-6-sulfonát), DPPH – 1,1-difenyl-2-((2,4,6-trinitrofenyl)hydrazyl), RE – ekvivalent rutinu, GAE – ekvivalent kyseliny gallové, TE – ekvivalent troloxu.

4.3.2 Stanovení fenolického profilu pomocí HPLC

Koncentrace fenolických látek závisí na podmínkách pěstování jako jsou intenzita světla, teplota a faktory ovlivněné podnebím (Jeszka-Skowron et al., 2015). Zelený čaj obsahuje pět hlavních flavonoidů: katechin, epikatechin, epikatechin-3-gallát, epigallokatechin a epigallokatechin gallát (Nishitani a Sagesaka, 2004; Reto et al., 2007; Dietz et al., 2017). Protože předchozí jmenované jsou v oblasti analýzy matcha čajů dostatečně zdokumentovány,

dále byly v práci stanovovány hlavně rutin, kvercetin a kaempferol. Množství čajové hmoty použité na dané množství vody má zásadní význam, stejně jako teplota a doba luhování. Množství polyfenolických látek v matcha čajích tak bylo přepočteno na gram použitého práškového vzorku. Matcha se pěstuje z 90 % zastíněná (Topuz et al., 2014). V důsledku toho se očekává, že množství dostupných fenolů v matcha čajích bude v odlišných koncentracích ve srovnání s klasickými zelenými čaji. Jak je uvedeno v Tab. 9, obsah rutinu dosahoval širokých rozpětí koncentrací (361 až 1590 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), kaempferol byl detekován v množství 1,72 až 16,2 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ a koncentrace kvercetinu v rozmezí 10,5 až 84,9 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$.

Tab. 9 Výsledky stanovení koncentrací rutinu, kaempferolu a kvercetinu ve vodném výluhu

Flavonoidy [$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$]	Rutin	Kaempferol	Kvercetin
Shao Xing	1190 \pm 15 ^a	4,61 \pm 0,1 ^a	13,3 \pm 0,2 ^a
Jeju	787 \pm 10 ^b	12,7 \pm 0,3 ^b	10,5 \pm 0,3 ^b
Hisui	662 \pm 10 ^c	7,22 \pm 0,2 ^c	12,6 \pm 0,2 ^c
Asagiri	827 \pm 10 ^d	16,2 \pm 0,3 ^d	12,4 \pm 0,3 ^c
Khoisan	937 \pm 12 ^e	10,6 \pm 0,3 ^e	83,5 \pm 2,0 ^d
Whittard	998 \pm 10 ^f	7,23 \pm 0,2 ^c	84,9 \pm 2,0 ^d
Mo Cha Fen	361 \pm 10 ^g	8,55 \pm 0,2 ^f	74,8 \pm 2,0 ^e
Don Matcha	386 \pm 10 ^h	4,47 \pm 0,1 ^g	15,9 \pm 0,4 ^f
Bio Matcha	989 \pm 14 ^f	1,72 \pm 0,1 ^h	55,1 \pm 1,0 ^g
Royal Pharma	1180 \pm 12 ^a	5,62 \pm 0,2 ⁱ	46,1 \pm 1,0 ^h
Kissa	1590 \pm 15 ⁱ	8,47 \pm 0,3 ^f	24,4 \pm 1,2 ⁱ
Moya	1170 \pm 12 ^a	6,94 \pm 0,2 ^c	23,6 \pm 1,0 ⁱ

Výsledky jsou uvedeny jako střední hodnota \pm SD v sušině (n=5). Hodnoty ve sloupci s alespoň jedním identickým horním indexem se významně neliší ($p\geq 0,05$), zatímco výsledky s odlišnými horními indexy vykazují statisticky významný rozdíl ($p<0,05$).

Údaje z literatury dosud nepopsaly dostatečně koncentrace fenolických kyselin v matcha čajích. Nishitani a Sagesaka (2004) publikovali koncentraci kyseliny chlorogenové kolem $170 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, kyselina gallová byla zaznamenána v mnoha druzích čajů v širokém koncentračním rozmezí od 40 do $6700 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (Cabrera et al., 2003). Jeszka-Skowron et al. (2015) zase uvedli, že kyselina gallová dominuje hlavně v černých čajích. Profily jednotlivých fenolických kyselin v matcha čajích jsou uvedeny v Tab. 10. Jako dominantní byla detekována kyselina chlorogenová ($2640\text{--}3920 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), následovaly kyseliny sinapová (až $592 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), protokatechinová (až $291 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), ellagová ($79,4\text{--}246 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), gallová ($39,4\text{--}184 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), *p*-hydroxybenzoová (až $167 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), dále kyseliny ferulová ($5,63\text{--}158 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) a kávová ($9,35\text{--}82,2 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$). Pokud se jedná o jednotlivé fenolické kyseliny, hlavními přispěvateli k antioxidační aktivitě byly kyseliny ellagová > protokatechinová > chlorogenová > ferulová > a *p*-hydroxybenzoová.

Tab. 10 Výsledky stanovení koncentrací fenolických kyselin ve vodném extraktu

Kyseliny [µg·g ⁻¹]	GA	PA	<i>p</i> -HBA	ChIA	CA	FA	SA	EA
Shao Xing	184,0±3, 0 ^a	53,8±1,0 ^a	17,0±0,5 ^a	2910±20 ^a	68,2±2,0 ^a	29,4±1,0 ^a	463,0±5,0 a	79,4±2,5 ^a
Jeju	63,9±1,0 b	56,7±2,0 ^b	13,5±0,3 ^b	2790±20 ^b	22,6±1,0 ^b	6,21±0,2 ^b	240,0±3,0 b	86,0±2,5 ^b
Hisui	89,6±1,0 c	68,7±1,0 ^c	14,2±0,3 ^c	3800±10 ^c	13,5±0,3 ^c	15,1±0,2 ^c	247,0±5,0 b	94,7±3,0 ^c
Asagiri	118,0±3, 0 ^d	46,1±2,0 ^d	33,0±1,0 ^d	3350±20 ^d	9,35±0,1 ^d	5,63±0,2 ^d	218,0±3,0 c	93,0±2,0 ^c e
Khoisan	89,4±1,0 c	190,0±4,0 ^e k	89,7±2,0 ^e	3560±10 ^e	68,3±2,0 ^a	158,0±2,0 e	592,0±5,0 d	101,0±2,0 d
Whittard	116,0±1, 0 ^d	278,0±4,0 ^f	158,0±2,0 f	3920±20 ^f	76,1±2,0 ^e	21,8±0,5 ^f	502,0±6,0 e	90,6±1,0 ^e
Mo Cha Fen	100,0±2, 0 ^e	291,0±5,0 ^g	126,0±1,0 g	3350±20 ^d	38,2±0,5 ^f	52,2±1,0 ^g	96,0±1,0 ^f	246,0±2,0 f

Kyseliny [$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$]	GA	PA	<i>p</i>-HBA	ChlA	CA	FA	SA	EA
Don Matcha	39,4±0,5 f	187,0±4,0 ^{e,j} .k	80,0±2,0 ^h	3210±20 ^g	43,0±1,0 ^g	112,0±3,0 h	89,2±1,0 ^g	200,0±3,0 g
Bio Matcha	42,1±1,0 g	161,0±3,0 ^h	70,6±2,0 ⁱ	2930±10 ^h	45,2±1,0 ^h	171,0±4,0 i	495,0±4,0 e	127,0±2,0 h
Royal Pharma	106,0±2, 0 ^h	180,0±4,0 ^{i,j} k	28,5±0,5 ^j	3900±10 ⁱ	27,2±2,0 ⁱ	64,1±2,0 ^j	536,0±5,0 h	168,0±2,0 i
Kissa	137,0±2, 0 ⁱ	181,0±5,0 ^{j,k}	167,0±1,0 k	2700±20 ^j	78,3±1,0 ^j	51,8±1,5 ^g	483,0±5,0 i	101,0±3,0 d
Moya	83,5±2,0 j	183,0±5,0 ^k	155,0±3,0 f	2640±20 ^k	82,2±2,0 ^k	58,6±2,0 ^k	342,0±3,0 j	122,0±2,0 j

Výsledky jsou uvedeny jako střední hodnota ± SD v sušině (n=5). Hodnoty ve sloupci s alespoň jedním identickým horním indexem se významně neliší ($p \geq 0,05$), zatímco hodnoty s různými horními indexy vykazují statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$). GA – kyselina gallová, PA – protocatechinová kyselina, *p*-HBA – *p*-hydroxybenzoová kyselina, ChlA – kyselina chlorogenová, CA – kyselina kávová, FA – kyselina ferulová, SA – kyselina sinapová, EA – kyselina ellagová.

4.4 Experimentální část III – stanovení biologicky aktivních látek ve vybraných ledových matcha čajích

4.4.1 Stanovení kofeinu, theobrominu, theofylinu a L-theaninu

Kofein je základní složkou čajových nápojů a je zodpovědný za jejich výraznou a žádoucí chuť. Zároveň je to silný antioxidant zvyšující antioxidační potenciál nápoje (Kochman et al., 2021). Jeho hladina může souviset s dobou sklizně a stářím listů – čím starší listy, tím nižší obsah kofeinu. Obsah kofeinu také závisí na odrůdě čaje, povětrnostních podmínkách během vegetace a také na způsobu vaření. Matcha má ve srovnání s jinými zelenými čaji poměrně vysoký obsah kofeinu, což mu dodává jedinečné aroma a chuť. Obsah kofeinu v zelených čajích se pohybuje v rozmezí 11,3–24,67 mg.g⁻¹ (Čížková et al., 2008), zatímco v matchi se pohybuje mezi 18,9 a 44,4 mg.g⁻¹. Pro srovnání, většina kávových zrn obsahuje 10,0–12,0 mg kofeinu/g (Koláčková et al., 2020a; Kochman et al., 2021). Nejvyšší námi stanovené hodnoty kofeinu (Tab. 11) vykazovala metoda 1 při vyluhování 5 min, 70°C, až 18,1 mg.g⁻¹. Kofein tak byl více vyluhován při použití vyšší teploty.

Poměrně vysoký obsah L-theaninu v čaji matcha je zodpovědný za jeho jedinečnou nehořkou chuť a v kombinaci s kofeinem poskytuje chuťový vjem umami charakteristický pro tento druh čaje. Kombinace L-theaninu a kofeinu může zvýšit koncentraci, bdělost a účinnost ve vyšší míře než použití jedné ze sloučenin samostatně, navíc zmírňuje stres (Kochman et al., 2021). Podle Kaneko et al. (2006) je obsah L-theaninu v čajových nálevech matcha 6,1 mg/l, zatímco Unno et al. (2018) našli ve vzorcích čaje matcha až 44,6 mg.g⁻¹ této sloučeniny.

Z výsledků stanovení theobrominu a theofylinu je očividné, že nejvyšší hodnoty koncentrací byly vyluhovány při metodách 2 a 3. To znamená, a potvrzuje to i literatura, že tyto aktivní látky jsou lépe luhovatelné a stabilnější při nižších teplotách (Friedman et al., 2005).

Tab. 11 Výsledky stanovení obsahu kofeinu, theobrominu, theofylinu a L-theaninu

Vzorek	Kofein [mg.g ⁻¹]		
	Metoda 1	Metoda 2	Metoda 3
Japan bio matcha	18,1±0,2 ^{a,A}	15,6 ± 0,5 ^{b,A}	17,0 ± 0,1 ^{c,A}
Allnature	14,5±0,7 ^{a,B}	14,0 ± 0,1 ^{a,B}	14,5 ± 0,3 ^{a,B}
Wolfberry	15,8±0,1 ^{a,C}	14,6 ± 0,5 ^{b,B}	15,4 ± 0,2 ^{a,C}
Vzorek	L-theanin [mg.g ⁻¹]		
	Metoda 1	Metoda 2	Metoda 3
Japan bio matcha	6,41± 0,02 ^{a,A}	10,3 ± 0,1 ^{b,A}	6,40 ± 0,10 ^{a,A}
Allnature	4,48 ± 0,15 ^{a,B}	4,70 ± 0,14 ^{a,B}	4,66 ± 0,10 ^{a,B}
Wolfberry	4,61 ± 0,01 ^{a,B}	4,19 ± 0,15 ^{a,B}	4,46 ± 0,09 ^{a,B}
Vzorek	Theobromin [mg.g ⁻¹]		
	Metoda 1	Metoda 2	Metoda 3
Japan bio matcha	0,13 ± 0,01 ^{a,A}	0,14 ± 0,1 ^{a,A}	0,14 ± 0,01 ^{a,A}
Allnature	0,26 ± 0,01 ^{a,B}	0,28 ± 0,01 ^{a,B}	0,27 ± 0,01 ^{a,B}
Wolfberry	0,22 ± 0,01 ^{a,B}	0,22 ± 0,01 ^{a,B}	0,22 ± 0,01 ^{a,B}
Vzorek	Theofylin [µg.g ⁻¹]		
	Metoda 1	Metoda 2	Metoda 3
Japan bio matcha	4,47 ± 0,02 ^{a,A}	7,82 ± 0,1 ^{b,A}	8,70 ± 0,10 ^{c,A}
Allnature	20,7 ± 0,15 ^{a,B}	18,9 ± 0,14 ^{b,B}	13,3 ± 0,10 ^{c,B}
Wolfberry	18,5 ± 0,01 ^{a,C}	12,5 ± 0,15 ^{b,C}	14,5 ± 0,09 ^{c,C}

Výsledky jsou uvedeny jako průměr ± SD, n=5 (průměrná hodnota z pěti měření) v sušině vzorku. Průměry v rámci řádků s alespoň jedním identickým malým horním indexem (v případě metod vyluhování) se významně neliší ($p \geq 0,05$), zatímco řádky s různými malými horními indexy vykazují významný rozdíl ($p < 0,05$). Průměry ve sloupci s alespoň jedním identickým horním indexem velkým písmenem (v případě jednotlivých vzorků) se významně neliší ($p \geq 0,05$), zatímco sloupce s různým horním indexem velkým písmenem vykazují významný rozdíl ($p < 0,05$).

4.4.2 Stanovení antioxidační aktivity (ABTS, DPPH) a celkových polyfenolů a flavonoidů v ledových matcha čajích

Výsledky stanovení antioxidačních aktivit pro metody se zhášením radikálů DPPH a ABTS metody jsou zapsány do Tab. 12. Provedenou analýzou s ABTS bylo zjištěno, že antioxidační aktivita u ledových matcha čajů je nejvyšší u přípravy 3 metodou. Z hlediska hodnot AOA lze tuto metodu přípravy doporučit. Při stanovení s použitím DPPH vyšla jako výhodnější metoda 1. Záleží tedy na zhášeném radikálu. V současné době nejsou v literatuře moc dostupná data o měření AOA u ledových matcha čajů. Hodnoty s využitím radikálů ABTS a DPPH korelují se studií Farooq a Seghal (2018).

Jak je vidět v Tab. 12, obsahy TFC i TPC byly vyšší, pokud byla použita metoda 3. Jedná se o metody, kdy bylo využito extrakce ve vodě 20 °C a 12 hodin luhování v lednici. Tudiž se můžeme domnívat, že na obsah celkových polyfenolů a flavonoidů má vliv vyluhovatelnost, a tím souvisí i možnost vyšší redukce volných radikálů.

Tab. 12 Výsledky antioxidační aktivity a celkových polyfenolů a flavonoidů

Vzorek	ABTS [mg TE.g ⁻¹]		
	Metoda 1	Metoda 2	Metoda 3
Japan bio matcha	40,6 ± 0,2 ^{a,A}	29,1 ± 0,7 ^{b,A}	48,3 ± 0,9 ^{c,A}
Allnature	42,6 ± 0,8 ^{a,B}	37,0 ± 0,9 ^{b,B}	52,7 ± 1,4 ^{c,B}
Wolfberry	34,4 ± 0,9 ^{a,C}	28,0 ± 0,6 ^{b,A}	42,7 ± 0,9 ^{c,C}
Vzorek	DPPH [mg TE.g ⁻¹]		
	Metoda 1	Metoda 2	Metoda 3
Japan bio matcha	351 ± 18 ^{a,A}	239 ± 8 ^{b,A}	160 ± 6 ^{c,A}
Allnature	335 ± 16 ^{a,B}	285 ± 8 ^{b,B}	175 ± 4 ^{c,B}
Wolfberry	307 ± 10 ^{a,C}	289 ± 9 ^{b,B}	179 ± 4 ^{c,B}
Vzorek	TPC [mg GAE.g ⁻¹]		
	Metoda 1	Metoda 2	Metoda 3
Japan bio matcha	83,6 ± 3,2 ^{a,A}	86,7 ± 2,5 ^{b,A}	90,8 ± 2,8 ^{c,A}
Allnature	74,9 ± 1,2 ^{a,B}	79,1 ± 3,2 ^{b,B}	78,3 ± 3,2 ^{b,B}
Wolfberry	72,2 ± 1,1 ^{a,C}	72,0 ± 1,3 ^{a,C}	78,3 ± 2,6 ^{b,B}
Vzorek	TFC [mg RE.g ⁻¹]		
	Metoda 1	Metoda 2	Metoda 3
Japan bio matcha	57,3 ± 1,5 ^{a,A}	52,0 ± 1,6 ^{b,A}	61,5 ± 2,3 ^{c,A}
Allnature	50,4 ± 1,7 ^{a,B}	49,3 ± 1,2 ^{a,B}	49,7 ± 1,2 ^{a,B}
Wolfberry	43,2 ± 1,1 ^{a,C}	46,6 ± 1,3 ^{b,C}	47,4 ± 1,4 ^{b,C}

Výsledky jsou uvedeny jako průměr ± SD, n=5 (průměrná hodnota z pěti měření) v sušině vzorku. Průměry v rámci řádků s alespoň jedním identickým malým horním indexem (v případě metod vyluhování) se významně neliší ($p \geq 0,05$), zatímco řádky s různými malými horními indexy vykazují významný rozdíl ($p < 0,05$). Průměry ve sloupci s alespoň jedním

identickým horním indexem velkým písmenem (v případě jednotlivých vzorků) se významně neliší ($p \geq 0,05$), zatímco sloupce s různým horním indexem velkým písmenem vykazují významný rozdíl ($p < 0,05$). ABTS – 2,2'-azinobis(3-ethylbenzo-thiazolin-6-sulfonová kyselina), DPPH – 2,2-difenyl-1-pikrylhydrazyl, TE – ekvivalent troloxu, TPC – celkový obsah polyfenolů, GAE – ekvivalent kyseliny gallové, TFC – celkový obsah flavonoidů, RE – ekvivalent rutinu.

4.5 Experimentální část IV – stanovení vybraných nutričních a biologicky aktivních látek v nestráveném podílu matcha čaje po procesu simulace trávení procesem *in vitro*

4.5.1 Stanovení sušiny, popela a stravitelnosti

Obsah sušiny a popela a hodnoty stravitelnosti technikou *in vitro* čajů matcha jsou uvedeny v Tab. 13. Obsah sušiny se pohyboval od 95,4 do 96,9 %. Podle Vyhlášky 330/1997 Sb. by obsah vlhkosti zeleného čaje neměl překročit 10 %. Pokud jde o obsah popela, ISO 11287 stanovuje minimální a maximální obsah popela na 4 a 8 %. Obsah popela v této studii kolísal mezi 4,64 a 4,99 %. Topuz et al. (2014) uvedl pozitivní vztah mezi kvalitou zeleného čaje a množstvím popela a navrhl, že u kvalitního čaje by obsah popela měl tvořit méně než 5,54 %. Obsah sušiny a popele bylo nutno stanovit pro vlastní výpočet hodnot stravitelnosti.

I když jsou údaje hodnotící hodnoty stravitelnosti čajů matcha vzácné, jsou tyto výsledky srovnatelné se studií Koláčková et al. (2020a), kde jsou uvedeny hodnoty stravitelnosti čajů matcha od 59,4 do 69,7 %. Je známo, že nízké hodnoty stravitelnosti pozitivně korelují s vysokým obsahem vlákniny. Vysoký obsah vlákniny navíc snižuje stravitelnost bílkovin a škrobu. Bylo také popsáno, že hodnoty stravitelnosti bílkovin významně snižují taniny (Rehman et al., 2002).

Tab. 13 Obsah sušiny a popele a hodnoty stravitelnosti *in vitro* čajů matcha

Matcha	Sušina [%]	Popel [%]	Stravitelnost [%]
JT	96,9±0,3 ^a	4,99±0,05 ^a	65,8±0,3 ^a
AT	96,2±0,3 ^a	4,85±0,05 ^b	64,9±0,5 ^b
WT	95,4±0,4 ^b	4,64±0,05 ^c	61,2±0,4 ^c

Všechny výsledky jsou uvedeny jako průměr ± SD, n=3. Průměry ve sloupci s alespoň jedním identickým malým horním indexem se významně neliší ($p \geq 0,05$). JT – japonský bio čaj, AT – čaj Allnature, WT – Wolfberry čaj.

Významným parametrem, který byl v této části studie stanovován byl tzv. faktor retence (RF, %). Faktor retence udává, jaké množství analytu zůstává stále zachyceno v nestráveném podílu vzorku po jeho digesti technikou *in vitro*. Faktor retence RF je vyjádřen v % a vypočítá se dle následujícího vzorce (Koláčková et al., 2022):

$$RF = \frac{CA_{\text{nestrávený podíl}} \times (100 - \text{stravitelnost})}{CA_{\text{nativní forma}}} \quad (4)$$

kde CA je koncentrace analytu v nestráveném podílu vzorku a nativní formě vzorku.

4.5.2 Vliv stravitelnosti na uvolňování xantinových alkaloidů a L-theaninu

Koncentrace kofeinu, theobrominu, theofylinu a L-theaninu v nativních a nestrávených částech čajů matcha jsou uvedeny v Tab. 14. Kofein byl přítomen v nejvyšší koncentraci, a to v rozmezí od 14,1 do 16,1 mg.g⁻¹, zatímco theofylin vykazoval nejnižší koncentraci (v rozmezí 8,06–19,4 µg.g⁻¹). Koncentrace kofeinu vyluhované do ledových matcha čajů byly významně ovlivněny teplotou vody. Vysoké teploty louhování dávají vyšší výtěžnost kofeinu. Velmi důležitým faktorem je také stáří zelených listů, protože mladé listy obsahují vyšší obsah kofeinu ve srovnání se starými listy (Reto et al., 2007; Song et al., 2012; Venditti et al., 2010). L-theanin, identifikovaný jako hlavní volná neesenciální aminokyselina v zeleném čaji, se podílí na chuti umami zelených čajů (Das et al., 2019). Pokud jde o vzorky nativního čaje matcha, obsah L-theaninu se pohyboval mezi 4,22–9,85 mg.g⁻¹ a poměr kofein/L-theanin byl mezi 1,63–3,43. Vyšší hodnotu L-theaninu ve vzorku japonského bio čaje (9,85 mg.g⁻¹) lze přičíst technologii zastiňování, která umožnila syntézu vysokého množství L-theaninu i kofeinu (Jakubczyk et al., 2020; Sano et al., 2018; Adhikary a Mahdal, 2017). Přestože interakce mezi kofeinem a L-theaninem není zatím blíže definována, lze konstatovat, že vzorky s nižším poměrem kofein/L-theanin mají méně výrazný stimulační účinek (Boros et al., 2016). Vysoký obsah L-theaninu a kofeinu a nízký obsah katechinu mají za následek prohloubení umami chuti čaje (Jakubczyk et al., 2020). Friedman et al. (2005) zaznamenali koncentrace theobrominu v listech zeleného čaje v rozmezí 0,04–1,90 mg.g⁻¹, pokud byly listy vyluhovány horkou vodou 95 °C po dobu 10 minut. Hladiny theobrominu naměřené v této studii byly srovnatelné s uvedeným výzkumem, i když zde byla technika luhování za studena. Kromě toho Friedman et al. (2005) publikovali, že průměrný obsah theobrominu byl přibližně na 1/10 obsahu kofeinu, což nebylo v této studii potvrzeno. Podobně Azevedo et al. (2019) naměřili obsah theobrominu v zeleném čaji mezi 3,95–8,39 mg.g⁻¹, když byly listy extrahovány při 80 °C po dobu 3 minut. Existují

omezené údaje týkající se extrakce theobrominu za studena. Variabilita hladin kofeinu mezi vzorky byla významně menší než u hladin theofylinu (8,06–19,4 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$). Theofylin, který je ve stopovém množství obsažen v čajích, má podobný fyziologický účinek jako kofein (De Paula Lima a Farah, 2019). Extrémně vysoké množství theofylinu (až 1,99 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$) bylo detekováno v zeleném čaji Sullulah pocházejícího z Indie (Sharma et al., 2005).

Výsledky ukázaly, že v nestrávených částech vzorků čaje matcha byla detekována nízká množství kofeinu a stopová koncentrace L-theaninu. Nejvyšší retenci v matici matcha čajových listů měl kofein, a to 13 %. Theobromin a theofylin nebyly detekovány v nestrávených částech matcha prášku. Mohly tak být zcela uvolněny a absorbovány následně trávicím traktem, nebo podlely degradaci při procesu trávení. Vzhledem k omezeným údajům věnovaným stravitelnosti a biologické dostupnosti alkaloidů z čaje matcha je složité porovnávat výsledky získané v této práci.

Tab. 14 Xantinové alkaloidy a L-theanin stanovené v nativní a nestrávené části čaje matcha

Sloučenina	Nativní JT	Nativní AT	Nativní WT	Nestrávená JT	Nestrávená AT	Nestrávená WT	RF [%]
[mg.g⁻¹]							
Kofein	16,1±0,3 ^a	14,1±0,2 ^c	15,3±0,1 ^b	5,26±0,12 ^A	3,66±0,10 ^B	4,99±0,15 ^C	9–13
L-theanin	9,85±0,10 ^a	4,22±0,05 ^c	4,46±0,10 ^b	0,15±0,01 ^A	0,09±0,01 ^B	ND	<1
Theobromin	0,14±0,02 ^c	0,27±0,02 ^a	0,23±0,02 ^b	ND	ND	ND	–
[µg.g⁻¹]							
Theofylin	8,06±0,15 ^c	19,4±0,2 ^a	13,0±0,2 ^c	ND	ND	ND	–
Poměr kofein/ L-theanin	1,63	3,34	3,34				

Všechny výsledky jsou uvedeny v sušině jako průměr ± SD, n=5 (průměr z pěti měření). Výsledky v rámci a řádek s alespoň jedním identickým malým horním indexem (v případě nativní matcha) se významně neliší ($p \geq 0,05$), znamená v rámci řádku s alespoň jedním identickým horním indexem velkým (v případě nestrávené části matcha) do se významně neliší ($p \geq 0,05$). JT – Japonský bio čaj, AT – čaj Allnature, WT – Wolfberry čaj, RF – retenční faktor. LOQ: L-theanin a theobromin 0,05 µg.g⁻¹, theofylin 0,02 µg.g⁻¹.

5 PŘÍNOS PRO VĚDU A PRAXI

Matcha čaj je unikátní v konzumaci celých částí čajových lístků společně s nálevem. Pro svou unikátnost konzumace je práce zaměřená na analýzu nutričních a biologicky aktivních látek, a to nejen v samotném prášku – nativní formě matcha čaje, ale jejich stanovení probíhalo i ve vodném výluhu. Dále byly využity tři odlišné metody výroby ledových matcha čajů, u kterých taktéž probíhaly analýzy.

Přínosy výsledků pro vědu a praxi:

- validace metod pro stanovení L-theaninu, theobrominu a theofylinu na HPLC,
- díky této studii byly sepsány bakalářské a diplomové práce na téma matcha čajů,
- nové poznatky a data dosud neuvěřených analýz v matcha čajích zejména uvolňování analytů po stravitelnosti byly publikovány v časopisech s vysokou hodnotou impakt faktoru
- spolupráce s firmou Oxalis, spol. s r. o. a získání vzorků pro disertační práci.

6 ZÁVĚR

Disertační práce se zabývá výrobou matcha čaje a charakteristikou jeho obsažených nutričních a biologicky aktivních látek. Samotná analýza probíhala ve čtyřech oddělených experimentálních částech, kdy byl analyzován prášek matcha čaje, připravené výluhy matcha čaje, ledové matcha čaje a byl analyzován i nestrávený podíl po simulaci trávení v podmínkách *in vitro*

Obsah popele, reprezentující obsah minerálních látek, se u matcha čajů pohyboval v rozmezí 4,58 až 8,32 %. Matcha čaje, ve srovnání s listy klasických zelených čajů, obsahují vysoké koncentrace bílkovin, a to až 35 %. Prášková forma matcha čaje je bohatá na podíl lipidů, který může přesahovat i 5 %, což je nutno zohlednit při samotném balení a skladování z důvodu potenciálního žluknutí (hlavně oxidačního). Co se týká obsahu hrubé a neutrálně-detergentní vlákniny, tyto se pohybovaly v rozmezí od 10,7 do 17,5 % a od 30,7 do 42,8 % v daném pořadí. Hodnoty stravitelnosti organické hmoty vzorku byly naměřeny v rozsahu od 59,4 do 71,3 %. V porovnání s klasicky pěstovanými listy zeleného čaje má matcha čaj vyšší obsah chlorofylu *a* i *b*. Díky technice zastiňování mají matcha čaje i vyšší obsah kofeinu (až 34,1 mg.g⁻¹). Čaj matcha je bohatý na prvky Mg, P, K, Ca, Fe, Zn, Mn a Cu.

Mezi nejhojněji zastoupené polyfenolické kyseliny matcha čajů se řadí kyseliny chlorogenová, sinapová, ellagová a gallová.

Pro simulaci cold brewing techniky byly zvoleny tři metody přípravy ledových čajů. V návaznosti na stanovení vyluhovatelnosti kofeinu, theofylinu, theobrominu a L-theaninu při cold brewing technice byly nejlépe vyhodnoceny metody přípravy při extrakci 12 h v lednici a při teplotě 70 °C po dobu 5 minut s přidavkem ledu. V případě celkových polyfenolů a polyfenolického profilu, byla jako nejlepší

extrakční technika vyhodnocena teplota extrakce 70 °C po dobu 5 minut s následným přidavkem ledu.

Theobromin a theofylin nebyly detekovány v nestrávených částech matcha prášku. Mohly tak být zcela uvolněny a absorbovány následně trávicím traktem, nebo podlehly degradaci při procesu trávení. Z alkaloidů zůstal po procesu simulace trávení v nestráveném podílu vázán prakticky pouze kofein, a to z 9–13 %.

Z dosažených výsledků lze shrnout, že matcha čaje mají vysokou antioxidační aktivitu a jsou zdrojem chlorofylu, polyfenolů zejména z řady katechinů, kofeinu, L-theaninu, minerálních a stopových prvků, mají vysoký obsah bílkovin. Matcha čaj lze doporučit ke konzumaci ve formě nápoje, jak teplého, tak i ve formě ledových čajů. V dnešní době se matcha čaje používají také jako ochucující surovinové složky do mnoha potravin a její využití v gastronomii je na vzestupu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ADHIKARY, R., a MANDAL, V. L-theanine: A potential multifaceted natural bioactive amide as health supplement. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*. 2017, 7(9), p. 842–848. ISSN 22211691. Dostupné z: doi:10.1016/j.apjtb.2017.08.005

AZEVEDO, R., S., A., TEIXEIRA B., S., SAUTHIER M., C., da S., SANTANA M., V., A., DOS SANTOS W., N., L., a SANTANA D. de A. Multivariate analysis of the composition of bioactive in tea of the species *Camellia sinensis*. *Food Chemistry*. 2019, 273, p. 39–44. ISSN 03088146. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2018.04.030

BHUTIA-PEMBA, H., SHARANGI, A., B., LEPCHA, R., a TAMANG, D. Bioactive compounds and antioxidant properties of tea: Status, global research and potentialities. *Journal of Tea Science Research*. 2015, 5(7), p. 1–13. ISSN 1927-6494. Dostupné z: [https://doi: 10.5376/2015.05.0011](https://doi.org/10.5376/2015.05.0011).

BOROS, K., JEDLINSZKI N., a CSUPOR, D. Theanine and Caffeine content of infusions prepared from commercial tea samples. *Pharmacognosy Magazine*. 2016, 12(45). DOI: 10.4103/0973-1296.176061. ISSN 0973-1296. Dostupné z: <http://www.phcog.com/text.asp?2016/12/45/75/176061>

BRZEZICHA-CIROCKA, J., GREMBECKA, a M., SZEFER, P. Analytical assessment of bio- and toxic elements distribution in pu-erh and fruit teas in view of chemometric approach. *Biological Trace Element Research*. 2016a, 174(1), p. 240–250. ISSN 0163-4984. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s12011-016-0669-4>

BRZEZICHA-CIROCKA, J., GREMBECKA, M., a SZEFER, P. Monitoring of essential and heavy metals in green tea from different geographical origins. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2016b, 188(3). ISSN 0167-6369. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s10661-016-5157-y>

BUŇKA, F., HRABĚ, J., a VOSPĚL, B. Senzorická analýza potravin I. 1. vyd. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2008, 146 p. ISBN 978-80-7318-628-9

CABRERA, C., GIMÉNEZ R., a LÓPEZ, M., C. Determination of tea components with antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2003, 51(15), p. 4427–4435. ISSN 0021-8561. Dostupné z: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf0300801>

CICCO, N., LANORTE, T., M., PARAGGIO, M., VIGGIANO, M., a LATTANZIO, V. A reproducible, rapid and inexpensive Folin-Ciocalteu micro-

method in determining phenolics of plant metanol extracts. *Microchemical Journal*. 2009, 91(1), p. 107–110. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.microc.2008.08.011>

ČÍŽKOVÁ, H., VOLDŘICH, M., MLEJNECKÁ, J., a KVASNIČKA, F. Authenticity evaluation of tea-based products. *Czech Journal of Food Sciences*. 2008, 26, p. 259–267. Dostupné z: <https://doi.org/10.17221/10/2008-CJFS>

ČSN EN ISO 20483. Obiloviny a luštěniny – Stanovení obsahu dusíku a výpočet obsahu dusíkatých látek – Kjeldahlova metoda. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014. Třídící znak (461401)

ČSN ISO 1572. Čaj- Příprava mletého vzorku o známém obsahu sušiny. Praha: Český normalizační institut, 1996. Třídící znak (58 0411)

ČSN ISO 1575. Čaj – Stanovení celkového popela. Praha: Český normalizační institut, 1996. Třídící znak (58 0414)

DALIPI, R., BORGESSE, L., TSUJI, K., BONTEMPI, E., a DEPERO, L., E. Elemental analysis of teas, herbs and their infusions by means of total reflection X-ray fluorescence. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2018, 67, p. 128–134. ISSN 08891575. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0889157518300103>

DAS, P., R., KIM, Y., HONG S.-J., a EUN, J.-B. Profiling of volatile and non-phenolic metabolites—Amino acids, organic acids, and sugars of green tea extracts obtained by different extraction techniques. *Food Chemistry*. 2019, 296, p. 69–77. ISSN 03088146. Dostupné z: [doi:10.1016/j.foodchem.2019.05.194](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.05.194)

DERUN, E., M. Determination of essential mineral concentrations in some turkish teas and the effect of lemon addition. *Food Science and Biotechnology*. 2014, 23(3), p. 671–675. ISSN 1226-7708. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s10068-014-0091-7>

DIETZ, Ch., DEKKER, M., a PIQUERAS-FISZMAN, B. An intervention study on the effect of matcha tea, in drink and snack bar formats, on mood and cognitive performance. *Food Research International*. 2017, 99, p. 72–83. ISSN 09639969. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0963996917301941>

ECA.CZ. Matcha je kouzelný nápoj! Jak vzniká? – Část 1–3. 2016. Dostupné z: <https://www.tea-legends.cz/druhy-caje/matcha/>

ERDEMIR, U., S. Contribution of tea (*Camellia sinensis* L.) to recommended daily intake of Mg, Mn, and Fe: An *in vitro* bioaccessibility assessment. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2018, 69, p. 71–77. ISSN 08891575. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0889157518300450>

FAROOQ, S., a SEHGAL, A. Antioxidant Activity of Different Forms of Green Tea: Loose Leaf, Bagged and Matcha. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*. 2018,6(1), p. 35–40. ISSN 2347467X. Dostupné z: doi:10.12944/CRNFSJ.6.1.04

FERRI, M., GIANOTTI, A., a TASSONI, A. Optimisation of assay conditions for the determination of antioxidant capacity and polyphenols in cereal food components. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2013, 30(2), p. 94–101. ISSN 08891575. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2013.02.004>

FRIEDMAN, M., KIM, S.-Y., LEE, S.-J., HAN, G.-P., HAN, J.-S., LEE, K.-R., a KOZUKUE, N. Distribution of Catechins, Theaflavins, Caffeine, and Theobromine in 77 Teas Consumed in the United States. *Journal of Food Science*. 2005, 70(9), p. C550–C559. ISSN 00221147. Dostupné z: doi:10.1111/j.1365-2621.2005.tb08304.x

HEISS, M., L. The Gossamer Tea Powder od Japan. 2016. Dostupné z: <http://archive.globalteahut.org/article/707>

HILAL, Y., a ENGELHARDT, U. Characterisation of white tea – Comparison to green and black tea. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit*. 2007, 2(4), p. 414–421. ISSN 1661-5751. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00003-007-0250-3>

HILAL, Y. Morphology, manufacturing, types, composition and medicinal properties of tea (*Camellia sinensis*). *Journal of Basic and Applied Plant Sciences*. 2017, 1(2), p. 1–10. ISSN 2574-3449. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/333668163_Open_Access_Review_Article_Morphology_Manufacturing_Types_Composition_and_Medicinal_Properties_of_Tea_Camellia_sinensis

ISO 11287. Green tea. Definition and basic requirements. *International Organization for Standardization*, 2011. Geneva, Switzerland.

JAKUBCZYK, K., KOCHMAN, J., KWIATKOWSKA, A., KAŁDUŃSKA, J., DEC, K., KAWCZUGA, D., a JANDA, K. Antioxidant Properties and Nutritional Composition of Matcha Green Tea. *Foods*. 2020, 9(4). ISSN 2304-8158. Dostupné z: doi:10.3390/foods9040483

JESZKA-SKOWRON, M., KRAWCZYK, M., a ZGOŁA-GRZEŚKOWIAK, A. Determination of antioxidant activity, rutin, quercetin, phenolic acids and trace elements in tea infusions: Influence of citric acid addition on extraction of metals. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2015, 40, p. 70–77. ISSN

08891575.

Dostupné

z:

<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0889157515000290>

KANEKO, S., KUMAZAWA, K., MASUDA, H., HENZE, A., a HOFMANN, T. Molecular and sensory studies on the umami taste of Japanese green tea. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2006, 54(7), p. 2688–2694. ISSN 0021-8561. Dostupné z: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf0525232>

KOHATA, K., HANADA, K., HORIE, H. High performance liquid chromatographic determination of pheophorbide-a and its related chlorophyll derivatives in tea leaves. *Food Science and Technology International*, Tokyo. 1998a, 4, p. 80–84. Dostupné z: <https://doi.org/10.3136/fsti9596t9798.4.80>

KOHATA, K., HANADA, K., YAMAUCHI, Y., HORIE, H. Pheophorbide a content and chlorophyllase activity in green tea. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*. 1998b, 62, p. 1660–1663. Dostupné z: <https://doi.org/10.1271/bbb.62.1660>

KOCH, W., KUKULA-KOCH, W., KOMSTA, Ł., MARZEC, Z., SZWERC, W., a GŁOWNIAK, K. Green tea quality evaluation based on its catechins and metals composition in combination with chemometric analysis. *Molecules*. 2018, 23(7). ISSN 1420-3049. Dostupné z: <http://www.mdpi.com/1420-3049/23/7/1689>

KOCHMAN, J., JAKUBCZYK, K., ANTONIEWICZ, J., MRUK, H., a JANDA, K. Health Benefits and Chemical Composition of Matcha Green Tea: A Review. *Molecules*. 2021, 26(1). ISSN 1420-3049. Dostupné z: [doi:10.3390/molecules26010085](https://doi.org/10.3390/molecules26010085)

KOLÁČKOVÁ, T., KOLOFIKOVÁ, K., SYTAŘOVÁ, I., SNOPEK, L., SUMCZYNSKI, D., a ORSAVOVÁ, J. Matcha tea: Analysis of nutritional composition, phenolics and antioxidant activity. *Plant Foods for Human Nutrition*. 2020a, 75(1), p. 48–53. ISSN 0921-9668. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s11130-019-00777-z>

KOLÁČKOVÁ, T., SUMCZYNSKI, D., ZÁLEŠÁKOVÁ, L., ŠENKÁROVÁ, L., ORSAVOVÁ, J., a LANCZOVÁ, N. Free and bound amino acids, minerals and trace elements in matcha (*Camellia sinensis* L.): A nutritional evaluation. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2020b, 92. ISSN 08891575. Dostupné z: [doi:10.1016/j.jfca.2020.103581](https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103581)

KOLÁČKOVÁ, T., SUMCZYNSKI, D., BEDNAŘÍK, V., VINTER, Š., ORSAVOVÁ, J., a KOLOFIKOVÁ, K. Mineral and trace element composition after digestion and leaching into matcha ice tea infusions (*Camellia sinensis* L.). *Journal*

of *Food Composition and Analysis*. 2021, 97. ISSN 08891575. Dostupné z: doi:10.1016/j.jfca.2020.103792

KOLÁČKOVÁ, T., SUMCZYNSKI, D., MINAŘÍK, A., ERKAN, Y., a ORSAVOVÁ, J. The effect of *In Vitro* Digestion on Matcha Tea (*Camellia sinensis*) Active components and Antioxidant Activity. *Antioxidants*. 2022, 11(5). Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/antiox11050889>

KOTÁSKOVÁ, E., SUMCZYNSKI, D., MLČEK, J., a VALÁŠEK P. Determination of free and bound phenolics using HPLC-DAD, antioxidant activity and *in vitro* digestibility of Eragrostis tef. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2016a, 46, p. 15–21. ISSN 08891575. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0889157515002343>

KOTÁSKOVÁ, E., SUMCZYNSKI, D., MLČEK, J., a VALÁŠEK, P. Determination of free and bound phenolics using HPLC-DAD, antioxidant activity and *in vitro* digestibility of Eragrostis tef. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2016b, 46, p. 15–21. ISSN 08891575. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0889157515002343>

KOUBOVÁ, E., SUMCZYNSKI, D., ŠENKÁROVÁ, L., ORSAVOVÁ, J., a FIŠERA, M. Dietary intakes of minerals, essential and toxic trace elements for adults from Eragrostis tef L: A nutritional assessment. *Nutrients*. 2018, 10(4). ISSN 2072-6643. Dostupné z: <http://www.mdpi.com/2072-6643/10/4/479>

KŘÍŽ, O., BUŇKA, F., a HRABĚ, J. Senzorická analýza potravin II. Statistické metody. 1. vyd. Zlín: *Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně*, 2007, 127 s. IBSN 978-80-7318-494-0

LAGAD, R., A., ALAMELU, D., LASKAR, A., H., RAI, V., K., SINGH, S., K., a AGGARWAL, S., K. Isotope signature study of the tea samples produced at four different regions in India. *Analytical Methods*. 2013, 5(6). ISSN 1759-9660. Dostupné z: doi:10.1039/c3ay26142e

LIMA, J., de P., a FARAH, A. Methylxanthines in stimulant foods and beverages commonly consumed in Brazil. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2019, 78, p. 75–85. ISSN 08891575. Dostupné z: doi:10.1016/j.jfca.2019.02.001

LIU, M., TIAN, H.-L., WU, J.-H., CANG, R.-R., WANG, R.-X., QI, X.-H., XU, Q., a CHEN, X.-H. Relationship between gene expression and the accumulation of catechin during spring and autumn in tea plants (*Camellia sinensis* L.). *Horticulture Research*. 2015, 2(1). ISSN 2052-7276. Dostupné z: <http://www.nature.com/articles/hortres201511>

LORANTY, A., REMBIAŁKOWSKA, E., ROSA, E.A.S., BENNET, R.N. Identification, quantification and availability of carotenoids and chlorophylls in fruit, herb and medicinal teas. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2010, 23, p. 432–441. Dostupné z: <https://doi.org/10.1021/jf030158d>

MILANI, R., F., MORGANO, M., A., a CADORE, S. Trace elements in *Camellia sinensis* marketed in southeastern Brazil: Extraction from tea leaves to beverages and dietary exposure. *LWT - Food Science and Technology*. 2016, 68, p. 491–498. ISSN 00236438. Dostupné z: [doi:10.1016/j.lwt.2015.12.041](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.12.041)

MIŠURCOVÁ, L. Nové nutriční aspekty a využití mořských řas a sladkovodních řas ve výživě člověka. Zlín, 2008. *Disertační práce*. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická. Vedoucí práce prof. Ing. Stanislav Kráčmar, DrSc. Dostupné z: https://portal2.utb.cz/portal/studium/prohlizeni.html?pc_pagenavigationalstate=H4sIAAAAAAAAAAGNgYGBkYDEyNjEXZmQAsTmKSxJLUr1TK8E8EV1LIyNjY3MjA2MzC1MTc3N TA0MzoAwDANmLQdE4AAAA

MUHAMMAD, A., ASIF, A., ANWAAR, A., NAUMAN, K., IMRAN, H., a IFTIKHAR, A. Chemical composition and sensory evaluation of tea (*Camellia sinensis*) commercialized in Pakistan. *Pakistan Journal of Botany*. 2013, 45, p. 901–907. Dostupné z: <http://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/45%283%29/24.pdf>

NAMITA, P., MUKESH, R., a VIJAY, J. K. *Camellia sinensis* (Green tea): A review. *Global Journal of Pharmacology*. 2012, 6(2), p. 52–59. ISSN 1992-0075. Dostupné z: https://www.academia.edu/37122079/Camellia_Sinensis_Green_Tea_A_Review

NAWAB, A., a FAROOQ, N. Review on green tea constituents and its negative effects. *The Pharma Innovation Journal*. 2015, 4(1), p. 21–24. ISSN 2277-7695. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/321700917_Review_on_green_tea_constituents_and_its_negative_effects

NISHITANI, E., a SAGESAKA, Y., M. Simultaneous determination of catechins, caffeine and other phenolic compounds in tea using new HPLC method. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2004, 17(5), p. 675–685. ISSN 08891575. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0889157503001479>

OKAKURA, K. *Kniha o čaji*. 1. vyd. Přeložila Dita HORÁKOVÁ. Praha: Brody, 2000. 92 s. Východní řada. ISBN 80-86112-12-8

PETTIGREW, J. *Čaj: Průvodce pro znalce*. 1. Vyd. Přeložila Lenka Svobodová. Praha: Slovart, 2001. 192 s. ISBN 80-7209-212-x

REHMAN, S. U., ALMAS, K., SHAHZADI, N., BHATTI, N., a SALEEM, A. Effect of time and temperature on infusion of tannins from commercial brands of tea. *International Journal of Agricultural and Biology*. 2002, 4, p. 285–287. Dostupné z: http://www.fspublishers.org/published_papers/46716_.pdf

RETO, M., FIGUEIRA, M., E., FILIPE, H., M., a ALMEIDA C., M., M. Analysis of vitamin K in green tea leafs and infusions by SPME–GC-FID. *Food Chemistry*. 2007, 100(1), p. 405–411. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814605007892>

ROSHANAK, S., RAHIMMALEK, M., a GOLI, S., A., H. Evaluation of seven different drying treatments in respect to total flavonoid, phenolic, vitamin C content, chlorophyll, antioxidant activity and color of green tea (*Camellia sinensis* or *C. assamica*) leaves. *Journal of Food Science and Technology*. 2016, 53(1), p. 721–729. ISSN 0022-1155. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s13197-015-2030-x>

SAEED, M., NAVEED, M., ARIF, M. KAKAR, M., U., MANZOOR, R., EL-HACK, M., E., A., ALAGAWANY, M., TIWARI, R., KHANDIA, R., MUNJAL, A., KARTHIK, K., DHAMA, K., IQBAL, H., M., N., DADAR, M., a SUN, CH. Green tea (*Camellia sinensis*) and L-theanine: Medicinal values and beneficial applications in humans - A comprehensive review. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 2017, 95, p. 1260–1275. ISSN 07533322. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0753332217336569>

SANO, T., HORIE, H., MATSUNAGA, A., a HIRONO, Y. Effect of shading intensity on morphological and color traits and on chemical components of new tea (*Camellia sinensis* L.) shoots under direct covering cultivation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2018, 98(15), p. 5666–5676. ISSN 00225142. Dostupné z: [doi:10.1002/jsfa.9112](https://doi.org/10.1002/jsfa.9112)

SHARMA, V., GULATI, A., RAVINDRANATH, S., D., a KUMAR, V. A simple and convenient method for analysis of tea biochemicals by reverse phase HPLC. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2005, 18(6), p. 583–594. ISSN 08891575. Dostupné z: [doi:10.1016/j.jfca.2004.02.015](https://doi.org/10.1016/j.jfca.2004.02.015)

SCHWALFENBERG, G., GENUIS, S., a J., RODUSHKIN, I. The benefits and risks of consuming brewed tea: Beware of toxic element contamination. *Journal of Toxicology*. 2013, 2013, p. 1–8. ISSN 1687-8191. Dostupné z: <http://www.hindawi.com/journals/jt/2013/370460/>

SIELICKA-RÓŻYŃSKA, M., ISIK, E., a SZULC, J. Comparison of phenolic content and antioxidant activity of matcha, green leaf and white leaf tea infusions.

Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2020, 26(6), p. 1309–1314. Dostupné z: doi: 10.1002/ejlt.201300356

SONG, R., KELMAN, D., JOHNS K., L., a WRIGHT, A., D. Correlation between leaf age, shade levels, and characteristic beneficial natural constituents of tea (*Camellia sinensis*) grown in Hawaii. *Food Chemistry*. 2012, 133(3), p. 707–714. ISSN 03088146. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2012.01.078

STREET, R., SZÁKOVÁ, J., DRÁBEK, O., a MLÁDKOVÁ, L. The status of micronutrients (Cu, Fe, Mn, Zn) in tea and tea infusions in selected samples imported to the Czech Republic. *Czech Journal of Food Sciences*. 2006, 24(2), p. 62–71. Dostupné z: <http://www.agriculturejournals.cz/web/cjfs.htm?volume=24&firstPage=62&type=publishedArticle>

SUMCZYNSKI, D., BUBELOVÁ, Z., a FIŠERA, M. Determination of chemical, insoluble dietary fibre, neutral-detergent fibre and *in vitro* digestibility in rice types commercialized in Czech markets. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2015a, 40, p. 8–13. ISSN 08891575. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0889157515000216>

SUMCZYNSKI, D., BUBELOVA, Z., SNEYD, J., ERB-WEBER, S., a MLCEK J. Total phenolics, flavonoids, antioxidant activity, crude fibre and digestibility in non-traditional wheat flakes and muesli. *Food Chemistry*. 2015b, 174, p. 319–325. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814614017944>

SUMCZYNSKI, D., KOUBOVÁ, E., ŠENKÁROVÁ, L., a ORSAVOVÁ J. Rice flakes produced from commercial wild rice: Chemical compositions, vitamin B compounds, mineral and trace element contents and their dietary intake evaluation. *Food Chemistry*. 2018, 264, p. 386–392. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814618308586>

SZYMCZYCHA-MADEJA, A., WELNA, M., a POHL, P. Determination of essential and non-essential elements in green and black teas by FAAS and ICP OES simplified – multivariate classification of different tea products. *Microchemical Journal*. 2015, 121, p. 122–129. ISSN 0026265X. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0026265X1500034X>

TOPUZ, A., DINCER, G., TORUN, M., TONTUL, M., TONTUL, İ., SAHIN-NADEEM, H., HAZNEDAR, A., a OZDEMIR, F. Physico-chemical properties of Turkish green tea powder: effects of shooting period, shading, and clone. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 2014, 38, p. 233–241. Dostupné z: <https://doi.org/10.3906/tar-1307-17>

UNNO, K., FURUSHIMA D., HAMAMOTO, S., IGUCHI K., YAMADA H., MORITA A., HORIE H., a NAKAMURA Y. Stress-reducing function of matcha green tea in animal experiments and clinical trials. *Nutrients*. 2018, 10(1468). ISSN 2072-6643. Dostupné z: <http://www.mdpi.com/2072-6643/10/10/1468>

VENDITTI, E., BACCHETTI, T., TIANO, L., CARLONI, P., GRECI, L., a DAMIANI, E. Hot vs. cold water steeping of different teas: Do they affect antioxidant activity?. *Food Chemistry*. 2010, 119(4), p. 1597–1604. ISSN 03088146. Dostupné z: [doi:10.1016/j.foodchem.2009.09.049](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.09.049)

VENKATESAN, S., a GANAPATHY M.N.K. Impact of nitrogen and potassium fertiliser application on quality of CTC teas. *Food Chemistry*. 2004, 84(3), p. 325–328. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814603002152>

VERNON, L., P. Spectrophotometric Determination of Chlorophylls and Pheophytins in Plant Extracts. *Analytical chemistry*. Utah, 1960, 32(9), p. 1144–1150.

Vyhláška č. 330/1997 Sb. Vyhláška Ministerstva zemědělství, kterou se provádí §18 písm. a), d), j) a k) zákona č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů, pro čaj, kávu a kávoviny. *Zákonyprolidi.cz*. 1997. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1997-330>

WACHENDORFOVÁ, V. *Čaj*. Přeložila Dagmar Eisenmannová. 1. vydání. Praha: Slovart, 2007. 96 s. ISBN 978-80-7209-922-1

WEISS, J., D., ANDERTON, R., CH. Determination of catechins in matcha green tea by micellar electrokinetic chromatography. *Journal of Chromatography A*. 2003, 1011(1-2), p. 173–180. ISSN 00219673. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0021967303011336>

WHO. *Evaluation of certain food additives and contaminants*. Technical Report Series No. 983. Seventy-seventh report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, 2013. Geneva, Switzerland

WHO. *Evaluation of certain food contaminants*. Technical Report Series No. 930. Sixty-fourth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, 2006. Geneva, Switzerland

XU, P., YING, L., HONG, G., a WANG, Y. The effects of the aqueous extract and residue of matcha on the antioxidant status and lipid and glucose levels in mice fed a high-fat diet. *Food & Function*. 2016, 7(1), p. 294–300. ISSN 2042-6496. Dostupné z: <http://xlink.rsc.org/?DOI=C5FO00828J>

ZHANG, H., JIANG, Y., PAN, J., LV, Y., LIU, J., ZHANG, S., a ZHU, Y. Effect of tea products on the *in vitro* enzymatic digestibility of starch. *Food Chemistry*. 2018, 243, p. 345–350. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S030881461731614X>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AAE	Ascorbic Acid Equivalents (Ekvivalenty kyseliny L-askorbové)
ABTS	2,2'-azinobis (3-etyl-2,3-dihydrobenzotiazol-6-sulfonát)
AMK	Aminokyselina
AOA	Antioxidační aktivita
BAL	Biologicky aktivní látky
CF	Crude Fiber (Hrubá vláknina)
DAD	Diode Array Detector (Detektor diodového pole)
DMD	Dry-matter digestibility (stravitelnost sušiny vzorku)
DPPH	1,1-difenyl-2-((2,4,6- trinitrofenyl)hydrazyl)
GAE	Gallic Acid Equivalent (ekvivalent kyseliny gallové)
HPLC- UV	High-Performance Liquid Chromatography (Vysokoučinná kapalinová chromatografie) s UV detekcí
HPLC	High-Performance Liquid Chromatography (Vysokoučinná kapalinová chromatografie)
NDF	Neutral-Detergent Fiber (Neutrálně-detergentní vláknina)
OMD	Organic-Matter Digestibility (stravitelnost organické hmoty vzorku)
RE	Rutin ekvivalent
TE	Trolox
TFC	Total Flavonoid Content (Celkový obsah flavonoidů)
TPC	Total Phenolic Content (Celkový obsah polyfenolů)

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Charakteristika analyzovaných vzorků	10
Tab. 2 Příprava ledových matcha čajů	12
Tab. 3 Výsledky stanovení nutričních parametrů.....	17
Tab. 4 Výsledky stanovení vlákniny a stravitelnosti technikou <i>in vitro</i>	19
Tab. 5 Výsledky stanovení chlyrofylů v matcha čajích	20
Tab. 6 Výsledky stanovení obsahu minerálních a stopových prvků v matcha čajích pomocí ICP-MS [$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$].....	23
Tab. 7 Výsledky stanovení obsahu stopových prvků v matcha čajích pomocí ICP-MS [$\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$]..	24
Tab. 8 Výsledky stanovení celkových flavonoidů, polyfenolů a antioxidační aktivity ve vodném výluhu.....	27
Tab. 9 Výsledky stanovení koncentrací rutinu, kaempferolu a kvercetinu ve vodném výluhu	28
Tab. 10 Výsledky stanovení koncentrací fenolických kyselin ve vodném extraktu	30
Tab. 11 Výsledky stanovení obsahu kofeinu, theobrominu, theofylinu a L-theaninu	33
Tab. 12 Výsledky antioxidační aktivity a celkových polyfenolů a flavonoidů.....	34
Tab. 13 Obsah sušiny a popele a hodnoty stravitelnosti <i>in vitro</i> čajů matcha	35
Tab. 14 Xantinové alkaloidy a L-theanin stanovené v nativní a nestrávené části čaje matcha.....	38

7 PUBLIKAČNÍ AKTIVITY AUTORA

KOLÁČKOVÁ, T., SUMCZYNSKI, D., ZÁLEŠÁKOVÁ, L., ŠENKÁROVÁ, L., ORSAVOVÁ, J., LANCZOVÁ, N. Free and bound amino acids, minerals and trace elements in matcha (*Camellia sinensis* L.): A nutritional evaluation. *Journal of Food Composition and Analysis*. **2020**, 92, 103581. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103581>

KOLÁČKOVÁ, T., KOLOFIKOVÁ, K., SYTAŘOVÁ, I., SNOPEK, L., SUMCZYNSKI, D., ORSAVOVÁ, J. Matcha tea: Analysis of nutritional composition, phenolics and antioxidant activity. *Plant Foods for Human Nutrition*. **2020**, 75(1), 48–53. Dostupné z: doi: 10.1007/s11130-019-00777-z

KOLÁČKOVÁ, T., SUMCZYNSKI, D., BEDNAŘÍK, V., VINTER, Š., ORSAVOVÁ, J., a KOLOFIKOVÁ, K. Mineral and trace element composition after digestion and leaching into matcha ice tea infusions (*Camellia sinensis* L.). *Journal of Food Composition and Analysis*. **2021**, 97, 103792. Dostupné z: doi:10.1016/j.jfca.2020.103792

KOLÁČKOVÁ, T., SUMCZYNSKI, D., MINAŘÍK, A., ERKAN, Y., A ORSAVOVÁ, J. The effect of *In Vitro* Digestion on Matcha Tea (*Camellia sinensis*) Active components and Antioxidant Activity. *Antioxidants*. **2022**, 11(5), 889. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/antiox11050889>

MÍŠKOVÁ, Z., LORENCOVÁ, E., SALEK, R.N., KOLÁČKOVÁ, T., TRÁVNÍKOVÁ, L., REJDLOVÁ, A., BUŇKOVÁ, L., BUŇKA, F. Occurrence of biogenic amines in wines from the central european region (zone B) and evaluation of their safety. *Foods*. **2023**, 12 (9), 1835. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods12091835>

Užitný vzor:

SUMCZYNSKI, D., ŠŤASTNÁ, K., BUREŠOVÁ, I., **KOLÁČKOVÁ, T.** Směs na výrobu sušenek a trvanlivého pečiva s přidavkem nutraceutických surovin. CZ 33 013, **2019**, Užitný vzor.

Konferenční příspěvek:

KOLÁČKOVÁ, T., SUMCZYNSKI, D. Stanovení kofeinu v čajích metodou HPLC. **2018**, Czech Chemical Society Symposium Series. 70. sjezd českých a slovenských chemických společností, Zlín, 16(5), 417 s. ISSN 2336-7202

Konference:

Účast s přednáškou na 70. Sjezdu českých a slovenských chemických společností, 9. – 12. 9. 2018, Zlín. Stanovení kofeinu v čajích metodou HPLC

8 ODBORNÝ ŽIVOTOPIS AUTORA

OSOBNÍ ÚDAJE

Jméno a příjmení: Ing. Tereza Koláčková
Datum narození: 01. 07. 1991
Adresa: Za Divadlem 4, 602 00, Brno
Telefon: +420 702 666 295
E-mail: kolackova@utb.cz

VZDĚLÁNÍ

09/2006 – 06/2010 ISS Slavkov u Brna, Hotelnictví a turismus
09/2010 – 06/2013 Bakalářské studium, Chemie a technologie potravin – specializace gastronomické technologie, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická
09/2013 – 06/2016 Magisterské studium, Chemie a technologie potravin, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická
09/2014 – 06/2015 Program ERASMUS⁺, School of Agriculture, Polytechnic Institute of Beja, Beja, Portugalsko
2015 Certifikovaný interní auditor – ISO 9001, HACCP, IFS, KONFIRM, spol. s r. o., Zlín
05/2017 – 07/2017 Praktická stáž, ERASMUS⁺, Polytechnic Institute of Beja, CEBAL, Beja, Portugalsko
09/2016 – 9/2023 Doktorské studium, Technologie potravin, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická

ŘEŠENÉ PROJEKTY

2017 IGA/FT/2017/006

Stanovení obsahů biologicky aktivních látek v rostlinných produktech a sledování jejich změn vlivem technologického zpracování (člen řešitelského týmu)

2018 IGA/FT/2018/006

Stanovení nutričních znaků rostlinných surovinových komponent (řešitel)

2019 IGA/FT/2019/004

Analýza nutričních hodnot a bioaktivních látek v netradičních surovinových komponentech a výrobcích z nich (člen řešitelského týmu)

2020 IGA/FT/2020/010

Nutriční znaky netradičních surovinových komponent (člen řešitelského týmu)

Ing. Tereza Koláčková, Ph.D.

**OBSAH BIOLOGICKY AKTIVNÍCH LÁTEK V MATCHA
ČAJÍCH A JEJICH STANOVENÍ V PRŮBĚHU PŘÍPRAVY**

DETERMINATION OF THE CONTENT OF BIOLOGICALLY ACTIVE
SUBSTANCES IN MATCHA TEA AND THEIR DETERMINATION DURING
PREPARATION

Teze disertační práce

Vydala Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně,
nám. T. G. Masaryka 5555, 760 01 Zlín.

Náklad: vyšlo elektronicky

Sazba: Tereza Koláčková

Publikace neprošla jazykovou ani redakční úpravou.

Rok vydání 2023

Pořadí vydání: první

ISBN 978-80-7678-196-2

