

Monitoring obsahu minerálních prvků v matcha čajích

Bc. Nikoleta Lanczová

Diplomová práce
2019



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav technologie potravin
akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Nikoleta Lanczová**
Osobní číslo: **T17540**
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie potravin**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Monitoring obsahu minerálních prvků v matcha čajích**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. **Popsat chemické složení čajů s podrobnějším zaměřením na obsah minerálních prvků.**

II. Praktická část

1. **Stanovení obsahu minerálních prvků v matcha čajích a v jejich výluzích.**
2. **Zpracování dat, diskuze, závěr.**

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

- [1] COPPOCK, Robert W. a Margitta DZIWENKA. Green Tea Extract. *Nutraceuticals* [online]. Elsevier, 2016, 2016, s. 633–652 [cit. 2018–11–23]. DOI: 10.1016/B978-0-12-802147-7.00046-2. ISBN 9780128021477. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128021477000462>.
- [2] AHMED, Selena a John Richard STEPP. Green Tea. *Tea in Health and Disease Prevention* [online]. Elsevier, 2013, 2013, s. 19–31 [cit. 2018–11–23]. DOI: 10.1016/B978-0-12-384937-3.00002-1. ISBN 9780123849373. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780123849373000021>.
- [3] NOOKABKAEW, Sumontha, Nuchanart RANGKADILOK a Jutamaad SATAYAVIVAD. Determination of Trace Elements in Herbal Tea Products and Their Infusions Consumed in Thailand. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. 2006, 54(18), 6939–6944 [cit. 2019–03–01]. DOI: 10.1021/jf060571w. ISSN 0021–8561. Dostupné z: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf060571w>.
- [4] MILANI, Raquel F., Marcelo A. MORGANO a Solange CADORE. Trace elements in *Camellia sinensis* marketed in southeastern Brazil: Extraction from tea leaves to beverages and dietary exposure. *LWT – Food Science and Technology* [online]. 2016, 68, 491–498 [cit. 2019–03–01]. DOI: 10.1016/j.lwt.2015.12.041. ISSN 00236438. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0023643815303984>.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Daniela Sumczynski, Ph.D.**
Ústav analýzy a chemie potravin

Datum zadání diplomové práce: **2. února 2019**

Termín odevzdání diplomové práce: **3. května 2019**

Ve Zlíně dne 2. února 2019

L.S.

doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

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

Příjmení a jméno:

Obor:

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně

.....

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

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

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

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

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

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

³¹⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní díla:

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

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

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

ABSTRAKT

Teoretická část diplomové práce zahrnuje výrobu zeleného čaje s bližším zaměřením na čaj matcha, dále uvádí chemické složení se zaměřením na obsah minerálních prvků. Praktická část je zaměřena na stanovení obsahu minerálních prvků v čajích matcha a jejich jednotlivých výluzích pomocí metody ICP-MS a spektrofotometrické stanovení fosforu. Čaj matcha je bohatý zejména na prvky na Mn, Cu, Mg, P.

Klíčové slová: matcha; zelený čaj; minerální prvky; ICP-MS; spektrofotometrie

ABSTRACT

The theoretical part of the thesis includes the production of green tea with a closer focus on matcha tea, followed by the chemical composition focusing on the content of mineral elements. The practical part is focused on determination of mineral elements content in matcha teas and their individual extracts by the ICP-MS method and spectrophotometric determination of phosphorus. The green tea is rich in Mn, Cu, Mg, P.

Keywords: matcha; green tea; mineral elements; ICP-MS; spectrophotometry

V prvom rade by som rada poďakovala svojej vedúcej diplomovej práci doc. Ing. Daniele Sumczynski, Ph.D. za jej odborné vedenie, prístup a snahu pomôcť počas vypracovania tejto diplomovej práce. Rada by som ďalej poďakovala Ing. Lenke Šenkárovej, Ph.D., za pomoc pri meraní vzoriek na ICP-MS.

OBSAH

ÚVOD.....	10
I. TEORETICKÁ ČÁST	11
1 ČAJOVNÍK.....	12
1.1 BOTANICKÝ POPIS ČAJOVNÍKA	12
1.2 LEGISLATÍVA.....	13
2 TECHNOLOGICKÉ ZPRACOVANIE ČAJOVÝCH LISTOV	15
2.1 PESTOVANIE ČAJOVNÍKA	15
3 PESTOVANIE ČAJU MATCHA	17
3.1 TYPY ČAJU MATCHA	18
3.2 ZBER ČAJU, ZÍSKAVANIE LISTOV.....	19
3.3 SPRACOVANIE ČAJOVÝCH LISTOV.....	20
3.4 VALCOVANIE, TVAROVANIE, SUŠENIE	22
4 CHEMICKÉ ZLOŽENIE	23
4.1 ZÁKLADNÉ NUTRIČNÉ HODNOTY	23
4.1.1 Popol a sušina.....	23
4.1.2 Proteíny a aminokyseliny	24
4.1.3 Polysacharidy, pektíny a vláknina.....	24
4.1.4 Lipidy, saponiny a terpenoidy.....	25
4.1.5 Vitamíny.....	25
5 MINERÁLNE PRVKY	26
5.1 MAKROBIOGENNÉ PRVKY	26
5.2 MIKROBIOGENNÉ PRVKY	27
5.3 STOPOVÉ PRVKY.....	27
6 POLYFENOLY	30
6.1 FLAVONOIDY.....	30
6.2 POLYFENOLICKÉ KYSELINY	31
6.3 TANINY	31
6.4 ALKALOIDY.....	32
6.5 FARBIVÁ.....	32
6.6 ĎALŠIE ZLÚČENINY	33
I PRAKTICKÁ ČÁST	34
7 CIEL PRÁCE	35
8 METODIKA	35

8.1	POUŽITÉ CHEMIKÁLIE.....	36
8.2	POUŽITÉ PRÍSTROJE A POMÔCKY	36
8.3	CHARAKTERISTIKA VZORIEK.....	36
8.4	STANOVENIE PRVKOVÉHO ZLOŽENIA POMOCOU ICP-MS.....	37
8.4.1	Mineralizácia vzorky.....	37
8.4.1.1	Mineralizácia práškovej vzorky.....	37
8.4.1.2	Príprava extraktov – vodný výluh.....	37
8.4.2	Kalibrácia pre meranie ICP-MS.....	37
8.4.2.1	Presnosť a správnosť merania.....	38
8.4.3	ICP-MS inštrumentácia.....	38
8.4.4	Referenčné príjmy minerálnych a toxických prvkov	38
8.5	STANOVENIE FOSFORU SPEKTROFOTOMETRICKY.....	39
8.5.1	Kalibračná krivka pre stanovenie fosforu vo vzorkách.....	39
8.6	ŠTATISTICKÉ VYHODNOTENIE VÝSLEDKOV	40
9	VÝSLEDKY A DISKUSIA.....	41
9.1	ÚDAJE O REFERENČNÝCH MATERIÁLOCH A VÝSLEDNÁ VÝŤAŽNOSŤ.....	41
9.2	VÝSLEDKY STANOVENIA OBSAHU MINERÁLNYCH PRVKOV	45
9.3	VÝSLEDKY STANOVENIA DENNÝCH PRÍJMOV	68
9.4	VÝSLEDKY STANOVENIA FOSFORU	72
9.4.1	Kalibračná krivka	72
9.4.2	Výsledky stanovenia P spektrofotometricky.....	73
	ZÁVER	77
	ZOZNAM POUŽITE	79
	ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK.....	87
	ZOZNAM OBRÁZKOV	88
	ZOZNAM TABULIEK	89

ÚVOD

Čaj je jeden z najviac konzumovaných nealkoholických nápojov. Má bohatú históriu a pre svoje zdraviu prospešné účinky je obľúbený po celom svete. V dnešnej dobe môžeme nájsť rôzne druhy v rozličných formách od sypaných až po práškové. Produkcia čaju je rozšírená po celom svete. Krajiny ako Čína, Japonsko, Vietnam, India patria k najvýznamnejším producentom čaju.

Podľa vyhlášky 330/1997 Sb. môžeme čaje rozdeliť do viacerých kategórií, najznámejšie sú čaje zelené, čierne a oolong. Líšia sa najmä spôsobom spracovania, výroby a fermentácie.

Zelený čaj, ktorý tvorí približne 20% svetovej produkcie čaju, je nefermentovaný produkt, ktorý zahŕňa zber čerstvých listov a ich následné naparovanie, aby sa predišlo enzymatickej degradácii jeho aktívnych zlúčenín. Zelené čaje sú bohaté na katechíny – polyfenoly s antioxidačnou aktivitou. Tieto zlúčeniny pomáhajú v prevencii proti mnohým chorobám od rôznych typov rakoviny, kardiovaskulárnych ochorení a oxidačnému stresu. Redukujú cholesterol, stabilizujú hladinu cukru v krvi a zmiernujú vysoký krvný tlak.

Čaj matcha sa vyskytuje v práškovej forme. Princíp výroby spočíva v rozomletí celých listov. Tento odlišný spôsob spracovania a konzumácia môže priniesť aj zmeny v zložení minerálnych prvkov oproti iným bežne konzumovaným čajom.

Čaje zahŕňajú aj komplex minerálnych prvkov, od prospešných až po toxické, ako je napríklad Pb a Cd. Vzhľadom na možný pravidelný príjem tohoto nápoja, je potreba monitorovať obsah a príjem minerálnych či toxických prvkov.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ČAJOVNÍK

Čaj je jeden z najčastejšie konzumovaných nealkoholických nápojov vo svete s bohatou tradíciou. Pôvodne bol používaný ako nápoj v Číne, až do 17. storočia, keď Európania začali s jeho obchodovaním (Gonzales de Mejia, 2009). Pitie čaju spočívalo zo začiatku iba miešaním surových listov stromov divokých čajov vo vriacej vode horskými kmeňmi v južnej Číne, neskôr sa rozvinul do spoločenských obradov, zdokonalovaním a vynikáním v rôznych častiach sveta, dosiahol svoju konečnú podobu v Japonsku. Návštevníci z Európy v 16. storočí zistili, že čaj v Číne sa využíval ako populárny liečivý nápoj, zatiaľ čo v Japonsku si držal úplne iný status. V 15. až 16. storočí s príchodom čajových majstrov so zen-sektovým budhistickým pozadím, bol čaj vyzdihnutý k náboženstvu estetiky – teaizmu. Teaizmus je kult založený na uctievaní krásy, lásky k prírode prostredníctvom jednoduchosťou materiálov. Vykonáva sa ako “Cha-noyu“ alebo čajový obrad. Majstri čaju ako je Sen-no Rikyu v 16. storočí spolu s jeho predchodcami a nástupcami zdokonalili umenie čajového obradu pod záštitou tedajšieho panovníka bojujúceho s Japonskom. Nasledovníci Sen-no Rikyu a iní čajoví majstri založili samostatné školy teaizmu, ktoré až do dnešného dňa dodržiavajú určitú zdvorilosť pri servírovaní a oceňovaní čaju. Čaj používaný v ceremónii čaju sa nazýva matcha. Je to zelený čaj najvyššej kvality pomletý na práškovú konzistenciu. Matcha je rozpustená vo vlažnej vode so šľahačkou a servírovaná v porcelánovej miske. Hovorí sa, že teaizmus predstavuje veľa srdca a duchovného zázemia japonského života (Hara, 2001).

Zelený čaj je obľúbený najmä pre jeho atraktívnu arómu, charakteristickú chuť a zdravotné benefity. Príchut' čaju je v podstate určená chemickými zložkami v čajových listoch, ktoré sú do značnej miery závislé od genotypu čaju a výrobného procesu (Han, 2016).

1.1 Botanický popis čajovníka

Camellia sinensis, patriaci do čeľade Theaceae je zelený strom, prípadne ker, ktorý dorastá do výšky 10 – 15 m vo voľnej prírode a 0,6 – 1,5 m pri pestovaní. Listy sú svetlo zelené, krátke, striedavé, kopinaté, s vrúbkovanými okrajmi s dĺžkou od 5 – 30 cm a šírkou približne 4 cm. Zrelé listy sú žiarivo zelené, hladké a kožovité. Kvety sú biele, s charakteristickou vôňou, priemerne majú 2,5 až 4,0 cm a šesť až osem okvetných lístkov. Kvety nesú tyčinky so žltým prašníkom a produkujú nahnedlé červené tobolky. Plod je v tvare sploštenej, hladkej, zaoblenej kapsule. Semeno sa nachádza samostatne v každej kapsuli

zvlášť a má veľkosť malého orecha. Mladé lístky majú krátke biele chĺpky na spodnej strane a mladé vetvy sú šedo-žlté a hladké. Vetvy sú v priebehu roka purpurovo červené (Mahmood et al., 2010).



Obrázok 1: Listy a plody čajovníka čínskeho
(www.123rf.com/photo_72687400_tea-camellia-sinensis-leaves-on-white-background.html)

1.2 Legislatíva

Podľa vyhlášky č. 330/1997 Sb. sa pre čaj rozumie:

- výrobok rastlinného pôvodu slúžiaci k príprave nápoja určeného k priamej spotrebe, alebo nápoj pripravený z tohto výrobku,
- čaj pravý – čaj vyrobený z výhonkov listov, pupeňov, alebo jemných častí zdrevnatých stoniek čajovníka *Camellia sinensis* (Linnaeus) O. Kunze prípadne ich kombinácia,
- zelený čaj – čaj pravý, v ktorom neprebehla fermentácia,
- polofermentovaný čaj (oolong) – čaj, v ktorom prebehla čiastočná fermentácia,
- čierny čaj – čaj pravý, v ktorom prebehla plná fermentácia,

- čajový extrakt – výrobok získaný vodnou extrakciou čaju slúžiaci pre rozpustenie vo vode k príprave nápoja,
- instantný čaj – instantný výrobok, obsahujúci čajový extrakt a iné zložky, určené k príprave nápojov rozpustením vo vode,
- ovonený čaj – čaj, ktorý absorboval požadované vône a pachy,
- ochutený čaj – zmes pravého čaju s ochutenými časťami rastlín, ktorých obsah nepresahuje 50 % hmotnosti zmesi,
- aromatizovaný čaj – čaj, ktorý obsahuje látky určené k aromatizácii,
- bylinný čaj – čaj z časti bylín, alebo ich zmesi, alebo bylín s pravým čajom, alebo ich zmesi s ovocím, pričom obsah bylín musí činiť minimálne 50 % hmotnosti,
- ovocný čaj – čaj zo sušeného ovocia a časti sušených rastlín, kde podiel sušeného ovocia je vyšší než 50 % hmotnosti (Vyhláška č. 330/1997 Sb. www.zakonyprolidi.cz/cs/1997-330#oddil1)

Čaj sa vyrába chemickým a biochemickým spracovaním mladých výhonkov *Camellia* spp. Pestované odrody čajov južnej Indie zahŕňajú rôzne druhy ako sú *Camellia sinensis*, *Camellia assamica* a *Camellia assamica* spp. *lasiocalyx* (Chen et al., 2012). Hoci presný pôvod čajových kultivarov je stále predmetom diskusie, odrodová diferenciácia sa opiera o ich zemepisný pôvod, pokiaľ ide o pôvod z Číny, Assamu alebo Kambodže. Južná India má rozmanité genetické zdroje, pretože všetky existujúce zbierky sú šľachtiteľské línie rastlín pochádzajúcich z Assamu, Číny a ďalších nezarađených zdrojov. Juhoindické druhy čajov sú vysoko geneticky variabilné v dôsledku nekontrolovaného opelenia a mnohé z nich boli vybrané na základe ich fenotypovej prevahy. Hoci existujúca rozmanitosť je rozsiahla, genotypy vybrané a využívané na rozsiahlu výsadbu sú veľmi obmedzené. Väčšina kultivarov sa vyznačuje osobitnými vlastnosťami čo sa týka výnosu, kvality a odolnosti voči suchu a plesňovým ochoreniam. Vykonávali sa rôzne pokusy kontrolovaných hybridizácií, niektoré sú vhodné aj na bežné pestovanie. Niekoľko odrôd sa pestuje aj na okrasné účely. Existujúca rozmanitosť sa musí zachovávať a zároveň charakterizovať pre budúce programy na zlepšenie plodín, ktoré predstavujú základnú podpornú štruktúru pre čajový priemysel. Znalosť genetickej diverzity medzi odrodami je dôležitým predpokladom pestovania a zlepšovania plodín (Balasarayanan et al., 2003).

2 TECHNOLOGICKÉ ZPRACOVANIE ČAJOVÝCH LISTOV

2.1 Pestovanie čajovníka

Pôvodná oblasť pestovania čaju zahŕňa juhozápadnú Čínu, severný Laos, severný Vietnam, Mjanmarsko, Kambodžu a severovýchodnú Indiu. Čajovník sa pestuje po dobu 1500 rokov. Kultivácia čaju je však možná len v oblastiach, ktoré majú priemerný ročný úhrn zrážok aspoň 120 – 150 cm. Optimálne teploty pestovania čajú sú pri teplotách v rozmedzí od 18 – 20 °C a priemerné zrážky 250 – 300 cm (Williges, 2004). Pestovanie môže prebiehať v nadmorských výškach od 2200 do 3000 m. Všeobecne však platí, že čím vyššia nadmorská výška, tým kvalitnejší čaj získame. Pri pestovaní čajovníka je žiadúce aspoň 5 hodín priameho, alebo 11 hodín nepriameho slnečného žiarenia. Pôda by mala byť pieskovitá, dôkladne prevzdušnená, obsahovať dostatočný zdroj živín s vyváženou vrstvou humusu a nízkym pH. Sucho, horúčavy a mráz sú škodlivé pre rast čajovníka a môžu mať za následok nižšiu kvalitu produktu z hľadiska chémie, chuti, arómy a bioaktivity. Čajové rastliny sa často pestujú v kontrolovaných podmienkach škôlky, alebo v iných chránených podmienkach, počas prvých dvoch, až štyroch rokov. V tejto dobe sú klasifikované ako nezrelé a nezberajú sa. Keď rastliny čaju začínajú zrietať, sú premiestňované na polia kde sú pripravené k zberu (Ahmed, 2012).



Obrázok 2: Čajovník čínsky (www.plantsrescue.com/camellia-sinensis/)

3 PESTOVANIE ČAJU MATCHA

Čaj matcha sa pestuje špeciálnym spôsobom, a to tieňovaním. Čajové kere, ktoré majú rastový cyklus na jar pučia pod ochranným materiálom mimo slnečného svetla. Po prvom počiatocnom náraste sa nad čajovými kríkmi postaví konštrukcia a cez ňu sa pretiahne hustá tkanina. Toto usporiadanie, nazývané *tana*, pokrýva hornú aj bočnú stranu konštrukcie, ale zároveň je dosť priestranná pre rast nových púčikov a listov. Táto sieťovina zablokuje približne 90 % slnečného žiarenia, rastliny však rastú aj napriek tomu. Dôvodom tohto tieňovania je zvýšenie produkcie chlorofylu v rastlinách, znížením prirodzenej fotosyntézy v listoch. Zmeny v zložení chlorofylu menia prirodzenú rovnováhu prírodných zložiek listov, najmä pre:

- L-teanín, ktorý je zodpovedný za chuť,
- kofeín, ktorý ovplyvňuje horkosť,
- katechíny, ktoré dodávajú čaju textúru.

Táto nútená zmena v chémii listov však prináša listy ktoré sú jemné, a čaj s mierne trpkou chuťou, ale má sladké a maslované podtóny, ktoré sú typické pre vysokokvalitné čaje matcha. Matcha sa vyrába z jarného zberu, pretože vtedy má najlepšiu štruktúru listov a chuť (Heiss, 2016).



Obrázok 3: Tieňovanie (tea-of-japan.com/about-japanese-tea/high-grade-matcha/726/05/24)

3.1 Typy čaju matcha

Väčšina producentov vyrába dva druhy prémiových čajov matcha, ktoré sa využívajú pri Japonských čajových obradoch/ceremoniách. Tieto čaje, nazývané *usacha* a *koicha* sa líšia intenzitou chute a spôsobom podávania. *Koicha* sa vyrába z listov starších čajových kríkov a vo výsledku je aj drahší. Šálka čaju *koicha* má silnejšiu chuť a hustejšiu textúru. Pri príprave sa používa menšie množstvo vody a naopak väčšie množstvo čaju, nakoniec sa pripravená zmes hnetie pomocou špeciálnych šľahačov na finálnu podobu (Heiss, 2016).



Obrázok 4: Čaj matcha (www.cominstea.com/products/matcha-tea)

3.2 Zber čaju, získavanie listov

Glykozidy aromatických a terpénových alkoholov, ktoré sa nachádzajú v rastúcich listoch, sa po vytrhnutí hydrolyzujú za vzniku voľných prchavých alkoholov (Graham, 1992). Väčšina druhov zeleného čaju sa vyrába za použitia mladých, jemných listov. Jednotlivé listové jednotky sa od seba líšia podľa špecifického typu zeleného čaju. Mnoho týchto typov zahŕňa koncové pupene, medzipuky 1 – 3 listov bezprostredne pod pupenom. Pre niektoré druhy zelených čajov sa zberaná jednotka skladá výlučne len z mladých listov. Staršie listy sa zvyčajne nepoužívajú na výrobu kvalitných čajov, pretože tieto listy sú hrubé so zvieravou chuťou. Čajové listy sa zberajú ručne, alebo mechanicky šklbacím strojom (Ahmed, 2012). Pri zbere sa využívajú tri typy strojov. Prenosné obrábacie stroje (určené pre jednu až dve osoby), samopojazdné vozy a stroje pohybujúce sa po koľaji. Najčastejšie používané sú samohybné vozy, no pre výrobu kvalitných čajov sa preferuje ručný zber (Heiss, 2016). Poľnohospodári dokážu vyberať až 30 kg čerstvých čajových listov denne. Ručný zber je však oveľa nákladnejší a náročnejší, preto bol v mnohých prípadoch nahradený mechanizovanými strojmi na zvýšenie produkcie a zníženie nákladov za pracovnú

silu. Listy sú zberané z jednej rastliny v intervale 4 dní až 2 týždňov (Ahmed, 2012). V tabuľke 1 je znázornená efektivita zberu jednotlivými metódami.

Tabuľka 1: Efektivita zberu čajových listov (Heiss, 2016).

Metóda	Množstvo nazberaných listov za deň na osobu (kg)
Ručný zber	
Ručný zber	10 – 15
Ručný zber – nožnice	100 – 200
Mechanický zber	
Prenosné stroje (jedna až dve osoby)	700 – 1000
Samopojazdné stroje	4000 – 5000
Stroje pojazdné po koľaji	2000 – 3000

3.3 Spracovanie čajových listov

Spracovanie je jedným z najdôležitejších faktorov ovplyvňujúcich rozvoj prchavých zlúčenín, znižuje horkosť, inaktivuje enzýmy, znižuje obsah vlhkosti a transformuje čajové listy do šiestich rôznych farieb používaných na klasifikáciu čaju. Prvotné kroky pri spracovaní zeleného čaju sú rozostieranie po zbere, fixovanie, rollovanie, formovanie a sušenie. Po zbere sú čajové listy spracované tak, aby premenili svoju chuť a zabránili degradácii biochemických profilov a znehodnoteniu. V priemere sa štyri až šesť kilogramov čerstvého čajového listu spracuje na jeden kilogram sušeného čajového listu, obsahujúci 1000 – 12000 mladých výhonkov (Ahmed, 2012).

Po zbere môžu byť čajové listy rozložené na bambusové rohože alebo iné povrchy, na jednu až tri hodiny. V priebehu tohto procesu sa listy postupne obracajú. Podstielanie listov podporuje hydrolýzu vo vode nerozpustných sacharidov, pektínov, vznik a akumuláciu negátových katechínov, uvoľňuje sa trávovitý zápach charakteristický pre čerstvé čajové

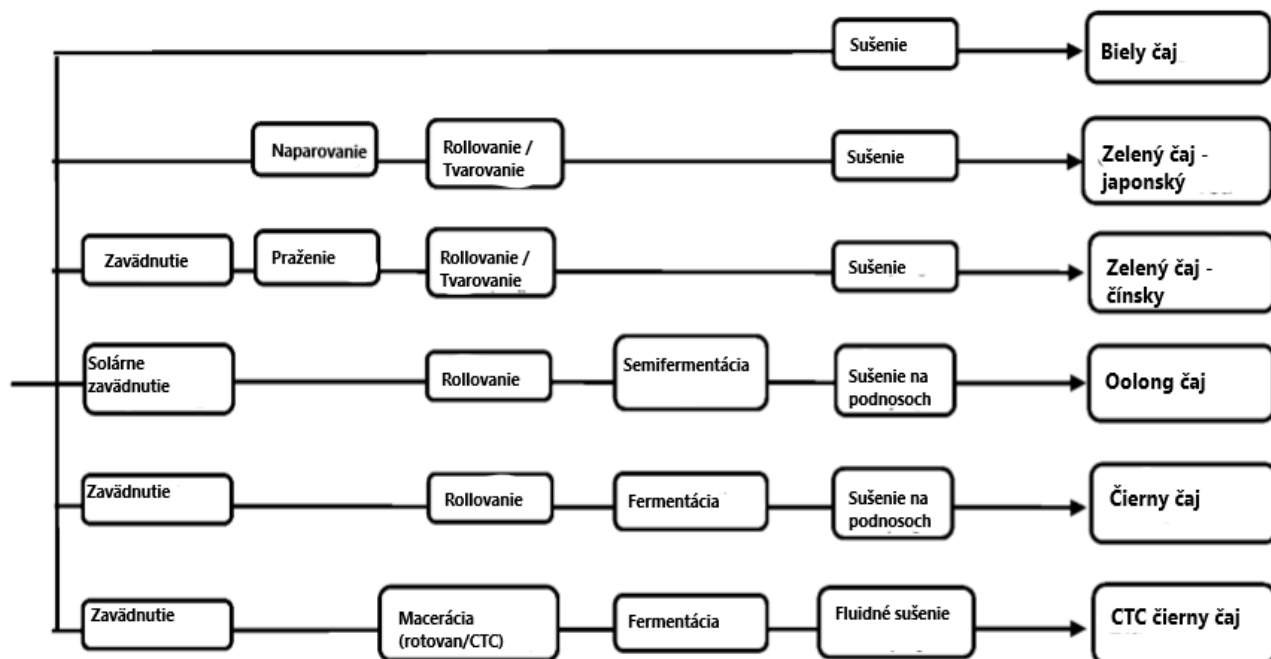
lístky a čiastočne sa znižuje vlhkosť. Veľkosť plochy a doba trvania zrolovania listov sa líši od rôznych druhov čaju. Nie všetky typy zeleného čaju zahŕňajú podstielanie listov po zbere úrody. Počas procesu podstielania sa stratí približne 30 % vlhkosti listu a tým sa pripraví pre ďalšiu aplikáciu tepla (Ahmed, 2012).

Čerstvé čajové listy sú vystavené pôsobeniu tepla približne 10 – 15 minút v procese známom ako fixovanie. Tento proces inaktivuje enzýmy vo výhonkoch listu, aby sa zabránilo oxidácii a fermentácii a zároveň zachovaniu zelenej farby. Čajové výhonky obsahujú enzýmy, ktoré sú zodpovedné za metabolické a biochemické dráhy, spôsobujúce rast čajovníkov. Hlavné enzýmy v týchto rastlinách sú polyfenoloxidáza, kataláza, peroxidáza a askorbát oxidáza (Xu a Chen, 2002). Tieto enzýmy majú vysokú aktivitu po vytrhaní a musia byť deaktivované vplyvom vysokých teplôt. Každý enzým má inú úroveň aktivity v závislosti od pozície listu, metódy otrhávania, ročných období a kultivarov. Enzýmy tiež rozdielne reagujú na teplotné fluktuácie. Napríklad jemné a nové výhonky majú vyššiu aktivitu polyfenoloxidázy ako výhonky staršie a taktiež vyžadujú vyššie teploty počas fixácie. Počas tohto procesu sa zníži obsah vody v listoch až o 40 %. Metódy fixácie zeleného čaju sa skladajú z praženia a parenia (Zhen, 2002).

Zelený čaj sa vyrába parením listov, aby sa inaktivovali enzýmy, ktoré by mohli spôsobovať fermentáciu listov (Sharangi, 2016). Aróma, ktorá je špecifická pre pražený čaj, vzniká keď sa listy pražia pri teplote medzi 100 – 120 °C. Horká a zvieravá chuť v čajových listoch nižšej kvality sa odstraňuje pražením pri teplote 200 °C (torefakčný proces), ktorý rozkladá polyfenoly na pyrolové a pyrazínové typy aromatických zložiek (Suvandu, 2015). Praženie na panvici spočíva v sušení listov priamo na suchej panvici, ktorá je vystavená vysokému zdroju tepla. Rozvíjala sa v Číne a je hlavnou cestou spracovania zeleného čaju. Spracovanie pomocou pary sa vykonáva umiestnením listov nad perforované parníky, ktoré uvoľňujú paru spod ohrievanej vody. Táto metóda sa uplatňuje najmä v Japonsku. Pri tomto procese sa zachovávajú farby, vyšší obsah polyfenolov a antioxidantov než pri pražení. Rýchle, rovnomerné a vysokoteplotné sušenie je dôležité pre vysokokvalitné čaje. Teploty sušenia sa pohybujú v rozmedzí od 100 – 200 °C pre tradične spracované a 220 – 330 °C pre strojovo spracované čaje. Nízke teploty môžu spôsobovať sčervenanie listov a naopak nadmerne vysoké teploty spália a vysušia listy, čo vedie k ich zažltnutiu až zhnednutiu a listy majú dymovú pachuť. Nevhodne zvolená teplota znemožňuje ďalšie spracovanie ako napríklad valcovanie, ktoré by mohlo listy úplne znehodnotiť (Ahmed, 2012).

3.4 Valcovanie, tvarovanie, sušenie

Po ohrievaní sa listy valcujú aby sa narušila štruktúra bunkovej steny, uvoľnila vlhkosť listu a tvaroval finálny výrobok (Ahmed, 2012). Listy sú zvinuté ručne, alebo mechanickými valcami a hlavným cieľom tohto procesu je zvýraznenie chuti čaju (Sharangi, 2016). Doba valcovania sa pohybuje v rozmedzí niekoľkých minút až hodín. Mladé listy sa valcujú pod menším tlakom a v kratšom trvaní ako listy staršie, aby sa zabránilo žltnutiu, ktoré je výsledkom hydrolýzy chlorofylu a autooxidácie polyfenolov. Valcované čajové lístky sú nasledne tvarované do rôznych foriem vrátane prekrútených, vložkovitých, rovných a práškovitých. Celé púčiky a mladé listy vyššej akosti sú vhodné k zničeným kúskom listov, nazývajú sa “fannings“. Tento produkt môžeme nájsť v masovo vyrábaných čajových vrecúškach (Ahmed, 2012). Valcované listy sa nakoniec sušia pôsobením ohňa. Celý proces valcovania a sušenia sa niekoľkokrát opakuje, až kým listy nie sú úplne suché. Proces výroby zeleného čaju je veľmi náročný, pretože zmena času schnutia, prípadne valcovania môže viesť k fermentácii listov, ktorá má negatívny dopad na chuť čaju (Sharangi, 2016). V závislosti od metódy, sušenie trvá od 20 minút až niekoľko hodín. Sušenie na panvici vytvára čajový produkt s pevnejším tvarom, ktorý udržuje väčšiu arómu v porovnaní s čajom, ktorý sa suší na vzduchu, alebo na slnečnom svetle (Ahmed, 2012).



Obrázok 5: Výroba čaju – hlavné kroky pre jednotlivé typy (Hilal, Engelhardt, 2007)

4 CHEMICKÉ ZLOŽENIE

Chemické zloženie listov zeleného čaju *Camellia sinensis* sa mení podľa odrody, klímy, typu pôdy, záhradníckej praxi, sezóny zberu a postupov v parení, alebo sušení. Pri výrobe po trhaní listov môže počiatočné naparovanie, alebo praženie a konečné metódy sušenia zmeniť chemické zloženie zeleného čaju. Zahrievanie listov ihneď po zbere inaktivuje pôvodné enzými polyfenoloxidázy. Polyfenoly a mnohé ďalšie zlúčeniny vrátane chlorofylu sú zodpovedné za farbu a chuť zeleného čaju. Sú to najžiadanejšie chemické látky pre ich farmako-fyziologické účinky.

4.1 Základné nutričné hodnoty

4.1.1 Popol a sušina

Celkový popol čierneho čaju by mal tvoriť 8 % hmotnosti (www.zakonyprolidi.cz/cs/1997-330#oddil1).

Tabuľka 2: Zloženie zeleného čaju a jeho výluhu (%) (Chacko et al., 20110).

Zložky	Zelený čaj	Výluh zo zeleného čaju
Proteíny	15	Stopové množstvo
Aminokyseliny	4	3,5
Vláknina	26	0
Sacharidy	7	4
Lipidy	7	Stopové množstvo
Farbivá	2	Stopové množstvo
Mínérálne prvky	5	4,5
Fenolické zlúčeniny	30	4,5

4.1.2 Proteíny a aminokyseliny

Čajový nápoj obsahuje približne 17 % dusíkatých látok vo forme:

- proteínov (6 hmotn. %),
- aminokyselín a nukleových kyselín (8 hmotn. %),
- a L-theanínu (3 hmotn. %).

Theanín je jednou najdôležitejšou z 19 aminokyselín v zelenom a čiernom čaji. Degradácia aminokyseliny sa podieľa na biosyntéze arómy čaju, z čoho vyplýva, že výrazná chuť japonského zeleného čaju je čiastočne spôsobená s aminokyselinami (Balentine, 1997). Ďalšie aminokyseliny, prítomné v zelenom čaji sú glutamín, kyselina glutamová a arginín. Voľné aminokyseliny obsiahnuté v zelenom čaji boli uznané ako hlavný prispievateľ plnej chuti. Niektoré prchavé zlúčeniny nachádzajúce sa už v pripravenom nápoji môžu takisto pochádzať z voľných aminokyselín. Aminokyseliny sa môžu premeniť na aldehydy a to buď deamináciou, alebo dekarboxyláciou. Pri zvýšenej teplote behom výrobného procesu, voľné aminokyseliny, najmä L-arginín a L-theanín, môžu reagovať s voľnými cukrami za vzniku furánu, pyrazínu a pyrrolu (Maillardove reakcie), ktoré prispievajú k praženej aróme zeleného čaju (Zhang, 2016).

4.1.3 Polysacharidy, pektíny a vláknina

V čajovej rastline sa nachádza niekoľko typov polysacharidov. Čajové listy obsahujú okrem pektínových látok a vlákniny aj zvyškové cukry. Dozrievaním rastliny sa zvyšuje obsah lignínu a celulózy čo odpoďadá ich úlohe pri poskytovaní štruktúry rastúcej rastlin (Habowy, 1997). Pektín je taktiež prítomný v listoch. Čajový výťažok v pevnej forme obsahuje približne 4 % polysacharidov, 0,15 % pektínu a 6,5 % voľných sacharidov (fruktóza, glukóza, sacharóza) (Engelhardt, 2013).

4.1.4 Lipidy, saponiny a terpenoidy

Lipidy, saponíny a terpenoidy, tvoria približne 6 % čerstvého čajového listu, no pre ich nízku rozpustnosť vo vode je ich množstvo v čajovom výťažku zanedbateľné. Rastlinné steroidy, napríklad spinasterol obsahujú dôležitú frakciu čajového krému, ktorý sa podieľa na tvorbe zrazeniny po ochladení koncentrovaných čajových extraktov (Harbowy et al., 2010).

4.1.5 Vitamíny

Zelený čaj nie je jeden z významných zdrojov pre obsah vitamínov. Vitamín C sa nachádza najmä v zelených listoch a jeho obsah je približne 0,25 %. Ďalšie vitamíny, ktoré sa vyskytujú v čaji sú vitamín E, vitamíny B₂ a B₉ (Engelhardt, 2013).

5 MINERÁLNE PRVKY

5.1 Makrobiogenné prvky

Medzi makrobiogenné minerálne prvky zaraďujeme Na, K, Ca, Cl, P a S.

Tabuľka 3: Priemerný obsah makroelementov vo vzorke čaju matcha (Koch et al., 2018)

Makrobiogenné prvky (mg/kg)

	Na	K	Mg	Ca
JM (Matcha, Japonsko)				
Koncentrácia	123 ± 9	10754 ± 703	2084 ± 215	1916 ± 142
Rozsah	105 – 138	9816 – 11989	1783 – 2464	1743 – 2189

V tabuľke 3 je prezentovaný obsah makrobiogénnych prvkov v japonskom čaji matcha. Vzhľadom k výsledkom, môžeme pozorovať vysoký obsah K a Mg, čo znamená, že tento produkt by mohol byť aj súčasťou ľudskej stravy, najmä pre populácie s kardiovaskulárnymi ochoreniami (Koch et al., 2018). Približne 98 % Na sa absorbuje v čreve. Prebytok Na sa vylučuje hlavne obličkami a potom. Na je esenciálny prvok, kation zodpovedný najmä za reguláciu objemu extracelulárnej tekutiny a objemu plazmy. Určuje tiež membránový potenciál buniek a podieľa sa na aktívnom transporte niektorých molekúl cez bunkové membrány (Glass, Doyle, 2009).

5.2 Mikrobiogenné prvky

Do skupiny mikrobiogenných prvkov zaraďujeme Fe a Zn. Tieto prvky sa vyskytujú v zelených čajoch v nižších koncentráciách. Fe sa vstrebáva transportom sérovým transferínom do buniek, alebo kostnej drene. Nadbytok absorbovaného Fe sa skladuje ako feritín alebo hemosiderín, najmä v pečeni, čreve, slezine a kostnej dreni. Zvýšená koncentrácia zeleného čaju, znižuje koncentráciu Fe v krvnom sére, obličkách a srdci. Hlavné zlúčeniny podieľajúce sa na inhibícii absorpcie Fe v zelenom čaji sú polyfenoly vrátane katechínov. O týchto zlúčeninách je známe, že interferujú s Fe vytváraním nerozpustných polyfenolov železa v gastrointestinálnom lumene, čím je Fe menej dostupné pre absorpciu. Zn sa vstrebáva v krvi viazaný na albumín a aminokyseliny. Pôsobí ako stabilizátor membránových štruktúr a bunkových zložiek. Je základnou zložkou enzýmov, od Zn-dependných enzýmov až po superoxid dismutázu. Mechanizmus pomocou ktorého by výluh zeleného čaju zvyšoval koncentráciu Zn v ľudskom tele nie je známy. Je však pravdepodobné, že chemicky podobné kovy môžu zdieľať spoločnú nešpecifickú dráhu pre absorpciu, čo vedie ku kompetícii o absorpciu do buniek sliznice. Ďalšou možnosťou je, že výluh zeleného čaju môže uvoľňovať niektoré organické kyseliny, ktoré majú potenciál zvýšiť rozpustnosť, alebo pH a uľahčiť absorpciu Zn (Hamdaoui et al., 2005).

5.3 Stopové prvky

Do skupiny stopových prvkov zahrňujeme B, Co, Cr, Cu, F, I, Mn, Mo, Ni, Se, Sn, Al, As, Cd, Hg, Pb aj. Čaj obsahuje stopové prvky, ktoré sú nevyhnutné pre ľudské zdravie. Chróm, mangán, selén, zinok hrajú dôležitú úlohu v metabolizme človeka a záujem o tieto prvky sa zvyšuje v dôsledku toho, že človek trpí ich nedostatkom a zároveň chráni pred rôznymi oxidatívnymi ochoreniami. Oxidatívny stres je zapojený do patogenézy mnohých chorôb, vrátane nádorových ochorení (Cabrera et al., 2003). Akumuláciu minerálnych prvkov v čajových listoch možno pripísať ku kyselej pôde týchto rastlín, pretože rozpúšťanie kovov je vyššie v kyslých pôdach, než v pôdach neutrálnych (Milani et al., 2015).

Zelený čaj je bohatý na mangán, fluór a hliník. V tabuľke 3 je znázornený obsah minerálnych prvkov. Je treba však zohľadniť, že obsah týchto prvkov sa mení v závislosti od geografického pôvodu (Engelhardt, 2013).

Tabuľka 4: Zoznam vybraných prvkov v čaji (Engelhardt, 2013).

Prvok	Obsah (mg.kg ⁻¹)	Prvok	Obsah (mg.kg ⁻¹)
Fe	56 – 2037	Cu	8 – 70
P	2000 – 6500	Al	200 – 2560
Mn	148 – 1533	Zn	19 – 51
Na	35 – 1760	Ba	1 – 15

Anorganická zložka čaju nemusí obsahovať len esenciálne minerálne prvky, ale aj neesen-
ciálne minerálne prvky, kontaminanty ako sú As, Cd a Pb. Hlavnými zdrojmi týchto kon-
taminantov sú listy. Cd a As môžu byť prítomné v prídavných látkach, hnojivách, odpado-
vých vodách používaných v procese pestovania (Milani et al., 2015). Tieto kovy, najmä Cd
a sú toxické, a akumulujú sa v čajových kríkoch, ale taktiež pri spracovaní a výrobe.
Kadmium je prvok, ktorý je potenciálne karcinogénny, teratogénny a imunotoxický. Hliník
sa taktiež akumuluje v čajových keroch. Tento prvok sa spája s neurologickými dysfunk-
ciami ako je Alzheimerova choroba (Jezska-Skworon et al., 2015).

Obsah stopových prvkov je jedným z kritérií, ktoré robia rastlinné suroviny prípustné pre
výrobu tradičných liekov, alebo čajových výrobkov. Množstvo prvkov, ktoré sa do tela
dostáva sa zvyšuje s opakovanými dávkami. Určenie obsahu prvkov by malo byť súčasťou
procesu kontroly kvality s cieľom zabezpečiť čistotu, bezpečnosť a účinnosť týchto rast-
linných produktov (Nookabkaew et al., 2006). Na antioxidačnú aktivitu v extraktoch čaju
nevplyvávajú len fenolické zlúčeniny, ale aj minerálne prvky. Čaj je bohatým zdrojom man-
gánu, ktorý je súčasťou endogénnych antioxidantov, proti reaktívnym druhom kyslíka
a oxidačnému stresu (Jezska-Skworon et al., 2015). Nedostatok mangánu môže spôsobiť
abnormality v metabolizme sacharidov, glykozaminoglykánov a cholesterolu. Mangán je
zložka troch metaloenzýmov (arginázy, pyruvát-karboxylázy a mangán-
superoxiddismutázy), taktiež aktivuje veľké množstvo enzýmov, ktoré sa zúčastňujú na
syntéze mukopolysacharidov (Cabrera et al., 2003). Uvádza sa, že jedna šálka čaju prispie-
va zhruba 40 % priemernej dennej dávke mangánu v biologickej forme (Kumar et al.,
2005).

Meď je mikronutrient pre rastliny, ale taktiež môže byť fytotoxický vo vysokých koncen-
tráciách. Zvýšená dávka je riziková aj pre človeka. Obsah medi v potravinách a nápojoch

sa musí sledovať a kontrolovať denne. Meď je jeden z prírodných kovov, ktorý sa nachádza v čaji. Obsah fluóru v rôznych typoch listov čaju je v rozmedzí 170 – 878 mg.kg⁻¹. Najvyššia koncentrácia tohto prvku bola v starých listoch čaju, v porovnaní s mladými, kde je koncentrácia až 2 krát nižšia. Fluór sa z kyselej pôdy do čajovej rastliny difunduje veľmi dobre. AlF_x komplexy prispievajú dobre rozpustnému hliníku a fluóru v záhradných pôdach pre čaje, kde pH je všeobecne nižšie ako 5,5. Pri tomto pH, sa AlF₃ dokáže rozkladať na Al³⁺ a F⁻, voľné ióny F⁻ sa pasívne absorbujú pomocou koreňa čajovníka a transportujú do listov. Fluór je potrebný prvok pre ľudské zdravie a doporučená denná dávka dokáže redukovať zubný kaz u detí aj dospelých. Chróm sa podieľa na metabolizme sacharidov a lipidov, najčastejším znakom nedostatku chrómu je zmena hladiny glukózy. Tento prvok bol spojený s cukrovkou a kardiovaskulárnymi ochoreniami (Karak a Bhagat, 2010).

6 POLYFENOLY

6.1 Flavonoidy

Čerstvé zelené listy sú bohaté na flavonoidy, ktoré zahŕňajú:

- katechín (C),
- epikatechín (EC),
- epigallokatechín (EGC),
- a epigallokatechínallát (EGCG).

Flavonoidy sú podskupinou polyfenolov, ktoré v zelenom čaji z tejto skupiny prevládajú. Flavonoidy sú rastlinné sekundárne metabolity, ktoré sa skladajú z fenylobenzopyránu a zastúpenie majú vyššie v púčikoch ako starších listoch. Katechíny sú hlavné flavan-3-oly v čaji a môžu predstavovať viac ako 30 % rozpustených pevných látok v roztokoch a extraktoch zeleného čaju (Coppock, 2016). Katechíny sú syntetizované prostredníctvom fenylopropanoidovej a flavonoidovej biosyntetickej dráhy (Wang et al., 2011). Katechíny sú neplanárne molekuly a preto môžu existovať ako izoméry *trans*-katechínov a *cis*-epikatechínov. Tieto molekuly majú dva optické izoméry, konkrétne (+)-katechín, (-)-katechín, (-)-epikatechín a (+)-epikatechín. Okrem toho môžu byť (-)-katechínové estery tvorené kyselinou gallovou. Jedná sa o (-)-katechín-3-galát, (-)-epikatechín-3-galát, (-)-epigallokatechín (Coppock, 2016).

EGCG je najznámejší katechín, najmä pre svoje chemoprotektívne účinky, jedná sa o hlavný bioaktívny komponent zeleného čaju, hneď po kofeíne. Tvorí asi 50 – 80 % celkových katechínov v čaji (Weiss a Anderton, 2003). Zatiaľ čo obsah EC a katechínov je relatívne nízky. Pomer katechínov je dôležitý nielen pre výslednú kvalitu čaju, ale taktiež pre zvýšenú efektivitu v prevencii proti rakovine (Wang et al., 2011).

Rôzne flavonoly a flavóny sú tiež prítomné v čajových listoch. Hlavné flavanoly v čaji sú konjugáty quercetínu a kaempferolu s konjugačnou zložkou meniacou sa od monoglykozidov po diglykozidy a triglykozidy. Sú známe aj tým, že majú farmakologické účinky. Niektoré flavonoidy môžu v rastlinách existovať ako glykozidy, ale taktiež môžu byť pripojené iné cukry, ako napríklad glukóza (Coppock, 2016).

Listy čaju tiež obsahujú enzýmy polyfenoloxidázy v oddelených vrstvách listov. Keď sa listy čaju v priebehu výroby spracovávajú, katechíny prichádzajú do kontaktu

s polyfenoloxidázou, čo vedie k ich oxidácii a tvorbe dimérov a polymérov flavanolu, známých ako teaflavíny a tearubigíny (Frei a Higdon, 2003).

Čaj matcha rastie z 90 % v tieni, naopak klasický zelený čaj rastie na slnku. Vo výsledku, obsah katechínov dostupných z čaju matcha sa očakáva na inej úrovni ako z klasického zeleného čaju, kde slnečné žiarenie ovplyvňuje množstvo a koncentráciu katechínov v listoch rastliny (Weiss a Anderton, 2003). Obsah katechínov v listoch čaju sa zvyšuje, čím je viac rastlina vystavovaná slnečnému žiareniu, z čoho vyplýva, že biosyntéza katechínov je tiež enviromentálne závislá. Úlohou katechínov je však poskytovanie ochrany mladým listom pred škodlivým UV žiarením, ich produkcia je však ovplyvnená fotosyntézou rastliny (Wei et al., 2011).

6.2 Polyfenolické kyseliny

Polyfenolické kyseliny sú aromatické sekundárne metabolity rastlín nachádzajúce sa v širokom rozmedzí v rôznych potravinách. Majú významné antioxidačné vlastnosti a zdravotné benefity (Das, Eun, 2016). Táto podtrieda je menej významná pre listy zeleného čaju a koncentrácia zlúčenín zahrnutá v tejto skupine je zvyčajne nižšia. Do triedy polyfenolických kyselín zahrňujeme kyseliny gallovú, kumarovú, deriváty kyselín chinovej a kávovej (Lorenzo, Munekata, 2016). Čerstvé čajové listy obsahujú približne 4,5 g.kg⁻¹ kyseliny gallovej, obsah však závisí od druhu čaju (Das, Eun, 2016).

6.3 Taniny

Extrakty zo zeleného čaju obsahujú aj kondenzované a hydrolyzované triesloviny. (Coppock, 2016). Taníny sú rôznorodá skupina polyfenolov, ktorá sa tvorí ako sekundárne metabolity v rastlinách a zahŕňajú širokú škálu oligomérnych a polymérnych polyfenolov. Najčastejšie vyskytujúce sa taníny sú kondenzované taníny, gallotaníny a ellagotaníny. Kondenzované taníny sú polyméry alebo oligoméry flavonoidových jednotiek. Vyskytujú sa v mnohých potravinách a nápojoch a sú významné v strave človeka (Frazier et al., 2010).

6.4 Alkaloidy

Čaje obsahujú aj tri farmakologicky aktívne purínové (metylxantínové) alkaloidy: kofeín, teofylín a teobromín. Uvádza sa, že vykazujú priaznivé účinky na ľudský organizmus. Kofeín zvyšuje duševnú aktivitu a fyzické výkony, teofilín a teobromín pomáhajú v liečbe astmy a bradykardie (Friedman et al., 2006). Výtlačky z čerstvých čajových listov obsahujú 3 – 4 % kofeínu. Pri výrobe vykazujú purínové alkaloidy veľký nárast a pri sušení zostávajú stabilné. Hladiny kofeínu v zelených a čiernych čajových listoch sa líšia odrodami. Prchavé chemické látky sú dôležité pre arómu zeleného čaju. (Coppock, 2016). Koncentrácia týchto rastlinných alkaloidov, známych aj pre svoj stimulačný účinok je ukazateľom kvality čerstvých čajových listov. Ich obsah nie je ovplyvnený pôsobením tepla (Schulz et al., 1999).

6.5 Farbivá

Chlorofyl je zelený pigment, dôležitý pre fotosyntézu, nakoľko skúsený farmár dokáže podľa farby listu predpovedať kvalitu čaju (Wei et al., 2011). Degradčné produkty chlorofylu (feofytín a feoforbid) môžu spôsobovať, že sa farba čaju stáva tmavšou. Degradácia je aktivovaná enzýmom chlorofylázou, vysokou teplotou a vlhkosťou. V skutočnosti, zelená farba čaju nie je spôsobená rozpustným množstvom chlorofylu, pretože chlorofyl nie je rozpustný vo vode (Chaturvedula, 2011).

Obsah karotenoidov sa v čajových listoch pohybuje od 36 – 73 mg.100 g⁻¹. Medzi nimi dominuje najmä β-karotén, luteín a zeaxantín. Karotenoidy sú žlté až oranžové pigmenty, prítomné v čerstvých listoch a ich degradácia počas výroby vedie k tvorbe terpenoidných zlúčenín. Sú i dôležité prekursorzy zelených listov pre výrobu vysokokvalitných čajov (Ravichandran, 2002). Žltú farbu v infúzii zeleného čaju určujú najmä vo vode rozpustné flavonoly (1,3 až 1,5 % suchej hmotnosti čajových listov), ktoré zahŕňajú kaempferol, quercetín, izoquercetín, myricetín, myricitín, rutín, kaempferín a i., ďalej flavóny (0,02 % v sušine), obsahujúce apigenín, izovitexín, vitexín, saponarín, ako aj ich glykozidy, okrem vo vode rozpustných antokyanínov (Chaturvedula, 2011).

Tabuľka 5: Biochemické zlúčeniny zodpovedné za farbu (Chaturvedula, 2011).

Zložka	Farba
Teaflavín	žlto hnedá
Tearubugín	červeno hnedá
Flavanolové glykozidy	slabo žltá
Feoforbid	Hnedá
Feofytín	Tmavá
Karotén	Žltá

6.6 Ďalšie zlúčeniny

Hlavnými chemickými látkami, ktoré sú zodpovedné za chuť a vôňu sú alifatické aldehydy a alkoholy, aromatické alkoholy a aldehydy a iné aromatické zlúčeniny a ketóny. Chladienie čajového extraktu môže spôsobiť “oblak“ nazývaný čajový krém, čo je koloid malých nerozpustných mikroskopických častíc, ktoré zostávajú v suspenzii. Kofeín, polyfenoly, sacharidy, proteíny a lipidy a ďalšie zlúčeniny obsahujú chemický komplex tvoriaci mikroskopické koloidné častice (Coppock, 2016).

II. PRAKTICKÁ ČÁST

7 CIEL PRÁCE

Cieľom teoretickej časti práce bolo popísať chemické zloženie čajov, s podrobnejším zameraním sa na obsah minerálnych prvkov.

Cieľom praktickej časti bolo stanovenie obsahu minerálnych prvkov v matcha čajoch a ich výluhoch pomocou jednotlivých dielčích cieľov:

- a) pripraviť mineralizáty matcha čajov a tieto premerať na ICP-MS
- b) rovnakým spôsobom potom pripraviť a premerať na ICP-MS certifikované materiály za účelom zistenia výťažnosti metódy a správnosti dosiahnutých výsledkov,
- c) pripraviť výluhy matcha čajov pre dané teploty a časy lúhovania a tieto premerať na ICP-MS,
- d) vypočítať doporučené a toxické dávky prvkov na základe RDA, AI, PTWI an PTMI hodnôt,
- e) modifikovať spektrofotometrickú metódu pre stanovenie fosforu a túto aplikovať na vzorky matcha čajov.

8 METODIKA

8.1 Použité chemikálie

- HNO_3 67%, (-Analytika, spol. s.r.o),
- H_2O_2 30% (-Penta, ČR),
- NaOH 30% (-Penta, ČR),
- HCl 37% ,
- kyselina amidosulfonová,
- molybdénan amónny,
- hemihydrát vínanu antimonylo-draselného,
- kyselina L-askorbová,
- H_2SO_4 ,
- dihydrogenfosforečnan draselný,
- destilovaná voda.

8.2 Použité prístroje a pomôcky

- analytické váhy (-AFA 210 LC, Schoeller, ČR),
- elektrická sušiareň (-Venticell 111 Comfort, BTM a.s., ČR),
- spektrofotometer Lambda 25 (-Perkin Elmer Inc., USA),
- mikrovlnný systém Milestone Ethos One (-Soriso, Taliansko),
- ICP-MS Scientific (-Scientific, USA),
- rýchlovarná konvica,
- filtračný papier,
- laboratórne pomôcky, plastové skúmavky, sklo.

8.3 Charakteristika vzoriek

Pre stanovenie sa použilo celkom 6 druhov matcha čajov: Whittard matcha tea (zem pôvodu: Japonsko), Harmony – Bio matcha tea (zem pôvodu: Japonsko), Matcha-ga (zem pôvodu: Japonsko), Bio matcha Shao Xing (zem pôvodu: Čína), Bio matcha Asagiri (zem pôvodu: Japonsko), Mo Cha Fen (zem pôvodu: Čína).

Vzorky čaju boli zakúpené v obchodnej sieti v balení po 2 g sáčkoch, alebo po 100 g, matcha čaj Asagiri a Shao Xing boli poskytnuté firmou Oxalis, spol s.r.o. Jednotlivé vzorky matcha čajov boli skladované v klimatizovanom laboratóriu pri 23 ± 2 °C za neprístupu svetla najviac mesiac pred vlastnou analýzou.

8.4 Stanovenie prvkového zloženia pomocou ICP-MS

8.4.1 Mineralizácia vzorky

8.4.1.1 Mineralizácia práškovej vzorky

Vzorky ($0,2 \pm 0,0001$ g) boli navážené do teflónových nádobiek a ku každej vzorke bolo pridané 7 ml 67% ultrapure HNO_3 a 1 ml 30% ultrapure H_2O_2 . Vzorky boli rozložené pomocou mikrovlnného systému Milestone Ethos One (Soriso, Taliansko).

Teplotný program vhodný pre práškový materiál bol nastavený na rozklad s nasledujúcimi parametrami: 15 minút, 200 °C, 1500 W nábeh a 15 minút, 200 °C, 1500 W výdrž.

Vzorka mineralizátu bola doplnená na objem 25 ml ultrapure redestilovanou vodou.

8.4.1.2 Príprava extraktov – vodný výluh

Vzorky ($2,0 \pm 0,0001$ g) boli navážené do sklenených nádobiek. Pre prípravu vodných výluhov sme použili teplotu vody 70 a 80 °C v časových intervaloch 3 minúty a 5 minút, objem vody na zaliatie vzorky bol 200 ml. Vzorky sme zalievali ultrapure destilovanou vodou (Purelab Classic Elga water system (Labwater/VWS Ltd., UK)). Po uplynutí doby lúhovania sa vzorky prefiltrovali cez papierový filter KA4 (Smith Filters, UK). Z prefiltrovaného extraktu bolo odobrané po 20 ml a zároveň bolo pridané 5 ml ultrapure HNO_3 . Takto pripravená vzorka bola nasťrikovaná do ICP-MS.

8.4.2 Kalibrácia pre meranie ICP-MS

Boli pripravené dve sady kalibračných štandardných sérií s očakávaným koncentračným rozsahom vo vzorkách: vysoká rada štandardov (23 prvkov): ^9Be , ^{66}Zn , ^{63}Cu , ^{60}Ni , ^{27}Al , ^{71}Ga , ^{24}Mg , ^{59}Co , ^7Li , ^{45}Sc , ^{107}Ag , ^{55}Mn , ^{88}Sr , ^{137}Ba , ^{205}Tl , ^{209}Bi , ^{140}Ce , ^{133}Cs , ^{165}Ho , ^{181}Ta , ^{159}Tb , ^{238}U a ^{89}Y v koncentrácii 3 – 35 $\mu\text{g.l}^{-1}$ a nízka rada štandardov (13 prvkov):

^{75}As , ^{44}Ca , ^{111}Cd , ^{52}Cr , ^{57}Fe , ^{202}Hg , ^{39}K , ^{31}P , ^{23}Na , ^{208}Pb , ^{77}Se , ^{118}Sn a ^{48}Ti v koncentrácii $0,5 - 1,0 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$.

8.4.2.1 Presnosť a správnosť merania

Rhódium (^{103}Rh) v koncentrácii $100 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ bol použitý ako vnútorný štandard. Boli použité certifikované referenčné materiály zo zelených rias Metranal® 8, NIST Ryžová múka 1568b od Národného ústavu pre normalizáciu a technológiu (zakúpené v Analytica Ltd., Praha, ČR) a čajové listy (INCT-TL-1, Institut of Nuclear Chemistry and Technology, Poľsko) použité pre správnosť merania. Certifikované materiály boli pripravené rovnakým postupom, ako je uvedeno v kapitole 8.4.1.1.

8.4.3 ICP-MS inštrumentácia

Analýza bola prevádzaná pomocou hmotnostného spektrometra s indukčne viazaným plazmatom ICP-MS ThermoScientific iCAPQ na bázi kvadrupólového analyzátora (ThermoScientific, USA) vybaveného technológiou QCell (CCT – Collision cell technology). Táto technológia využíva hélium ako kolízny plyn. Tento plyn umožňuje určitým reakčným mechanizmom rozpad molekulárnych asociátov (častice vznikajúce z iónov opačným pochodom, než je disociácia) a tak technológia QCell vyniká krátkou dobou analýzy, flexibilitou a spoľahlivosťou (optimalizácia merania – zníženie možných interferencií). Konkrétne pracovné parametre boli nastavené nasledovne: výkon 1550 W, hĺbka vzorkovania 5 mm, prietok chladiaceho plynu $14,0 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$, prietok pomocného plynu $0,8 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$, prietok zamlžovacieho plynu $1,015 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$, prietoková rýchlosť He $4,1 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$, rýchlosť zmlžovača $40,00 \text{ ot}\cdot\text{min}^{-1}$ a teplota vo vnútri komory $2,7 \text{ }^\circ\text{C}$ (Sumczynski et al., 2018).

8.4.4 Referenčné príjmy minerálnych a toxických prvkov

Denný príjem minerálnych prvkov zo vzoriek zeleného čaju matcha boli vyhodnotené a porovnané s primeranými RDA (Recommended dietary allowance, doporučená denná dávka) a AI (Adequate intake, adekvátny príjem) dávkami (pokiaľ dávky RDA neboli stanovené) podľa odporúčania IOM (Institute of Medicine, USA). Úrovnne príjmu toxických prvkov boli taktiež vyhodnotené a porovnané s PTWI (Provisional tolerable weekly intake, dočasný tolerovateľný týždenný príjem), alebo PTMI (Provisional tolerable monthly inta-

ke, dočasný tolerovatelný mesačný príjem) (ak PTWI neboli definované) ako bolo navrhnuté FAO/WHO (2006, 2011a, 2011b, 2013). Úroveň príjmu bola stanovená pre dospelých medzi 31 až 50 rokom, priemerná váha u mužov bola nastavená na 80 kg a u žien na 65 kg. Neexistujú žiadne výživové údaje pre denné doporučené množstvo čaju matcha. Na jednu dávku výrobcovia udávajú spotrebu čaju matcha 2,0 – 2,5 g a túto dávku je výrobcom doporučeno konzumovať max. 2 x denne. Z tohoto dôvodu bola pre naše účely stanovená denná dávka zeleného čaju matcha na 5 g (Sumczynski et al., 2018).

8.5 Stanovenie fosforu spektrofotometricky

Bola použitá modifikácia normy ČSN EN ISO 6878. Do mineralizačných nádobiek sa navážilo 0,2 g vzorku, pridalo 7 ml 67% HNO_3 a 1 ml 30% H_2O_2 . Nádobky sa dôkladne uzavreli, vložili do segmentov, utiahli momentovým kľúčom, vložili do pece a mineralizovali podľa návodu v mineralizačnej mikrovlnke Ethos One. Po mineralizácii sa vzorky neutralizovali 8 M NaOH na pH 5 – 6 a následne preliali do 50ml odmernej banky.

Ako činidlo bol použitý roztok molybdénanu, ktorý pozostával z 1 g kyseliny amidosulfónovej, 1,25 g tetrahydrátu molybdénanu amónneho, 0,0345 g hemihydrátu vínanu antimonylo-draselného. Ďalej sa 14,4 ml 96% H_2SO_4 pridalo k 30 ml ultra pure destilovanej vody, roztok v banke sa ochladil pod tečúcou vodu a pridali sa dané roztoky, ktoré sa potom doplnili vodou do 100 ml. Ďalej sa pripravoval vždy čerstvý roztok kyseliny askorbovej, a to 2 g do 18 ml ultra pure destilovanej vody (ČSN EN ISO 6878, 2005).

Ďalej boli k spektrofotometrickému stanoveniu použité i výluhy matcha čajov, ktoré boli pripravené podľa postupu uvedeného v kapitole 8.4.1.2.

8.5.1 Kalibračná krivka pre stanovenie fosforu vo vzorkách

Na prípravu zásobného roztoku dihydrogenfosforečnanu draselného vysušeného pri teplote 105 °C, o koncentrácii 50 mg.l^{-1} sa navážilo 0,2197 g a rozpustilo v 1000 ml odmernej banke v 800 ml vody, následne sa pridalo 10 ml 96% H_2SO_4 doplnilo vodou po rysku. Jeho riedením sa pripravila kalibračná rada o koncentráciách 0,16; 0,24; 0,32; 0,40; 0,50 a 0,70 mg.l^{-1} . Do 50 ml odmernej banky sa pipetoval príslušný objem na kalibráciu, 1 ml kyseliny askorbovej, 2 ml molybdénanového činidla a doplnilo vodou po rysku. Po 10 minútach meraná kalibračná sada na spektrofotometri Lambda 25 pri vlnovej dĺžke 880 nm oproti

vode. Z nameraných hodnôt bola zostavená kalibračná krivka ako závislosť absorbancie A na koncentrácii c (mg.l^{-1}).

$$\rho_P = \frac{(A - A_0) * V_{max}}{f * V_s} \quad (1)$$

kde: A – absorbanca vzorky, A_0 – absorbanca blanku, f – smernica kalibračnej priamky, V_{max} – objem odmernej banky (ml) a V_s – skúšaný objem vzorky (ml).

8.6 Štatistické vyhodnotenie výsledkov

S pomocou Dean-Dixonova testu boli z nameraných dát vylúčené odľahlé hodnoty. Zo zvyšných hodnôt bol výsledok vyjadrený ako stredná hodnota so smerodajnou odchýlkou. Ďalej štatistické hodnotenie prebiehalo v programe StatK25, s jeho pomocou bol prevedený parametrický test porovnávajúci stredné hodnoty dvoch nezávislých súborov (Studentov t -test) na hladine významnosti 5 %.

9 VÝSLEDKY A DISKUSIA

9.1 Údaje o referenčních materiálech a výsledná výtěžnost'

Certifikované materiály boli pripravené postupom uvedeným v kapitole 8.4.1.1. Následne bola vypočítaná výtěžnost' u stanovení jednotlivých prvkov pomocou ICP-MS.

Referenčný materiál	Prvok	Výsledok ^a merania (mg.kg ⁻¹)	Certifikovaný ^{a,b} materiál (mg.kg ⁻¹)	Výtěžnost' (%)
Metranal ® Zelené riasy	As	42 ± 1	41 ± 3	102,4
	Ca	1365 ± 20	1380 ± 80	98,9
	Cd	0,022 ± 0,003	0,023 ± 0,004	95,7
	Co	18,2 ± 1,0	18,0 ± 1,6	101,1
	Cu	32,4 ± 1,1	34,0 ± 1,6	95,3
	Fe	284 ± 10	290 ± 20	97,9
	Hg	0,016 ± 0,020	0,017 ± 0,010	94,1
	Mg	1595 ± 25	1580 ± 120	100,9
	Mn	41,7 ± 2,8	43,0 ± 3,4	97,0
	Ni	0,76 ± 0,2	0,80 ± 0,10	95,0
	Pb	0,20 ± 0,04	0,21 ± 0,01	95,2
	Zn	39 ± 2	38 ± 3	102,6

^a stredná hodnota ± smerodajná odchýlka

^{a,b} interval spoľahlivosti: 95%

Referenčný materiál	Prvok	Výsledok merania ^a (mg.kg ⁻¹)	Certifikovaný ^{a,b} materiál (mg.kg ⁻¹)	Výt'aznosť (%)
NIST 1568b Ryžová múka	Al	4,14 ± 0,27	4,21 ± 0,34	98,3
	As	0,279 ± 0,021	0,285 ± 0,014	97,9
	Br	Na	8,31 ± 0,61	Na
	Cd	0,0227 ± 0,0008	0,0224 ± 0,0013	101,3
	Cl	Na	301,1 ± 3,8	Na
	Co	0,0174 ± 0,0007	0,0177 ± 0,0005	98,3
	Cu	2,33 ± 0,10	2,35 ± 0,16	99,1
	Fe	7,23 ± 0,25	7,42 ± 0,44	97,4
	Hg	0,00577 ± 0,00027	0,00591 ± 0,00036	97,6
	K	1237 ± 14	1282 ± 11	96,5
	Mg	532 ± 9	559 ± 10	95,2
	Mn	18,7 ±	19,2 ± 1,8	97,4
	Mo	1,402 ± 0,040	1,451 ± 0,048	96,6
	Na	6,55 ± 0,14	6,74 ± 0,19	97,2
	P	1541 ± 35	1530 ± 40	100,7
	Pb	0,0077 ± 0,0040	0,0080 ± 0,0030	96,3
	Rb	Na	6,198 ± 0,026	Na
	S	1180 ± 15	1200 ± 10	98,3
	Se	0,361 ± 0,015	0,365 ± 0,029	98,9
	Sn	0,005 ± 0,002	0,005 ± 0,001	100,0
	Zn	19,26 ± 0,16	19,42 ± 0,26	99,2

^a stredná hodnota ± smerodajná odchýlka

^{a,b} interval spoľahlivosti: 95%

Referenčný materiál	Prvok	Výsledok merania ^a (mg.kg ⁻¹)	Certifikovaný materiál ^{a,b} (mg.kg ⁻¹)	Výt'aznosť (%)
Čajové listy (INCT-TL-1)	Al	2230 ± 15	2290 ± 28	97,4
	Ca	5800 ± 25	5820 ± 52	99,7
	K	1640 ± 80	1700 ± 120	96,5
	Mg	2130 ± 20	2240 ± 17	95,1
	Mn	1510 ± 10	1570 ± 11	96,2
	S	2410 ± 30	2470 ± 25	97,6
	Ba	44,1 ± 1,2	43,2 ± 3,9	102,1
	Cr	1,88 ± 0,14	1,91 ± 0,22	98,4
	Cs	3,58 ± 0,14	3,61 ± 0,37	99,2
	Cu	20,6 ± 0,7	20,4 ± 1,5	101,0
	Na	23,7 ± 2,7	24,7 ± 3,2	96,0
	Ni	6,14 ± 0,41	6,12 ± 0,52	100,3
	Pb	1,74 ± 0,22	1,78 ± 0,24	97,8
	Sr	20,7 ± 0,9	20,8 ± 1,7	99,5
	V	2,01 ± 0,24	1,97 ± 0,37	102,0
	Zn	34,6 ± 1,9	34,7 ± 2,7	99,7
	As	0,101 ± 0,017	0,106 ± 0,021	95,2
	Cd	0,0299 ± 0,0050	0,0302 ± 0,0040	99,0
	Ce	0,792 ± 0,057	0,790 ± 0,076	100,3
	Co	0,384 ± 0,040	0,387 ± 0,042	99,2
	Hg	0,00488 ± 0,00055	0,00492 ± 0,00074	99,2
	Sc	0,270 ± 0,030	0,266 ± 0,024	101,5

	Tb	$0,0266 \pm 0,0022$	$0,0265 \pm 0,0024$	100,4
	Tl	$0,0624 \pm 0,0051$	$0,0628 \pm 0,0054$	99,4

^a středná hodnota \pm smerodajná odchýlka

^{a,b} interval spoľahlivosti: 95%

9.2 Výsledky stanovenia obsahu minerálnych prvkov

Tabuľky 6 - 7 a predstavujú výsledné hodnoty obsahu minerálnych prvkov vo vzorkách čajov. Príprava vzorky a stanovenie bolo prevedené metódami, ktoré boli uvedené v kapitole 8.4.

Tabuľka 6: Obsah minerálnych prvkov v matcha čaji

Analyt	MoChafen	Whittard	Matcha-ga	Shao Xing	Asagiri	Matcha Harmony
	mg.kg ⁻¹					
²³ Na	130 ± 2 ^a	160 ± 8 ^b	161 ± 3 ^b	135 ± 2 ^c	124 ± 2 ^d	161 ± 3 ^b
²⁴ Mg	1888 ± 20 ^a	2294 ± 20 ^b	2400 ± 30 ^c	1850 ± 30 ^d	1760 ± 10 ^e	2400 ± 30 ^c
²⁷ Al	9,11 ± 0,13 ^a	5,42 ± 0,12 ^b	13,4 ± 0,1 ^c	11,5 ± 0,1 ^d	12,1 ± 0,1 ^e	13,4 ± 0,1 ^c
³¹ P	3850 ± 20 ^a	4070 ± 21 ^b	4044 ± 20 ^c	4160 ± 30 ^d	3740 ± 30 ^e	4040 ± 20 ^c
³⁹ K	2970 ± 20 ^a	4153 ± 30 ^b	2970 ± 10 ^a	4290 ± 30 ^c	2750 ± 20 ^d	2970 ± 10 ^a
⁴⁴ Ca	1980 ± 20 ^a	1650 ± 20 ^b	2640 ± 20 ^c	2090 ± 10 ^d	2310 ± 20 ^e	2640 ± 20 ^c
⁵⁵ Mn	40,1 ± 1,0 ^a	59,7 ± 2,1 ^b	40,1 ± 1,0 ^a	68,4 ± 2,4 ^c	17,1 ± 1,3 ^d	19,1 ± 1,2 ^e
⁵⁷ Fe	89,4 ± 1,5 ^a	87,5 ± 1,4 ^b	89,3 ± 1,5 ^a	94,1 ± 2,8 ^c	112,0 ± 3,0 ^d	96,4 ± 2,7 ^e
⁶³ Cu	19,6 ± 1,5 ^a	6,21 ± 0,20 ^b	19,5 ± 1,5 ^c	6,12 ± 0,10 ^b	23,6 ± 2,1 ^d	22,9 ± 0,8 ^d
⁶⁶ Zn	68,5 ± 1,8 ^a	21,5 ± 0,5 ^b	68,7 ± 1,8 ^c	23,5 ± 0,8 ^d	73,0 ± 1,4 ^e	34,7 ± 1,1 ^f
¹³⁷ Ba	4,42 ± 0,08 ^a	4,40 ± 0,10 ^a	4,42 ± 0,08 ^a	2,21 ± 0,10 ^b	7,02 ± 0,10 ^c	3,84 ± 0,10 ^d

Výsledky sú prezentované ako stredná hodnota ± SD (n = 5 – 6). Hodnoty v riadku s najmenej jedným identickým horným indexom sa štatisticky významne nelíšia ($P \geq 0,05$), zatiaľčo hodnoty s rôznymi hornými indexmi vykazujú štatisticky významný rozdiel ($P < 0,05$).

Obsah 4 makroelementov (Na, K, Ca, P), 4 stopových prvkov (Cu, Mn, Al, Ba) a 2 mikroprvkov (Fe, Zn) je prezentovaný v tabuľke 6. Najvyšší obsah bol zaznamenaný pri prvkoch K, P, Mg a Ca. V matcha čajoch boli namerané relatívne nízke koncentrácie Na, v porovnaní s koncentráciami Mg, P, Ca a K.

Obsah K sa pohyboval v rozmedzí 2700–4290 mg.kg⁻¹. Vysoký obsah tohto prvku je dôležitý vo výžive človeka, najmä pre populáciu s kardiovaskulárnymi ochoreniami (Sumczynski et. al., 2018).

Koncentrácia P bola taktiež jedna z najvyšších, a to 3740–4160 mg.kg⁻¹. P sa podieľa na mineralizácii kostí, rôznorodosti bunkových funkcií pri intermediárnom metabolizme a sprostredkovaní prenosu energie (Mohssan, 2017).

Nedostatok Mg sa prejavuje oslabením svalstva a kardiovaskulárnymi ochoreniami. Jeho obsah v matcha čajoch sa pohyboval v rozmedzí 1760–2400 mg.kg⁻¹.

Obsah Ca bol 1650–2640 mg.kg⁻¹. Ca je veľmi dôležitý pri svalových kontrakciách, aktivácii oocytov, budovaní kostí a zubov, zrážaní krvi, regulácii srdcového rytmu a rovnováhe tekutín v bunkách (Piste et al., 2012).

Na je esenciálny pre ľudí, reguluje krvný tlak (Sumczynski et. al., 2018), jeho vysoké koncentrácie v potravinách sú preto nežiadúce z hľadiska výživy. Jeho koncentrácia v matcha čajoch bola 124–161 mg.kg⁻¹.

Fe je základným prvkom pre takmer všetky živé organizmy. Podieľa sa na širokom spektre metabolických procesov vrátane transportu kyslíka. Nakoľko Fe môže tvoriť voľné radikály, jeho koncentrácia musí byť v telesných tkanivách prísne regulovaná, pretože v nadmerných koncentráciách môže viesť k poškodeniu tkaniva. Poruchy metabolizmu Fe patria medzi najčastejšie ochorenia ľudí, zahŕňajú široké spektrum chorôb od anémie až po neurodegeneratívne ochorenia (Abbaspour et al., 2014). Koncentrácia tohto prvku bola v rozmedzí 86–112 mg.kg⁻¹.

Deficit Mn v tele je zriedkavý. Nadmerné množstvo Mn má tendenciu hromadiť sa v pečeni, pankrease, kostiach, obličkách a mozgu. Mn sa dostáva do popredia aj vďaka svojej neurotoxite. Mechanizmy toxicity zahŕňajú oxidačný stres, mitochondriálnu dysfunkciu a stratu proteínov (Chen et al., 2018). Obsah Mn bol 17–68 mg.kg⁻¹.

Cu a Zn boli zastúpené v koncentrácii 6,12–23,7 mg.kg⁻¹ a 21,5–73 mg.kg⁻¹. Pôsobia ako stabilizátory bunkových štruktúr a bunkových zložiek (Hamdaoui et al., 2004).

Al sa spája s neurologickými abnormalitami, Alzheimerovou a Parkinsonovou chorobou a kognitívnymi ochoreniami (Landry, 2014). Vo vzorkách matcha čajov sa pohyboval v rozmedzí 5,42–13,40 mg.kg⁻¹.

Ba je prvok, ktorý musí byť prísne pozorovaný, môže spôsobovať kardiovaskulárne a obličkové ochorenia, metabolické, neurologické a duševné poruchy (Kravchenko et al., 2014). Vo vzorkách bol detekovaný v koncentrácii 2,21–7,02 mg.kg⁻¹.

Vo vzorkách čierneho čaju sa obsah Mg pohybuje cca medzi 1,54–2,72 mg.kg⁻¹ (Salahinejad and Aflaki, 2009). Štúdie uvádzajú obsah Al v čajoch 0,035–16,820 mg.kg⁻¹. Je však potrebné uviesť, že koncentrácia Al je závislá na rôznych faktoroch, od typu čajových listov, čase lúhovania a vode, ktorá bola použitá (Moisson et al., 2008). Mehra and Baker (2007) uvádzajú, že obsah Al je najvyšší po 10 minútach lúhovania. Obsah Mn sa v bežných vzorkách čaju pohybuje od 1,76–11,60 mg.l⁻¹, pričom koncentrácia po 2 minútach lúhovania je výrazne vyššia, ako po 5–10 minútach (Mehra and Baker, 2008). Napríklad hodnota Mn v pitnej vode je 0,4 mg.l⁻¹ (WHO, 2003). Doporučená denná dávka pre Zn je 8–11 mg/deň (Salahinejad and Aflaki, 2009). Z čierneho čaju prestúpi 0,057–0,288 mg.l⁻¹ Zn, spotreba 1 l čaju za deň tvorí približne 1,3% priemernej dennej dávky Zn (Powell et al., 1998). Fe je jeden z najviac rozšírených kovov, ktorý je prítomný v listoch čajov. Najvyššie koncentrácie boli uvedené pre oolong čaj, naopak najnižšie pre čierny čaj. Táto koncentrácia sa pohybovala v rozsahu od 180–320 µg.g⁻¹. Cu je najviac zastúpený v čiernom čaji 7,36–10,9 µg.g⁻¹ (Dawodu et al., 2013). Obsah Ca v zelených čajoch sa pohybuje v rozmedzí 2835–2961 mg.kg⁻¹. V porovnaní s bylinnými čajmi je táto hodnota výrazne nižšia, koncentrácia Ca pre bylinné čaje je 19696–36150 mg.kg⁻¹. Hodnoty K sa v rôznych druhoch čaju, pochádzajúcich z odlišných lokalít vykazovali významný rozdiel 6920–12174 mg.kg⁻¹. Bylinné čaje sa vyznačujú relatívne vysokým obsahom Na 189–469 mg.kg⁻¹. Obsah Na v zelenom čaji je 97–131 mg.kg⁻¹ (Christine et al., 2017).

Tabuľka 7: Obsah minerálnych prvkov v matcha čaji

Analyt	MoChafen	Whittard	Matcha-ga	Shao Xing	Asagiri	Matcha Harmony
	$\mu\text{g.kg}^{-1}$					
^7Li	$15,4 \pm 0,3^a$	$24,8 \pm 1,0^b$	$34,7 \pm 1,6^c$	$31,6 \pm 1,6^d$	$39,1 \pm 0,6^e$	$34,3 \pm 1,6^c$
^9Be	$12,2 \pm 0,4^a$	$3,80 \pm 0,1^b$	$2,30 \pm 0,08^c$	$15,5 \pm 0,2^d$	$5,30 \pm 0,05^e$	$2,40 \pm 0,08^c$
^{48}Ti	771 ± 10^a	421 ± 8^b	770 ± 10^a	621 ± 6^c	658 ± 9^d	459 ± 10^e
^{52}Cr	$10,9 \pm 0,5^a$	$5,60 \pm 0,1$	$10,9 \pm 0,5$	$18,9 \pm 0,1$	$21,1 \pm 0,9$	$4,80 \pm 0,2$
^{59}Co	$32,6 \pm 1,1^{a,c,e}$	$30,4 \pm 1,0^b$	$32,4 \pm 1,1^{a,e}$	$31,6 \pm 0,8^{c,e}$	$22,3 \pm 0,9^d$	$31,8 \pm 1,3^e$
^{60}Ni	268 ± 3^a	205 ± 2^b	261 ± 3^c	326 ± 2^d	228 ± 2^e	366 ± 4^f
^{71}Ga	ND	ND	ND	ND	ND	ND
^{75}As	$30,1 \pm 1,0^a$	$31,5 \pm 1,2^b$	$30,0 \pm 1,0^a$	$31,2 \pm 0,6^b$	$24,2 \pm 0,4^c$	$14,2 \pm 0,5^d$
^{77}Se	$12,5 \pm 0,4^a$	$17,6 \pm 0,3^b$	$12,2 \pm 0,4^a$	$8,9 \pm 0,2^c$	$15,9 \pm 0,3^d$	$16,3 \pm 0,3^e$
^{88}Sr	233 ± 2^a	288 ± 2^b	248 ± 2^c	195 ± 2^d	255 ± 3^e	388 ± 2^f
^{107}Ag	$17,3 \pm 0,5^a$	$14,2 \pm 0,3^b$	$17,7 \pm 0,5^a$	$25,6 \pm 1,7^c$	$30,4 \pm 0,5^d$	$31,4 \pm 0,8^e$
^{111}Cd	$1,31 \pm 0,1^a$	$1,12 \pm 0,1^b$	$1,32 \pm 0,1^a$	$1,03 \pm 0,1^c$	$1,41 \pm 0,1^d$	$1,52 \pm 0,1^e$
^{118}Sn	$1,12 \pm 0,10^a$	$0,81 \pm 0,10^b$	$1,11 \pm 0,11^a$	$0,62 \pm 0,10^c$	$0,62 \pm 0,10^c$	$0,53 \pm 0,10^d$
^{133}Cs	$27,4 \pm 1,7^a$	$22,8 \pm 0,4^b$	$27,0 \pm 1,7^a$	$27,6 \pm 0,0^a$	$36,5 \pm 2,1^c$	$38,9 \pm 1,1^d$
^{140}Ce	$21,4 \pm 0,9^a$	$43,8 \pm 1,5^b$	$22,8 \pm 0,9^c$	$37,5 \pm 1,2^d$	$41,3 \pm 0,9^e$	$44,6 \pm 1,4^b$
^{165}Ho	$0,92 \pm 0,10^a$	$0,91 \pm 0,11^a$	$0,91 \pm 0,10^a$	$1,32 \pm 0,12^b$	$1,63 \pm 0,1^c$	$1,01 \pm 0,1^d$
^{181}Ta	ND	ND	ND	ND	ND	ND
^{202}Hg	$1,32 \pm 0,10^a$	$1,41 \pm 0,10^b$	$1,31 \pm 0,10^a$	$2,14 \pm$	$1,71 \pm$	$1,72 \pm 0,10^d$

				0,01 ^c	0,10 ^d	
²⁰⁵ Tl	1,01 ± 0,11 ^a	2,23 ± 0,12 ^b	1,01 ± 0,10 ^a	2,03 ± 0,10 ^c	1,02 ± 0,10 ^a	1,21 ± 0,10 ^d
²⁰⁸ Pb	1,82 ± 0,1	ND	ND	ND	ND	ND
²³⁸ U	ND	ND	ND	ND	ND	ND

ND nedetekované, LOD: < 0,01 µg.l⁻¹. Výsledky sú prezentované ako stredná hodnota ± SD (n = 5 – 6). Hodnoty v riadku s najmenej jedným identickým horným indexom sa štatisticky významne nelíšia ($P \geq 0,05$), zatiaľčo hodnoty s rôznymi hornými indexmi vykazujú štatisticky významný rozdiel ($P < 0,05$).

Obsah jednotlivých prvkov je znázornený v tabuľke 7.

Li je prvok, ktorý napomáha transportu folátov a vitamínu B₁₂ do buniek (Marshall, 2015).

Jeho obsah v matcha čaji bol 15,4–39,1 µg.kg⁻¹.

Koncentrácia Be a Ti bola 2,3–15,5 µg.kg⁻¹ a 460–771 µg.kg⁻¹.

Pri nízkych koncentráciách sa Cr používa na lekárske účely a je zapojený do metabolizmu lipidov a proteínov. Avšak vysoké koncentrácie Cr⁶⁺ sú toxické a karcinogénne (Achmad et al., 2018). Vo vzorkách čaju sa jeho množstvo pohybovalo v rozmedzí 4,8–21,1 µg.kg⁻¹.

Hoci je biologická funkcia Ni nejasná, Ni sa v ľudskom tele nachádza v najvyšších koncentráciách v nukleových kyselinách, najmä RNA, a predpokladá sa, že je zapojený do štruktúry, alebo funkcie proteínov (Mohssan, 2017). Jeho obsah bol 206–367 µg.kg⁻¹.

Co je základným stopovým prvkom ľudského tela, kde je kľúčovou zložkou kobalamínu. Má tiež významnú úlohu pri tvorbe aminokyselín a neurotransmitérov. Anorganické formy Co sú však pre ľudské telo toxické, a čím viac sa v tele akumulujú, tým viac škodlivých účinkov spôsobujú (Mohssan, 2017). Nameraná koncentrácia Co bola 22,6–32,6 µg.kg⁻¹.

Se sa uplatňuje ako bunkový antioxidant a ochranný agent, voči toxickým prvkom (Sumczynski et al., 2018). Koncentrácia tohto prvku sa pohybovala v rozmedzí od 8,9–17,6 µg.kg⁻¹.

Obsah Sr bol 196–389 µg.kg⁻¹. Jeho vlastnosti sú podobné Ca. Prispieva k zdraviu kostí a zubov, používa sa v prevencii proti osteoporóze a jeho príjem taktiež napomáha proti strate kostnej hmoty (Kumar and Latha, 2018).

Uvádza sa, že ióny Ag interagujú s rôznymi biomolekulami v bunke, ako sú nukleové kyseliny, zložkami bunkovej steny a bunkovými zložkami obsahujúcimi S, ako je napríklad glutatión (Sengstock et al., 2012). Jeho koncentrácia bola 14,2–31,4 $\mu\text{g.kg}^{-1}$.

Sn je menej toxický prvok, avšak jeho polčas rozpadu je dlhý, jeho akumulácia v tkanivách je však limitovaná v dôsledku rýchleho prechodu gastrointestinálnym traktom (Sumczynski et al., 2018). Obsah Sn bol 0,5–1,1 $\mu\text{g.kg}^{-1}$.

Cs je relatívne bezpečný prvok. Príznaky jeho miernej toxicity sa prejavujú gastrointestinálnymi ťažkosťami, hypotenziou a necitlivosť alebo brnenie pier (Melnikov and Zaroni, 2009). Koncentrácia tohto prvku bola 22,8–38,9 $\mu\text{g.kg}^{-1}$.

Ce a Ho boli zaznamenané v koncentráciách 21,4–44,6 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ a 0,9–1,6 $\mu\text{g.kg}^{-1}$.

As a Cd, patria medzi neesenciálne prvky, často označované ako kontaminanty sa do čajových listov akumulujú cez rôzne prísady, prípadne hnojivá (Milani et al., 2015). Ich obsah sa pohyboval v rozmedzí 14,2–31,5 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ a 1,0–1,5 $\mu\text{g.kg}^{-1}$.

Pb má nepríznivé účinky na celé telo. Môže postihnúť každý orgán a systém v ľudskom tele. Vo veľkej miere poškodzuje mozog, obličky, nervový systém a reprodukčný systém. Na otravu Pb je najcitlivejšia nervová sústava (Mohssan, 2017). Tento prvok bol zaznamenaný len vo vzorke čaju Mo Chafen, a to v koncentrácii 1,8 $\mu\text{g.kg}^{-1}$.

Obsah Hg a Tl boli 1,3–2,1 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ a 1,0–2,2 $\mu\text{g.kg}^{-1}$.

Ga, Ta a U neboli vo vzorkách čaju matcha detekované. Neexistujú dostatočné dôkazy, ktoré by poukázali na potrebu, alebo toxicitu Ga v rastlinách, avšak niektoré štúdie naznačujú výhodnú úlohu tohto prvku pri raste mikroorganizmov a niektorých húb, ako napríklad *Aspergillus*. Ga sa bežne nachádza v rastlinných tkanivách a jeho koncentrácia sa uvádza v rozsahu od 3–30 mg.kg^{-1} . Tl sa vyskytuje v rastlinách najmä ako kation Tl^+ . Byliny a dreviny obsahujú vyššie množstvo Tl ako iné rastlinné druhy. Koncentrácia tohto prvku je stanovená na 0,05 mg.kg^{-1} (Taylor and Francis, 2011).

Tabuľka 8: Obsah minerálnych prvkov vo výluhoch čaju

Vzorka mg.kg ⁻¹		²³ Na	²⁴ Mg	²⁷ Al	³¹ P	³⁹ K
Matcha-ga	70° 3 min	151 ± 2,5 ^{a,A}	2400 ± 27 ^{a,A}	13,1 ± 0,1 ^{a,A}	4020 ± 20 ^{a,A}	2960 ± 9 ^{a,A}
	70° 5 min	155 ± 2,3 ^{b,B}	2410 ± 31 ^{a,A}	13,2 ± 0,1 ^{a,b,A}	4020 ± 13 ^{a,A}	2970 ± 13 ^{a,b,A}
	80° 3 min	159 ± 2,5 ^{c,A}	2410 ± 31 ^{a,A}	13,3 ± 0,1 ^{b,c,A}	4030 ± 19 ^{a,b,A}	2980 ± 11 ^{b,A}
	80° 5 min	161 ± 3 ^{c,A}	2410 ± 30 ^{a,A}	13,4 ± 0,1 ^{c,A}	4040 ± 20 ^{b,A}	2980 ± 10 ^{b,A}
Matcha Asagiri	70° 3 min	114 ± 1,5 ^{a,A}	1720 ± 11 ^{a,A}	11,1 ± 0,1 ^{a,A}	3730 ± 28 ^{a,A}	2740 ± 18 ^{a,A}
	70° 5 min	119 ± 2,3 ^{b,B}	1730 ± 8 ^{a,A}	12,0 ± 0,1 ^{b,B}	3740 ± 22 ^{a,A}	2750 ± 21 ^{a,A}
	80° 3 min	120 ± 1 ^{b,A}	1750 ± 9 ^{b,A}	12,0 ± 0,11 ^{b,A}	3740 ± 26 ^{a,A}	2750 ± 15 ^{a,A}
	80° 5 min	124 ± 2 ^{c,B}	1760 ± 10 ^{b,A}	12,1 ± 0,1 ^{b,A}	3740 ± 30 ^{a,A}	2750 ± 20 ^{a,A}
MoChafen	70° 3 min	121 ± 1 ^{a,A}	1860 ± 12 ^{a,A}	9,01 ± 0,01 ^{a,A}	3830 ± 25 ^{a,A}	2940 ± 18 ^{a,A}
	70° 5 min	128 ± 1 ^{b,B}	1865 ± 18 ^{a,b,A}	9,05 ± 0,11 ^{b,B}	3840 ± 22 ^{a,b,A}	2950 ± 17 ^{a,A}
	80° 3 min	130 ± 2 ^{c,A}	1880 ± 22 ^{b,c,A}	9,09 ± 0,12 ^{c,A}	3850 ± 18 ^{b,A}	2970 ± 24 ^{b,A}
	80° 5 min	130 ± 2 ^{c,A}	1890 ± 20 ^{c,A}	9,11 ± 0,11 ^{c,A}	3850 ± 20 ^{b,A}	2970 ± 20 ^{b,A}
Whittard	70° 3 min	155 ± 8 ^{a,A}	2280 ± 18 ^{a,A}	5,33 ± 0,11 ^{a,A}	4050 ± 18 ^{a,A}	4130 ± 19 ^{a,A}

	70° 5 min	156 ± 10 ^{a,A}	2280 ± 15 ^{a,A}	5,38 ± 0,08 ^{a,A}	4050 ± 14 ^{a,A}	4130 ± 31 ^{a,A}
	80° 3 min	158 ± 9 ^{a,A}	2290 ± 18 ^{a,A}	5,40 ± 0,11 ^{a,A}	4060 ± 18 ^{a,b,A}	4140 ± 24 ^{a,b,A}
	80° 5 min	160 ± 8 ^{a,A}	2290 ± 20 ^{a,A}	5,42 ± 0,12 ^{a,A}	4070 ± 21 ^{b,A}	4150 ± 30 ^{b,A}
Shao Xing	70° 3 min	131 ± 3 ^{a,A}	1840 ± 22 ^{a,A}	10,2 ± 0,2 ^{a,A}	4150 ± 24 ^{a,A}	4280 ± 30 ^{a,A}
	70° 5 min	133 ± 4 ^{a,b,A}	1850 ± 28 ^{a,A}	10,5 ± 0,3 ^{b,B}	4150 ± 34 ^{a,A}	4280 ± 25 ^{a,A}
	80° 3 min	134 ± 2 ^{b,A}	1850 ± 29 ^{a,A}	11,3 ± 0,2 ^{c,A}	4160 ± 26 ^{a,A}	4290 ± 24 ^{a,A}
	80° 5 min	135 ± 2 ^{b,A}	1850 ± 30 ^{a,A}	11,5 ± 0,1 ^{d,B}	4160 ± 30 ^{a,A}	4290 ± 30 ^{a,A}
Matcha Harmony	70° 3 min	158 ± 2 ^{a,A}	2390 ± 23 ^{a,A}	13,0 ± 0,1 ^{a,A}	4030 ± 15 ^{a,A}	2950 ± 8 ^{a,A}
	70° 5 min	159 ± 3 ^{a,b,A}	2400 ± 27 ^{a,A}	13,2 ± 0,1 ^{b,B}	4030 ± 18 ^{a,A}	2960 ± 9 ^{a,b,A}
	80° 3 min	160 ± 1 ^{a,b,A}	2400 ± 31 ^{a,A}	13,3 ± 0,1 ^{c,A}	4040 ± 22 ^{a,A}	2960 ± 12 ^{a,b,A}
	80° 5 min	161 ± 3 ^{b,A}	2400 ± 30 ^{a,A}	13,4 ± 0,1 ^{d,B}	4040 ± 20 ^{a,A}	2970 ± 10 ^{b,A}

Výsledky sú prezentované ako stredná hodnota ± SD (n = 5 – 6). Hodnoty v stĺpci s najmenej jedným identickým horným malým indexom (v prípade všetkých meraní pre danú vzorku) a veľkým identickým horným indexom (v prípade merania pre rovnakú teplotu ale odlišný čas lúhovania; rôzne teploty lúhovania boli hodnotené samostatne) sa štatisticky významne nelíšia ($P \geq 0,05$), zatiaľčo hodnoty s rôznymi hornými malými či veľkými indexmi vykazujú štatisticky významný rozdiel ($P < 0,05$).

Koncentrácie prvkov Na, Mg, Al, P, K sú prezentované v tabuľke 8. Pri výluhoch čaju môžeme pozorovať, že so zvyšujúcou teplotou a dlhším časom lúhovania sa uvoľňovali vyššie koncentrácie meraných prvkov. Mg bol najviac zastúpený vo vzorkách Matcha-ga a

Whittard. Vzorky Mo Chafen a Matcha Asagiri mali signifikantne nižší obsah P. Výrazné rozdiely sú pozorovateľné aj pri obsahu K, ktorý je vo vyšších koncentráciách zastúpený vo vzorkách Whittard a Shao Xing. U vylúhovania Mg bolo zaznamenané, že jeho koncentrácia sa štatisticky neliší v rámci teploty lúhovania pri danom čase, rovnako ako u K. Naopak tomu bolo u stanovenia koncentrácie Al. Z nameraných dát je tiež zrejmé, že čajový výluh je bohatý na koncentrácie Mg, P a K. Porovnanie s literárnymi údajmi je veľmi obtiažne. Doposiaľ nebola štúdia o uvoľňovaní minerálnych prvkov do výluhov z matcha čaju publikovaná.

Hladiny makroelementov a mikroelementov v jednotlivých druhoch čaju nie sú výrazne rozdielne, ale čierne čaje sú zvyčajne bohatšie na stopové prvky ako iné druhy čajov, najmä vďaka špecifickému spôsobu výroby. Listy zeleného čaju sa neparujú, tento proces môže viesť k stratám niektorých prvkov, zatiaľ čo listy čierneho čaju sa sušia vzduchom, takže strata prvkov je nižšia. Navyše, čierne a tmavé čaje sa vyrábajú zo straších listov, obohatených o vyššie koncentrácie kovov. Hodnoty Mg a Ca vo vzorke zeleného čaju boli 1,7 mg v 200 ml a 0,3 mg v 200 ml (Brzezicha-Cirocka et al., 2015).

Tabuľka 9: Obsah minerálnych prvkov vo výluhoch čaju

Vzorka mg.kg ⁻¹		⁴⁴ Ca	⁵⁵ Mn	⁵⁷ Fe
Matcha-ga	70° 3 min	2620 ± 19 ^{a,A}	40,0 ± 1,1 ^{a,A}	82,3 ± 1,3 ^{a,A}
	70° 5 min	2630 ± 21 ^{a,b,A}	40,0 ± 1,0 ^{a,A}	88,6 ± 1,2 ^{b,B}
	80° 3 min	2640 ± 21 ^{b,A}	40,1 ± 1,2 ^{a,A}	88,3 ± 1,5 ^{b,A}
	80° 5 min	2640 ± 20 ^{b,A}	40,1 ± 1,0 ^{a,A}	89,3 ± 1,5 ^{b,A}
Matcha Asagiri	70° 3 min	2300 ± 10 ^{a,A}	16,1 ± 1,3 ^{a,A}	108 ± 3 ^{a,A}
	70° 5 min	2300 ± 12 ^{a,A}	17,0 ± 1,4 ^{a,A}	111 ± 2 ^{b,B}
	80° 3 min	2310 ± 20 ^{a,A}	17,1 ± 1,1 ^{a,A}	111 ± 2 ^{b,A}
	80° 5 min	2310 ± 20 ^{a,A}	17,1 ± 1,3 ^{a,A}	112 ± 3 ^{b,A}
MoChafen	70° 3 min	1960 ± 21 ^{a,A}	39,5 ± 0,9 ^{a,A}	85,9 ± 1,1 ^{a,A}
	70° 5 min	1970 ± 17 ^{a,b,A}	39,8 ± 1,1 ^{a,A}	87,7 ± 1,5 ^{b,B}
	80° 3 min	1980 ± 19 ^{b,A}	39,9 ± 1,2 ^{a,A}	88,3 ± 1,3 ^{b,c,A}
	80° 5 min	1980 ± 20 ^{b,A}	40,1 ± 1,0 ^{a,A}	89,4 ± 1,5 ^{c,A}
Whittard	70° 3 min	1630 ± 15 ^{a,A}	55,5 ± 1,8 ^{a,A}	84,6 ± 1,3 ^{a,A}
	70° 5 min	1640 ± 18 ^{a,b,A}	56,2 ± 2,3 ^{a,b,A}	85,7 ± 1,1 ^{a,b,A}
	80° 3 min	1640 ± 21 ^{a,b,A}	57,8 ± 2,0 ^{b,c,A}	86,2 ± 1,2 ^{b,c,A}
	80° 5 min	1650 ± 20 ^{b,A}	59,7 ± 2,1 ^{c,A}	87,5 ± 1,4 ^{c,A}
Shao Xing	70° 3 min	2080 ± 9 ^{a,A}	66,3 ± 2,0 ^{a,A}	93,1 ± 2,6 ^{a,A}
	70° 5 min	2080 ± 12 ^{a,A}	67,5 ± 2,4 ^{a,A}	93,6 ± 2,8 ^{a,A}
	80° 3 min	2090 ± 11 ^{a,A}	68,1 ± 2,1 ^{a,A}	93,9 ± 2,4 ^{a,A}
	80° 5 min	2090 ± 10 ^{a,A}	68,4 ± 2,4 ^{a,A}	94,1 ± 2,8 ^{a,A}
Matcha Harmony	70° 3 min	2620 ± 23 ^{a,A}	17,1 ± 1,3 ^{a,A}	93,8 ± 2,1 ^{a,A}
	70° 5 min	2630 ± 24 ^{a,b,A}	18,3 ± 1,5 ^{a,b,A}	94,8 ± 2,8 ^{a,b,A}

	80° 3 min	2630 ± 19 ^{a,b,A}	19,0 ± 1,0 ^{b,A}	95,9 ± 2,3 ^{a,b,A}
	80° 5 min	2640 ± 20 ^{b,A}	19,1 ± 1,2 ^{b,A}	96,4 ± 2,7 ^{b,A}

Výsledky sú prezentované ako stredná hodnota ± SD (n = 5 – 6). Hodnoty v stĺpci s najmenej jedným identickým horným malým indexom (v prípade všetkých meraní pre danú vzorku) a veľkým identickým horným indexom (v prípade merania pre rovnakú teplotu ale odlišný čas lúhovania; rôzne teploty lúhovania boli hodnotené samostatne) sa štatisticky významne nelíšia ($P \geq 0,05$), zatiaľčo hodnoty s rôznymi hornými malými či veľkými indexmi vykazujú štatisticky významný rozdiel ($P < 0,05$).

Konecencie Ca, Mg a Fe v matcha čajoch sú uvedené v tabuľke 10B. Obsah Ca bol najvyšší pri vzorkách Matcha-ga (2620–2640 mg.kg⁻¹) a Matcha Asagiri (2300–2310 mg.kg⁻¹). Najvyšší obsah Mn pozorujeme pri vzorkách Whittard (55,5–59,7 mg.kg⁻¹) a Shao-Xing (66,3–68,4 mg.kg⁻¹). Čaj Matcha Asagiri mal najvyšší obsah Fe (108–112 mg.kg⁻¹) spomedzi všetkých vzoriek čajov. Matcha by mohla byť významným zdrojom Fe, avšak inhibičný účinok katechínových látok bráni resorpcii Fe v zažívacom trakte človeka. Štúdie taktiež uvádzajú, že absorpcii Fe bránia polyfenolické zlúčeniny, ktoré by mohli interferovať s týmto prvkom (Fan, 2019).

Tabuľka 10: Obsah minerálnych prvkov vo výluchoch čaju

Vzorka mg.kg ⁻¹		⁶³ Cu	⁶⁶ Zn	¹³⁷ Ba
Matcha-ga	70° 3 min	17,6 ± 1,3 ^{a,A}	63,5 ± 1,3 ^{a,A}	3,91 ± 0,10 ^{a,A}
	70° 5 min	17,7 ± 1,2 ^{a,A}	68,3 ± 1,2 ^{b,B}	4,12 ± 0,06 ^{b,B}
	80° 3 min	18,6 ± 1,3 ^{a,A}	68,5 ± 1,8 ^{b,A}	4,44 ± 0,08 ^{c,A}
	80° 5 min	19,1 ± 1,5 ^{a,A}	69,5 ± 1,8 ^{b,A}	4,42 ± 0,08 ^{c,A}
Matcha Asagiri	70° 3 min	20,7 ± 2,0 ^{a,A}	70,0 ± 1,1 ^{a,A}	6,88 ± 0,08 ^{a,A}
	70° 5 min	22,4 ± 1,9 ^{a,b,c,A}	72,1 ± 1,0 ^{b,B}	6,95 ± 0,11 ^{a,b,A}
	80° 3 min	22,9 ± 2,0 ^{b,c,A}	72,9 ± 1,3 ^{b,A}	7,00 ± 0,09 ^{b,A}
	80° 5 min	23,7 ± 2,1 ^{c,A}	73,0 ± 1,4 ^{b,A}	7,02 ± 0,10 ^{b,A}
MoChafen	70° 3 min	18,3 ± 1,1 ^{a,A}	65,7 ± 1,3 ^{a,A}	4,25 ± 0,05 ^{a,A}
	70° 5 min	18,6 ± 1,2 ^{a,A}	66,8 ± 1,5 ^{a,b,A}	4,31 ± 0,08 ^{a,b,A}
	80° 3 min	19,1 ± 1,8 ^{a,A}	67,6 ± 1,9 ^{b,A}	4,37 ± 0,07 ^{b,c,A}
	80° 5 min	19,6 ± 1,5 ^{a,A}	68,5 ± 1,8 ^{b,A}	4,42 ± 0,08 ^{c,A}
Whittard	70° 3 min	6,01 ± 0,10 ^{a,A}	20,1 ± 0,5 ^{a,A}	4,34 ± 0,11 ^{a,A}
	70° 5 min	6,12 ± 0,18 ^{a,b,A}	20,3 ± 0,6 ^{a,A}	4,39 ± 0,08 ^{a,A}
	80° 3 min	6,19 ± 0,22 ^{a,b,A}	21,7 ± 0,2 ^{b,A}	4,40 ± 0,11 ^{a,A}
	80° 5 min	6,21 ± 0,20 ^{b,A}	21,5 ± 0,5 ^{b,A}	4,40 ± 0,10 ^{a,A}
Shao Xing	70° 3 min	6,02 ± 0,11 ^{a,A}	22,3 ± 0,5 ^{a,A}	2,15 ± 0,10 ^{a,A}
	70° 5 min	6,06 ± 0,08 ^{a,A}	22,5 ± 0,3 ^{a,A}	2,18 ± 0,11 ^{a,A}
	80° 3 min	6,11 ± 0,11 ^{a,A}	23,3 ± 0,9 ^{a,b,A}	2,19 ± 0,08 ^{a,A}
	80° 5 min	6,12 ± 0,10 ^{a,A}	23,5 ± 0,8 ^{b,A}	2,21 ± 0,10 ^{a,A}
Matcha Harmony	70° 3 min	22,2 ± 0,9 ^{a,A}	32,7 ± 1,0 ^{a,A}	3,75 ± 0,08 ^{a,A}
	70° 5 min	22,5 ± 1,0 ^{a,A}	33,2 ± 1,2 ^{a,A}	3,79 ± 0,10 ^{a,A}
	80° 3 min	22,7 ± 0,9 ^{a,A}	33,8 ± 1,0 ^{b,A}	3,81 ± 0,11 ^{a,A}

	80° 5 min	22,8 ± 0,8 ^{a,A}	34,7 ± 1,1 ^{b,A}	3,84 ± 0,10 ^{a,A}
--	-----------	---------------------------	---------------------------	----------------------------

Výsledky sú prezentované ako stredná hodnota ± SD ($n = 5 - 6$). Hodnoty v stĺpci s najmenej jedným identickým horným malým indexom (v prípade všetkých meraní pre danú vzorku) a veľkým identickým horným indexom (v prípade merania pre rovnakú teplotu ale odlišný čas lúhovania; rôzne teploty lúhovania boli hodnotené samostatne) sa štatisticky významne nelíšia ($P \geq 0,05$), zatiaľčo hodnoty s rôznymi hornými malými či veľkými indexmi vykazujú štatisticky významný rozdiel ($P < 0,05$).

V tabuľke 10 je uvedený obsah prvkov Cu, Zn a Ba vo výluhoch. Cu je prvok ktorý je najviac zastúpený v čajoch Matcha Asagiri (20,7–23,7 mg.kg⁻¹) a Matcha Harmony (20,7–22,8 mg.kg⁻¹). Zn bol v najvyšších koncentráciách vo vzorkách Matcha-ga (63,5–69,5 mg.kg⁻¹) a Matcha Asagiri (70,0–73,0 mg.kg⁻¹). Ba bolo vo zvýšenom množstve detekované vo vzorke Matcha Asagiri (6,88–7,02 mg.kg⁻¹). Prakticky u všetkých prvkov bolo zistené, že ich koncentrácia vo výluhu sa štatisticky nemenia pri každej danej teplote (70 alebo 80°C) s časom lúhovania. Štatistické rozdiely boli zaznamenané pri použití rôznej teploty.

Zn sa zúčastňuje mnohých metabolických pochodov v rastlinách, najmä ako hlavný komponent rôznych druhov enzýmov ako dehydrogenázy, proteínázy, peptidázy a fosfohydrolázy. Zn ovplyvňuje aj permeabilitu membrán a stabilizuje bunkové zložky mikroorganizmov (Kabata-Pendias, 2011).

Tabuľka 11: Obsah minerálnych prvkov vo výluhoch čaju

Vzorka $\mu\text{g.kg}^{-1}$		^7Li	^9Be	^{48}Ti	^{52}Cr	^{59}Co
Matcha-ga	70° 3 min	$31,6 \pm 1,2^{a,A}$	$2,21 \pm 0,06^{a,A}$	$763 \pm 8^{a,A}$	$10,1 \pm 0,3^{a,A}$	$30,9 \pm 1,1^{a,A}$
	70° 5 min	$31,7 \pm 1,3^{a,A}$	$2,32 \pm 0,09^{a,A}$	$769 \pm 9^{a,A}$	$10,2 \pm 0,5^{a,A}$	$31,5 \pm 1,0^{a,A}$
	80° 3 min	$31,7 \pm 1,3^{a,A}$	$2,31 \pm 0,08^{a,A}$	$770 \pm 9^{a,A}$	$10,9 \pm 0,6^{b,A}$	$31,9 \pm 1,1^{a,b,A}$
	80° 5 min	$32,7 \pm 1,6^{a,A}$	$2,32 \pm 0,08^{a,A}$	$771 \pm 10^{a,A}$	$10,9 \pm 0,5^{b,A}$	$32,6 \pm 1,1^{b,A}$
Matcha Asagiri	70° 3 min	$38,1 \pm 0,8^{a,A}$	$4,31 \pm 0,08^{a,A}$	$651 \pm 6^{a,A}$	$19,8 \pm 0,3^{a,A}$	$20,3 \pm 0,5^{a,A}$
	70° 5 min	$38,8 \pm 0,6^{a,b,A}$	$4,32 \pm 0,1^{a,A}$	$656 \pm 9^{a,A}$	$20,0 \pm 0,9^{a,A}$	$21,3 \pm 0,4^{b,B}$
	80° 3 min	$39,0 \pm 0,5^{a,b,A}$	$5,01 \pm 0,08^{b,A}$	$658 \pm 8^{a,A}$	$20,1 \pm 0,8^{a,A}$	$22,3 \pm 0,6^{c,A}$
	80° 5 min	$39,1 \pm 0,6^{b,A}$	$5,33 \pm 0,05^{b,A}$	$658 \pm 9^{a,A}$	$21,1 \pm 0,9^{b,B}$	$22,3 \pm 0,9^{c,A}$
MoChafen	70° 3 min	$14,6 \pm 0,4^{a,A}$	$11,1 \pm 0,3^{a,A}$	$751 \pm 9^{a,A}$	$8,92 \pm 0,31^{a,A}$	$30,2 \pm 1,4^{a,A}$
	70° 5 min	$14,8 \pm 0,1^{a,b,A}$	$11,8 \pm 0,4^{b,B}$	$759 \pm 11^{a,b,A}$	$9,22 \pm 0,41^{a,A}$	$31,5 \pm 1,2^{a,b,A}$
	80° 3 min	$15,1 \pm 0,5^{b,c,A}$	$12,2 \pm 0,2^{c,A}$	$766 \pm 10^{b,c,A}$	$9,83 \pm 0,50^{b,A}$	$32,0 \pm 1,0^{b,A}$
	80° 5 min	$15,4 \pm 0,3^{c,A}$	$12,2 \pm 0,4^{c,A}$	$771 \pm 10^{c,A}$	$10,9 \pm 0,50^{b,A}$	$32,6 \pm 1,1^{b,A}$
Whittard	70° 3 min	$23,5 \pm 1,1^{a,A}$	$3,21 \pm 0,1^{a,A}$	$412 \pm 6^{a,A}$	$5,32 \pm 0,08^{a,A}$	$30,0 \pm 0,9^{a,A}$
	70° 5 min	$23,9 \pm 0,8^{a,b,A}$	$3,34 \pm 0,11^{b,B}$	$415 \pm 7^{a,b,A}$	$5,51 \pm 0,10^{b,B}$	$31,1 \pm 1,1^{b,c,B}$
	80° 3 min	$24,3 \pm 1,3^{a,b,A}$	$3,51 \pm 0,08^{c,A}$	$419 \pm 6^{a,b,A}$	$5,63 \pm 0,11^{c,A}$	$31,2 \pm 1,0^{c,A}$
	80° 5 min	$24,8 \pm 1,0^{b,A}$	$3,83 \pm 0,1^{d,B}$	$421 \pm 8^{b,A}$	$5,61 \pm 0,1^{c,A}$	$31,4 \pm 1,0^{c,A}$
Shao Xing	70° 3 min	$30,2 \pm 1,2^{a,A}$	$14,2 \pm 0,3^{a,A}$	$615 \pm 6^{a,A}$	$18,3 \pm 0,1^{a,A}$	$30,1 \pm 0,5^{a,A}$
	70° 5 min	$30,8 \pm 1,2^{a,A}$	$14,9 \pm 0,2^{b,B}$	$617 \pm 6^{a,b,A}$	$18,5 \pm 0,2^{a,A}$	$30,8 \pm 0,7^{b,c,A}$
	80° 3 min	$31,3 \pm 1,3^{a,A}$	$15,2 \pm 0,5^{b,c,A}$	$619 \pm 6^{a,b,A}$	$18,8 \pm 0,1^{b,A}$	$31,2 \pm 0,4^{c,d,A}$
	80° 5 min	$31,6 \pm 1,6^{a,A}$	$15,5 \pm 0,2^{c,A}$	$622 \pm 6^{b,A}$	$18,9 \pm 0,1^{b,A}$	$31,6 \pm 0,8^{d,A}$
Matcha Harmony	70° 3 min	$33,3 \pm 1,3^{a,A}$	$2,22 \pm 0,09^{a,A}$	$458 \pm 9^{a,A}$	$4,53 \pm 0,11^{a,A}$	$30,0 \pm 1,0^{a,A}$

	70° 5 min	33,7 ± 1,2 ^{a,A}	2,23 ± 0,10 ^{a,A}	459 ± 10 ^{a,A}	4,62 ± 0,30 ^{a,A}	30,7 ± 1,0 ^{a,b,c,A}
	80° 3 min	34,5 ± 1,5 ^{a,A}	2,33 ± 0,08 ^{b,A}	458 ± 9 ^{a,A}	4,83 ± 0,21 ^{b,A}	31,3 ± 1,4 ^{b,c,A}
	80° 5 min	34,7 ± 1,6 ^{a,A}	2,31 ± 0,11 ^{b,A}	460 ± 10 ^{a,A}	4,81 ± 0,21 ^{b,A}	31,8 ± 1,3 ^{c,A}

Výsledky sú prezentované ako stredná hodnota ± SD (n = 5 – 6). Hodnoty v stĺpci s najmenej jedným identickým horným malým indexom (v prípade všetkých meraní pre danú vzorku) a veľkým identickým horným indexom (v prípade merania pre rovnakú teplotu ale odlišný čas lúhovania; rôzne teploty lúhovania boli hodnotené samostatne) sa štatisticky významne nelíšia ($P \geq 0,05$), zatiaľčo hodnoty s rôznymi hornými malými či veľkými indexmi vykazujú štatisticky významný rozdiel ($P < 0,05$).

V tabuľke 11 je prezentovaný obsah prvkov Li, Be, Ti, Cr a Co vo výluhoch matcha čajov. Koncentrácia Be bola najvyššia v čaji Shao Xing (14,2–15,5 $\mu\text{g.kg}^{-1}$) a Mo Chafen (11,1–12,2 $\mu\text{g.kg}^{-1}$). Obsah Ti sa pohyboval v vzorkách Matcha-ga (763–771 $\mu\text{g.kg}^{-1}$) a Mo Chafen (751–771 $\mu\text{g.kg}^{-1}$). Najvyššia koncentrácia Cr bola detekovaná v čajoch Matcha Asagiri (19,8–21,1 $\mu\text{g.kg}^{-1}$) a Shao Xing (18,9–18,3 $\mu\text{g.kg}^{-1}$). Naopak obsah Co sa v jednotlivých vzorkách výrazne nelíšil, najnižšia koncentrácia však bola zaznamenaná vo vzorke Matcha Asagiri (20,3–22,3 $\mu\text{g.kg}^{-1}$). Je patrné z tabuľky 10D, obsah Li pri danej teplote lúhovania nebol závislý na čase. Štatisticky významné rozdiely v jeho obsahu boli zaznamenané pri zmene teploty lúhovania. Rovnako ako u Ti a Cr.

Tabuľka 12: Obsah minerálnych prvkov vo výluhoch čaju

Vzorka $\mu\text{g.kg}^{-1}$		^{60}Ni	^{71}Ga	^{75}As	^{77}Se	^{88}Sr
Matcha-ga	70° 3 min	$265 \pm 2,5^{a,A}$	ND	$27,9 \pm 1,1^{a,A}$	$10,1 \pm 0,2^{a,A}$	$249 \pm 2^{a,A}$
	70° 5 min	$267 \pm 3,3^{a,A}$	ND	$28,8 \pm 0,9^{a,b,A}$	$10,5 \pm 0,1^{b,B}$	$253 \pm 2^{a,b,A}$
	80° 3 min	$267 \pm 3,1^{a,A}$	ND	$29,9 \pm 1,0^{b,c,A}$	$10,5 \pm 0,4^{b,A}$	$256 \pm 3^{b,A}$
	80° 5 min	$268 \pm 3,1^{a,A}$	ND	$30,1 \pm 1,0^{c,A}$	$12,5 \pm 0,4^{c,B}$	$264 \pm 3^{c,B}$
Matcha Asagiri	70° 3 min	$220 \pm 2,0^{a,A}$	ND	$20,2 \pm 0,6^{a,A}$	$15,1 \pm 0,6^{a,A}$	$226 \pm 2^{a,A}$
	70° 5 min	$225 \pm 2,1^{a,b,A}$	ND	$23,1 \pm 0,2^{b,A}$	$15,5 \pm 0,2^{a,A}$	$248 \pm 4^{b,B}$
	80° 3 min	$228 \pm 2,0^{b,A}$	ND	$23,2 \pm 0,2^{b,A}$	$15,6 \pm 0,5^{a,b,A}$	$253 \pm 3^{b,c,A}$
	80° 5 min	$228 \pm 2,3^{b,A}$	ND	$24,2 \pm 0,4^{c,B}$	$15,9 \pm 0,3^{b,A}$	$256 \pm 3^{c,A}$
MoChafen	70° 3 min	$255 \pm 2,8^{a,A}$	ND	$28,5 \pm 0,9^{a,A}$	$10,8 \pm 0,1^{a,A}$	$230 \pm 2^{a,A}$
	70° 5 min	$259 \pm 3,6^{a,b,A}$	ND	$29,5 \pm 1,1^{a,b,A}$	$11,5 \pm 0,2^{b,B}$	$232 \pm 2^{a,A}$
	80° 3 min	$262 \pm 3,3^{b,c,A}$	ND	$29,8 \pm 0,8^{a,b,A}$	$12,1 \pm 0,3^{c,A}$	$233 \pm 3^{a,A}$
	80° 5 min	$264 \pm 3,1^{c,A}$	ND	$30,1 \pm 1,0^{b,A}$	$12,5 \pm 0,4^{c,A}$	$234 \pm 3^{a,A}$
Whittard	70° 3 min	$202 \pm 2,5^{a,A}$	ND	$29,9 \pm 1,1^{a,A}$	$16,6 \pm 0,2^{a,A}$	$267 \pm 2^{a,A}$
	70° 5 min	$204 \pm 2,0^{a,b,A}$	ND	$30,9 \pm 1,0^{a,A}$	$16,3 \pm 0,3^{a,A}$	$275 \pm 3^{b,B}$
	80° 3 min	$205 \pm 2,0^{a,b,A}$	ND	$31,1 \pm 1,0^{a,b,A}$	$17,2 \pm 0,2^{b,A}$	$281 \pm 3^{c,A}$
	80° 5 min	$206 \pm 2,4^{b,A}$	ND	$31,5 \pm 1,2^{b,A}$	$17,6 \pm 0,3^{c,B}$	$288 \pm 3^{d,B}$
Shao Xing	70° 3 min	$320 \pm 2,1^{a,A}$	ND	$30,6 \pm 0,3^{a,A}$	$8,22 \pm 0,11^{a,A}$	$191 \pm 2^{a,A}$
	70° 5 min	$324 \pm 2,2^{b,B}$	ND	$30,9 \pm 0,6^{a,A}$	$8,31 \pm 0,12^{a,A}$	$193 \pm 2^{a,b,A}$
	80° 3 min	$326 \pm 2,1^{b,A}$	ND	$31,0 \pm 0,7^{a,A}$	$8,62 \pm 0,20^{b,A}$	$194 \pm 3^{b,c,A}$
	80° 5 min	$326 \pm 2,5^{b,A}$	ND	$31,2 \pm 0,6^{b,B}$	$8,91 \pm 0,20^{c,B}$	$196 \pm 2,5^{c,A}$
Matcha Harmony	70° 3 min	$359 \pm 4^{a,A}$	ND	$14,0 \pm 0,6^{a,A}$	$14,8 \pm 0,2^{a,A}$	$376 \pm 2^{a,A}$
	70° 5 min	$361 \pm 4^{a,A}$	ND	$14,0 \pm 0,5^{a,A}$	$15,3 \pm 0,2^{b,B}$	$378 \pm 2^{a,A}$

	80° 3 min	363 ± 4 ^{a,b,A}	ND	14,1 ± 0,3 ^{a,A}	16,1 ± 0,4 ^{c,A}	385 ± 2 ^{b,A}
	80° 5 min	367 ± 4 ^{b,A}	ND	14,2 ± 0,5 ^{a,A}	16,3 ± 0,3 ^{c,A}	389 ± 2 ^{c,B}

Výsledky sú prezentované ako stredná hodnota ± SD (n = 5 – 6). Hodnoty v stĺpci s najmenej jedným identickým horným malým indexom (v prípade všetkých meraní pre danú vzorku) a veľkým identickým horným indexom (v prípade merania pre rovnakú teplotu ale odlišný čas lúhovania; rôzne teploty lúhovania boli hodnotené samostatne) sa štatisticky významne nelíšia ($P \geq 0,05$), zatiaľčo hodnoty s rôznymi hornými malými či veľkými indexmi vykazujú štatisticky významný rozdiel ($P < 0,05$).

V tabuľke 12 sú uvedené koncentrácie prvkov Ni, Ga, As, Se, Sr. Obsah Ni bol najvyšší vo vzorkách Shao Xing (320–326 $\mu\text{g.kg}^{-1}$) a Matcha Harmony (359–367 $\mu\text{g.kg}^{-1}$). Množstvo As bolo výrazne nižšie u vzorky čaju Matcha Harmony (14,0–14,2 $\mu\text{g.kg}^{-1}$). Koncentrácia Se sa v jednotlivých vzorkách nelíšila, avšak Shao Xing mal podstatne nižší obsah tohoto prvku (8,22–8,91 $\mu\text{g.kg}^{-1}$). Pri vzorkách Matcha Harmony (376–389 $\mu\text{g.kg}^{-1}$) a Shao Xing (191–196 $\mu\text{g.kg}^{-1}$) bol zistený výrazný rozdiel v koncentrácii prvku Sr. U Ni čas lúhovania pri danej teplote nemal vplyv na jeho koncentráciu, na rozdiel od As, Se a Sr.

Se má využitie v doplnkoch stravy. Týmto prvkom sú obohatené aj krmivá pre zvieratá. Je to relatívne bežná zložka kozmetických a farmaceutických prípravkov (v kardiológii ako antioxidant). Väčšina rastlín obsahuje nízke hladiny Se, okolo 25 $\mu\text{g.kg}^{-1}$. Niektoré rastliny však vykazujú vysokú schopnosť akumulovať Se, koncentrujú na extrémne vysoké hladiny, ktoré môžu byť toxické pre ľudí a zvieratá. Hoci Se nie je esenciálny prvok pre rastliny, s určitými výnimkami sa pridáva do pôdy, aby sa zabezpečilo, že potraviny a krmivá budú obsahovať primerané množstvá pre potreby výživy (Kabata-Pendias, 2011).

Tabuľka 13 Obsah minerálnych prvkov vo výluhoch čaju

Vzorka $\mu\text{g.kg}^{-1}$		^{107}Ag	^{111}Cd	^{118}Sn	^{133}Cs
Matcha-ga	70° 3 min	$14,9 \pm 0,6^{a,A}$	$1,11 \pm 0,11^{a,A}$	$1,11 \pm 0,10^{a,A}$	$23,4 \pm 1,1^{a,A}$
	70° 5 min	$15,3 \pm 0,3^{a,b,A}$	$1,23 \pm 0,11^{a,b,A}$	$1,12 \pm 0,11^{a,A}$	$25,8 \pm 1,5^{b,B}$
	80° 3 min	$15,8 \pm 0,5^{b,c,A}$	$1,22 \pm 0,12^{a,b,A}$	$1,11 \pm 0,10^{a,A}$	$27,4 \pm 1,7^{c,A}$
	80° 5 min	$16,3 \pm 0,5^{c,A}$	$1,31 \pm 0,10^{b,A}$	$1,12 \pm 0,10^{a,A}$	$27,4 \pm 1,7^{c,A}$
Matcha Asagiri	70° 3 min	$28,6 \pm 0,5^{a,A}$	$1,12 \pm 0,08^{a,A}$	$0,61 \pm 0,11^{a,A}$	$33,9 \pm 1,6^{a,A}$
	70° 5 min	$29,7 \pm 0,4^{b,B}$	$1,33 \pm 0,11^{b,B}$	$0,61 \pm 0,12^{a,A}$	$34,5 \pm 1,9^{a,b,A}$
	80° 3 min	$30,1 \pm 0,3^{b,c,A}$	$1,42 \pm 0,11^{b,A}$	$0,63 \pm 0,11^{a,A}$	$36,5 \pm 2,0^{b,A}$
	80° 5 min	$30,4 \pm 0,5^{c,A}$	$1,42 \pm 0,10^{b,A}$	$0,62 \pm 0,11^{a,A}$	$36,5 \pm 2,1^{b,A}$
MoChafen	70° 3 min	$16,3 \pm 0,4^{a,A}$	$1,12 \pm 0,10^{a,A}$	$1,01 \pm 0,11^{a,A}$	$26,9 \pm 1,3^{a,A}$
	70° 5 min	$16,8 \pm 0,6^{a,b,A}$	$1,11 \pm 0,09^{a,A}$	$1,02 \pm 0,11^{a,A}$	$27,1 \pm 1,3^{a,A}$
	80° 3 min	$17,1 \pm 0,4^{b,A}$	$1,21 \pm 0,09^{a,A}$	$1,01 \pm 0,08^{a,A}$	$27,2 \pm 1,5^{a,A}$
	80° 5 min	$17,3 \pm 0,5^{b,A}$	$1,33 \pm 0,10^{b,A}$	$1,12 \pm 0,10^{a,A}$	$27,4 \pm 1,7^{a,A}$
Whittard	70° 3 min	$12,2 \pm 0,3^{a,A}$	$1,02 \pm 0,08^{a,A}$	$0,81 \pm 0,08^{a,A}$	$20,2 \pm 0,1^{a,A}$
	70° 5 min	$13,5 \pm 0,3^{b,B}$	$1,03 \pm 0,10^{a,A}$	$0,83 \pm 0,09^{a,A}$	$20,8 \pm 0,3^{b,B}$
	80° 3 min	$13,9 \pm 0,2^{b,c,A}$	$1,14 \pm 0,10^{a,A}$	$0,84 \pm 0,11^{a,A}$	$21,5 \pm 0,1^{c,A}$
	80° 5 min	$14,2 \pm 0,3^{c,A}$	$1,13 \pm 0,11^{a,A}$	$0,81 \pm 0,11^{a,A}$	$22,8 \pm 0,4^{d,B}$
Shao Xing	70° 3 min	$24,8 \pm 1,2^{a,A}$	$0,82 \pm 0,11^{a,A}$	$0,54 \pm 0,08^{a,A}$	$26,3 \pm 1,8^{a,A}$
	70° 5 min	$24,9 \pm 1,5^{a,A}$	$0,91 \pm 0,08^{a,b,A}$	$0,52 \pm 0,10^{a,A}$	$27,6 \pm 1,3^{a,A}$
	80° 3 min	$25,3 \pm 1,3^{a,A}$	$0,92 \pm 0,11^{a,b,A}$	$0,61 \pm 0,09^{a,A}$	$27,6 \pm 1,0^{a,A}$
	80° 5 min	$25,6 \pm 1,7^{a,A}$	$1,01 \pm 0,10^{b,A}$	$0,62 \pm 0,10^{a,A}$	$27,6 \pm 1,4^{a,A}$
Matcha Har- mony	70° 3 min	$30,4 \pm 0,5^{a,A}$	$1,31 \pm 0,08^{a,A}$	$0,42 \pm 0,11^{a,A}$	$36,8 \pm 1,0^{a,A}$
	70° 5 min	$30,9 \pm 0,9^{a,b,A}$	$1,43 \pm 0,11^{a,b,A}$	$0,51 \pm 0,10^{a,A}$	$37,3 \pm 1,3^{a,b,A}$

	80° 3 min	31,2 ± 0,5 ^{b,A}	1,52 ± 0,1 ^{b,A}	0,53 ± 0,08 ^{a,A}	38,0 ± 1,0 ^{b,c,A}
	80° 5 min	31,4 ± 0,8 ^{b,A}	1,53 ± 0,1 ^{b,A}	0,51 ± 0,11 ^{a,A}	38,9 ± 1,1 ^{c,A}

Výsledky sú prezentované ako stredná hodnota ± SD (n = 5 – 6). Hodnoty v stĺpci s najmenej jedným identickým horným malým indexom (v prípade všetkých meraní pre danú vzorku) a veľkým identickým horným indexom (v prípade merania pre rovnakú teplotu ale odlišný čas lúhovania; rôzne teploty lúhovania boli hodnotené samostatne) sa štatisticky významne nelíšia ($P \geq 0,05$), zatiaľčo hodnoty s rôznymi hornými malými či veľkými indexmi vykazujú štatisticky významný rozdiel ($P < 0,05$).

Koncentrácie Ag, Cd, Sn a Cs vo výluhoch matcha čajov sú prezentované v tabuľke 13. Ag bolo zaznamenané v najvyšších koncentráciách u vzoriek Matcha Asagiri (28,6–30,4 $\mu\text{g.kg}^{-1}$) a Matcha Harmony (30,4–31,4 $\mu\text{g.kg}^{-1}$). Cd bolo najvyššie u vzorky Matcha Harmony (1,31–1,53 $\mu\text{g.kg}^{-1}$). Sn bolo zaznamenané v najvyšších koncentráciách pri čajoch Matcha-ga (do 1,12 $\mu\text{g.kg}^{-1}$) a MoChafen (do 1,12 $\mu\text{g.kg}^{-1}$). Najvyšší obsah Co bol detekovaný pri vzorkách Matcha Asagiri (33,9–36,5 $\mu\text{g.kg}^{-1}$) a Matcha Harmony (36,8–38,9 $\mu\text{g.kg}^{-1}$). Z nameraných dát je patrné, že obsahy týchto prvkov vo výluhoch čajov boli ovplyvnené ako teplotou tak dobou lúhovania.

Cd sa považuje sa jeden z najviac ekotoxických kovov, ktoré majú nepriaznivé účinky na všetky biologické procesy ľudí, zvierat a rastlín. Tento kov odhaľuje svoj nepriaznivý vplyv na životné prostredie a kvalitu potravín. Obsah Cd sa v rastlinách pohybuje od 0,001 do 0,4 mg.kg^{-1} (Kabata-Pendias, 2011).

Tabuľka 14: Obsah minerálnych prvkov vo výluhoch čaju

Vzorka $\mu\text{g.kg}^{-1}$		^{140}Ce	^{165}Ho	^{181}Ta	^{202}Hg	^{205}Tl
Matcha-ga	70° 3 min	$20,0 \pm 0,9^{a,A}$	$0,82 \pm 0,09^{a,A}$	ND	$1,13 \pm 0,10^{a,A}$	$1,01 \pm 0,10^{a,A}$
	70° 5 min	$21,1 \pm 0,5^{b,c,B}$	$0,84 \pm 0,08^{a,A}$	ND	$1,22 \pm 0,09^{a,A}$	$1,02 \pm 0,10^{a,A}$
	80° 3 min	$21,4 \pm 0,8^{c,A}$	$0,91 \pm 0,10^{a,A}$	ND	$1,33 \pm 0,11^{b,A}$	$1,01 \pm 0,10^{a,A}$
	80° 5 min	$21,4 \pm 0,9^{c,A}$	$0,91 \pm 0,10^{a,A}$	ND	$1,32 \pm 0,1^{b,A}$	$1,03 \pm 0,10^{a,A}$
Matcha Asagiri	70° 3 min	$39,9 \pm 0,8^{a,A}$	$1,53 \pm 0,08^{a,A}$	ND	$1,61 \pm 0,14^{a,A}$	$1,01 \pm 0,1^{a,A}$
	70° 5 min	$40,3 \pm 0,9^{a,b,A}$	$1,61 \pm 0,10^{a,A}$	ND	$1,62 \pm 0,12^{a,A}$	$1,02 \pm 0,1^{a,A}$
	80° 3 min	$40,8 \pm 1,1^{b,c,A}$	$1,63 \pm 0,11^{a,A}$	ND	$1,72 \pm 0,13^{a,A}$	$1,02 \pm 0,1^{a,A}$
	80° 5 min	$41,3 \pm 0,9^{c,A}$	$1,62 \pm 0,11^{a,A}$	ND	$1,71 \pm 0,11^{a,A}$	$1,01 \pm 0,1^{a,A}$
MoChafen	70° 3 min	$20,6 \pm 1,0^{a,A}$	$0,82 \pm 0,10^{a,A}$	ND	$1,21 \pm 0,11^{a,A}$	$0,92 \pm 0,08^{a,A}$
	70° 5 min	$20,8 \pm 0,7^{a,A}$	$0,81 \pm 0,08^{a,A}$	ND	$1,32 \pm 0,09^{a,A}$	$0,91 \pm 0,09^{a,A}$
	80° 3 min	$21,0 \pm 0,8^{a,A}$	$0,93 \pm 0,09^{a,A}$	ND	$1,32 \pm 0,11^{a,A}$	$1,01 \pm 0,10^{a,A}$
	80° 5 min	$21,4 \pm 0,9^{a,A}$	$0,91 \pm 0,11^{a,A}$	ND	$1,32 \pm 0,1^{a,A}$	$1,04 \pm 0,10^{a,A}$
Whittard	70° 3 min	$40,8 \pm 1,1^{a,A}$	$0,81 \pm 0,10^{a,A}$	ND	$1,41 \pm 0,09^{a,A}$	$2,02 \pm 0,08^{a,A}$
	70° 5 min	$42,1 \pm 1,4^{a,b,A}$	$0,81 \pm 0,11^{a,A}$	ND	$1,42 \pm 0,10^{a,A}$	$2,13 \pm 0,10^{b,B}$
	80° 3 min	$43,0 \pm 1,2^{b,c,A}$	$0,91 \pm 0,08^{a,A}$	ND	$1,42 \pm 0,08^{a,A}$	$2,21 \pm 0,09^{b,A}$
	80° 5 min	$43,8 \pm 1,5^{c,A}$	$0,91 \pm 0,10^{a,A}$	ND	$1,41 \pm 0,10^{a,A}$	$2,22 \pm 0,1^{b,A}$
Shao Xing	70° 3 min	$35,3 \pm 1,1^{a,A}$	$1,32 \pm 0,08^{a,A}$	ND	$2,01 \pm 0,11^{a,A}$	$1,83 \pm 0,10^{a,A}$
	70° 5 min	$36,3 \pm 1,3^{a,b,A}$	$1,31 \pm 0,10^{a,A}$	ND	$2,12 \pm 0,10^{a,A}$	$1,91 \pm 0,11^{a,b,A}$
	80° 3 min	$37,1 \pm 1,1^{b,c,A}$	$1,32 \pm 0,09^{a,A}$	ND	$2,12 \pm 0,08^{a,A}$	$1,93 \pm 0,08^{a,b,A}$
	80° 5 min	$37,5 \pm 1,2^{c,A}$	$1,31 \pm 0,10^{a,A}$	ND	$2,12 \pm 0,1^{a,A}$	$2,01 \pm 0,10^{b,A}$
Matcha Harmony	70° 3 min	$43,4 \pm 1,2^{a,A}$	$0,91 \pm 0,08^{a,A}$	ND	$1,62 \pm 0,1^{a,A}$	$1,02 \pm 0,08^{a,A}$
	70° 5 min	$43,6 \pm 1,1^{a,A}$	$0,91 \pm 0,09^{a,A}$	ND	$1,63 \pm 0,2^{a,A}$	$1,12 \pm 0,10^{a,b,A}$

	80° 3 min	44,3 ± 1,3 ^{a,A}	1,01 ± 0,10 ^{a,A}	ND	1,72 ± 0,3 ^{a,A}	1,23 ± 0,11 ^{b,A}
	80° 5 min	44,6 ± 1,4 ^{a,A}	1,03 ± 0,11 ^{a,A}	ND	1,71 ± 0,1 ^{a,A}	1,22 ± 0,10 ^{b,A}

Výsledky sú prezentované ako stredná hodnota ± SD (n = 5 – 6). Hodnoty v stĺpci s najmenej jedným identickým horným malým indexom (v prípade všetkých meraní pre danú vzorku) a veľkým identickým horným indexom (v prípade merania pre rovnakú teplotu ale odlišný čas lúhovania; rôzne teploty lúhovania boli hodnotené samostatne) sa štatisticky významne nelíšia ($P \geq 0,05$), zatiaľčo hodnoty s rôznymi hornými malými či veľkými indexmi vykazujú štatisticky významný rozdiel ($P < 0,05$).

Prvky Ce, Ho, Ta, Hg, Tl sú uvedené v tabuľke 14. Ce bolo najviac zastúpené vo vzorkách Matcha Asagiri (39,9–41,3 $\mu\text{g.kg}^{-1}$), Whittard (40,8–43,8 $\mu\text{g.kg}^{-1}$) a Matcha Harmony (43,4–44,6 $\mu\text{g.kg}^{-1}$). Výrazne vyššia koncentrácia Hg bola vo vzorke Shao Xing (2,02–2,12 $\mu\text{g.kg}^{-1}$). Obsah Tl bolo vyššie vo vzorkách Whittard (2,02–2,22 $\mu\text{g.kg}^{-1}$) a Shao Xing (1,83–2,01 $\mu\text{g.kg}^{-1}$). Koncentrácie Ho a Hg vo výluhoch čaju neboli ovplyvnené teplotou ani časom lúhovania, medzi týmito údajmi neboli zaznamenané štatisticky významné rozdiely.

Ta v jednotlivých vzorkách výluhov matcha čajov nebolo detekované. Hg je charakteristické svojou vysokou perzistenciou v rôznych enviromentálnych kompartmentoch a schopnosťou bioakumulácie v tele konzumenta, čo spôsobuje rôzne karcinogénne ochorenia a Alzheimerovu chorobu. Podľa zistení, obsah Hg pozitívne koreluje s hladinami katechínov, alebo celkovému obsahu fenolov (Árvay et al., 2015).

Tabuľka 15: Obsah minerálnych prvkov vo výluhoch čaju

Vzorka $\mu\text{g.kg}^{-1}$		^{208}Pb	^{238}U
Matcha-ga	70° 3 min	ND	ND
	70° 5 min	ND	ND
	80° 3 min	ND	ND
	80° 5 min	ND	ND
Matcha Asagiri	70° 3 min	ND	ND
	70° 5 min	ND	ND
	80° 3 min	ND	ND
	80° 5 min	ND	ND
Mochafen	70° 3 min	$1,72 \pm 0,11^{a,A}$	ND
	70° 5 min	$1,71 \pm 0,11^{a,A}$	ND
	80° 3 min	$1,83 \pm 0,09^{b,A}$	ND
	80° 5 min	$1,82 \pm 0,11^{b,A}$	ND
Whittard	70° 3 min	ND	ND
	70° 5 min	ND	ND
	80° 3 min	ND	ND
	80° 5 min	ND	ND
Shao Xing	70° 3 min	ND	ND
	70° 5 min	ND	ND
	80° 3 min	ND	ND
	80° 5 min	ND	ND
Matcha Harmony	70° 3 min	ND	ND
	70° 5 min	ND	ND
	80° 3 min	ND	ND

	80° 5 min	ND	ND
--	-----------	----	----

Výsledky sú prezentované ako stredná hodnota \pm SD ($n = 5 - 6$). Hodnoty v stĺpci s najmenej jedným identickým horným malým indexom (v prípade všetkých meraní pre danú vzorku) a veľkým identickým horným indexom (v prípade merania pre rovnakú teplotu ale odlišný čas lúhovania; rôzne teploty lúhovania boli hodnotené samostatne) sa štatisticky významne nelíšia ($P \geq 0,05$), zatiaľčo hodnoty s rôznymi hornými malými či veľkými indexmi vykazujú štatisticky významný rozdiel ($P < 0,05$).

Obsahy Pb a U vo výluhoch čaju matcha sú uvedené v tabuľke 15. Koncentrácia Pb bola nameraná len pri vzorke Mo Chafen v koncentrácii do $1,82 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Pb je považované za jedno z najvýznamnejších polutantov životného prostredia. Tento prvok je toxický pre človeka už v relatívne nízkych koncentráciách, takže je dôležité sledovať jeho hladinu v potravinách pre ľudí aj zvieratá. Priemerná hodnota Pb vo vzorkách zeleného čaju bola nameraná $0,81 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (Tsushida, 1977).

9.3 Výsledky stanovenia denných príjmov

Tabuľka 16: Denné príjmy esenciálnych minerálnych a stopových prvkov v matcha čajoch

Analyt	Rozmedzie koncentracií (mg.kg ⁻¹)	Denný príjem (mg/deň)	RDA / AI* (Ž) (mg/deň)	RDA/AI* (M) (mg/deň)	RDA/AI* (Ž) (%)	RDA/AI* (M) (%)
Mg	1760–2400	8,8–12,0	320	420	3,0–4,0	2,0–3,0
P	3740–4160	18,7–20,8	700	700	2,7–3,0	2,7–3,0
K	2750–4290	13,8–21,5	4700*	4700*	0,3–0,5	0,3–0,5
Ca	1650–2640	8,25–13,2	1000	1000	0,8–1,3	0,8–1,3
Na	124–161	0,62–0,81	1500*	1500*	0,04–0,05	0,04–0,05
Mn	17,1–68,4	0,086–0,342	1,8*	2,3*	5–19	4–15
Fe	89,3–112,0	0,447–0,56	18	8	2,5–3,0	6,0–7,0
Cu	6,12–23,6	0,031–0,118	0,9	0,9	3–14	3–13
Zn	21,5–73,0	0,106–0,365	8	11	1–5	1–3
Cr	0,0048–0,021	0,000024–0,000105	0,025*	0,035	0,1–0,4	0,1–0,3
Se	0,0089–0,0176	0,000045–0,00009	0,055	0,055	0,08–0,20	0,08–0,20

AI*: Dostatočný/adekvátny denný príjem označený (*)

RDA: Doporučená denná dávka

M: muži 31–50 rokov; Ž: ženy 31–50 rokov

Množstvo dávky práškoveho čaju matcha bolo nastavené na 5 g.

Denný príjem minerálnych prvkov z matcha čajov bol vypočítaný pomocou hodnôt RDA alebo AI (v prípade, že RDA hodnota nie je definovaná) pre dospelých od 31 do 50 rokov).

Z tabuľky č.11 vyplýva, že Na, Cr a Se v matcha čaji nie sú významným prispievateľom

k ich doporučenej dennej dávke. Vzhľadom k tomu, že vyššie koncentrácie Na sú významným prispievateľom k hypertenzii, možno teda jeho nízky príspevok považovať za nutričný benefit. Naopak, čaj matcha je relatívne dobrým zdrojom prvkov Mn, Cu, Fe, P a Mg.

Príspevok jednotlivých minerálnych prvkov k dennej doporučenej dávke klesal v poradí $Mn > Cu > Mg > Fe > P > Zn > Ca > K > Cr > Se > Na$.

Získané hodnoty sú však najmä teoretické. Prijem a vstrebateľnosť týchto prvkov závisí na mnohých faktoroch ako je vek konzumenta, zdravotný stav, kombinácia doplnkov stravy a životospráva. Ďalší faktor, ktorý ovplyvňuje minerálnych prvkov je kyselina fytoová, ktorá viaže tieto prvky (hlavne Ca, Mg, Zn, Fe) a znemožňuje ich prestup do čaju. Vzhľadom k tomu, že údaje o množstve prijatých prvkov po konzumácii matcha čajov nie sú dostupné, možno ťažko získané údaje relevantne diskutovať.

Tabuľka 17: Denný príjem toxických prvkov z matcha čajov

Analyt	Rozmedzie koncentrácií ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	Denný príjem ($\mu\text{g}/\text{den}$)	Týždenný/ Mesačný tolerovaný * príjem (μg)	PTWI ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) PTMI* ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	PTWI/PTMI* (Ž, 65kg), (%)	PTWI/PTMI* (M, 80 kg), (%)
Al	5420–13400	27,1–67,0	190–469	2000	0,2–0,4	0,1–0,3
Cd	1,03–1,52	0,00515	0,155–0,228	25*	< 0,1*	< 0,1*
Sn	0,53–1,12	0,00265	0,0186–0,0392	14,000	< 0,004	< 0,003
Hg	1,31–2,14	0,00655	0,0459–0,0749	4	<0,03	<0,02

PTWI (Provisional tolerable weekly intake, dočasný tolerovateľný týždenný príjem)

PTMI (Provisional tolerable monthly intake, dočasný tolerovateľný mesačný príjem)

M: muži 31–50 rokov; Ž: ženy 31–50 rokov

Množstvo dávky práškoveho čaju matcha bolo nastavené na 5 g.

Príjem Al, Sn a Hg bol vypočítaný ako týždenný príjem na základe hodnôt PTWI, príjem Cd bol vypočítaný ako mesačný príjem na základe PTMI nastavené podľa JECFA (FAO/WHO, 2011b, 2006, 2011a, 2013).

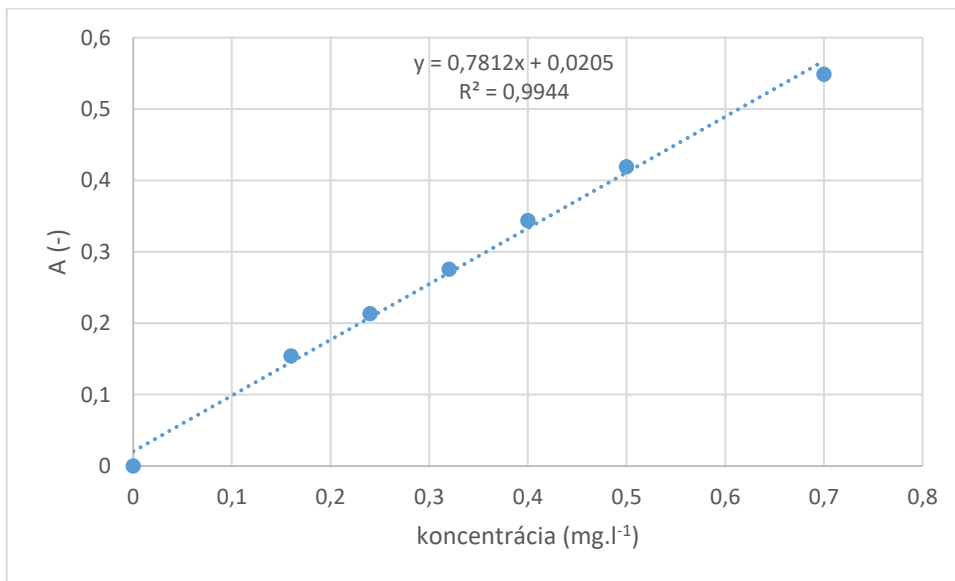
Hodnoty pre Sn a Hg nedosiahli ani 0,01%. Zatiaľ čo príjem Al bol pre ženy rádovo vyššie, a to 0,4% a pre mužov 0,3%. Príjem všetkých toxických prvkov však dosahoval veľmi nízkych hodnôt, ktoré určite neovplyvňujú zdravie konzumenta. Opäť, vzhľadom k tomu, že tieto údaje v literatúre chýbajú, je veľmi obtiažne získané dáta bližšie porovnávať. Navyše, jedná sa opäť o vypočítané, čiže teoretické príjmy týchto prvkov. Ich toxicita ovšem záleží na chemickej forme, v ktorej sa vyskytujú. Napríklad Hg je veľmi toxická, pokiaľ se

viaže vo forme alkylortuťnatých zlúčenín (napr. metylortuť), má vysokú afinitu k tiolovým skupinám peptidov a bielkovín. Najskôr boli taktiež publikované predpisy pre limity hodnôt PTWI pre As a Pb (ďalšie toxické prvky), tieto ale už boli zrušené, preto tu niesú počítané.

9.4 Výsledky stanovenia fosforu

9.4.1 Kalibračná krivka

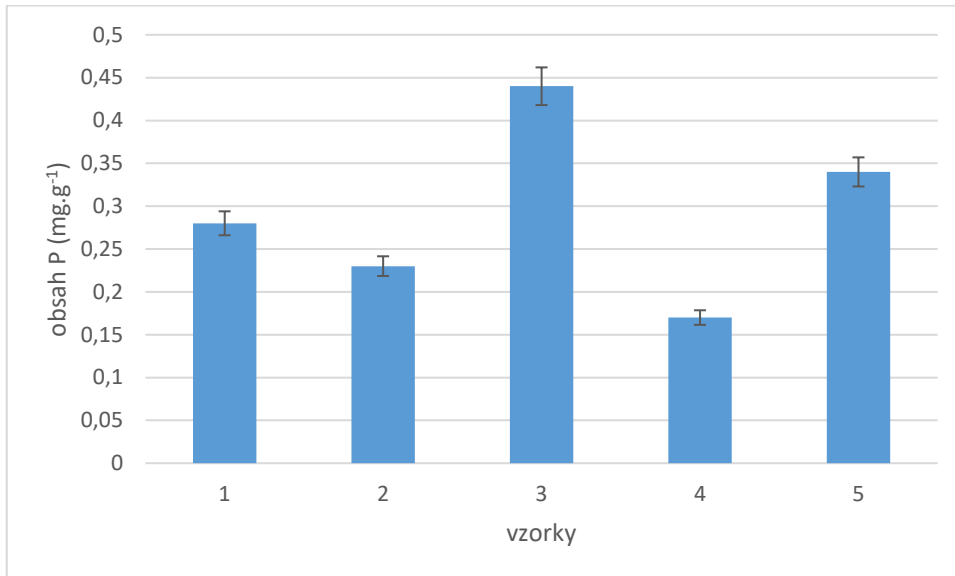
Najprv sa premerali jednotlivé kalibračné body štandardu dihydrogenfosforečnanu draselného o koncentracii 0,16; 0,24; 0,32; 0,40; 0,50 a 0,70 mg.l⁻¹. Hodnota absorbancie bola meraná pri 880 nm. Z rovnice lineárnej regresie sa získala smernica priamky. Obsah P vo vzorke bol vypočítaný podľa vzorca (1). Kalibračná krivka je uvedená na obr. 6.



Obrázok 6: Kalibračná krivka dihydrogenfosforečnanu draselného pre stanovenie P vo vzorkách

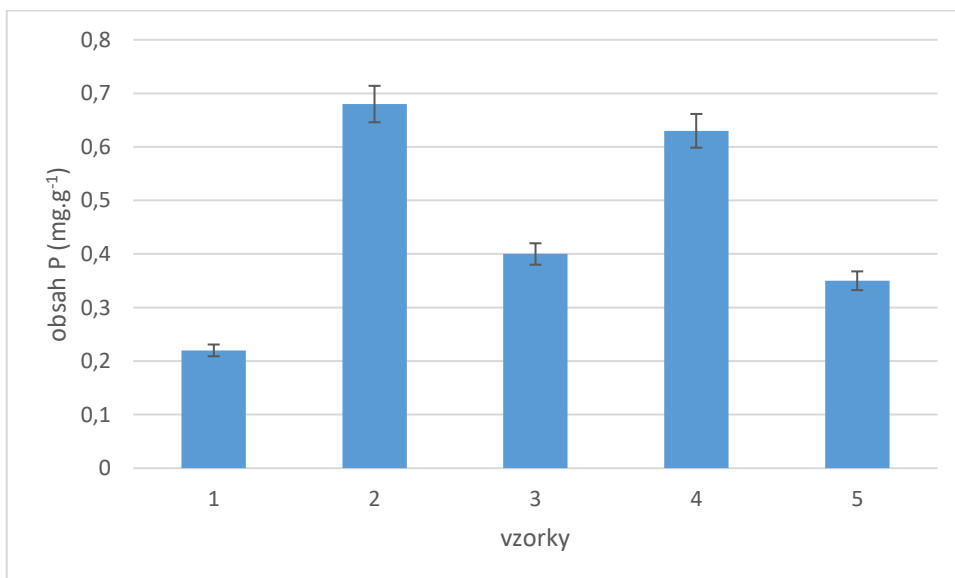
9.4.2 Výsledky stanovenia P spektrofotometricky

Obsahy fosforu vo výluhoch piatich vybraných vzoriek čajov a v ich mineralizátoch (pôvodná prášková forma matcha čaju) sú uvedené postupne na obr. 7 až 12.



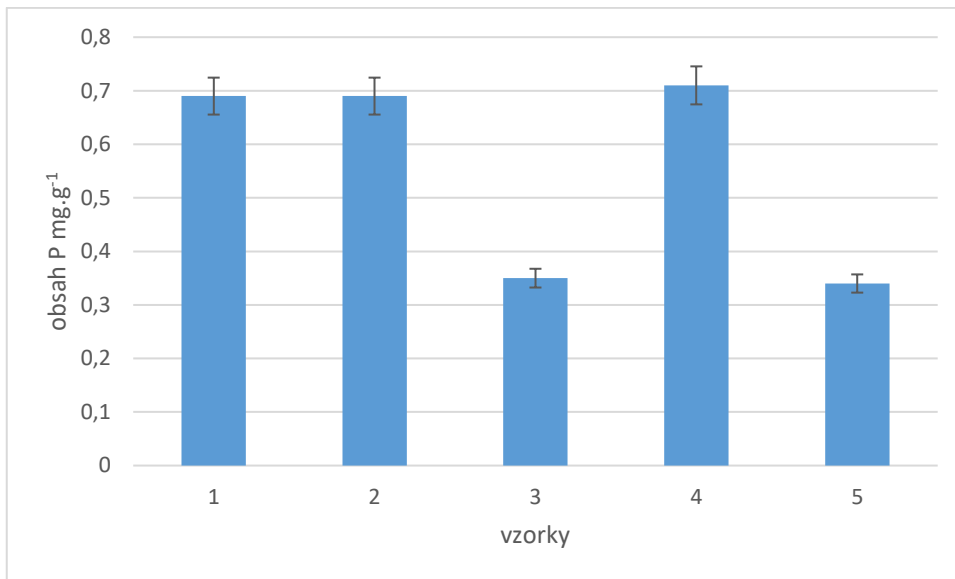
Obrázok 7: Obsah P v jednotlivých vzorkách výluhov pri 70°C a 3 minútach

1 – Matcha Harmony, 2 – Matcha-ga, 3 – Shao Xing, 4 – MoChafen, 5 – Matcha Asagiri



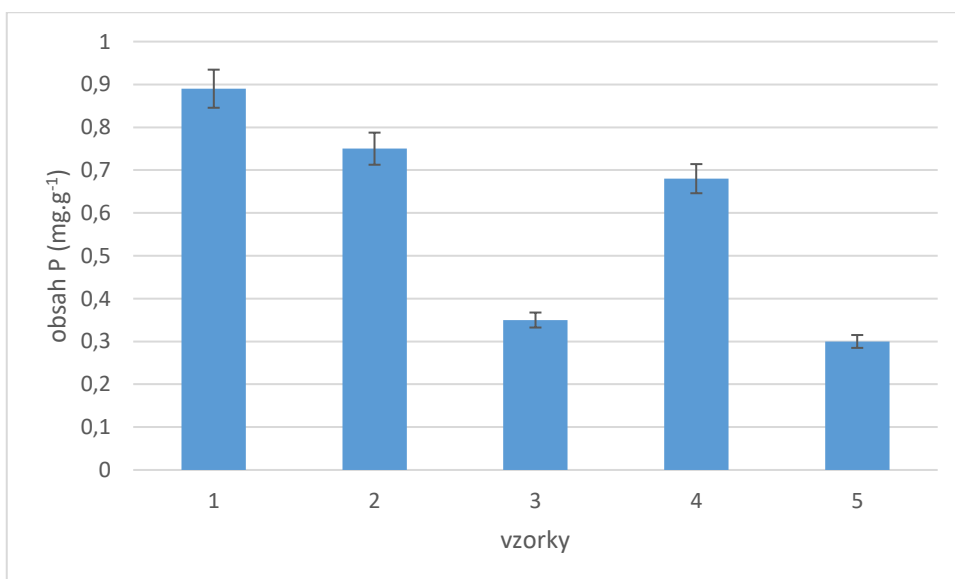
Obrázok 8: Obsah P v jednotlivých vzorkách výluhov pri 70°C a 5 minútach

1 – Matcha Harmony, 2 – Matcha-ga, 3 – Shao Xing, 4 – MoChafen, 5 – Matcha Asagiri



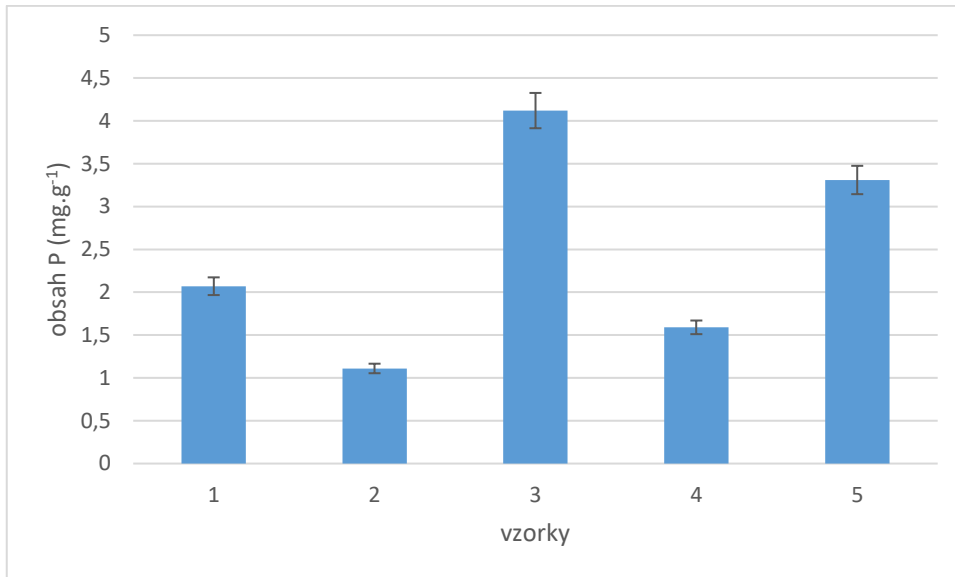
Obrázok 9: Obsah P v jednotlivých vzorkách výluhov pri 80°C a 3 minútach

1 – Matcha Harmony, 2 – Matcha-ga, 3 – Shao Xing, 4 – MoChafen, 5 – Matcha Asagiri



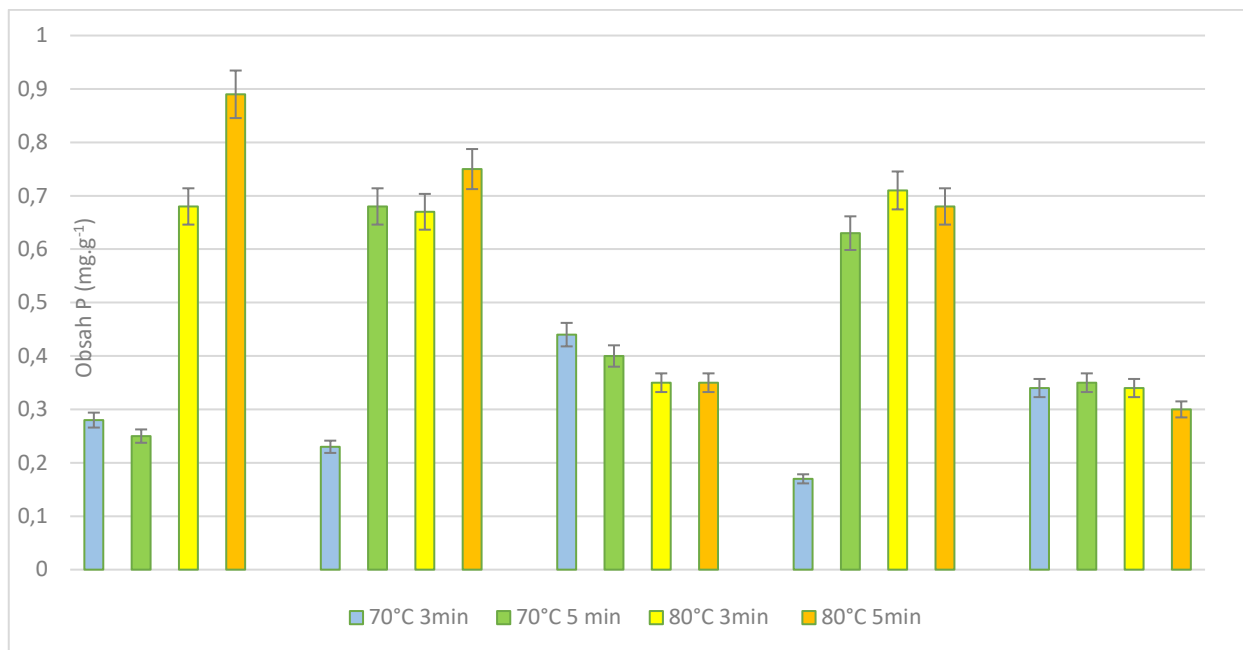
Obrázok 10: Obsah P v jednotlivých vzorkách výluhov pri 80°C a 5 min

1 – Matcha Harmony, 2 – Matcha-ga, 3 – Shao Xing, 4 – MoChafen, 5 – Matcha Asagiri



Obrázok 11: Obsah P v mineralizovaných vzorkách prášku matcha čaju

1 – Matcha Harmony, 2 – Matcha-ga, 3 – Shao Xing, 4 – MoChafen, 5 – Matcha Asagiri



Obrázok 12: Obsah P v jednotlivých výluhoch

Vzorka 1 – Matcha Harmony, Vzorka 2 – Matcha-ga, Vzorka 3 – Shao Xing, Vzorka 4 – MoChafen, Vzorka 5 – Matcha Asagiri

Súhrnné výsledky stanovenia P spektrofotometricky sú uvedené v obr. 12. Z grafu je patrné, že nie u všetkých vzoriek došlo pri najvyššej teplote (80 °C) a dlhšej dobe lúhovania (5 min) vždy k najvyššiemu vylúhovaniu P. Svoju rolu v tomto bude určite hrať nielen pôvodná koncentrácia fosforu v matcha čaji, ale tiež jeho chemická forma, v ktorej je v čajových listoch viazaný. P sa najčastejšie v rastlinných materiáloch viaže na kyselinu fytovú alebo šľaveľovú, z anorganických foriem sú to najčastejšie hydrogény alebo dihydrogény fosforu. Z pilotných dosiahnutých výsledkov tejto modelovej miništúdie, nemožno s istotou povedať, či na obsah P vo výluhu má vplyv vyššia teplota alebo čas lúhovania. K tomuto účelu by bolo potrebné viac nameraných dát. Pri teplote 80 °C a 5 minútach lúhovania majú najvyššiu koncentráciu P vzorky Matcha Harmony a Matcha-ga.

ZÁVER

Teoretická časť sa venuje pestovaniu a spracovaniu zeleného čaju, spôsobu pestovania čaju matcha. Ďalej sa venuje chemickému zloženiu zeleného čaju s bližším zameraním na obsah a význam minerálnych prvkov.

Diplomová práca v experimentálnej časti bola zameraná na obsah minerálnych prvkov v čajoch matcha a ich výluhoch. Doba lúhovania bola stanovená na 3 a 5 minút pri teplote 70 a 80 °C. ďalšou časťou práce bolo aplikovať spektrofotometrickou metódu pre stanovenie P v matcha čaji. Práca sa zaoberá aj teoretickým denným príjmom esenciálnych minerálnych a toxických prvkov z čajov matcha. Denné príjmy esenciálnych prvkov boli vypočítané podľa ich RDA a AI hodnôt pre vekovú kategóriu 31–50 rokov.

Tolerovateľný príjem toxických prvkov bol vypočítaný s využitím PTWI a PTMI hodnôt, kde zvolenou kategóriou boli ženy vážiace 65 kg a muži vážiaci 80 kg. Ve všetkých prípadoch bola denná porcia matcha čaju stanovená na 5 g.

V matcha čajoch prevládajú najmä prvky Mn, Mg, P a Cu. Prvky U, Ta, Ga neboli vôbec detekované.

Zelené čaje matcha sú bohaté na Mn, Cu, P a Fe. Napríklad konzumáciou 5 g matcha čaju za deň, môžeme teoreticky získať až 19 % z RDA mangánu u žien, u mužov je to 15 % z RDA. Na druhej strane, matcha čaje neobsahujú významné množstvo Na, Se, Cr. Konzumáciou 5 g matcha čaju prijmem iba 0,05 % z RDA pro Na, čo je veľmi nízka hodnota. Toxické prvky v porovnaní s PTWI a PTMI hodnotami boli pod limitom nastavené FAO/WHO. Z toho dôvodu, každodenná konzumácia matcha čaju nepredstavuje zdravotné riziko pre konzumenta. Všetky toxické prvky boli pod hladinou 0,4 % z daného tolerovateľného príjmu.

Pre stanovenie P sa podarilo modifikovať metodiku spektrofotometrickú. Pre jej rutinné zavedenie bude ešte nutné ju do budúcnosti validovať.

Vzhľadom k nízkym dávkam denného príjmu matcha čaju, nemožno očakávať výrazný prísun minerálnych prvkov. Je ovšem relatívne dobrým zdrojom Mn, Fe a Cu. Čaj matcha však možno odporučiť ku konzumácii najmä ako nápoja, vďaka jeho mnohým zdravotným benefitom (pochádzajúcim hlavne z obsahu polyfenolov) a chuti, obsahuje aj nízke koncentrácie Na a vyššie koncentrácie K.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATURY

1. AHMED, Selena a John Richard STEPP. Green Tea. *Tea in Health and Disease Prevention* [online]. Elsevier, 2013, 2013, s. 19-31 [cit. 2018-11-23]. DOI: 10.1016/B978-0-12-384937-3.00002-1. ISBN 9780123849373. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780123849373000021>
2. ACHMAD, Risco, BUDIAWAN a Elza AUERKARI. Effects of Chromium on Human Body. *Annual Research & Review in Biology* [online]. 2017, **13**(2), 1-8 [cit. 2019-05-08]. DOI: 10.9734/ARRB/2017/33462. ISSN 2347565X. Dostupné z: <http://www.sciencedomain.org/abstract/19344>
3. AL-FARTUSIE, Falah, Saja N. MOHSSAN. Essential Trace elements and their vital roles in human body. *Indian Journal of Advances in Chemical Science*. 2017, **5**(3), 127-136 [cit. 2019-05-09].
4. BALASARAVANAN, T., P.K. PIUS, R. RAJ KUMAR, N. MURALEEDHARAN a A.K. SHASANY. Genetic diversity among south Indian tea germplasm (*Camellia sinensis*, *C. assamica* and *C. assamica* spp. *lasiocalyx*) using AFLP markers. *Plant Science* [online]. 2003, **165**(2), 365-372 [cit. 2019-04-24]. DOI: 10.1016/S0168-9452(03)00196-1. ISSN 01689452. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0168945203001961>
5. BALENTINE, Douglas A., Sheila A. WISEMAN a Liesbeth C. M. BOUWENS. The chemistry of tea flavonoids. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* [online]. 1997, **37**(8), 693-704 [cit. 2019-04-24]. DOI: 10.1080/10408399709527797. ISSN 1040-8398. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10408399709527797>
6. BHATTACHARYA, Suvendu. *Conventional and advanced food processing technologies*. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, [2015]. ISBN 9781118406304.
7. BRZEZICHA-CIROCKA, Justyna, Małgorzata GREMBECKA a Piotr SZEFER. Oxalate, magnesium and calcium content in selected kinds of tea: impact on human health. *European Food Research and Technology* [online]. 2016, **242**(3), 383-389 [cit. 2019-05-08]. DOI: 10.1007/s00217-015-2548-1. ISSN 1438-2377. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00217-015-2548-1>

8. CABRERA, Carmen, Rafael GIMÉNEZ a M. Carmen LÓPEZ. Determination of Tea Components with Antioxidant Activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. 2003, **51**(15), 4427-4435 [cit. 2019-04-24]. DOI: 10.1021/jf0300801. ISSN 0021-8561. Dostupné z: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf0300801>
9. COPPOCK, Robert W. a Margitta DZIWENKA. Green Tea Extract. *Nutraceuticals* [online]. Elsevier, 2016, 2016, s. 633-652 [cit. 2018-11-23]. DOI: 10.1016/B978-0-12-802147-7.00046-2. ISBN 9780128021477. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128021477000462>
10. ČSN EN ISO 6878. Akost' vód – Stanovenie fosforu – Spektrofotometrická metóda s molybdénanom amónnym, 2005, Triediaci znak 72296.
11. DAWODU O. Modupe, Samuel O. OBIMAKINDE, Godwin O. OLUTONA. Trace metal concentrations in some tea leaves consumed in Ibadan, Nigeria. *Africal Journal of Agricultural Reasearch*. 2013, **8** (46), 5771-5775 [cit. 2019-05-09].
12. DOYLE, Marjorie Ellin a Kathleen A. GLASS. Sodium Reduction and Its Effect on Food Safety, Food Quality, and Human Health. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* [online]. 2010, **9**(1), 44-56 [cit. 2019-04-24]. DOI: 10.1111/j.1541-4337.2009.00096.x. ISSN 15414337. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1541-4337.2009.00096.x>
13. ENGELHARDT, U.H. Chemistry of Tea. *Reference Module in Chemistry, Molecular Sciences and Chemical Engineering* [online]. Elsevier, 2013, 2013 [cit. 2019-04-24]. DOI: 10.1016/B978-0-12-409547-2.02784-0. ISBN 9780124095472. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780124095472027840>
14. ERDEMIR, Umran Seven. 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* [online]. 2018, **69**, 71-77 [cit. 2019-04-24]. DOI: 10.1016/j.jfca.2018.02.006. ISSN 08891575. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0889157518300450>
15. FAN, Frank S. Iron deficiency anemia due to excessive green tea drinking. *Clinical Case Reports* [online]. 2016, **4**(11), 1053-1056 [cit. 2019-05-08]. DOI: 10.1002/ccr3.707. ISSN 20500904. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/ccr3.707>
16. FRAZIER, Richard A., Eddie R. DEAVILLE, Rebecca J. GREEN, Elisabetta STRINGANO, Ian WILLOUGHBY, John PLANT a Irene MUELLER-HARVEY. In-

- teractions of tea tannins and condensed tannins with proteins. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* [online]. 2010, **51**(2), 490-495 [cit. 2019-04-24]. DOI: 10.1016/j.jpba.2009.05.035. ISSN 07317085. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0731708509003483>
17. FREI, Balz a Jane V. HIGDON. Antioxidant Activity of Tea Polyphenols In Vivo: Evidence from Animal Studies. *The Journal of Nutrition* [online]. 2003, **133**(10), 3275S-3284S [cit. 2019-04-24]. DOI: 10.1093/jn/133.10.3275S. ISSN 0022-3166. Dostupné z: <https://academic.oup.com/jn/article/133/10/3275S/4687614>
18. FRIEDMAN, Mendel, Carol E. LEVIN, Suk-Hyun CHOI, Etsuko KOZUKUE a Nobuyuki KOZUKUE. HPLC Analysis of Catechins, Theaflavins, and Alkaloids in Commercial Teas and Green Tea Dietary Supplements: Comparison of Water and 80% Ethanol/Water Extracts. *Journal of Food Science* [online]. 2006, **71**(6), C328-C337 [cit. 2019-04-24]. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2006.00090.x. ISSN 0022-1147. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1750-3841.2006.00090.x>
19. GREULICH, Christina, Dieter BRAUN, Alexander PEETSCH, Jörg DIENDORF, Bettina SIEBERS, Matthias EPPLE a Manfred KÖLLER. The toxic effect of silver ions and silver nanoparticles towards bacteria and human cells occurs in the same concentration range. *RSC Advances* [online]. 2012, **2**(17) [cit. 2019-05-08]. DOI: 10.1039/c2ra20684f. ISSN 2046-2069. Dostupné z: <http://xlink.rsc.org/?DOI=c2ra20684i>
20. HAJIBOLAND, Roghieh a Seyed Yahia SALEHI. Remobilization of Phosphorus in Tea Plants. *Journal of Plant Nutrition* [online]. 2014, **37**(9), 1522-1533 [cit. 2019-05-08]. DOI: 10.1080/01904167.2014.888743. ISSN 0190-4167. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01904167.2014.888743>
21. HAMDAROU, Mohamed Hédi, Adel CHAHED, Soufia ELLOUZE-CHABCHOUB, Neïla MAROUANI, Zakia BEN ABID a Abderrazek HÉDHILI. Effect of Green Tea Decoction on Long-Term Iron, Zinc and Selenium Status of Rats. *Annals of Nutrition and Metabolism* [online]. 2005, **49**(2), 118-124 [cit. 2019-04-24]. DOI: 10.1159/000084745. ISSN 0250-6807. Dostupné z: <https://www.karger.com/Article/FullText/84745>
22. HARBOWY, Matthew E., Douglas A. BALENTINE, Alan P. DAVIES a Ya CAI. Tea Chemistry. *Critical Reviews in Plant Sciences* [online]. 2010, **16**(5), 415-480 [cit.

- 2019-04-24]. DOI: 10.1080/07352689709701956. ISSN 0735-2689. Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/07352689709701956>
23. HO, Chi-Tang, Xin ZHENG a Shiming LI. Tea aroma formation. *Food Science and Human Wellness* [online]. 2015, 4(1), 9-27 [cit. 2019-04-24]. DOI: 10.1016/j.fshw.2015.04.001. ISSN 22134530. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S221345301500018X>
24. CHATURVERDULA, Venkata Sai Prakash a Indra PRAKASH. The aroma, taste color and bioactive constituents of tea. *Journal of Medical Plants Research* [online]. 2011, 5 (11), 2110-2124 [cit. 2019-05-08].
25. CHEN, Pan. Manganese in metabolism in humans. *Frontiers in bioscience*. 2018, [cit. 2019-05-09].
26. CHRISTINE, Ekissi Alice, Yao-Kouamé ALBERT a Kati-Coulibaly SÉRAPHIN. Determination of the Minerals of the Herbal Tea and Tea Green from *Lippia multiflora*. *American Journal of Plant Sciences* [online]. 2017, 08(11), 2608-2621 [cit. 2019-05-08]. DOI: 10.4236/ajps.2017.811176. ISSN 2158-2742. Dostupné z: <http://www.scirp.org/journal/doi.aspx?DOI=10.4236/ajps.2017.811176>
27. JESZKA-SKOWRON, Magdalena, Magdalena KRAWCZYK a Agnieszka ZGOŁA-GRZEŚKOWIAK. 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* [online]. 2015, 40, 70-77 [cit. 2019-04-24]. DOI: 10.1016/j.jfca.2014.12.015. ISSN 08891575. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0889157515000290>
28. KARAK, Tanmoy a R.M. BHAGAT. Trace elements in tea leaves, made tea and tea infusion: A review. *Food Research International* [online]. 2010, 43(9), 2234-2252 [cit. 2019-04-24]. DOI: 10.1016/j.foodres.2010.08.010. ISSN 09639969. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0963996910002917>
29. KOCH, Wojciech, Wirginia KUKULA-KOCH, Łukasz KOMSTA, Zbigniew MARZEC, Wojciech SZWERC a Kazimierz GŁOWNIAK. Green Tea Quality Evaluation Based on Its Catechins and Metals Composition in Combination with Chemometric Analysis. *Molecules* [online]. 2018, 23(7) [cit. 2019-04-24]. DOI: 10.3390/molecules23071689. ISSN 1420-3049. Dostupné z: <http://www.mdpi.com/1420-3049/23/7/1689>

30. KOUBOVÁ, Eva, Daniela SUMCZYNSKI, Lenka ŠENKÁROVÁ, Jana ORSAVOVÁ a Miroslav FIŠERA. Dietary Intakes of Minerals, Essential and Toxic Trace Elements for Adults from Eragrostis tef L: A Nutritional Assessment. *Nutrients* [online]. 2018, **10**(4) [cit. 2019-05-09]. DOI: 10.3390/nu10040479. ISSN 2072-6643. Dostupné z: <http://www.mdpi.com/2072-6643/10/4/479>
31. KRAVCHENKO, Julia, Thomas H. DARRAH, Richard K. MILLER, H. Kim LYERLY a Avner VENGOSH. A review of the health impacts of barium from natural and anthropogenic exposure. *Environmental Geochemistry and Health* [online]. 2014, **36**(4), 797-814 [cit. 2019-05-08]. DOI: 10.1007/s10653-014-9622-7. ISSN 0269-4042. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s10653-014-9622-7>
32. KUMAR, A., A.G.C. NAIR, A.V.R. REDDY a A.N. GARG. Availability of essential elements in Indian and US tea brands. *Food Chemistry* [online]. 2005, **89**(3), 441-448 [cit. 2019-05-08]. DOI: 10.1016/j.foodchem.2004.03.003. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814604002316>
33. LANDRY Karine. Human health effects of dietary aluminium. *Interdisciplinary Journal of Health Sciences*. 2014. [cit. 2019-05-09].
34. LATHA J. Role of strontium in biological systems. *European Journal of Pharmaceutical and Medical Research*. 2016, **(12)**, 177-184 [cit. 2019-05-09].
35. LORENZO, José Manuel a Paulo Eduardo Sichetti MUNEKATA. Phenolic compounds of green tea: Health benefits and technological application in food. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine* [online]. 2016, **6**(8), 709-719 [cit. 2019-04-24]. DOI: 10.1016/j.apjtb.2016.06.010. ISSN 22211691. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2221169116300272>
36. MARSHALL, Timothy. Lithium as a Nutrient. *Journal of American Physicians and Surgeons*. 2015, **20**, [cit. 2019-05-09].
37. MELNIKOV, Petr a Lourdes Zélia ZANONI. Clinical Effects of Cesium Intake. *Biological Trace Element Research* [online]. 2010, **135**(1-3), 1-9 [cit. 2019-05-08]. DOI:

- 10.1007/s12011-009-8486-7. ISSN 0163-4984. Dostupné z:
<http://link.springer.com/10.1007/s12011-009-8486-7>
38. MILANI, Raquel F., Marcelo A. MORGANO a Solange CADORE. Trace elements in *Camellia sinensis* marketed in southeastern Brazil: Extraction from tea leaves to beverages and dietary exposure. *LWT - Food Science and Technology* [online]. 2016, **68**, 491-498 [cit. 2019-03-01]. DOI: 10.1016/j.lwt.2015.12.041. ISSN 00236438. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0023643815303984>
39. NIE, Shaoping, Steve W. CUI a Mingyong XIE. Tea Polysaccharide. *Bioactive Polysaccharides* [online]. Elsevier, 2018, 2018, s. 349-394 [cit. 2019-05-08]. DOI: 10.1016/B978-0-12-809418-1.00007-1. ISBN 9780128094181. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128094181000071>
40. NOOKABKAEW, Sumontha, Nuchanart RANGKADILOK a Jutamaad SATAYAVIVAD. Determination of Trace Elements in Herbal Tea Products and Their Infusions Consumed in Thailand. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. 2006, **54**(18), 6939-6944 [cit. 2019-03-01]. DOI: 10.1021/jf060571w. ISSN 0021-8561. Dostupné z: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf060571w>
41. RAVICHANDRAN, Ramaswamy. Carotenoid composition, distribution and degradation to flavour volatiles during black tea manufacture and the effect of carotenoid supplementation on tea quality and aroma. *Food Chemistry* [online]. 2002, **78**(1), 23-28 [cit. 2019-04-24]. DOI: 10.1016/S0308-8146(01)00303-X. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S030881460100303X>
42. SANG, Shengmin, Joshua D. LAMBERT, Chi-Tang HO a Chung S. YANG. The chemistry and biotransformation of tea constituents. *Pharmacological Research* [online]. 2011, **64**(2), 87-99 [cit. 2019-04-24]. DOI: 10.1016/j.phrs.2011.02.007. ISSN 10436618. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1043661811000570>
43. SARKAR, Satyajit, Anurag CHOWDHURY, Sanjay DAS, Bhaskar CHAKRABORTY, Palash MANDAL a Monoranjan CHOWDHURY*. Major tea processing practices in India. *International Journal of Bioassays* [online]. 2016, **5**(11), 5071-5083 [cit. 2019-05-08]. DOI: 10.21746/ijbio.2016.11.0015. ISSN 2278-778X. Dostupné z: <http://ijbio.com/index.php/ijb/article/view/1148>
44. SHAHIDI, Fereidoon a Priyatharini AMBIGAIPALAN. Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects – A review.

- Journal of Functional Foods* [online]. 2015, **18**, 820-897 [cit. 2019-05-08]. DOI: 10.1016/j.jff.2015.06.018. ISSN 17564646. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1756464615003023>
45. SCHULZ, H., U. H. ENGELHARDT, A. WEGENT, H.-H. DREWS a S. LAPCZYNSKI. Application of Near-Infrared Reflectance Spectroscopy to the Simultaneous Prediction of Alkaloids and Phenolic Substances in Green Tea Leaves. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. 1999, **47**(12), 5064-5067 [cit. 2019-04-24]. DOI: 10.1021/jf9813743. ISSN 0021-8561. Dostupné z: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf9813743>
46. SUMCZYNSKI, Daniela, Eva KOUBOVÁ, Lenka ŠENKÁROVÁ a Jana ORSAVOVÁ. Rice flakes produced from commercial wild rice: Chemical compositions, vitamin B compounds, mineral and trace element contents and their dietary intake evaluation. *Food Chemistry* [online]. 2018, **264**, 386-392 [cit. 2019-05-09]. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.05.061. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814618308586>
47. VALERA, P, F PABLOS a A GUSTAVOGONZALEZ. Classification of tea samples by their chemical composition using discriminant analysis. *Talanta* [online]. 1996, **43**(3), 415-419 [cit. 2019-04-24]. DOI: 10.1016/0039-9140(95)01750-X. ISSN 00399140. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/003991409501750X>
48. Vyhláška: 330/1997 Sb. (online). Dostupné na stránce: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1997-330>, [cit. 2019-05-05].
49. WEI, Kang, Liyuan WANG, Jian ZHOU, Wei HE, Jianming ZENG, Yongwen JIANG a Hao CHENG. Catechin contents in tea (*Camellia sinensis*) as affected by cultivar and environment and their relation to chlorophyll contents. *Food Chemistry* [online]. 2011, **125**(1), 44-48 [cit. 2019-04-24]. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.08.029. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814610010174>
50. WEISS, David J. a Christopher R. ANDERTON. Determination of catechins in matcha green tea by micellar electrokinetic chromatography. *Journal of Chromatography A* [online]. 2003, **1011**(1-2), 173-180 [cit. 2019-05-05]. DOI: 10.1016/S0021-9673(03)01133-6. ISSN 00219673. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0021967303011336>

51. XU, Jingyi, Mei WANG, Jianping ZHAO, Yan-Hong WANG, Qian TANG a Ikhlas A. KHAN. Yellow tea (*Camellia sinensis* L .), a promising Chinese tea: Processing, chemical constituents and health benefits. *Food Research International* [online]. 2018, **107**, 567-577 [cit. 2019-04-24]. DOI: 10.1016/j.foodres.2018.01.063. ISSN 09639969. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0963996918300711>
52. ZHANG, Q. a J. RUAN. Tea: Analysis and Tasting. *Encyclopedia of Food and Health* [online]. Elsevier, 2016, 2016, s. 256-267 [cit. 2019-04-24]. DOI: 10.1016/B978-0-12-384947-2.00687-5. ISBN 9780123849533. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780123849472006875>
53. ZHEN, Yong-su, Zong-mao CHEN, Shu-jun CHENG a Miao-lan CHEN. *Tea: bio-activity and therapeutic potential*. New York: Taylor & Francis, 2002. ISBN 0415273455.
54. ABBASPOUR N., R. KELLSHADL. Review on iron and its importance for human health. *Journal of research in medical sciences*. 2014, [cit. 2019-04-24].
55. PISTE Pravina. Calcium and its role in human body. *International Journal of Research in Pharmaceutical and Biomedical Sciences*. 2015, [cit. 2019-04-24].

ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK

C	katechín
ČSN	České technické normy
EC	epikatechín
ECG	epikatechíngalát
EGCG	epigalokatechín-3-galát
RDA	Recommended dietary allowance, doporučená denná dávka
AI	Adequate intake, adekvátny príjem

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obrázok 1: Listy a plody čajovníka čínskeho (www.123rf.com/photo_72687400_tea-camellia-sinensis-leaves-on-white-background.html).....	13
Obrázok 2: Čajovník čínsky (www.plantsrescue.com/camellia-sinensis/).....	16
Obrázok 3: Tieňovanie (tea-of-japan.com/about-japanese-tea/high-grade-matcha/726/05/24).....	18
Obrázok 4: Čaj matcha (www.cominstea.com/products/matcha-tea)	19
Obrázok 5: Výroba čaju – hlavné kroky pre jednotlivé typy (Hilal, Engelhardt, 2007)	22
Obrázok 6: Kalibračná krivka dihydrogenfosforečnanu draselného pre stanovenie P vo vzorkách	72
Obrázok 7: Obsah P v jednotlivých vzorkách výluhov pri 70°C a 3 minútach	73
Obrázok 8: Obsah P v jednotlivých vzorkách výluhov pri 70°C a 5 minútach	73
Obrázok 9: Obsah P v jednotlivých vzorkách výluhov pri 80°C a 3 minútach.....	74
Obrázok 10: Obsah P v jednotlivých vzorkách výluhov pri 80°C a 5 min.....	74
Obrázok 11: Obsah P v mineralizovaných vzorkách prášku matcha čaju	75
Obrázok 12: Obsah P v jednotlivých výluhoch	76

ZOZNAM TABULIEK

Tabuľka 1: Efektivita zberu čajových listov (Heiss, 2016).	20
Tabuľka 2: Zloženie zeleného čaju a jeho výluhu (%) (Chacko et al., 20110).	23
Tabuľka 3: Priemerný obsah makroelementov vo vzorke čaju matcha (Koch et al., 2018).....	26
Tabuľka 4: Zoznam vybraných prvkov v čaji (Engelhardt, 2013).	28
Tabuľka 5: Biochemické zlúčeniny zodpovedné za farbu (Chaturvedula, 2011).....	33
Tabuľka 6: Obsah minerálnych prvkov v matcha čaji.....	45
Tabuľka 7: Obsah minerálnych prvkov v matcha čaji.....	48
Tabuľka 8:Obsah minerálnych prvkov vo výluhoch čaju.....	51
Tabuľka 9: Obsah minerálnych prvkov vo výluhoch čaju.....	54
Tabuľka 10: Obsah minerálnych prvkov vo výluhoch čaju.....	56
Tabuľka 11: Obsah minerálnych prvkov vo výluhoch čaju.....	58
Tabuľka 12: Obsah minerálnych prvkov vo výluhoch čaju.....	60
Tabuľka 13:Obsah minerálnych prvkov vo výluhoch čaju.....	62
Tabuľka 14: Obsah minerálnych prvkov vo výluhoch čaju.....	64
Tabuľka 15: Obsah minerálnych prvkov vo výluhoch čaju.....	66
Tabuľka 16: Denné príjmy esenciálnych minerálnych a stopových prvkov v matcha čajoch.....	68
Tabuľka 17: Denný príjem toxických prvkov z matcha čajov.....	70