

Stanovení minerálních prvků v matcha čajích v závislosti na jejich přípravě a po stravitelnosti

Bc. Vendula Hebláková

Diplomová práce
2022



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Bc. Vendula Hebláková
Osobní číslo:	T20818
Studijní program:	N0721A210004 Technologie potravin
Forma studia:	Kombinovaná
Téma práce:	Stanovení minerálních prvků v matcha čajích v závislosti na jejich přípravě a po stravitelnosti

Zásady pro vypracování

I. Teoretická část

Popis výroby zelených čajů s důrazem na matcha čaj, popsat stručně chemické složení tohoto čaje s důrazem na obsah minerálních látek.

II. Experimentální část

Připravit dle předloženého technologického postupu matcha čaje, stanovit obsahy minerálních prvků ve výluhu, v samotném čajovém prášku a po stravitelnosti s využitím ICP-MS.

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

Seznam doporučené literatury:

[1] Kolářková, T., Sumczynski, D., Bednařík, V., Vinter, Š., Orsavová, J., Kolofíková, K. (2021). Mineral and trace element composition after digestion and leaching into matcha ice tea infusions (*Camellia sinensis* L.). *Journal of Food Composition and Analysis*, 97, 103792

[2] Engelhardt, U.H. (2020). Tea chemistry – What do and what don't we know? – A micro review. *Food Research International*, 132, 109120

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

Datum zadání diplomové práce: **31. prosince 2021**

Termín odevzdání diplomové práce: **13. května 2022**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

Ing. Robert Gál, Ph.D.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 18. února 2022

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji diplomovou 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;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou 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);
- pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá charakteristikou zelených čajů s důrazem na matcha čaj. Obsah minerálních prvků byl stanovován pomocí ICP-MS ve výluzích matcha čaje a také v jeho nestráveném podílu po simulaci *in vitro* stravitelnosti. V nativní formě matcha čaje byly stanoveny vyšší koncentrace Al, Mg, K, Mn, P, Fe, Na, Zn, Cu, Ni, Cr, S, B. Nejlépe vyluhované prvky byly Cu, Li, Hg, B, Mo, Na a Cd, naopak nejhůře vyluhovatelné byly Cr, Fe, Al, Na, Pb, P, Mn a Mg. Stravitelnost matcha čajů se pohybovala od 64,5 a 75,6 %. Nejvyšší retenci měly prvky P, Mn, Hg, Cr a nejnižší Na, Mg, Ni, K, Se, B.

Klíčová slova: *Camellia sinensis* L., zelený čaj, matcha, minerální a stopové prvky, *in vitro* stravitelnost, ICP-MS

ABSTRACT

This thesis deals with the characteristics of green teas with emphasis on matcha tea. The content of mineral elements was determined by ICP-MS in matcha tea extracts and also in its undigested proportion after *in vitro* digestibility simulation. Higher concentrations of Al, Mg, K, Mn, P, Fe, Na, Zn, Cu, Ni, Cr, S, B were determined in the native form of matcha tea. The best leached elements were Cu, Li, Hg, B, Mo, Na and Cd, while the worst leachable were Cr, Fe, Al, Na, Pb, P, Mn and Mg. The digestibility of matcha teas ranged from 64.5 and 75.6 %. The elements P, Mn, Hg, Cr had the highest retention and the lowest Na, Mg, Ni, K, Se, B.

Keywords: *Camellia sinensis* L., green tea, matcha, mineral and trace element, *in vitro* digestibility, ICP-MS

Ráda bych poděkovala své vedoucí diplomové práce paní doc. Ing. Daniele Sumczynski, Ph.D. za její skvělý přístup, odborné vedení a pomoc během vypracování této práce. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Janě Fojtíkové za pomoc při zpracování vzorků v laboratoři a panu doc. Ing. Miroslavu Fišerovi, Csc. za pomoc při měření vzorků na ICP-MS.

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

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 ČAJ	12
1.1 ČAJOVNÍK	12
1.1.1 Odrůdy čajovníku.....	12
1.1.2 Pěstování	13
1.2 ZPRACOVÁNÍ ČAJE.....	14
1.2.1 Výroba.....	14
1.2.2 Výroba černého čaje.....	15
1.2.3 Výroba oolong čaje	17
1.2.4 Výroba zeleného čaje	17
1.3 MATCHA ČAJE	18
1.3.1 Pěstování matcha čaje	18
1.3.2 Typy matcha čaje	19
1.3.3 Sběr čajových lístků pro výrobu matcha čaje	19
1.3.4 Samotná výroba matcha čaje.....	19
1.3.5 Příprava matcha čaje	22
2 NUTRIČNÍ SLOŽENÍ ZELENÝCH ČAJŮ	23
2.1 ZÁKLADNÍ NUTRIČNÍ SLOŽENÍ	23
2.1.1 Vlhkost a popel	23
2.1.3 Proteiny a aminokyseliny	24
2.1.4 Sacharidy.....	24
2.1.5 Lipidy	25
2.1.6 Organické kyseliny.....	25
2.1.7 Barviva	25
2.1.8 Vitaminy.....	26
2.1.9 Minerální prvky.....	26
2.2 STRAVITELNOST	28

3	CÍL PRÁCE	29
II	PRAKTICKÁ ČÁST	30
4	METODIKA	31
4.1	POUŽITÉ CHEMIKÁLIE	31
4.2	POUŽITÉ PŘÍSTROJE A POMŮCKY	31
4.3	CHARAKTERISTIKA VZORKŮ	32
4.4	STANOVENÍ OBSAHU VLHKOSTI	32
4.5	STANOVENÍ POPELA	33
4.6	STANOVENÍ MINERÁLNÍCH PRVKŮ POMOCÍ METODY ICP-MS	33
4.7	STANOVENÍ STRAVITELNOSTI	35
5	VÝSLEDKY A DISKUZE	38
5.1	VÝSLEDKY STANOVENÍ STRAVITELNOSTI, VLHKOSTI A POPELA	38
5.2	VÝSLEDKY STANOVENÍ MINERÁLNÍCH A STOPOVÝCH PRVKŮ V PRÁŠKU MATCHA ČAJE METODOU ICP-MS	39
5.3	VÝSLEDKY STANOVENÍ MINERÁLNÍCH A STOPOVÝCH PRVKŮ V NESTRÁVENÉM ZBYTKU MATCHA ČAJE A VÝPOČET HODNOTY RF	45
5.4	VÝSLEDKY STANOVENÍ OBSAHU MINERÁLNÍCH A STOPOVÝCH PRVKŮ VE VÝLUŽÍCH MATCHA ČAJE	50
	ZÁVĚR	57
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	58
	CITACE KE STAŽENÝM OBRÁZKŮM	69
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	70
	SEZNAM OBRÁZKŮ	71
	SEZNAM TABULEK	72
	SEZNAM GRAFŮ	73
	SEZNAM PŘÍLOH	74

ÚVOD

Čaje patří mezi velké zástupce nealkoholických nápojů. Jsou oblíbené díky své jedinečné chuti, aromatu a obzvláště díky svým příznivým účinkům na zdraví. Působí jako antioxidant a jsou výborným zdrojem minerálních látek, polyfenolů a vitaminů. Mají výborný vliv na kardiovaskulární systém, imunitní systém, stimulaci nervového systému, redukci cholesterolu, stabilitu krevního tlaku a cukru. Nejvýznamnějšími producenty čajů jsou Čína, Indie a Japonsko. Na trhu se nabízí hned několik druhů čajů v různých formách.

Dle vyhlášky č. 330/1997 Sb. se pravé čaje řadí do několika kategorií podle způsobu fermentace, a to na čaj zelený, oolong a černý.

Unikátní cesta matcha čaje začíná už na plantážích, kde se mladé čajovníky zastiňují a dochází ke zvýšené produkci chlorofylu, bílkovin a některých polyfenolických látek v listech. To má za následek i změnu množství obsažených látek ve finálním nápoji. Lístky čajovníku pro přípravu matcha čaje se nazývají tencha. Ty jsou napařovány, sušeny, a nakonec rozemlety na kamenných mlýnech. V matcha čaji tedy konzumujeme celý list oproti klasickému zelenému čaji, kde pijeme pouze výluh z listů. Díky zmíněným aspektům by mohl být matcha čaj i dobrým zdrojem minerálních prvků, které jsou ukládány v listech. Nevýhodou by však mohl být i příjem toxických prvků jako jsou například hliník nebo olovo. Proto se tato práce zabývá otázkou, kolik jednotlivých prvků je možno jednat vyluhovat z matcha prášku v závislosti na teplotě vody a také byl analyzován nestrávený podíl po simulaci procesu trávení technikou *in vitro*.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ČAJ

Čaj patří mezi oblíbené nápoje v mnoha kulturách. Má výraznou chuť, aroma a jeho biologicky aktivní látky mohou mít podporující účinky na naše zdraví [1]. Historie čaje sahá až do rané Asie. První zmínky o něm pochází z 12. století před naším letopočtem, kdy na území Číny panovala dynastie Čou Wen. Evropa poznala čaj až v 17. století našeho letopočtu [2].

Dříve se čaj připravoval z čerstvých listů divokých čajovníků, které se míchali v horké vodě. Časem se začaly techniky přípravy čaje zdokonalovat a v různých částech světa si lidé našli vlastní způsoby, jak si čaj připravit. Konečnou podobu přípravy dostal až v Japonsku. V Asii bývaly čaje využívány i při různých ceremonálních rituálech. Čaj, který je nyní často používán pro ceremonie, je nazýván matcha. Je to zelený čaj nejvyšší kvality, který je pomletý na jemný prášek [3].

V komoditní vyhlášce č. 330/1997 Sb. můžeme najít členění čajů na druhy a skupiny, požadavky na jakost nebo technologické požadavky. Dle této vyhlášky se pojmem „pravý“ čaj rozumí výrobek rostlinného původu, který slouží k přípravě nápojů určeným k lidské spotřebě z čajovníku *Camellia sinensis* L., černý čaj, ve kterém proběhla fermentace, zelený čaj, ve kterém fermentace neproběhla a polofermentovaný, neboli oolong, ve kterém proběhla částečná fermentace.

1.1 Čajovník

Patří mezi stálezelené rostliny, řadíme jej do čeledi čajovníkovité (*Camelliaceae*) a do rodu *Camellia*. Ve volné přírodě dorůstají až do výšky 15 m, při pěstování se stromky zastřihávají do maximální délky 1,5 m, pro pohodlnější sběr lístků. Keř má raději vyšší teploty, proto jej můžeme nalézt hlavně v tropických a subtropických oblastech. Má světle zelené podlouhlé lístky, květy mají charakteristickou vůni a bílou barvu. Plod čajovníku je zploštělý a hladký. Mladé lístky, které raší těsně pod poupaty, mají bělavé až stříbřité chloupky a jsou nejcennější na celé rostlině [4,5].

1.1.1 Odrůdy čajovníku

Rostlinu dělíme na dvě hlavní odrůdy – *Camellia sinensis* a *Camellia assamica*.

Camellia sinensis neboli čajovník čínský, je spíše keř, dosahující maximální výšky 4 m. Má drobné lístky, které rostou až do délky 12 cm. Daří se mu dobře ve vysokých nadmořských výškách a z této odrůdy se vyrábí spíše zelené čaje.

Camellia assamica, čajovník asámský nebo také indický, je proti *sinensis* vyššího vzrůstu a patří spíše mezi stromy. Některé stromy mohou měřit až 15 m. Vyžaduje teplejší podnebí a má dvakrát tak velké listy jako čajovník čínský. Barva nálevu má tmavší barvu a vyrábí se z něj převážně černé čaje. Obsahuje vyšší množství polyfenolů a kofeinu [5,6,7].

1.1.2 Pěstování

Kvalitu čaje určuje například nadmořská výška, při které se čajovníky pěstují. Čím výše jsou čajovníkové plantáže položeny, tím kvalitnější čaje mohou být. Nejvíce se jim daří na písčité-hlinitých nebo hlinitých půdách [5,8].

Čajovníky jsou ořezávány na výšku 1,5 m, aby byla sklizeň pohodlnější. Sběr lístků probíhá většinou čtyřikrát do roka. Čím větší je frekvence sběru, tím nižší je obsah kofeinu v listech. Kvalita je ovlivněna i typem sběru. Ruční sběr zajišťuje kvalitnější čaj, a to díky zachování celistvých lístků, oproti tomu strojový sběr může lístky snadněji poškodit.



Obrázek 1: Ruční sběr čajových lístků

<https://www.amalteia.cz/zeleny-listovy-caj-chine-sencha-70-g/>

[99]

Další nevýhodou je, že strojové sběrače mohou vzít i špatné lístky, úlomky nebo nečistoty a je potřeba sklizeň důkladně zkontrolovat. Na mnoha plantážích se volí spíše strojová sklizeň kvůli rychlejšímu průběhu sběru [5,8,9].

1.2 Zpracování čaje

1.2.1 Výroba

Začíná sklizní čajových lístků. Využívají se vrchní části mladých listů, tzv. fleše, které obsahují dva mladé lístky s nedovyvinutými listy a terminálním pupenem. Množství sklizených lístků může ovlivnit kvalitu čaje. Čaje můžeme rozdělit podle několika kritérií:

Dle původu:

- čínský,
- indický,
- ceylonský,
- japonský.

Dle způsobu výroby:

- bílý,
- zelený,
- žlutý,
- oolong,
- černý,
- červený.

Dle velikosti listů:

- celolistový (L),
- zlomkový (B),
- drť (F),
- práškový (D),
- typu CTC (drcení, trhání, rolování) [5].

1.2.2 Výroba černého čaje

Výroba černého čaje má několik kroků: zavadnutí, svinování, rolování, fermentace, sušení a třídění.

Lístky čajovníku se nejdříve nechají zavadnout, zvláčnit a ztmavnou. Zde začíná počátek chemických reakcí, které mohou ovlivnit aroma čaje. Zavadnutí může probíhat dvěma cestami, a to přirozenou nebo umělou. Přirozená spočívá v rozložení čajových lístků na betonovou podlahu, bambusové rohože nebo plstěný podklad. Teplota by měla být kolem 20–24 °C s relativní vlhkostí 75 %. V této době se však více používá moderní způsob, kdy se lístky uloží do speciálních komor, ve kterých je regulovaná teplota i vlhkost vzduchu. Umělé zavadnutí trvá přibližně 5 hodin, zatímco zavadnutí přirozenou cestou může trvat až 35 hodin. Při zavadnutí dochází v listech k rozkladu chlorofylu a rozpadu bílkovin. Lístky se stávají měkčí a křehčí. Dochází k oxidaci tříslovin, které mají vliv na výsledné aroma čaje [4,5,10].

Dalším krokem ve výrobě čaje je rolování nebo také svinování. V tomto kroku dochází ke zničení buněk listu a uvolnění šťávy, ve které jsou chemické látky a enzymy. I zde můžeme využít dva typy rolování, a to ruční nebo strojové. Ruční svinování je velmi pracné a svinovači jsou schopni takto zpracovat 14–18 kg denně. Proto se dává přednost strojovému svinování na takzvaných rollerech. Kromě rollerů se ještě využívají metody CTC (Crushing-Tearing-Curling), tedy drcení, trhání a svinování, nebo LTP technologie (Lawrie Tea Processor), při které vzniká čajový prach, u kterého probíhají intenzivnější oxidační procesy. Tento krok může ovlivnit výslednou barvu nálevu. Pokud jsou lístky špatně svinuté, nálev je spíše bledý, naopak pokud jsou lístky svinuté až moc pevně, nálev získá tmavou barvu [5,11].

Fermentace je dalším důležitým krokem, při kterém dochází k biochemickým reakcím. Enzymy, které se uvolnily spolu se šťávou v předchozím kroku, způsobují oxidaci polyfenolů. Správná fermentace je důležitý základ pro kvalitní čaj, jelikož ovlivňuje chuť, aroma i barvu hotového nápoje. Svinuté lístky se rozloží na podlahu nebo na fermentační žlaby ve vrstvách 10–15 cm, přikrývají se plachtami. Fermentace probíhá při teplotách 35–40 °C do doby, než lístky zčervenají. Dochází k uvolňování silice, kofeinu, tříslovin a k oxidaci polyfenolických látek, při které vznikají typická flavonoidní barviva. Ta výslednému nálevu dodávají načervenalou nebo naoranžovělou barvu [4,5,9].

Po fermentaci, která trvá přibližně dvě až tři hodiny, přichází na řadu sušení. Probíhá ve velkých pecích za proudění vzduchu o teplotě 90 °C, nebo se provádí pražením na velkých kovových pánvích nad otevřeným ohněm. Sušení trvá asi 25 minut. Využívá se pro zastavení enzymatických reakcí, díky úbytku vody pod 5 %. Tímto krokem končí i fermentace. V tomto kroku se vypařuje spousta aromatických látek a působením tepla dochází k vytvoření jiných vonných a chuťových vlastností. Výluh z vysušených listů má hnědočervenou až černou barvu [5,9].



Obrázek 2: Černý čaj <https://www.manutea.cz/assam-tfgop-1-cerny-caj-x191> [100]

Posledním krokem je třídění, při kterém dochází k prosévání. Podle velikosti částic se rozdělují čaje do několika kvalit.

- a) Listové čaje, označují se písmenem L, jako leaves (z angličtiny list). Jsou to nejjemnější vrchní lístky, které se rozdělují podle pořadí. Vrchol výhonku, tzv. tip je listový pupen porostlý stříbrnými chloupky, které při fermentaci zlátnou. První list – orange pekoe je nejmladší a také nejbohatší na vitaminy a minerální látky. Druhý list – pekoe, třetí list – pekoe souchong, čtvrtý list – souchong a pátý list – congou [5].

Kvalitu listových čajů rozdělujeme do několika kategorií:

- Golden Tips – nejkvalitnější čaj z Darjeelingu, tvořen pouze vrchními lístky
- Special Fine Tippy Golden Flowery Orange Pekoe – čaj s velkým podílem listových výhonků
- Fine Tippy Golden Flowery Orange Pekoe – rovnoměrně zpracované lístky převážně vrcholových pupenů

- Tippy Golden Flowery Orange Pekoe – kvalitní čaj z Darjeelingu a Assamu
 - Golden Flowery Orange Pekoe – velmi kvalitní druh čaje z plantáží v Keni, obsahuje velké množství pupenů
 - Flowery Orange Pekoe – indický čaj s dlouhými listy a malým množstvím pupenů
 - Orange Pekoe – Cejlonský čaj složen z dlouhých vláknitých listů bez pupenu
 - Pekoe Souchong, Souchong – čaje nižší kvality z méně kvalitních lístků [12].
- b) Zlomkové čaje najdeme pod označením B. Jsou to neproseté lístky čajovníku, které se dále lámou a opakovaně třídí. Používají se do méně kvalitních sypaných čajů nebo do čajových sáčků [5,11].
- c) Čajové drtě, F, jsou získávány sítováním při výrobě po vyfoukání prachu a nečistot. Obsahují malé zlomky listů.
- d) Čajový prach, D, je získaný proséváním čaje jako odpad z nejjemnějšího síta [5,12].

1.2.3 Výroba oolong čaje

Oolong, neboli také červený drak (podle čínského ou-long), je polofermentovaný čaj oblíbený v jižní Číně a na Thajwanu [5,13]. Lístky se po sklizni nechávají lehce zavadnout na slunci a poté se ručně svinují, dokud barva listu nezíská načervenalou barvu. Následuje krátká fermentace, po níž se listy ochladí, a nakonec se praží ve velké železné pánvi. Potom následuje další rolování a pražení, listy se nechávají sušit v proutěných koších. Stupeň fermentace čaje velmi rozhoduje o jeho finálním vzhledu a aroma nálevu. Při vyhřívání se nesmí listy čajovníku přepálit, nálev by získal připálenou až kávovou chuť [5,13].

1.2.4 Výroba zeleného čaje

Podobně jako u oolong či černého čaje, se i zelený nechává zavadnout na slaměných rohožích, které se umísťují na slunné místo. Listy zeleného čaje se rovnoměrně rozloží [14]. Po zavadnutí lístků dochází buď k pražení na wok pánvích přímo nad ohněm, to je čínský způsob, nebo za pomoci horké páry podle japonského způsobu. Při tomto kroku dostávají nádech šedozelených až tmavozelených barev [14]. Následuje krok napařování, a nakonec tvarování listů, které může probíhat strojně nebo ručně, kde se lístky čechrají a rolují do tvaru kuliček nebo jehliček [14].



Obrázek 3: Zelený čaj <https://www.manutea.cz/china-sencha-zeleny-caj-x1257> [101]

1.3 Matcha čaje

Japonský čaj matcha, je jeden z nejkvalitnějších čajů a jeho způsob pěstování i výroby je odlišný od výroby běžných čajů. Obsahuje desetkrát více bioaktivních složek a polyfenolů než ostatní zelené čaje. Jedná se o práškovou formu lístků zeleného čaje, která se smíchá nejčastěji s teplou až horkou vodou o teplotě 60–90°C. Jde tedy o přímou konzumaci lístků čajovníků, nejen o výluh. Je považován za jeden z nejbohatších přírodních zdrojů antioxidantů [20]. Po staletí se matcha používá jako podpůrný prostředek, které má antioxidační, bakteriostatické, protirakovinné účinky. Pomáhá proti obezitě díky regulaci metabolismu lipidů a napomáhá i při prevenci onemocnění kardiovaskulárního systému [20].

1.3.1 Pěstování matcha čaje

Při pěstování a zpracování matcha čaje rozlišujeme dva pojmy a to „matcha“ a „tencha“. Matcha je čaj, který se pije v práškové formě a označuje se tak finální produkt, který vzniká pomletím čajových lístků pomocí kamenného mlýnu. Vše, co se děje před samotným mletím, se nazývá tencha a je to tedy surovina pro výrobu matcha čaje [21].

Z jara, ihned po vyrašení pupenů, je nutné celý keř zastínit hustou tkaninou, která zabrání slunečním paprskům prostupovat k listům. Kolem keře se postaví konstrukce dostatečně velká na to, aby keř mohl dál růst a tvořit nové pupeny. Dochází ke zpomalení fotosyntézy a k nahromadění L-theaninu a zabránění vzniku tříslovin. Díky tomuto kroku je čaj mnohem jemnější, protože třísloviny v čaji způsobují trpkou chuť. Rozlišujeme dva typy zastínění čajovníků: tana a džikagise [21,22].

U způsobu tana se používá složitá konstrukce postavená kolem keřů, přes kterou jsou přehozeny sítě, které jsou schopny propustit pouze 10 % slunečního světla. Tento způsob využívají velkoplantážníci na prvotřídních rostlinách [21,22]. Drobnější pěstitele využívají způsob džikagise, který je mnohem levnější a jednodušší. Spočívá v přehození velkého kusu látky přímo přes čajovníky [15,16,17,20].

Tímto způsobem pěstování dochází ke zvýšení produkce chlorofylu v rostlině. Díky tomu se mění množství obsažených látek v listech. Například L-theanin a kofein mají vliv na výslednou chuť čaje a katechiny dodávají čaji určitou texturu. Tyto změny dodávají čaji nasládlou a máslovitou chuť a výsledný nálev je velmi jemný [18,19,20].

1.3.2 Typy matcha čaje

Většina zpracovatelů čajovníkových keřů pro výrobu matcha čaje vyrábí dva základní typy, a to usacha a koicha. Typ koicha se vyrábí ze starších čajových keřů a jeho cena je vyšší. Má silnější chuť a svojí texturou připomíná smetanu. Pro přípravu se používá více čajového prachu a méně vody, vzniká hustá kaše, která se míchá za pomoci speciální metličky, která má bambusové hroty. U typu koicha se požaduje, aby vzniklý čaj byl hustý a hladký bez jakékoliv pěny [21,22].

1.3.3 Sběr čajových lístků pro výrobu matcha čaje

Začátek května je brán jako nejpříznivější pro sklizeň. Sběr probíhá stejně jako u ostatních druhů čaje, tedy ručně nebo mechanicky. Při mechanickém sběru se využívají tři typy strojů na sběr listů. Jsou to přenosné obráběcí stroje, které jsou pro jednu až dvě osoby, samopojízdné vozy a stroje pohybující se po kolejích. I přes to, že se preferuje ruční sběr lístků, se z časových důvodů více využívají samopojízdné vozíky. Při sběru lístků pro matcha čaj se rozlišuje sběr na dvě části. Sběr k produkci gyokuro a sběr k produkci matcha. Gyokuro je zelený čaj, který se sbírá z jara těsně před sběrem matcha čaje. Trhají se pouze poupata, někdy i první lístek pod poupětem, zatímco u lístků pro zpracování na matcha čaj se trhá poupě a další tři lístky. Čerstvě utržené lístky se okamžitě odváží do továrny pro zpracování čaje, kde se listy zpracovávají na tenchu a poté na matchu [21,22].

1.3.4 Samotná výroba matcha čaje

Ihned po převozu jsou listy čajovníku umístěny na dopravní pásy a prochází napařovací komorou. Napařování bývá krátké, zabere zhruba 20 vteřin. Napařením listů dojde

k zabránění oxidace, zmírnění travnaté chuti, uchování čerstvosti a napomáhá k rozkladu buněčných struktur. Lístky se stávají vláčné, což je prospěšné při dalších úpravách čaje [21,23].

Primárním sušením je list zbaven vlhkosti, a to za pomoci vertikálního stroje, který je složen z několika po sobě jdoucích válců, které jsou asi 6 metrů vysoké a mají ve spodní části umístěné větráky, díky kterým se listy čajovníku dokonale profouknou. Oddělí se od sebe ty, které se slepily při napaření a zároveň se zbaví přebytečné vlhkosti, povrch se zchladí a listy se usuší [21,22].

Dopravním pásem jsou listy dál posouvány do horizontální pece, kde je teplota až 150 °C. Po předchozím kroku musejí být úplně suché, protože i malá kapka vody by mohla způsobit vznícení celého listu kvůli vysokým teplotám. Tato sušárna se tradičně nazývá „tencha-ro“. Sušení v sušárnách vede k lepší kvalitě výsledného čaje díky rovnoměrnému sušení. Pec je složena z několika pásů. V prvním kole jsou listy přesunuty na spodní pás, který je nejbliž k peci. Teplota zde dosahuje 150 °C, listy tu zůstávají dvě až tři minuty, než jsou větrákem vyfoukány na vrchní pás, kde jsou zhruba osm minut při teplotě 100 °C a následně padají opět na spodní pás, kde zůstávají až deset minut [21,22].



Obrázek 4: Listy čajovníku na dopravním páse <https://moyamatcha.hu/hogya-keszul-a-moya-matcha/> [102]

Lístky, které opustili pec se nazývají „surová tencha“ (původně „ara-tencha“). Listy se dají na jednu hromadu a probíhá odstranění žilek a stonků. Takto připravené listy se sekají na menší kousky, které jsou následně přebírány, aby se oddělilo pletivo od stonků a žilek.

Následuje další sušení, po kterém vznikne čaj tencha. Ten se může vakuově zabalit a skladovat v mrazících boxech s řízenou teplotou, nebo pokračovat dál do brusírny, kde vzniká čaj matcha [21,22].

Matcha čaj vzniká z čaje tencha až v momentě, kdy má jít k prodeji nebo zákazníkovi. Zřídka se stává, že by se matcha skladovala v práškovém stavu. Proto se lístky melou a kamenném mlýnku těsně před vývozem ze skladu. Děje se tomu tak z důvodu oxidace, na kterou je matcha prášek velmi citlivý. Naopak uchování celých listů vede ke zlepšení sensorických vlastností [21,22].

V dnešní době se používají automatické mlýnky, které se nachází v části výroby nazývané brusírna. Mlýnky jsou malé a ovládané za pomoci ovládacího panelu. Rychlost mletí je velmi nízká, a to z důvodu správného namletí čaje. Kdyby se listy mlely příliš rychle, mohlo by dojít k přehřátí a tím by došlo ke zhoršení sensorických vlastností. Výrobci matcha čajů melou listy rychlostí patnáct gramů prášku za hodinu. Pravidelně dochází ke kalibraci mlýnků a výměně kamenů, aby výsledek byl vždy perfektní. Výsledným produktem je hedvábně jemný prášek mechové barvy [21,22].



Obrázek 5: Mletí matcha čaje v kamenných mlýncích <https://www.matchatea.be/c-5028816/productie-van-matcha-thee/> [103]

1.3.5 Příprava matcha čaje

Postup přípravy matcha čaje je jednoduchý, ale i tak odlišný od přípravy klasického čaje, jako je například zelený nebo černý.

Do menší misky nebo hrnku se vloží čaj a zalije se vodou nebo mlékem, teplota tekutiny by měla být méně než 100 °C. Po zalití se směs prášku s tekutinou za pomoci bambusové metličky vyšlehá do hladka. Na 1 g prášku připadne asi 150 ml tekutiny [24,25]. Bambusová metlička používaná na šlehání čaje se nazývá chasen [24].



Obrázek 6: Matcha čaj <https://www.healthfitnessrevolution.com/green-tea-will-boost-your-working-memory/> [104]

2 NUTRIČNÍ SLOŽENÍ ZELENÝCH ČAJŮ

Nutriční složení listů zeleného čaje se v průběhu jeho životního cyklu mění. Největší vliv na složení a obsah nutričních látek má oblast pěstování, skladba půdy, podnebí a stáří čajovníkových listů. Během výroby čaje se listům mění chemické složení, nejvíce ovlivněné jsou senzorické vlastnosti, to může být způsobeno napařováním nebo sušením čajových lístků.

Tabulka 1: Složení listů zeleného čaje a výluhu z něj [5,7]

Složky	Zelený čaj – listy [%]	Výluh ze zeleného čaje [%]
Polyfenoly	30	Stopová množství
Vláknina	26	0
Proteiny	15	Stopová množství
Sacharidy	7	4
Lipidy	7	Stopová množství
Minerální prvky	5	4,5
Aminokyseliny	4	3,5
Barviva	2	Stopová množství

2.1 Základní nutriční složení

2.1.1 Vlhkost a popel

Čajový list obsahuje zhruba 80 % vody a 20 % sušiny. V čajové sušině je přes 50 % nerozpustného podílu, který zahrnuje samotný list, bílkoviny, minerální látky a vázaný kofein. Zbývající rozpustný podíl je složen z 50 % polyfenoly, z 15 % aminokyselinami a kofeinem, dále z cukrů, pektinů, organických kyselin, minerálních látek, vitaminů a silic [5,9,26].

2.1.2 Polyfenoly

Rostlinné polyfenoly můžeme najít nejen v čajích, ale také v zelenině, ovoci nebo v bylinkách. Obsah polyfenolů v čajových listech je z velké části ovlivněn procesem fermentace. Mají vliv na barvu a chuť čaje. Díky nim má čaj natrpklou nebo nahořklou chuť, někdy až svíravou. Polyfenoly jsou většinou přítomné jako glykosidy nebo estery [9,27,28]. Mezi polyfenoly čajových listů patří katechiny, což jsou sekundární metabolity rostlin

a jsou nejvíce zastoupeny v pupenech. Jsou to antioxidanty, které jsou dobře rozpustné ve vodě a snadno oxidují [29,30].

Množství polyfenolů se stanovuje za pomoci metody HPLC [32].

2.1.3 Proteiny a aminokyseliny

Čaj obsahuje asi 17 % dusíkatých látek ve formě nukleových kyselin, aminokyselin a proteinů [37,39]. Zástupci aminokyselin v čaji jsou fenylalanin, glutamin, treonin, kyselina glutamová a asparagová, leucin, izoleucin a serin. Nejdůležitější aminokyselinou je L-theanin (kyselina γ -etylaminoglutamová), který tvoří chuť a aroma čaje. Díky spojení kyseliny glutamové a aminokyseliny L-theaninu se vnímá v zeleném čaji chuť umami [36,38]. Aminokyseliny vyskytující se v čaji dělíme na volné, kam patří glutamin, kyselina γ -aminomáselná, methionin, threonin a vázané, kam řadíme asparagin, leucin, lysin a arginin [56]. V matcha čajích jsou limitujícími aminokyselinami izoleucin a threonin. Aminokyselinové skóre proteinu matchi je 40,2 % [56].

2.1.4 Sacharidy

V listech čajovníku jsou obsaženy jednoduché sacharidy (cukry), které vznikají štěpením polysacharidů, například pektinů, ty mohou reagovat s aminokyselinami během zpracování čaje a vytvářet tak výsledné aroma a barvu [31,32]. U vyvinutých listů dochází k fotosyntéze, při které dochází k produkci glukózy. U mladých pupenů je obsah sacharidů velmi nízký, protože k fotosyntéze nedochází [33].

V čajovém listu se nachází celulóza, hemicelulózy, pektin a lignin, které patří mezi polysacharidy, poslední jmenovaný je polyfenolickou látkou. Během dozrávání rostliny se zvyšuje obsah celulózy a ligninu, které dodávají rostlině dostatečnou oporu při růstu [9,31].

Obsah NDF (neutrálně-detergentní vlákniny) v matcha čajích je 30,7–42,8 % dle studie Topuz et al. (2014) [72] a obsah CF (hrubá vláknina) je až 10,7 % dle studie Koláčkové et al. (2020) [32].

2.1.5 Lipidy

Lipidová část listu tvoří asi 7 % hmotnosti, je složena především z triacylglycerolů a vosků. Patří sem i rostlinné steroly, např. spinasterol, který po ochlazení čaje vytváří malé sraženiny. Zastoupené mastné kyseliny v čaji jsou kyselina palmitová, palmitoolejová, stearová, olejová, linolová a linolenová [9].

2.1.6 Organické kyseliny

V čajových listech můžeme narazit i na organické kyseliny. Nejvýznamnější je kyselina šťavelová, která se může vázat na některé minerální prvky jako je například vápník nebo železo. Patří sem i kyselina malonová, citronová, adipová a chinová. Další je kyselina tříslová, která se vyskytuje v zeleném čaji a kakaových bobech a má silné antioxidační účinky. Organické kyseliny se podílejí na organoleptických vlastnostech [70].

2.1.7 Barviva

Největší zástupce barviv v čajových listech je chlorofyl, který je během fermentace přeměněn oxidací na feoforbid, feofytin, které mohou způsobit tmavší zabarvení výluhu. K přeměně dochází díky enzymu chlorofyláza za vysoké teploty a vlhkosti [9,70].

Dalším významným zástupcem jsou karotenoidy, mezi které patří β -karoten, lutein a zeaxanthin. Jsou obsaženy převážně v čerstvých listech. Během procesu výroby dochází k degradaci karotenoidů za vzniku terpenů [71].

Žluté zbarvení výsledného nálevu je způsobeno i flavonoly, do kterých patří kaempferin, kaempferol, myricitin, myricetin, rutin a flavony, které obsahují saponarin, izovitexin, vitexin a apigenin [35,70].

Červené zbarvení je způsobeno thearubiginy, což jsou polymerní polyfenoly vznikající enzymatickou oxidací během fermentace černého čaje. Mají velký vliv na výslednou barvu nápoje. Proto má černý čaj spíše červený tón, zatímco zelené čaje jsou mnohem jemnějších barev [70]. Matcha čaj prakticky thearubiginy neobsahuje.

Čaje, které jsou pěstovány spíše ve stínu, mají menší množství katechinů a vyšší obsah chlorofylu a karotenoidů [34].

2.1.8 Vitaminy

Čaj má velké zastoupení vitaminů, patří tam vitaminy skupiny B, dále vitaminy C, E a K [1,40,41]. Mezi vitaminy skupiny B obsažené v čaji patří ponejvíce tiamin, riboflavin a niacin. Vitaminy C a E se řadí mezi antioxidanty. Čajovníkové listy obsahují i vitamin K, který podporuje hemokoagulaci [1,5,36,42,43].

2.1.9 Minerální prvky

V rostlinách čajovníku probíhá akumulace různých látek z půdy, mezi které patří i minerální prvky. Obsah minerálních látek v čaji je přibližně 5 %. Jsou zde obsaženy prvky jako draslík, fosfor, vápník a hořčík, jejichž zastoupení v čajových listech je vysoké. Dále jsou obsaženy v menším množství mangan, fluor, železo, zinek, měď, nikl a chrom. V čajovníku jsou obsaženy i neesenciální prvky, kam patří hliník, který je v čaji obsažen v opravdu velkém množství a může mít negativní vliv na nervový systém [30,44,45,46].

V malém množství můžeme v čajových listech najít i toxické prvky, mezi které patří olovo, arsen a kadmium. Do půdy se dostanou lidskou činností, většinou spalováním fosilních paliv nebo těžbou. Při konzumaci klasických čajů nedochází k tak velké akumulaci prvků, protože se nevylyhují do vody a zůstávají v čajovém sáčku. Zatímco u matcha čajů, kde se konzumuje celý list čajovníku, je mnohem větší příjem, protože dochází ke konzumaci celého listu čajovníku a některé minerální látky se uvolňují během trávení [44,47,48].

Tabulka 2: Obsah minerálních prvků v čajových listech [40,44]

Prvek	Množství [mg/kg]	Prvek	Množství [mg/kg]	Prvek	Množství [mg/kg]
Draslík	21 600	Mangan	1 040	Nikl	12
Fosfor	6 300	Fluor	450	Chrom	2,6
Vápník	4 300	Železo	310	Olovo	1,29
Hořčík	2 500	Zinek	38	Arsen	0,4
Hliník	1 100	Měď	33	Kadmium	0,12

Draslík reguluje srdeční tep, podporuje správnou funkci svalů a nervů a působí jako regulátor osmotické rovnováhy v těle [36,49,53]. Fosfor, spolu s vápníkem, tvoří součást zubní hmoty a kostí, vápník hraje velkou roli při svalové kontrakci, fosfor patří mezi základní stavební kameny nukleových kyselin [31,53, 49,50,51]. Hořčík napomáhá spolu s vápníkem svalové funkci a sám o sobě je důležitý pro energetický metabolismus [31,52].

Obsah manganu se zvyšuje se stářím listu. Do čajového nálevu ho přejde velké množství, a proto je čaj jeho dobrým zdrojem. Napomáhá při vývoji kostí a chrupavek, je dobrý i pro správnou funkci nervového systému. Slouží jako aktivátor některých enzymů, jako například alkalické fosfatázy, arginázy nebo aminopeptidázy [41,44,51,56,57].

Čajovník v sobě kumuluje fluor ve formě fluoridu a ukládá se do lístků. Čím starší listy jsou, tím více fluoridů obsahují. Černé čaje mají nejvyšší koncentraci fluoru a menší množství polyfenolů. Při delším louhování se obsah fluoru v nálevu zvyšuje. Fluor slouží jako prevence proti zubnímu kazu [44,46,51,56,57].

Čajovník získává železo z půdy a kumuluje jej ve svých listech. Železnaté kationty jsou součástí hemoglobinu, který napomáhá při přenosu kyslíku v krevním oběhu [54,57]. Do nálevu se zinek prakticky nedostává, proto obvykle pouze nálevy neslouží jako zdroj tohoto prvku. Po přidání citronové šťávy se ale koncentrace zinku lehce zvýší. Zinek napomáhá uvolňování a tvorbě inzulinu v pankreatu, slouží k hojení ran a je významný při syntéze DNA [46,60,61]. Měď je obsažena v čaji ve velmi malém množství. Její obsah v čajových lístcích se může navýšit při fázích výrobního procesu za použití měděných materiálů. Měď má pozitivní účinky na kardiovaskulární systém, imunitní systém, kosti a na metabolismus cholesterolu [44,46,57,60,61].

Chrom je esenciální stopový prvek, který je důležitý pro metabolismus sacharidů, proteinů a lipidů. Vyskytuje se ve dvou formách, a to trojmocný Cr^{3+} , který se nachází v potravinách a šestimocný Cr^{6+} , který je výsledkem průmyslového znečištění a je toxický a může se také dostat do potravin [44,62].

Hliník se kumuluje ve vysokých koncentracích v čajovníkových listech u může působit až neurotoxicky. Do půdy se dostane znečištěním prostředí, například těžbou nebo spalováním fosilních paliv [44,54,55]. Další prvek, který může působit ve vyšších koncentracích toxicky a akumulovat se v listech je nikl [40,50,61].

Olovo, arsen a kadmium spadají mezi toxické prvky. V čajových listech se jich objevuje opravdu zanedbatelné množství. Do půdy a do ovzduší se dostávají znečištěním prostředí a rostlina je pak pomocí kořenů nebo pomocí listů akumuluje. Dochází k tomu nejčastěji u plantáží, které jsou blízko silnic a dálnic nebo blízko továren [44,58,59,62].

2.2 Stravitelnost

Živiny, které lidské tělo absorbuje při trávení označujeme jako stravitelný podíl. Stravitelnost je tedy množství živin získaných a zpracovaných trávicím traktem. Metod stravitelnosti je hned několik:

- *in vitro* je simulace lidského trávení v laboratorních podmínkách za pomoci enzymů pepsinu a pankreatinu,
- *in vivo* se provádí na živých pokusných objektech, stanovuje se množství spotřebovaného dusíku,
- *in sacco* se provádí v hedvábných sáčcích naplněných vzorkem, které se vloží do inkubátoru a pozoruje se úbytek sušiny nebo živin,
- klasická měří přesný příjem živin a jejich vyloučení,
- indikátorová, zjišťuje přesný příjem i výdej živin za pomoci indikátoru [63,64,65].

Pepsin a pankreatin pomáhají štěpit živiny na jednodušší látky. Pankreatin obsahuje proteolytické enzymy, kam patří například α -amyláza, lipáza nebo proteáza [66,67,58].

3 CÍL PRÁCE

Cílem teoretické části práce bylo shrnout charakteristiku čajovníku, rozdělení čajů, pěstování, technologii a zpracování čajových listů se zaměřením na matcha čaje. Nutriční složení čajů s důrazem na minerální látky a stravitelnost.

Cílem praktické části bylo stanovení minerálních prvků ve vodných výluzích matcha čajů za pomoci metody ICP-MS. Následně připravit nestravitelný podíl čajových listů simulací procesu trávení *in vitro*, tento také podrobit stanovení minerálních prvků pomocí ICP-MS za účelem vypočítání retenčního faktoru (RF). Výsledky statisticky zpracovat a diskutovat.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 METODIKA

4.1 Použité chemikálie

Pro jednotlivá stanovení byly použity následující chemikálie:

- Ultrapure HNO₃ 67% (Analytika, spol. s.r.o.),
- Ultrapure H₂O₂ 30% (Penta, ČR),
- HCl analpure 37%,
- pepsin z vepřové žaludeční sliznice 0,7 FIP-U/g (Merck KGaA, Damstadt, Německo),
- pankreatin z vepřové slinivky, proteázová aktivita 350 FIP-U/g; lipázová aktivita 6000 FIP-U/g; amylázová aktivita 7500 FIP-U/g (Merck KGaA, Damstadt, Německo),
- KH₂PO₄ (Ing. Petr Lukeš, Uherský Brod, ČR),
- Na₂HPO₄.12 H₂O (Ing. Petr Lukeš, Uherský Brod, ČR),
- aceton 80 % (Penta, ČR),
- ultrapure čistá voda (Purelab Classic Elga, Labwater/VWS Ltd., UK),
- redestilovaná voda (Aqua osmotic Tišnov, ČR).

4.2 Použité přístroje a pomůcky

Pro jednotlivá stanovení byly použity následující přístroje a pomůcky:

- analytické váhy (AFA 210 LC, Schoeller, ČR),
- elektrická sušárna (Venticell 111 Comfort, BTM a.s., ČR),
- Daisy^{II} inkubátor (Ankom Technology, New York, USA),
- filtrační papír KA 4 (Papírárna Keseg and Rathouzský),
- inkubační láhve Adam, AFA-210 LC (Schoeller, ČR),
- muflová pec LM 112 10 ML W Elektro (VEBF, Německo),
- mikrovlnný systém Milestone Ethos One (Soriso, Itálie),

- ICP-MS Scientific iCAP Q (Scientific, USA),
- Míchačka Heidolph MR 1000 (Heidolph, Německo),
- rychlovarná konvice,
- nastavitelné mikropipety,
- filtrační sáčky F57, velikost pórů 50 µm (Ankom Technology, New York, USA),
- exsikátor,
- laboratorní nádobí: kádinky, baňky, nálevky, pipety, hliníkové misky, porcelánové kelímky, skleněné nádobky, teflonové odměrky, lžičky.

Pro analýzu minerálních a stopových prvků bylo vždy použito plastové nádobí.

4.3 Charakteristika vzorků

Pro měření bylo použito 5 vzorků: Organics Matcha tea premium (země původu: Japonsko, 100 g), Allnature Matcha tea premium (země původu: Japonsko, 100 g), Imbio Matcha Tea (země původu: Čína, 150 g), Iswari Bio Matcha prášek (země původu: Japonsko, 70 g), NATU Matcha Tea (země původu: Japonsko, 70 g). Každý vzorek byl zakoupen po třech baleních. Vzorky byly skladovány v laboratoři při pokojové teplotě 21±2 °C v původních obalech bez přístupu denního světla po dobu nejdéle 14 dní.

4.4 Stanovení obsahu vlhkosti

Do předehřáté sušárny na 130±2 °C byly vloženy hliníkové misky asi na 1 hodinu. Po vychlazení v exsikátoru se navážily prázdné misky a poté se do nich navážil 1 g vzorku s přesností na 0,0001 g. Misky se spolu s naváženými vzorky vložily opět do předehřáté sušárny na 130 ± 2 °C po dobu 1 hodiny. Po vysušení se nechaly vychladit v exsikátoru a znovu se zvážily s přesností na 0,0001 g. Výsledek je průměr ze tří měření. Postup byl modifikován podle normy ČSN ISO 1573.

Výpočet obsahu vlhkosti [%]:

$$W = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \cdot 100$$

(1)

kde: m_1 – hmotnost prázdné misky [g],

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

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

Výpočet obsahu sušiny [%]:

$$S_{\text{š}} = 100 - V \quad (2)$$

kde: $S_{\text{š}}$ – obsah sušiny [%],

V – obsah vody [%].

4.5 Stanovení popela

Prázdné porcelánové kelímky se nejprve vyžihaly při teplotě 550 ± 25 °C po dobu 1 hodiny. Nechaly se vychladit v exsikátoru a následně byly zváženy s přesností na 0,0001 g. Do kelímků se navážil 1 g vzorku s přesností na 0,1 mg a vložily se do muflové pece, kde byly vzorky spalovány při teplotě 550 ± 25 °C po dobu 5,5 hodiny. Po spálení se vzorky vložily do exsikátoru a po vychlazení se vážily s přesností 0,0001 g. Výsledek je průměr ze tří měření. Postup byl proveden podle normy ČSN ISO 1575.

Výpočet obsahu popela [%]:

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

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

m_2 – hmotnost prázdného porcelánového kelímku [g],

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

4.6 Stanovení minerálních prvků pomocí metody ICP-MS

ICP-MS, Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry, je hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem. Patří mezi analytické metody, které slouží ke stanovení obsahu minerálních a stopových prvků ve vzorku.

4.6.1 Mineralizace práškových vzorků

Do teflonových nádobek se navážilo 0,2 g vzorku s přesností na 0,0001 g, do každé nádoby se vzorkem se přidalo 7 ml 67 % ultrapure HNO₃ a 1 ml 30 % ultrapure H₂O₂. Vzorky byly rozloženy pomocí mikrovlnného zařízení Milestone Ethos One. Parametry pro stanovení práškových vzorků byly: 10 minut, 180 °C, 1 500 W náběh a 10 minut, 180 °C, 1 500 W výdrž. Mineralizované vzorky byly doplněny na objem 25 ml ultrapure redestilovanou vodou. Vzorky byly následně nastříkovány do ICP-MS. Stejným postupem byl připraven vzorek matcha čaje, který byl nestráven po procesu stravitelnosti technikou *in vitro*.

4.6.2 Příprava extraktu

Vzorky byly naváženy po 2 g s přesností na 0,0001 g do plastových nádobek. Vzorky se zalily vodou ohřátou na 60 a 80 °C a nechaly se 5 minut na míchačce. Do každého vzorku bylo použito 200 ml ultrapure redestilované vody (Purelab Classic Elga. Po vylouhování se vzorky přefiltrovaly přes papírový filtr KA4. Z filtrátu bylo odebráno 20 ml do plastových zkumavek a přidalo se 5 ml ultrapure HNO₃. Vzorky byly následně nastříkovány do ICP-MS.

4.6.3 Stanovení prvkového složení pomocí ICP-MS

Byly připraveny dvě sady kalibračních standardů, a to následovně: ⁹Be, ⁶⁶Zn, ⁶³Cu, ⁶⁰Ni, ²⁷Al, ²⁴Mg, ⁵⁹Co, ⁷Li, ⁴⁵Sc, ¹⁰⁷Ag, ⁵⁵Mn, ⁸⁸Sr, ¹³⁷Ba, ²⁰⁵Tl, ²⁰⁹Bi, ¹⁴⁰Ce, ¹³³Cs, ¹⁶⁵Ho, ¹⁸¹Ta, ¹⁵⁹Tb, ²³⁸U, ⁸⁹Y v koncentraci 3–35 µg.l⁻¹. Druhá nižší koncentrační řada byla ⁷⁵As, ⁴⁴Ca, ¹¹¹Cd, ⁵²Cr, ⁵⁷Fe, ²⁰²Hg, ³⁹K, ³¹P, ²³Na, ²⁰⁸Pb, ⁷⁷Se, ¹¹⁸Sn a ⁴¹Ti v koncentraci 0,5–1,0 µg.l⁻¹. Byl použit ladící roztok Tune 8 (Analytika Jena). Nebyl použit referenční certifikovaný materiál.

Ke stanovení byla využita hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem ICP-MS ThermoScientific iCAP Q na bázi kvadrupólového analyzátoru (ThermoScientific, USA) s technologií QCell (CCT – Collision Cell Technology). V této technologii je He využito jako kolizní plyn, který umožňuje rozpad molekulárních asociátů. Pracovní parametry byly nastaveny následovně: výkon 1550 W, hloubka vzorkování 5 mm, průtok chladicího plynu 14,0 l.min⁻³, průtok pomocného plynu 0,8 l.min⁻¹, průtok zmlžovacího plynu 1,015 l.min⁻¹, průtoková rychlost He 4,1 ml.min⁻¹, rychlost zmlžovače 40,00 ot.min⁻¹ a teplota uvnitř komory 2,7 °C (Sumczynski et al., 2018).

4.7 Stanovení stravitelnosti

Pro samotné stanovení stravitelnosti u vzorku matcha čaje byla použita redestilovaná voda. Při přípravě nestráveného podílu matcha čaje byla použita ultrapure redestilovaná voda, kvůli následnému stanovení vzorků pomocí metody ICP-MS.

Sáčky F57, které se nechaly odmastit v acetonu a důkladně odvětrat, se zváží na analytických vahách a popíší. Do každého se naváží 0,25 g vzorku s přesností na 0,0001 g. Korekční sáček zůstává prázdný. Pospané sáčky se vzorky se zataví na svářečce a vloží se do inkubační láhve přístroje Daisy^{II}. Do láhve se současně se sáčky přidá i 1,7 l HCl o koncentraci 0,1 M a 3 g pepsinu. Láhev se uzavře víčkem a vloží se do inkubátoru na 2 hodiny při teplotě 37 °C. Po inkubaci se sáčky několikrát promyjí redestilovanou vodou. Pro další inkubaci je potřeba připravit fosfátový pufr o pH 7,45, který se skládá z 3,09 g KH₂PO₄ a 32,49 g Na₂HPO₄·12 H₂O na 1,7 l. Pufr se nalije do inkubační láhve s promytými sáčky a přidají se 3 g pankreatinu. Vzorky opět necháme inkubovat v inkubátoru Daisy po dobu 24 hodin při teplotě 37 °C. Promyté sáčky se vloží do sušárny na dalších 24 hodin při teplotě 105 ± 3 °C. Po zchlazení sáčků v exsikátoru se zváží s přesností na 0,0001 g a nechají se zpopelnit. Do porcelánových kelímků, které jsou předem vyžíhané, zvážené a popsané se vloží sáčky, které se nechají spálit v muflové peci při teplotě 550 ± 10 °C po dobu 5,5 hodiny. Po zchlazení v exsikátoru se kelímky se zpopelněným vzorkem zváží s přesností na 0,0001 g. Výsledkem této analýzy je prezentace hodnot stravitelnosti jako stravitelnost sušiny vzorku (DMD – Dry matter digestibility) a stravitelnost organické hmoty (OMD – Organic matter digestibility).

Výpočet OMD a DMD [%]:

$$DMD = 100 - \frac{100 \cdot DMR}{m_2 \cdot DM} \quad (4)$$

$$DMR = m_3 - m_1 \cdot c_1 \quad (5)$$

$$DM = \frac{S \cdot m_s}{100} \quad (6)$$

$$OMD = 100 - \frac{100 \cdot (DMR - AR)}{m_2 \cdot DM \cdot OM} \quad (7)$$

$$AR = m_4 - m_1 \cdot c_1 \quad (8)$$

$$OM = S - P / 100 \quad (9)$$

- kde: DMD – stravitelnost sušiny vzorku čaje [%],
DMR – hmotnost vzorku (bez sáčku) po inkubaci a vysušení [g],
DM – obsah sušiny ve vzorku čaje [g],
OMD – hodnota stravitelnosti organické hmoty ve vzorku čaje [%],
AR – hmotnost popela vzorku (bez sáčku) [g],
OM – obsah organické hmoty v sušině vzorku čaje [g],
S – obsah sušiny ve vzorku čaje [%],
P – obsah popela ve vzorku čaje [%],
 m_S – hmotnost vzorku pro stanovení sušiny [g],
 m_1 – hmotnost prázdného sáčku [g],
 m_2 – hmotnost vzorku čaje [g],
 m_3 – hmotnost vysušeného sáčku se vzorkem čaje (po inkubaci) [g],
 m_4 – hmotnost popela vysušeného sáčku se vzorkem čaje (po inkubaci) [g],
 c_1 – korekce hmotnosti sáčku (po inkubaci) [g],
 c_2 – korekce hmotnosti sáčku (po spálení) [g].

Výpočet korekce [g]:

$$c_1 = \frac{m_S}{m_1} \quad (10)$$

$$c_2 = \frac{m_P}{m_1} \quad (11)$$

- kde: m_S – hmotnost vysušeného sáčku (po inkubaci) [g],
 m_P – hmotnost popela sáčku [g].

4.7.1 Příprava nestráveného podílu

Příprava nestravitelného podílu probíhala stejným postupem, jako je popsáno při stanovení stravitelnosti technikou *in vitro*. Postup byl ukončen sušením při 30 °C po dobu 24 hodin, vzorek byl poté odebrán ze sáčku a navažován. Nedošlo tedy již ke spalování.

5 VÝSLEDKY A DISKUZE

Naměřené výsledky byly u jednotlivých stanovení vzájemně statisticky vyhodnoceny a zapsány jako střední hodnota se směrodatnou odchylkou (SD).

5.1 Výsledky stanovení stravitelnosti, vlhkosti a popela

Stanovení stravitelnosti, vlhkosti a popela proběhlo u jednotlivých vzorků dle metodik uvedených pod kapitolou 4. Výsledky stanovení jsou uvedeny v tabulce č. 3.

Tabulka 3: Výsledky stanovení stravitelnosti, vlhkosti a popela ve vzorcích matcha čaje

Vzorek	Stravitelnost		Vlhkost \pm SD [%]	Popel \pm SD [%]
	DMD [%] \pm SD	OMD [%] \pm SD		
Organis	66,7 \pm 2,0 ^a	72,5 \pm 2,0 ^a	3,99 \pm 0,10 ^a	5,87 \pm 0,05 ^a
Allnature	70,0 \pm 2,0 ^b	74,9 \pm 2,0 ^b	2,93 \pm 0,07 ^{b,c}	5,85 \pm 0,05 ^a
Imbio	75,6 \pm 1,5 ^c	79,3 \pm 1,5 ^c	2,83 \pm 0,17 ^b	5,17 \pm 0,02 ^b
Iswari	66,1 \pm 2,0 ^a	71,0 \pm 1,7 ^d	3,02 \pm 0,15 ^c	5,03 \pm 0,08 ^c
Natu	64,5 \pm 1,7 ^d	69,6 \pm 2,0 ^e	3,45 \pm 0,07 ^d	5,23 \pm 0,04 ^d

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota \pm SD (n=3). Hodnoty ve sloupcích, které mají stejné malé písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ($P \geq 0,05$), hodnoty ve sloupcích, které mají odlišné malé písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ($P < 0,05$).

Stravitelnost jednotlivých vzorků je v tabulce uvedena jako DMD a OMD. Hodnoty DMD se pohybovaly v rozmezí 64,5–75,6 %, hodnoty OMD v rozmezí 69,6–79,3 %. Nejvyšší hodnoty byly naměřeny u vzorku čaje Imbio, DMD 75,6 % a OMD 79,3 %, naopak nejnižší u vzorku Natu (DMD 64,5 % a OMD 69,6 %). Výsledky korelují se studií Koláčková et al. (2020) [32], kde se naměřené hodnoty DMD a OMD pohybovaly od 66,0 do 69,7 %. Stravitelnost je ovlivněna mnoha faktory. Je to zejména obsah vlákniny, proteinů, pokud by šlo například o obiloviny, potom také hraje významnou roli škrob. Také samotná matrice čaje může ovlivnit vstřebatelnost některých živin. Bylo prokázáno, že taniny, které se při procesu trávení uvolňují z listů zelených čajů snižují uvolňování enzymů a jejich metabolickou aktivitu v tenkém střevě [55].

Vlhkost můžeme popsat jako úbytek hmotnosti během sušení při určité teplotě. Vlhkost listů zeleného čaje by dle Ministerstva zemědělství neměla přesáhnout hodnotu 10 % [73], jelikož se jedná o jeden z hlavních kvalitativních parametrů. Námi naměřené hodnoty vlhkosti se pohybovaly v rozmezí 2,83–3,99 %, přičemž nejvyšší naměřená vlhkost byla u vzorku Organis. Nízké hodnoty vlhkosti poukazují na dobré technologické zpracování a správné

podmínky pro uchování a skladování, díky tomu lze říct, že kvalita použitých vzorků by měla zůstat zachována.

Zbylé minerální látky po spálení vzorku nazýváme popel. Dle ISO 11287 (2011) je ideální hodnota popela 4–8 % pro lístky zeleného čaje. Ve studii Topuz et al. (2014) [72] je popel prezentován jako ukazatel kvality čaje a pro zachování vysoké kvality by hodnoty popela neměly být vyšší než 5,54 % [55]. Podle tabulky 3 byly naše hodnoty v rozpětí 5,03–5,87 %, přičemž nejnižší hodnota (5,03 %) byla naměřena u vzorku Iswari a nejvyšší (5,87 a 5,85 %) u vzorků Organis a Allnature. Hodnoty popele splňují požadavky normy ISO 11287, ale co se týká studie Topuz et al. (2014) [72] se některé naše výsledky lehce odklání od zmiňované hraniční hodnoty pro dobrou kvalitu čaje.

5.2 Výsledky stanovení minerálních a stopových prvků v prášku matcha čaje metodou ICP-MS

Stanovení minerálních a stopových prvků proběhlo u jednotlivých vzorků dle postupu v kapitole 4.6.3. Výsledky stanovení jejich obsahu v práškové formě matcha čaje dle jejich koncentračního zastoupení jsou uvedeny v tabulkách 4–6.

Tabulka 4: Obsah minerálních a stopových prvků v prášku matcha čaje, A

Analyt	Organis	Allnature	Imbio	Iswari	Natu
	ng/g				
⁷ Li	215±8 ^a	353±5 ^b	999±10 ^c	429±4 ^d	947±8 ^e
⁹ Be	24,2±1,1 ^a	45,6±1,5 ^b	24,4±0,9 ^a	12,7±0,1 ^c	19,3±0,5 ^d
⁴⁰ Ca	975±2 ^a	976±2 ^a	975±2 ^a	976±2 ^a	976±1 ^a
⁴⁵ Sc	276±10 ^a	367±2 ^b	492±2 ^c	191±4 ^c	288±10 ^{2d}
⁵¹ V	309±10 ^a	414±10 ^b	631±11 ^c	238±7 ^d	181±9 ^e
⁵⁹ Co	446±1 ^a	326±5 ^b	326±8 ^b	114±3 ^c	144±4 ^d
⁷¹ Ga	73,9±2,4 ^a	84,9±3,1 ^b	73,4±0,3 ^a	62,7±3,3 ^c	54,7±3,8 ^d
⁷³ Ge	17,4±0,6 ^a	26,8±0,8 ^b	24,7±0,6 ^c	13,4±0,8 ^d	22,8±0,5 ^e
⁷⁵ As	91,9±3,2 ^a	135±10 ^b	199±11 ^c	48,5±2,3 ^d	56,8±2,4 ^e
⁷⁷ Se	61,1±5,4 ^a	92,8±5,1 ^b	91,3±1,4 ^b	20,9±0,5 ^c	43,2±2,8 ^d
⁸⁹ Y	457±9 ^a	723±9 ^b	481±8 ^c	571±11 ^d	698±14 ^e
⁹⁰ Zr	136±6 ^a	119±10 ^b	108±6 ^c	30,0±0,9 ^d	26,3±0,9 ^e
⁹⁵ Mo	132±9 ^a	131±9 ^a	152±1 ^b	114±9 ^c	87,7±2,2 ^d
¹⁰³ Rh	1,52±0,10 ^a	1,62±0,10 ^b	1,76±0,10 ^c	1,56±0,10 ^d	1,13±0,05 ^e

Tabulka 5: Obsah minerálních a stopových prvků v prášku matcha čaje, B

Analyt	Organis	Allnature	Imbio	Iswari	Natu
	ng/g				
¹⁰⁷ Ag	10,4±0,1 ^a	12,4±0,8 ^b	11,5±0,1 ^c	11,0±0,4 ^d	12,9±1,0 ^b
¹¹¹ Cd	22,4±0,7 ^a	19,8±0,1 ^b	57,4±1,1 ^c	6,27±0,6 ^d	8,07±0,3 ^e
¹¹⁸ Sn	77,0±3,7 ^a	115±10 ^b	106±7 ^c	32,8±1,2 ^d	36,0±1,3 ^e
¹²¹ Sb	12,5±0,1 ^a	18,7±0,6 ^b	24,2±1,4 ^c	3,72±0,05 ^d	7,83±0,07 ^e
¹³³ Cs	91,3±1,7 ^a	55,1±0,9 ^b	229±5 ^c	166±3 ^d	40,2±1,1 ^e
¹⁴⁰ Ce	596±2 ^a	107±5 ^b	761±3 ^c	205±6 ^d	524±2 ^e
¹⁵⁹ Tb	14,3±0,2 ^a	24,0±0,4 ^b	17,1±0,4 ^c	15,3±0,3 ^d	23,3±0,5 ^e
¹⁶⁵ Ho	15,1±0,4 ^a	23,9±0,9 ^b	18,5±0,5 ^c	15,5±0,3 ^a	25,5±0,5 ^d
¹⁸¹ Ta	13,5±0,3 ^a	22,6±0,9 ^b	24,8±0,9 ^c	12,1±0,1 ^d	19,0±0,1 ^e
²⁰² Hg	111±10 ^a	177±13 ^b	288±8 ^c	259±2 ^d	221±10 ^e
²⁰⁵ Tl	29,5±0,7 ^a	33,6±1,0 ^b	110±4 ^c	23,9±0,5 ^d	16,9±0,3 ^e
²⁰⁸ Pb	380±2 ^a	685±2 ^b	898±3 ^c	92,8±2,4 ^d	122±9 ^e
²⁰⁹ Bi	6,59±0,40 ^a	17,1±0,4 ^b	16,0±0,4 ^c	ND	1,42±0,30 ^d
²³⁸ U	11,3±0,5 ^a	10,0±0,2 ^b	38,7±1,0 ^c	3,00±0,02 ^d	4,59±0,10 ^e

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota ± SD (n=6) v sušině vzorku. Hodnoty v řádcích, které mají stejné malé písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ($P \geq 0,05$), hodnoty v řádcích, které mají odlišné malé písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ($P < 0,05$).

Minerální prvky lze dle nutričního významu rozdělit na makrobiogenní prvky (S, P, Na, K, Ca, Mg, Cl), mikrobiogenní (Fe a Zn) a stopové (prakticky všechny ostatní včetně toxických, Al, As, B, Br, F, Li, Ni, Se, Si, Ti, V...) [74,77]. Dle studií Alloway (2005) [76] a Kabata-Pendias (2011) [75] má vliv na množství minerálních látek v čaji obsah prvků v půdě, jejich dostupnost a schopnost akumulace v rostlině, podnebí, způsob pěstování a další faktory. Absorpce látek z půdy může být ovlivněna přítomností jiných prvků, např. vstřebatelnost mědi rostlinami může být ovlivněna přítomností zinku, vápníku a draslíku v půdě, naopak vstřebatelnost zinku může být inhibována mědí a vodíkem [76]. Rostlina může přijímat živiny zejména kořeny, ale také stonky nebo lisy. Mezi nejlépe přijímané prvky patří např. Cd, Cu, Mg, Ni, Se, Zn, a mezi nejhůře potom např. Ag, Cr, Sn, Ti a Y [75]. Množství živin v půdě může být agrotechnicky ovlivněno a může způsobovat akumulaci těžkých kovů v půdě [77]. Při použití hnojivových přípravků s vyšším množstvím fosforu, může dojít ke zvýšení obsahu kyseliny fytové v rostlině [76].

Obsah vápníku ve všech vzorcích matcha čaje byl 975–976 ng.g^{-1} , zatímco ve studii Koláčková et al. (2020) [56], která se shoduje se studií Koch et al. (2018) [80] bylo množství vápníku stanoveno na 2650 $\mu\text{g.g}^{-1}$. Rozdílné hodnoty mohou být způsobeny použitím jiných vzorků, podmínkami pěstování aj. Vápník je jedním ze základních prvků nutný pro svalové kontrakce, ukládá se v kostech a zubech [55].

Množství kobaltu v matcha čaji bylo v rozmezí 114–446 ng.g^{-1} , ve studii Koláčkové et al. (2020) [56] bylo naměřeno mnohem menší množství (22,3–35,5 ng.g^{-1}). To může být způsobeno jinými pěstebními podmínkami a jiným složením půdy u zvolených vzorků [90].

Rtuť působí ve velkých koncentracích neurotoxicky a způsobuje kardiovaskulární onemocnění. Kabata-Pendias (2011) [75] uvádí obsah Hg v čajových listech v rozmezí 34–46 ng.g^{-1} , což je mnohem méně než v našich vzorcích, kde bylo naměřeno 111–288 ng.g^{-1} .

Dle tabulky č. 4 byla naměřena koncentrace selenu v rozmezí 20,9–92,8 ng.g^{-1} , což je mnohem více než naměřili v matcha čaji Koláčková et al. (2020) [56] (7,82–17,6 ng.g^{-1}). Nicméně, dle studie Milani et al. (2016) [86] mohou být v zeleném čaji naměřeny hodnoty Se až 2850 ng.g^{-1} .

Cín, který může způsobit akutní gastritidu, se dle Kabata-Pendias (2011) [75] pohybuje v rostlinách do 29 ng.g^{-1} . Výsledky vzorků matcha čaje vykazují hodnoty do 115 ng.g^{-1} , což je třikrát více.

Hodnoty nefrotoxicky působícího kadmia se pohybovaly v rozmezí 6,27–57,4 ng.g^{-1} . Ve studii Milani et al. (2016) [86] je popsáno, že se tento prvek může akumulovat v rostlinách až do hodnot 54 ng.g^{-1} .

Olovo patří mezi toxické prvky díky jeho neurotoxicitě. Vysoký výskyt v půdě může být ovlivněn znečištěním životního prostředí. V této studii dosáhly koncentrace olova hodnot 92,8–898 ng.g^{-1} . Brezicha-Cirocka (20126) [91] udává hodnoty v čajích až 8300 ng.g^{-1} .

Tabulka 6: Obsah minerálních a stopových prvků v prášku matcha čaje

Analyt	Organis	Allnature	Imbio	Iswari	Natu
	µg/g				
¹¹ B	3,63±0,2 ^a	4,09±0,2 ^b	2,71±0,1 ^c	3,82±0,1 ^d	3,28±0,07 ^e
²³ Na	1,75±0,05 ^a	1,55±0,1 ^b	9,04±0,2 ^c	10,4±0,3 ^d	9,24±0,05 ^c
³¹ P	109±1 ^a	90,1±2,2 ^b	85,9±2 ^c	88,5±1,6 ^d	97,0±2,1 ^e
³² S	4,65±0,1 ^a	4,40±0,03 ^b	4,64±0,2 ^a	4,73±0,2 ^c	4,77±0,25 ^c
³⁹ K	760±20 ^a	766±10 ^a	765±8 ^a	766±3 ^a	766±10 ^a
⁴⁸ Ti	18,8±0,4 ^a	22,4±0,5 ^b	17,5±0,1 ^c	20,0±0,5 ^d	16,3±0,4 ^e
⁵² Cr	3,14±0,03 ^a	4,18±0,10 ^b	5,14±0,1 ^c	4,91±0,05 ^d	4,37±0,3 ^e
⁵⁵ Mn	510±10 ^a	516±20 ^a	720±3 ^b	960±1 ^c	785±2 ^d
⁵⁷ Fe	38,8±1,4 ^a	41,7±1,40 ^b	55,8±1,3 ^c	24,1±0,2 ^d	25,9±0,4 ^e
⁶⁰ Ni	6,26±0,06 ^a	5,59±0,02 ^b	8,60±0,2 ^c	6,13±0,1 ^d	4,58±0,2 ^e
⁶³ Cu	7,26±0,04 ^a	7,26±0,06 ^a	9,04±0,03 ^b	9,15±0,06 ^c	6,90±0,2 ^d
⁶⁶ Zn	5,06±0,20 ^a	9,58±0,4 ^b	4,60±0,2 ^c	3,78±0,3 ^d	3,87±0,15 ^d
⁸⁸ Sr	13,1±0,1 ^a	14,4±0,2 ^b	13,7±0,3 ^c	11,1±0,4 ^d	8,27±0,2 ^e
¹³⁷ Ba	3,97±0,2 ^a	5,36±0,2 ^b	3,76±0,2 ^c	5,66±0,2 ^d	2,95±0,1 ^e

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota ± SD (n=6) v sušině vzorku. Hodnoty v řádcích, které mají stejné malé písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ($P \geq 0,05$), hodnoty v řádcích, které mají odlišné malé písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ($P < 0,05$).

Draslík působí jako regulátor srdečního tepu a udržuje osmotickou rovnováhu buněk. Výskyt ve vzorcích matcha čaje byl v hodnotách 760–766 µg.g⁻¹, což bylo mnohem méně než uvádí studie Koláčková et al. (2021) [55] (9,38–9,71 mg.g⁻¹) a dokonce mnohem méně než je publikováno Kochem et al. (2018) [80] (10,7 mg.g⁻¹). Obecně se dle Martínéz-Ballesty (2010) [81] v rostlinách vyskytuje zhruba 0,2–7,3 mg.g⁻¹ draslíku.

Vliv na nervovou soustavu a funkci svalů má sodík, který je i důležitým prvkem pro regulaci krevní plazmy [82]. Koncentrace sodíku ve vzorcích byla 1,75–10,4 µg.g⁻¹. Nejnižší hodnotu (1,75 µg.g⁻¹) měl vzorek Organis, naopak vysokou hodnotu vykazoval vzorek Iswari (10,4 µg.g⁻¹). Hodnoty publikované Kochem et al. (2018) [80], které byly 123 µg.g⁻¹ a Koláčkovou et al. (2021) [56] (30,5 µg.g⁻¹), byly mnohem vyšší než námi naměřené.

Fosfor je důležitý při transportu buněčné energie, je součástí adenosin trifosfátu (ATP), DNA a RNA. Při vyšším množství v rostlině zkracuje její vegetační dobu [78]. Dle tabulky č. 5 se naměřené hodnoty pohybují od 85,9–109 µg.g⁻¹, což bylo ve srovnání s výsledky

Koláčkové et al. (2020) [56] ($4180 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) mnohem méně. Obecně rozdíly v koncentracích prvků ukazují na široká rozpětí koncentrací, která mohou být ovlivněna noha faktory, již zmiňovanými výše.

Ve studii Lodhia et al. (2008) [84] byla naměřena hodnota koncentrace síry $4,77 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ v listech zeleného čaje. Tento výsledek koreluje s naší nejvyšší naměřenou hodnotou pro tento prvek. Rozmezí hodnot v našich vzorcích je $4,40\text{--}4,77 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. Síra má pozitivní vliv na vstřebávání Fe a Zn. Patří mezi důležité prvky sirtých aminokyselin [85].

Železo, které se nachází v hemových proteinech, je základním prvkem pro tvorbu erytrocytů. Množství dostupného Fe je velmi nízké kvůli výskytu kyseliny fytové, která zhoršuje vstřebávání železa, vápníku a zinku. Mezi hodnotami měřených vzorků byl u železa významný statistický rozdíl. Nejvyšší hodnota byla naměřena u vzorku Imbio, $55,8 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, nejnižší u Iswari, $24,1 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. Rozdíl mezi vzorky může být proto, že každý z nich má jinou zemi původu, tudíž i jiné složení půdy a jiné podnebí. Dle Szyczycha-Madeja et al. (2015) [83] je v černém a zeleném čaji dostupného železa $39,0\text{--}117 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. Tyto hodnoty jsou v souladu s výsledky této práce.

Hodnoty zinku se pohybovaly v rozmezí $3,78\text{--}9,58 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. Milani et al. (2016) [86] ve své studii uvádějí hodnotu zinku do $23 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, tato hodnota koreluje i s našimi výsledky. Zinek hojí rány, zabraňuje vypadávání vlasů a působí dobře na pleť a nehty [87].

Vliv na reprodukci a metabolismus vápníku má bor, který patří mezi stopové prvky. Má dobrý vliv na tvorbu kostí a správnou funkci mozku. Krejčová a Černohorský (2003) [88] uvádí koncentraci boru v zelených čajích $3,54\text{--}5,52 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, přičemž tyto hodnoty jsou v souladu s našimi výsledky, které jsou $2,71\text{--}4,09 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$.

Koláčková et al. (2020) [56] stanovili koncentraci mědi v matcha čaji na $6,12\text{--}25,3 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, což koreluje i s našimi výsledky. Nejvyšší koncentrace mědi byla u vzorku Iswari $9,15 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ a nejnižší u vzorku Natu ($6,90 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$). Měď je důležitou součástí enzymatických procesů jako je například biosyntéza peptidových hormonů a neurotransmiterů nebo buněčné dýchání. Je důležitá pro udržení homeostázy železa [89]. Metabolismus mědi je negativně ovlivňován přítomností molybdenu, který byl v našem vzorku obsažen v rozmezí hodnot $87,7\text{--}152 \text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$.

Účinky na metabolismus glukózy v těle má chrom. Vyskytuje se ve dvou formách jako trojmocný Cr^{3+} , ten nalezneme v potravinách a toxický šestimocný Cr^{6+} , který se

vytváří díky průmyslovému znečištění a může se také dostat do potravin [44,62]. Výsledky z tabulky č. 5 ukazují rozpětí koncentrací pro chrom 3,14–5,14 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. Milani et al. (2016) [87] vyhodnotili hodnotu Cr v čaji do 3,38 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, zatímco Koláčková et al. (2020) [56] naměřila hodnoty (2,12–21,1 $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$), které jsou řádově odlišné.

Za nebezpečný a kontaminující prvek je považován nikl, který působí karcinogenně. Do půdy se dostává při průmyslovém zpracování kovů a olejů [75]. Ve studii Szyczycha-Madeja et al. (2015) [83] stanovili obsah niklu 2,13–4,36 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. V této práci bylo naměřeno až dvojnásobné množství, přesněji 4,58–8,60 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$.

Mangan patří mezi esenciální prvky. Jeho koncentrace se pohybovala v rozmezí 510–960 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. Brzezicha-Cirocka et al. (2016) [91] stanovili obsah Mn v zeleném čaji až 1380 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, což koreluje s našimi výsledky. Naopak dle Szyczycha-Madeja et al. (2015) [83] se v zeleném čaji vyskytuje pouze 1,68 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$.

Tabulka 7: Obsah minerálních a stopových prvků v prášku matcha čaje

Analyt	Organis	Allnature	Imbio	Iswari	Natu
	mg/g				
²⁴ Mg	0,88±0,02 ^a	0,86±0,09 ^b	0,77±0,02 ^c	1,08±0,03 ^d	0,80±0,02 ^e
²⁷ Al	0,68±0,03 ^a	0,96±0,01 ^b	1,42±0,01 ^c	1,49±0,01 ^d	0,97±0,02 ^b

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota ± SD (n=6) v sušině vzorku. Hodnoty v řádcích, které mají stejné malé písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ($P \geq 0,05$), hodnoty v řádcích, které mají odlišné malé písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ($P < 0,05$).

Jak je již zmíněno v kapitole 2.1.9, hliník patří mezi toxické prvky, které rostlina velice snadno akumuluje. Podle tabulky č. 6 je jeho obsah v čajovém prášku koncentračně nejvíce zastoupeným prvkem. Hodnoty dosahují až 1,49 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$. Podle Dalipi et al. (2018) [92] a Karaka s Bhagatem (2010) [93] mohou koncentrace hliníku v rostlině dosahovat až 16 000 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Nejnižší obsah hliníku obsahoval vzorek Organis (0,68 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$) a nejvíce vzorek Iswari (1,49 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$).

Dle tabulky č. 6 je koncentračně dalším nejvíce zastoupeným prvkem hořčík, který se ve vzorcích objevuje v rozmezí hodnot 0,77–1,08 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$. Nejvíce zastoupený byl u vzorku Iswari (1,08 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$), nejméně u vzorku Imbio (0,77 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$). Statisticky významný rozdíl mezi oběma vzorky může být způsobený zemí původu, Iswari pochází z Japonska, zatímco Imbio z Číny. Námi naměřené hodnoty byly mnohem nižší než ve studii Koláčková et al. (2021) [55], ve které byla nejvyšší hodnota koncentrace Mg 2,27 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ v zeleném čaji.

Nižší hodnoty mohou být způsobeny jinými podmínkami pěstování, technologickou úpravou apod. Hořčík se uplatňuje při syntéze proteinů v rostlinných buňkách a má vliv na aktivitu enzymů působících při fotosyntéze [78]. Dle práce Čížková (2009) [79] hořčík přispívá ke správné funkci nervové soustavy, činnosti svalů, a působí proti únavě a vyčerpání.

5.3 Výsledky stanovení minerálních a stopových prvků v nestráveném zbytku matcha čaje a výpočet hodnoty RF

Tabulka 8: Obsah minerálních a stopových prvků v nestráveném zbytku matcha čaje, A

Analyt	Organis	Allnature	Imbio	Iswari	Natu
	ng/g				
⁷ Li	253±4 ^a	267±6 ^b	326±3 ^c	231±2 ^c	265±2 ^b
⁹ Be	26,0±0,9 ^a	53,8±0,9 ^b	23,3±0,6 ^c	11,5±0,3 ^d	13,9±0,4 ^e
⁴⁰ Ca	973±3 ^a	975±3 ^a	976±5 ^a	975±3 ^a	976±9 ^a
⁴⁵ Sc	392±2 ^a	467±9 ^b	582±2 ^c	185±3 ^d	290±10 ^e
⁵¹ V	380±5 ^a	521±8 ^b	831±2 ^c	299±10 ^d	249±10 ^e
⁵⁹ Co	205±2 ^a	143±3 ^b	157±8 ^c	68,8±1,0 ^d	62,5±1,0 ^e
⁷¹ Ga	90,8±1,0 ^a	116±1 ^b	95,3±1,3 ^c	72,9±1,0 ^d	64±0,3 ^e
⁷³ Ge	22,8±0,4 ^a	37,6±1,0 ^b	32,4±1,0 ^c	16,7±0,5 ^d	28,1±1,0 ^e
⁷⁵ As	165±10 ^a	193±5 ^b	294±2 ^c	81,0±1,4 ^d	75,0±1,1 ^e
⁷⁷ Se	55,8±1,5 ^a	61±1,9 ^b	91,7±1,7 ^c	16,1±1,0 ^d	33,9±1,0 ^e
⁸⁸ Sr	14,3±0,2 ^a	16,3±0,2 ^b	15,2±0,3 ^c	12,3±0,3 ^d	10,1±0,2 ^e
⁸⁹ Y	554±5 ^a	879±8 ^b	576±10 ^c	667±10 ^d	859±5 ^e
⁹⁰ Zr	57,3±1,3 ^a	90,8±1,9 ^b	110±4 ^c	14,4±0,1 ^d	25,1±0,2 ^e
⁹⁵ Mo	175±6 ^a	169±2 ^b	136±6 ^c	96,7±2,1 ^d	91,0±1,0 ^e
¹⁰³ Rh	1,95±0,10 ^a	2,33±0,10 ^b	2,27±0,10 ^c	1,92±0,10 ^d	1,47±0,10 ^e
¹⁰⁷ Ag	16,7±0,6 ^a	19,0±0,8 ^b	27,3±0,1 ^c	18,8±0,4 ^d	13,5±0,3 ^e
¹¹¹ Cd	33,4±0,7 ^a	25,2±0,3 ^b	73,8±2,0 ^c	10,2±0,5 ^d	11,2±0,4 ^e
¹¹⁸ Sn	57,7±1,4 ^a	97,2±1,9 ^b	100±1 ^c	32,7±0,7 ^d	34,6±0,3 ^e
¹²¹ Sb	15,2±0,4 ^a	10,1±0,1 ^b	16,1±0,1 ^c	5,30±0,3 ^d	6,60±0,7 ^e
¹³³ Cs	15,8±0,2 ^a	16,5±0,4 ^b	35,7±1,0 ^c	10,0±0,2 ^d	8,44±0,10 ^e
¹³⁷ Ba	4,89±0,05 ^a	6,28±0,10 ^b	4,31±0,04 ^c	6,37±0,10 ^d	3,39±0,12 ^e
¹⁴⁰ Ce	738±3 ^a	932±5 ^b	909±5 ^c	244±4 ^d	653±3 ^e
¹⁵⁹ Tb	17,4±0,1 ^a	28,9±0,3 ^b	20,1±0,4 ^c	17,5±0,1 ^a	29,5±1,2 ^b
¹⁶⁵ Ho	18,3±0,3 ^a	28,5±0,4 ^b	21,5±0,5 ^c	17,4±0,2 ^d	30,7±1,1 ^e

Tabulka 9: Obsah minerálních a stopových prvků v nestráveném zbytku matcha čaje, B

Analyt	Organis	Allnature	Imbio	Iswari	Natu
	ng/g				
¹⁸¹ Ta	27,6±0,2 ^a	30,1±0,5 ^b	47,6±0,4 ^c	22,0±0,4 ^d	34,9±1,3 ^e
²⁰² Hg	171±3 ^a	299±2 ^b	329±4 ^c	258±3 ^d	256±4 ^d
²⁰⁵ Tl	15,7±0,3 ^a	17,4±0,4 ^b	37,0±1,2 ^c	16,7±0,4 ^d	11,5±0,2 ^e
²⁰⁸ Pb	478±4 ^a	760±2 ^b	801±2 ^c	99,1±0,5 ^d	144±6 ^e
²⁰⁹ Bi	19,6±0,5 ^a	55,6±1,1 ^b	18,4±0,2 ^c	0	4,02±0,10 ^d
²³⁸ U	13,7±0,2 ^a	10,3±0,2 ^b	40,3±0,5 ^c	0,76±0,04 ^d	5,20±0,5 ^e

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota ± SD (n=6) v sušině vzorku. Hodnoty v řádcích, které mají stejné malé písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ($P \geq 0,05$), hodnoty v řádcích, které mají odlišné malé písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ($P < 0,05$).

Dle postupu uvedeného v kapitole 4.7 byl připraven nestrávený podíl pro procesu simulace trávení *in vitro*. Teno nestrávený podíl byl taktéž podroben analýze prvkového složení pomocí ICP-MS. Výsledky stanovení jsou prezentovány v tabulkách 7 a 8. Z naměřených výsledků je vidět, že nestrávený podíl čajových listů obsahuje prakticky všechny stanovované prvky v relativně vysokých koncentracích. Pokud se podíváme pouze na hodnoty koncentrací (ng/g), v nestráveném podílu se vyskytovaly vápník, skandium, vanad, yttrium, molybden a cer ve vyšších koncentracích. Prvky, které jsou prezentovány v tabulce 8, se v nestráveném podílu vyskytovaly ještě ve vyšších koncentracích (mg/g), než předešlé výše jmenované. Hodnoty koncentrací naměřené v nativní formě matcha čajových listů, v nestráveném podílu čajových listů a hodnoty stravitelnosti (DMD) byly použity pro výpočet tzv. retenčního faktoru (%). Retenční faktor udává, jaký % podíl v obsahu minerálního či stopového prvku zůstal stále ještě po strávení vázán v nestráveném podílu. Výsledky vypočtených hodnot RF jsou prezentovány v grafu č. 2. Pro každý prvek jsou graficky znázorněny nejnižší a nejvyšší hodnoty RF. Retenční faktor byl vypočítán dle vzorce:

$$RP = \frac{MP \times (100 - DMD)}{NP} \quad (12)$$

Kde: MP – koncentrace prvku v nestráveném vzorku (nativním),

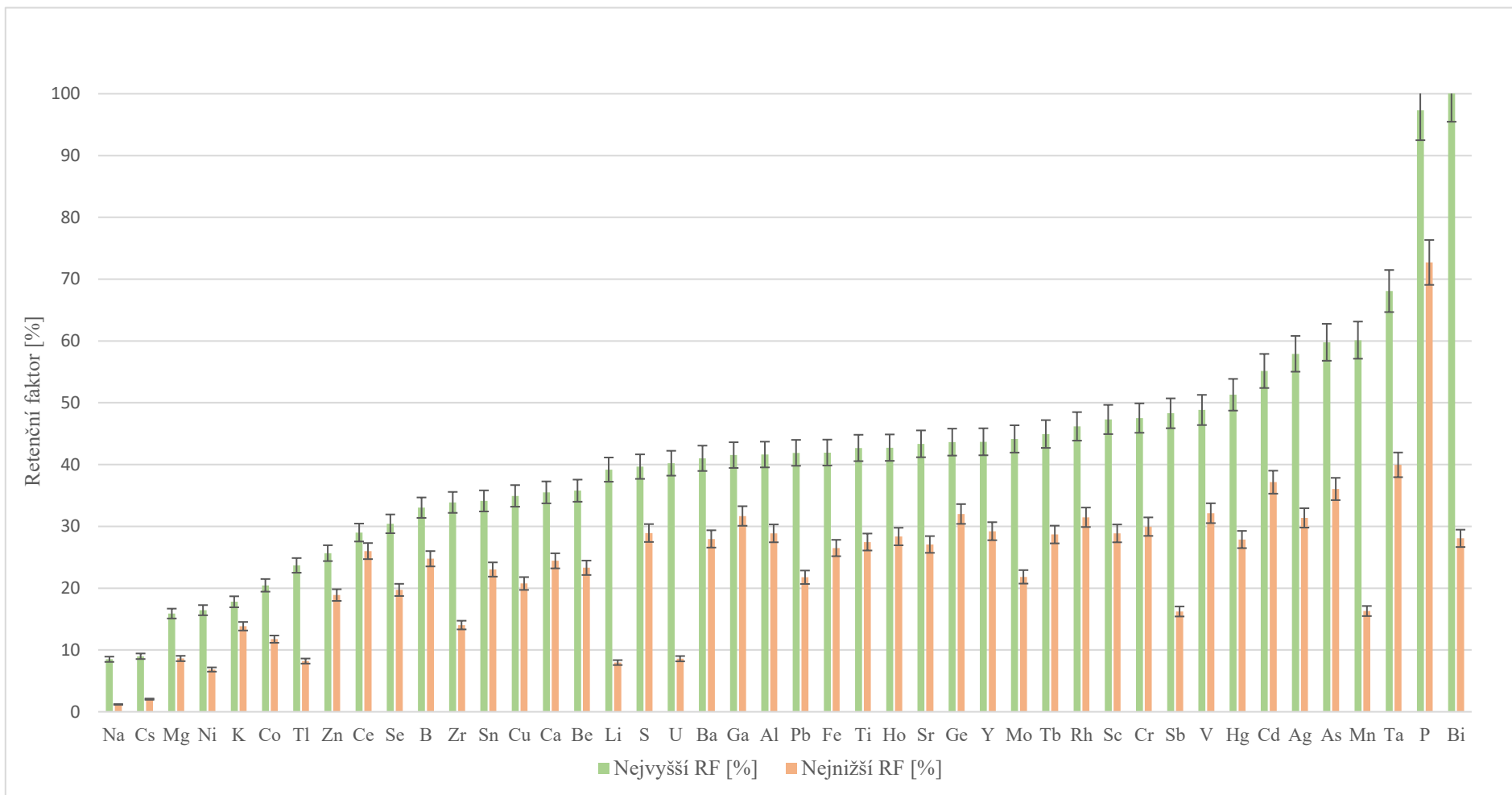
DMD – stravitelnost sušiny vzorku,

NP – koncentrace prvku v nativní formě vzorku.

Tabulka 10: Obsah minerálních a stopových prvků v nestráveném zbytku matcha čaje

Analyt	Organis	Allnature	Imbio	Iswari	Natu
	mg/g				
¹¹ B	3,60±0,20 ^a	3,75±0,10 ^b	2,75±0,10 ^c	3,04±0,10 ^d	3,01±0,10 ^e
²³ Na	0,44±0,03 ^a	0,44±0,10 ^a	0,44±0,12 ^a	0,44±0,10 ^a	0,44±0,05 ^a
²⁴ Mg	420±3 ^a	414±4 ^b	272±2 ^c	391±3 ^d	225±3 ^e
²⁷ Al	0,86±0,01 ^a	1,21±0,02 ^b	1,68±0,02 ^c	1,66±0,10 ^c	1,09±0,01 ^d
³¹ P	238±3 ^a	279±3 ^b	282±4 ^c	240±2 ^d	266±2 ^e
³² S	5,21±0,10 ^a	5,40±0,12 ^{b,d}	5,50±0,20 ^{c,d}	5,44±0,20 ^d	5,33±0,01 ^e
³⁹ K	343±4 ^a	385±7 ^b	434±7 ^c	400±10 ^d	384±3 ^b
⁴⁸ Ti	21,2±0,4 ^a	25,1±0,2 ^b	19,7±0,4 ^c	22,1±0,7 ^a	19,6±1,0 ^c
⁵² Cr	3,95±0,10 ^a	5,03±0,10 ^b	6,31±0,13 ^c	5,21±0,05 ^d	5,85±0,06 ^e
⁵⁵ Mn	921±5 ^a	998±10 ^b	481±4 ^c	659±4 ^d	442±5 ^e
⁵⁷ Fe	43,2±0,4 ^a	44,3±0,4 ^b	60,6±0,5 ^c	25,7±0,3 ^d	30,6±0,6 ^e
⁶⁰ Ni	3,09±0,03 ^a	2,87±0,01 ^b	2,41±0,02 ^c	1,97±0,01 ^d	1,34±0,04 ^e
⁶³ Cu	6,72±0,10 ^a	7,24±0,20 ^b	7,69±0,05 ^c	8,70±0,07 ^d	6,79±0,15 ^a
⁶⁶ Zn	3,90±0,30 ^a	8,36±0,10 ^b	3,56±0,20 ^c	2,89±0,10 ^d	2,55±0,10 ^e

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota ± SD (n=6) v sušině vzorku. Hodnoty v řádcích, které mají stejné malé písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ($P \geq 0,05$), hodnoty v řádcích, které mají odlišné malé písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ($P < 0,05$).



Graf 1: Nejnižší a nejvyšší hodnoty RF pro jednotlivé prvky matcha čajů

Graf č. 2 udává nejnižší a nejvyšší hodnoty RF (retenčních faktorů), tzn. podílu, který zůstane vázán v nestráveném zbytku čajových listů. Mezi nejméně stravitelné minerální prvky. Jako nejméně dostupný pro proces trávení se jeví být bismut (100 %), který měl dokonce u jednoho vzorku 100% retenci. Tento prvek může působit ve vysokých dávkách toxicky. Druhým prvkem s nejvyšší hodnotou retence (97 %) byl fosfor, který je pro tělo využitelný pouze ze 3 %. Fosfor je základní stavbou pro kosti a zuby, napomáhá udržení pravidelného srdečního tepu, působí protizánětlivě [94]. Dalšími prvky s vyššími hodnotami retence jsou talium, mangan, arsen, stříbro, kadmium a rtuť. Další prvky už měly nejvyšší hodnoty retence pod 50 %. Kadmium a rtuť patří mezi toxické prvky a jejich retence, či naopak uvolňování z matrice čajových listů, by měla být dále studována. Železo, olovo a hliník měli nejvyšší hodnoty retence, a to kolem 42 %. To znamená, že teoreticky z 58 % jsou přístupné ke strávení v GIT, což v případě olova a hliníku jsou vysoké hodnoty. Vápník je přístupný pro tělo z 65 % (tedy 36 % je zachyceno v nestráveném podílu). Měď má velmi relativně vysokou dostupnost (retence 35 %), ve vyšších koncentracích však může být až toxická. Bor, selen a zinek jsou pro tělo využitelné zhruba ze 70 % (B měl retenci 33 %, Se 30 % a Zn 26 %). Teoreticky nejvíce dostupné prvky z matrice matcha čaje by měly být kobalt (retence 20 %), draslík (retence 18 %), nikl a hořčík (retence 16 %), bohužel i cesium (retence 9 %) a sodík (retence 8 %). Cesium může být nebezpečné, pokud se jedná o radioaktivní formu pocházející z výbuchu Černobylské elektrárny v osmdesátých letech. Jeho poločas rozpadu je vysoký, a tak v půdě zůstává velmi dlouho, rostliny ho v sobě kumulují, a tak se dostávají i do potravního řetězce zvířat (například divočáků) [98].

Jelikož není dostupná žádná studie, která by se věnovala této problematice, je velmi obtížné výsledky diskutovat. Můžeme ale uvést základní, obecně známá fakta. Na dostupnost prvků bude mít vliv určitě teplota luhování, čas luhování, hodnota pH vody použitá pro přípravu čaje, její tvrdost, jemnost prášku matcha čaje atd. Také nutno brát do úvahy, že se jedná o výpočet teoretického předpokladu retence či potenciální dostupnosti. Otázkou samozřejmě zůstává, kolik se daného prvku opravdu vstřebá. Jejich vstřebatelnost bude ovlivněna nejen přípravou matcha čaje, ale také další potravinovou skladbou, která bude s čajem konzumována. Například je známo, že fytáty, které jsou přítomné v obilovinách působí antinutričně na vstřebávání Ca, Fe, Zn a Mg. Tady se už dotýkáme problematiky biologické dostupnosti, která je terminologicky rozdělena na tzv. bioaccessibility a bioavailability, tzn. kolik je živiny přístupno (k dispozici) a kolik prošlo přes střevní stěny buněk.

Tuto problematiku řeší experimenty modelující zažívací trakt, kdy jsou využity například tzv. dialyzační membrány [55].

5.4 Výsledky stanovení obsahu minerálních a stopových prvků ve výluzech matcha čaje

K získání živin z potravin je důležitá biologická dostupnost, která se u matcha čajů pořád zkoumá. Vzhledem k tomu, že se matcha čaj konzumuje jako prášek z celého listu, na první pohled by se mohlo zdát, že vyluhovatelnost prvků nemusí být významná, jako je tomu běžně u čajů, které se konzumují ve formě nálevu. Jak bylo uvedeno v předešlé kapitole, na vyluhovatelnost prvků a poté jejich příjem má vliv i teplota luhování a čas.

Tabulka 11: Obsah minerálních a stopových prvků ve výluhu matcha čaje při 60 °C, A

Analyt	Organis	Allnature	Imbio	Iswari	Natu
	ng/g				
⁷ Li	155±11 ^a	185±2 ^b	430±4 ^c	129±8 ^d	721±7 ^e
⁹ Be	7,76±0,14 ^a	16,7±0,5 ^b	8,75±0,02 ^c	4,96±0,03 ^d	6,81±0,04 ^e
⁴⁰ Ca	370±9 ^a	357±11 ^b	236±7 ^c	260±4 ^d	249±8 ^e
⁴⁵ Sc	58,1±1,2 ^a	63,0±0,8 ^b	56,2±0,5 ^c	49,8±1,1 ^d	57,9±0,9 ^a
⁵¹ V	36,1±0,8 ^a	35,8±0,6 ^a	27,7±0,4 ^b	30,3±1,9 ^c	34,0±0,3 ^d
⁵⁹ Co	137±6 ^a	90,3±0,4 ^b	69,9±0,9 ^c	31,8±0,5 ^d	42,4±1,2 ^e
⁷¹ Ga	9,91±0,03 ^a	8,55±0,20 ^b	5,75±0,20 ^c	8,49±0,30 ^b	7,67±0,5 ^d
⁷³ Ge	2,10±0,02 ^a	1,68±0,11 ^b	1,22±0,10 ^c	1,23±0,10 ^c	1,23±0,10 ^c
⁷⁵ As	46,5±1,5 ^a	44,2±1,2 ^b	39,7±1,0 ^c	23,2±1,2 ^d	30,4±0,3 ^e
⁷⁷ Se	16,2±0,2 ^a	18,2±0,2 ^b	10,0±0,10 ^c	7,28±0,01 ^d	13,3±0,4 ^e
⁸⁹ Y	21,7±0,5 ^a	43,3±0,8 ^b	40,5±0,4 ^c	67,8±2,0 ^d	29,6±1,0 ^e
⁹⁰ Zr	14,3±0,5 ^a	16,5±0,4 ^b	12,9±0,3 ^c	18,3±0,3 ^d	9,62±0,10 ^e
⁹⁵ Mo	15,9±0,2 ^a	14,7±0,4 ^b	14,5±0,2 ^b	17,2±0,3 ^c	31,4±0,3 ^e
¹⁰³ Rh	0,66±0,03 ^a	0,56±0,04 ^b	0,37±0,03 ^c	0,36±0,02 ^c	0,51±0,02 ^d
¹⁰⁷ Ag	1,32±0,04 ^a	0,35±0,02 ^b	0,78±0,03 ^c	2,01±0,02 ^d	1,40±0,04 ^e
¹¹¹ Cd	3,55±0,30 ^a	3,70±0,05 ^b	5,56±0,30 ^a	2,08±0,20 ^c	2,04±0,20 ^c
¹¹⁸ Sn	12,6±0,5 ^a	10,3±0,3 ^b	9,27±0,4 ^c	7,21±0,03 ^d	6,57±0,20 ^e
¹²¹ Sb	5,16±0,24 ^a	4,85±0,09 ^b	3,38±0,10 ^c	1,56±0,04 ^d	2,43±0,08 ^e
¹³³ Cs	30,8±0,1 ^a	17,9±0,1 ^b	72,1±0,8 ^c	57,2±1,2 ^d	16,0±0,5 ^e
¹⁴⁰ Ce	8,22±0,03 ^a	15,7±0,3 ^b	22,7±0,5 ^c	11,1±0,4 ^d	7,81±0,04 ^e

Tabulka 12: Obsah minerálních a stopových prvků ve výluhu matcha čaje při 60 °C, B

Analyt	Organis	Allnature	Imbio	Iswari	Natu
	ng/g				
¹⁵⁹ Tb	0,35±0,02 ^a	0,80±0,04 ^b	1,05±0,10 ^c	1,26±0,06 ^d	0,54±0,04 ^e
¹⁶⁵ Ho	0,49±0,01 ^a	1,19±0,04 ^b	1,47±0,10 ^c	1,72±0,07 ^d	0,86±0,02 ^e
¹⁸¹ Ta	2,02±0,02 ^a	1,69±0,02 ^b	1,18±0,02 ^c	2,23±0,06 ^d	0,73±0,05 ^e
²⁰² Hg	36,4±1,8 ^a	20,0±0,2 ^b	26,1±0,5 ^c	41,1±1,0 ^d	139±4 ^e
²⁰⁵ Tl	6,53±0,04 ^a	6,69±0,02 ^b	23,4±0,10 ^c	6,06±0,05 ^d	4,12±0,10 ^e
²⁰⁸ Pb	24,6±2 ^a	17,4±7 ^b	11,9±8 ^c	19,5±10 ^d	17,0±6 ^b
²⁰⁹ Bi	0	0	0	0	0
²³⁸ U	2,14±0,05 ^a	2,06±0,02 ^b	2,11±0,10 ^a	0,17±0,03 ^c	0,21±0,03 ^e

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota ± SD (n=6) v sušině vzorku. Hodnoty v řádcích, které mají stejné malé písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ($P \geq 0,05$), hodnoty v řádcích, které mají odlišné malé písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ($P < 0,05$).

Tabulka 13: Obsah minerálních a stopových prvků ve výluhu matcha čaje při 60 °C

Analyt	Organis	Allnature	Imbio	Iswari	Natu
	µg/g				
¹¹ B	0,98±0,01 ^a	2,30±0,01 ^b	1,61±0,02 ^c	1,07±0,06 ^d	0,89±0,02 ^e
²³ Na	1,02±0,01 ^a	0,79±0,05 ^b	1,45±0,02 ^b	1,61±0,10 ^c	2,99±0,30 ^d
⁵² Cr	0,17±0,02 ^a	0,15±0,02 ^b	0,17±0,03 ^a	0,11±0,03 ^c	0,98±0,03 ^c
³¹ P	24,6±0,3 ^a	17,3±0,4 ^b	16,6±0,2 ^c	16,8±0,4 ^c	20,9±0,5 ^d
³² S	1,95±0,02 ^a	1,85±0,01 ^b	1,86±0,01 ^b	1,85±0,01 ^b	1,82±0,04 ^b
³⁹ K	307±5 ^a	306±5 ^a	307±7 ^a	307±4 ^a	307±6 ^a
⁴⁸ Ti	3,89±0,02 ^a	3,65±0,02 ^b	2,02±0,01 ^c	2,57±0,02 ^d	2,55±0,02 ^d
⁵⁵ Mn	134±3 ^a	130±4 ^a	72,9±1,1 ^b	124±2 ^c	83,2±0,2 ^d
⁵⁷ Fe	3,58±0,03 ^a	3,24±0,02 ^b	2,13±0,02 ^c	2,85±0,02 ^d	3,28±0,10 ^b
⁶⁰ Ni	2,73±0,08 ^a	2,32±0,10 ^b	3,61±0,04 ^c	2,66±0,10 ^d	2,11±0,10 ^e
⁶³ Cu	6,71±0,07 ^a	4,61±0,03 ^b	2,96±0,10 ^c	4,16±0,02 ^d	4,80±0,02 ^e
⁶⁶ Zn	1,63±0,02 ^a	2,84±0,02 ^b	0,94±0,03 ^c	1,01±0,02 ^d	1,11±0,01 ^e
⁸⁸ Sr	3,67±0,03 ^a	3,27±0,03 ^b	1,96±0,10 ^c	1,93±0,14 ^c	2,70±0,01 ^d
¹³⁷ Ba	0,88±7,5 ^a	0,76±4 ^b	0,80±1,5 ^c	0,67±2 ^d	0,81±4,6 ^c

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota ± SD (n=6) v sušině vzorku. Hodnoty v řádcích, které mají stejné malé písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ($P \geq 0,05$), hodnoty v řádcích, které mají odlišné malé písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ($P < 0,05$).

Tabulka 14: Obsah minerálních a stopových prvků ve výluhu matcha čaje při 60 °C

Analyt	Organis	Allnature	Imbio	Iswari	Natu
	mg/g				
²⁴ Mg	0,29±0,02 ^a	0,25±0,02 ^{b,d}	0,16±0,02 ^c	0,26±0,02 ^b	0,23±0,02 ^d
²⁷ Al	0,06±0,01 ^a	0,09±0,01 ^b	0,18±0,02 ^c	0,19±0,01 ^c	0,12±0,01 ^d

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota ± SD (n=6) v sušině vzorku. Hodnoty v řádcích, které mají stejné malé písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ($P \geq 0,05$), hodnoty v řádcích, které mají odlišné malé písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ($P < 0,05$).

Tabulka 15: Obsah minerálních a stopových prvků ve výluhu matcha čaje při 80 °C, A

Analyt	Organis	Allnature	Imbio	Iswari	Natu
	ng/g				
⁷ Li	51,8±1,1 ^a	62,2±1,9 ^b	197±3 ^c	199±3 ^c	388±5 ^d
⁹ Be	6,81±0,11 ^a	13,7±0,2 ^b	9,18±0,20 ^c	5,52±0,02 ^d	7,84±0,04 ^e
²⁴ Mg	0,25±0,04 ^a	0,26±0,04 ^a	0,25±0,01 ^a	0,26±0,02 ^a	0,19±0,02 ^b
⁴⁰ Ca	308±9 ^a	356±6 ^b	344±5 ^c	271±5 ^d	233±10 ^e
⁴⁵ Sc	46,4±1,0 ^a	70,2±1,3 ^b	66,3±1,3 ^c	52,6±2,2 ^d	61,5±0,3 ^e
⁵¹ V	35,0±1,2 ^a	41,5±1,5 ^b	45,0±0,5 ^c	31,2±0,7 ^d	24,5±1,0 ^e
⁵⁹ Co	142±4 ^a	94,8±1,5 ^b	76,3±2,1 ^c	33,4±1,0 ^d	50,0±2,0 ^e
⁷¹ Ga	8,57±0,20 ^a	8,65±0,20 ^{a,c}	6,53±0,15 ^b	8,75±0,30 ^c	7,19±0,12 ^d
⁷³ Ge	1,09±0,01 ^a	1,82±0,02 ^b	2,18±0,20 ^c	0,96±0,03 ^{d,e}	0,99±0,09 ^e
⁷⁵ As	36,2±0,9 ^a	50,2±2,6 ^b	59,4±1,6 ^c	23,4±1,4 ^d	26,0±1,2 ^e
⁷⁷ Se	8,91±0,20 ^a	10,6±0,5 ^b	15,5±0,3 ^c	7,63±0,03 ^d	4,19±0,04 ^e
⁸⁹ Y	19,6±0,8 ^a	38,5±0,3 ^b	47,6±0,2 ^c	68,5±1,2 ^d	29,2±0,7 ^e
⁹⁰ Zr	3,76±0,10 ^a	17,2±0,1 ^b	27,8±0,4 ^c	7,21±0,10 ^d	10,2±0,3 ^e
⁹⁵ Mo	45,2±1,5 ^a	71,8±1,4 ^b	69,2±1,0 ^c	19,3±0,5 ^d	37,2±0,8 ^e
¹⁰³ Rh	0,49±0,05 ^a	0,59±0,02 ^b	0,64±0,01 ^c	0,43±0,02 ^d	0,48±0,03 ^a
¹⁰⁷ Ag	1,95±0,05 ^a	5,72±0,05 ^b	5,09±0,20 ^c	4,68±0,05 ^d	2,55±0,02 ^e
¹¹¹ Cd	2,81±0,02 ^a	4,57±0,15 ^b	7,95±0,13 ^c	2,85±0,20 ^a	4,05±0,13 ^d
¹¹⁸ Sn	9,31±0,10 ^a	11,6±0,2 ^b	15,3±0,2 ^c	6,99±0,15 ^d	7,71±0,14 ^e
¹²¹ Sb	2,49±0,10 ^a	8,81±0,30 ^b	7,52±0,30 ^c	2,46±0,06 ^d	4,65±0,05 ^e
¹³³ Cs	30,5±0,2 ^a	19,1±1,0 ^b	72,7±1,0 ^c	57,4±2,0 ^d	16,4±0,3 ^e
²⁷ Al	0,05±0,01 ^a	0,08±0,01 ^b	0,18±0,02 ^c	0,19±0,02 ^c	0,10±0,01 ^c
¹⁴⁰ Ce	9,13±0,19 ^a	10,1±0,1 ^b	22,1±0,1 ^c	10,8±0,2 ^d	9,55±0,12 ^e

Tabulka 16: Obsah minerálních a stopových prvků ve výluhu matcha čaje při 80 °C, B

Analyt	Organis	Allnature	Imbio	Iswari	Natu
	ng/g				
¹⁵⁹ Tb	0,33±0,02 ^a	0,67±0,02 ^b	0,93±0,01 ^c	1,18±0,02 ^d	0,61±0,02 ^e
¹⁶⁵ Ho	0,47±0,04 ^a	1,00±0,06 ^b	1,41±0,01 ^c	1,35±0,03 ^d	0,92±0,02 ^e
¹⁸¹ Ta	0,73±0,06 ^a	2,05±0,1 ^b	3,05±0,04 ^c	1,15±0,02 ^d	0,87±0,06 ^e
²⁰² Hg	16,2±0,1 ^a	94,6±1,7 ^b	64,9±1,3 ^c	100±7 ^d	90,5±0,4 ^e
²⁰⁵ Tl	6,33±0,06 ^a	6,89±0,10 ^b	21,3±0,2 ^c	5,67±0,10 ^d	4,14±0,02 ^e
²⁰⁸ Pb	17,6±4 ^a	24,2±5 ^b	27,0±3 ^c	20,8±1,1 ^d	10,9±0,5 ^e
²⁰⁹ Bi	0,00	0,00	0,92±0,07	0,00	0,00
²³⁸ U	2,08±0,03 ^a	2,66±0,04 ^b	3,49±0,20 ^c	1,09±0,04 ^d	1,34±0,05 ^e

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota ± SD (n=6) v sušině vzorku. Hodnoty v řádcích, které mají stejné malé písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ($P \geq 0,05$), hodnoty v řádcích, které mají odlišné malé písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ($P < 0,05$).

Tabulka 17: Obsah minerálních a stopových prvků ve výluhu matcha čaje při 80 °C

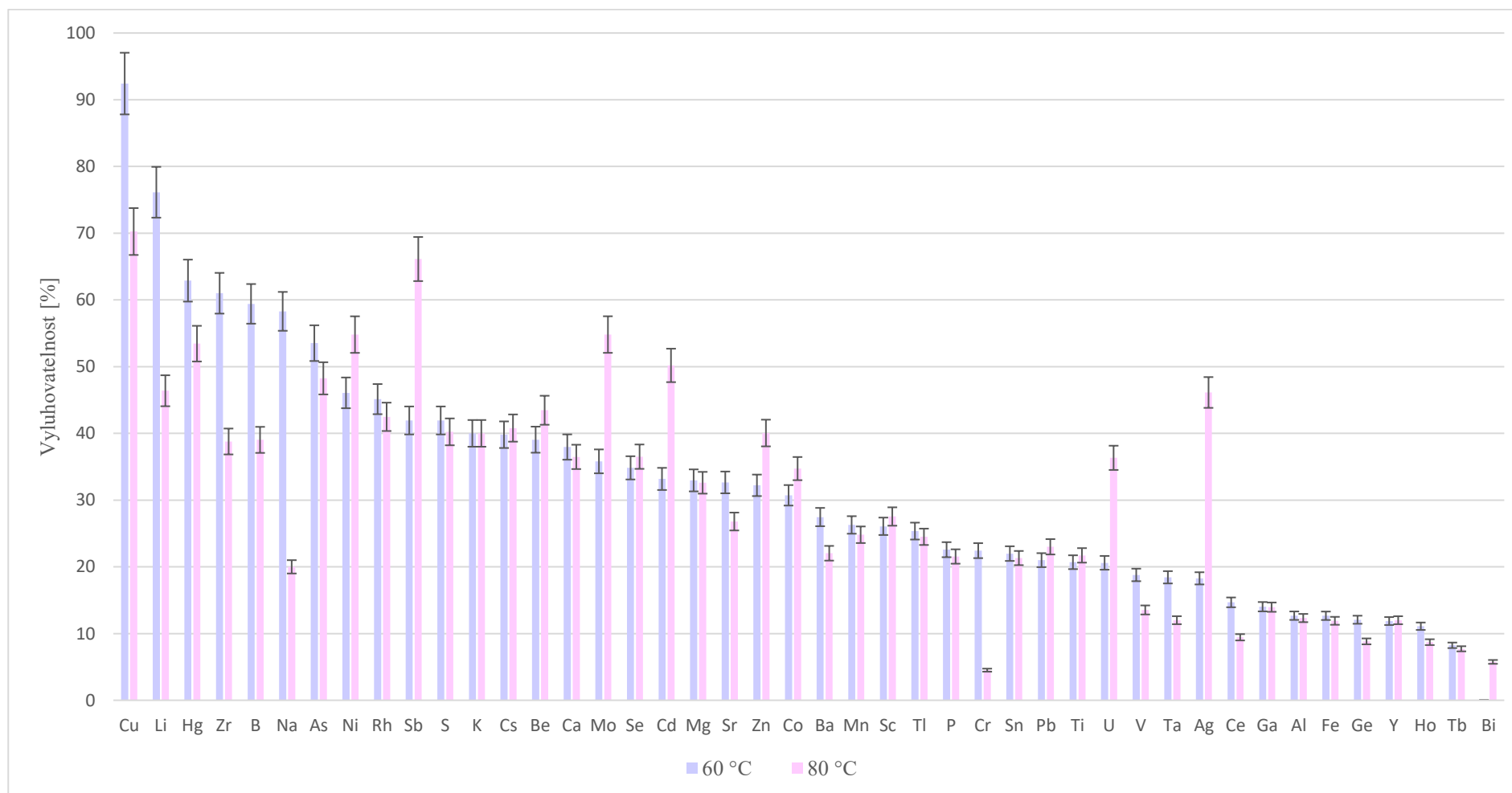
Analyt	Organis	Allnature	Imbio	Iswari	Natu
	µg/g				
¹¹ B	0,86±0,03 ^a	1,26±0,10 ^b	0,69±0,02 ^c	1,16±0,01 ^d	1,28±0,10 ^b
²³ Na	0,30±1,1 ^a	0,31±0,7 ^{a,b}	0,32±0,01 ^b	0,76±0,1 ^c	0,63±0,3 ^d
²⁴ Mg	0,79±0,05 ^a	0,11±0,01 ^b	0,10±0,01 ^b	0,85±0,02 ^c	0,65±0,02 ^d
²⁷ Al	0,11±0,01 ^a	0,17±0,01 ^b	0,23±0,02 ^c	0,12±0,02 ^a	0,11±0,02 ^a
³¹ P	22,2±0,3 ^a	17,9±0,4 ^b	17,1±0,2 ^c	16,9±0,2 ^d	20,9±0,4 ^e
³² S	1,80±0,05 ^{a,b}	1,77±0,10 ^{a,c}	1,79±0,03 ^{a,b}	1,81±0,01 ^b	1,77±0,01 ^c
³⁹ K	307±5 ^a	307±4 ^a	308±5 ^a	307±4 ^a	307±5 ^a
⁴⁸ Ti	2,84±0,10 ^a	3,85±0,20 ^b	3,80±0,10 ^b	2,71±0,01 ^c	2,09±0,09 ^d
⁵⁵ Mn	121±4 ^a	128±4 ^b	79,0±3,5 ^c	122±3 ^a	91,9±1,5 ^d
⁵⁷ Fe	3,61±0,03 ^a	3,60±0,10 ^a	4,82±0,05 ^b	2,87±0,05 ^c	1,84±0,02 ^d
⁶⁰ Ni	2,31±0,10 ^a	2,49±0,10 ^b	3,84±0,20 ^c	3,16±0,14 ^d	2,51±0,01 ^b
⁶³ Cu	5,03±0,30 ^a	5,10±0,10 ^a	5,61±0,10 ^b	4,40±0,13 ^c	3,27±0,10 ^d
⁶⁶ Zn	1,48±0,10 ^a	2,40±0,20 ^b	1,32±0,10 ^c	1,01±0,01 ^d	1,55±0,02 ^e
⁸⁸ Sr	2,71±0,02 ^a	3,36±0,02 ^b	3,67±0,02 ^c	2,02±0,06 ^d	2,17±0,09 ^e

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota ± SD (n=6) v sušině vzorku. Hodnoty v řádcích, které mají stejné malé písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ($P \geq 0,05$), hodnoty v řádcích, které mají odlišné malé písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ($P < 0,05$).

Koncentrace minerálních prvků v jednotlivých výluzích matcha čajů nejsou příliš výrazné. Obecně je publikováno, že černé čaje bývají bohatší na stopové prvky než zelené či oolong. Pravděpodobně je to v důsledku zpracování černého čaje. U zelených čajů dochází k napařování, které může vést ke ztrátě některých prvků, zatímco listy u černého čaje se suší vzduchem, takže ztráta prvků je menší. Také může mít vliv to, že pro černé čaje se volí starší lístky čajovníku, do kterých se prvky akumulují [91].

Nízká koncentrace železa ve výluzích může být způsobena tvorbou málo rozpustných komplexů, navíc kyselina tříslová spolu s taniny snižují koncentraci kovů v nálevu [91]. Dle tabulek č. 10 až 13 je vyšší koncentrace Fe u výluhu při teplotě 80 °C. Nejvíce koncentračně zastoupené prvky ve výluhu při teplotě 60 °C byly Mg (0,29 mg.g⁻¹), Al (0,19 mg.g⁻¹), K (307 μg.g⁻¹), Mn (134 μg.g⁻¹) a P (24,6 μg.g⁻¹). Při teplotě 80 °C byly naměřeny nejvyšší koncentrace K (308 μg.g⁻¹), Mn (128 μg.g⁻¹) a P (22,2 μg.g⁻¹). Hodnoty jsou velmi podobné výsledkům vyluhování při 60 °C. Co se týká Mg (0,85 μg.g⁻¹) a Al (0,23 μg.g⁻¹) jsou hodnoty mnohem nižší. Výsledky extrakce jsou ovlivněny spoustou faktorů, jako například pH, teplota vody, doba extrakce a iontové síly. Vliv na vyluhovatelnost má i kyselina fytoová, která na sebe váže prvky Ca, Mg, Zn a Fe a znemožňuje jejich přechod do výluhu [55].

Pro srovnání a hlavně přehlednost, i když to nebývá v těchto pracích zvykem prezentovat výsledky v tabulkách i grafu společně, byl sestrojen graf, kde jsou znázorněny pro každý prvek nejvyšší získané % hodnoty vyluhovatelnosti pro danou teplotu. Grafy, kde jsou tyto hodnoty samostatně, jsou již uvedeny v Příloze I a II.



Graf 2: Srovnání nejvyšších hodnot vyluhovatelnosti prvků z matcha čaje při 60 a 80 °C

Toto měření ukázalo následující sestupné pořadí ve vyluhovatelnosti jednotlivých prvků do výluhu matcha čaje při 60 °C: Cu (vyluhovatelnost 93%) > Li > Hg > B > Na > Ni > S > K > Ca > Mo > Se > Cd > Mg > Zn > Mn > P > Cr > Pb > Al > Fe (vyluhovatelnost 13 %). Nejméně vyluhovatelným prvkem byl bismut (0 %). Rozdíly ve výsledných koncentracích minerálních a stopových prvků jsou dané původem vzorků čaje a jejich podmínky pěstování [91]. Dle Brzezicha-Cirocka et al. (2016) [91] se procento vyplavení Na z lístku zeleného čaje pohybuje kolem 15,1–43,7 %, naše hodnoty byly 58 %, což je o něco více než ve zmíněné studii. Dle literatury jsou čajové nálevy charakteristické svou nízkou koncentrací Cd v nálevu [93] v našem případě hodnoty dosahovaly až 50 %.

Ve výluhu matcha čaje při 80 °C hodnoty vyluhovatelnosti klesaly následovně: Cu (vyluhovatelnost 70 %) > Mo > Ni > Hg > Cd > Li > S > Zn > K > B > Se > Ca > Mg > Mn > Pb > P > Na > Al > Fe > Cr (vyluhovatelnost 4 %).

Koncentrace mědi, lithia, rtuti, boru, sodíku a chromu ve výluhu při 60 °C byl vyšší než u 80 °C. Naopak při 80 °C byly vyšší hodnoty naměřeny u niklu, molybdenu, zinku a kadmia. U všech ostatních prvků (S, K, Ca, Se, Mn, P, Pb, Al, Fe) byly hodnoty velmi podobné. Z výsledků je patrné, že každý prvek bude mít také jinou schopnost se vyluhovat z matrice listů. Neplatí, že čím vyšší teplota, tím vyšší vyluhovatelnost. Nicméně, pokud bude prvek vyluhován do nálevu, je vyšší pravděpodobnost jeho snazšího využití v GIT.

ZÁVĚR

Teoretická část diplomové práce se věnuje charakteristice čajů a jejich zpracování se zaměřením na matcha čaje. Dále nutričnímu složení se zaměřením na obsah minerálních prvků a stravitelnost.

V praktické části je práce zaměřena na koncentraci minerálních prvků v matcha čajích před a po stravitelnosti *in vitro*, a ve výluhu při 60 °C a 80 °C. Měření minerálních prvků proběhlo metodou ICP-MS. Dále se stanovovala vlhkost a popel.

Obsah vlhkosti v matcha čajích byl v rozmezí 2,83–3,99 %. Vlhkost listů čaje by neměla přesáhnout hodnotu 10 %. Díky dodržení těchto podmínek se může zaručit dobrá kvalita čaje. Zároveň je to parametr pro určení vhodných skladovacích podmínek. Popel byl stanoven v rozmezí hodnot 5,03–5,87 %, tato hodnota udává přítomnost minerálních látek v popelu po spálení vzorků. Jelikož se jedná o znak kvality, jeho hodnoty by neměly přesáhnout 5,54 %. U vzorku Iswari byly hodnoty poněkud vyšší a to 5,87 %. Hodnoty *in vitro* stravitelnosti u matcha čaje se pohybovaly mezi 64,5 a 75,6 %.

Koncentračně nejvíce zastoupenými prvky v nativní formě matcha prášku, byly Al (1,49 mg.g⁻¹) > Mg > K > Mn > P > Fe > Na > Zn > Cu > Ni > Cr > S > B > Li > Ca > Pb > Hg > Mo > Se > Cd (57,4 ng.g⁻¹). Nejvyšší hodnoty retence v nestráveném podílu (tzn. ty prvky, které budou nejméně dostupné při procesu trávení) byly naměřeny pro prvky P (97 %) > Mn > Cd > Hg > Cr > Mo > Fe > Pb > Al > Ca > Cu > B > Se > Zn > K > Ni > Mg > Na (8 %). Fosfor se podílí na mineralizaci kostí a zprostředkovává přenos energie [95]. Sodík je pro lidi esenciálním prvkem, který reguluje krevní tlak [95].

Jako nejlépe vyluhovatelné prvky při teplotě 60 °C byly stanoveny Cu (93 %) > Li > Hg > B > Na > Ni > S > K > Ca > Mo > Se > Cd > Mg > Zn > Mn > P > Cr > Pb > Al > Fe (13 %). Při 80 °C hodnoty vyluhovatelnosti klesaly následovně: Cu (70 %) > Mo > Ni > Hg > Cd > Li > S > Zn > K > B > Se > Ca > Mg > Mn > Pb > P > Na > Al > Fe > Cr (5 %). U prvků S, K, Ca, Se, Mn, P, Pb, Al, Fe, byly hodnoty vyluhovatelnosti u obou teplot téměř srovnatelné.

Práce potvrdila, že v nestráveném podílu matcha čaje se nacházejí ještě minerální prvky, které tak zůstanou GIT pravděpodobně nevyužity.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KOCHMAN, J., JAKUBCZYK, K., ANTONIEWICZ, J., MRUK, H., JANDA, K. Health Benefits and Chemical Composition of Matcha Green Tea: A Review. *Molecules*. 2021; 26(1):85. <https://doi.org/10.3390/molecules26010085>
- [2] CHOW, Kit Boey a Ione KRAMMER. Všechny čaje Číny. 2. opr. vyd. Praha: DharmaGaia, 2002. ISBN 80-85905-54-x.
- [3] HARA, Y., Green Tea: Health Benefits and Applications (1st ed.). CRC Press. 2001, <https://doi.org/10.1201/9780203907993>
- [4] XU, Ning a Zong-mao CHEN. GREEN TEA, BLACK TEA AND SEMI-FERMENTED TEA. In: Tea [online]. London: CRC Press, 2002, s. 35-56 [vid. 2019-10-27]. ISBN 9780429219269, <https://doi.org/10.1201/bl2659>
- [5] TAUFEROVÁ, Alexandra. Technologie a hygiena potravin rostlinného původu I., II. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2014. ISBN 978-80-7305-692-6.
- [6] ARCIMOVIČOVÁ, Jana a Pavel VALÍČEK. Vůně čaje. 2. dopl. vyd. Benešov: Start, 2000. ISBN 80-86231-10-0.
- [7] OPPLIGER, Peter. Nová kniha o zeleném čaji. Přeložil Romana BARFUSSOVÁ. Praha: Pragma, 2000. ISBN 80-7205-758-8.
- [8] BRZOŇOVÁ, Lenka. Čaj. Praha: Sdružení českých spotřebitelů, z.ú., [2016]. Jak poznáme kvalitu? ISBN 978-80-87719-38-1.
- [9] HARBOWY, Matthew a Douglas BALENTINE. Tea Chemistry. Critical Reviews in Plant Sciences [online]. 1997,16, 415-480. Dostupné z: doi: 10.1080/07352689709701956
- [10] ASTILL, C, MR BIRCH, C DACOMBE, P G HUMPHREY a P T MARTIN. Factors affecting the caffeine and polyphenol contents of black and green tea infusions. *Journal Of Agricultural And Food Chemistry*. 2001, 49(11), 5340-5347. ISSN 0021-8561.
- [11] ŠILAROVÁ, Petra, Lenka ČESLOVÁ a Milan MELOUN. Fast gradient HPLS/MS separation of phenolics in green tea to monitor their degradation. *Food Chemistry* [online]. 2017, 10 [cit. 2020-03-30]. Dostupné z: web of science
- [12] LIANG, Y., LU, J., ZHANG, L., WU, S., WU, Y. Estimation of black tea quality by analysis of chemical composition and colour difference of tea infusions, *Food Chemistry*,

- Volume 80, Issue 2, 2003, Pages 283-290, ISSN 0308-8146, [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00415-6](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00415-6).
- [13] KILMARTIN, Paul A. a Chyong F. HSU. Characterisation of polyphenols in green, oolong, and black teas, and in coffee, using cyclic voltammetry. *Food Chemistry* [online]. 2003, 82(4), 501-512. ISSN 0308-8146. Dostupné z: [doi:10.1016/S0308-8146\(03\)00066-9](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00066-9)
- [14] ROSEN, Diana. Rádce milovníka zeleného čaje. Přeložil Markéta JANOUCHOVÁ. Praha: Pragma, 2000. ISBN 80-7205-755-3.
- [15] CHEADLE, Louise a Nick KILBY. *Kniha o čaji matcha: vše, co jste o tomto úžasném zeleném superčaji chtěli vědět*. Praha: Euromedia, 2017. Esence. ISBN 978-80-7549-284-5.
- [16] VALTER, Karel a Nick KILBY. *Vše o čaji pro čajomily: vše, co jste o tomto úžasném zeleném superčaji chtěli vědět*. 3. aktualiz. vyd. Praha: Granit, 2001. Esence. ISBN 80-729-6013-X.
- [17] WU, Runjin a Erika Alice HAASE. *Léčíme se čínskými čaji: vše, co jste o tomto úžasném zeleném super čaji chtěli vědět*. Praha: Ivo Železný, 2003. Praktické recepty. ISBN 80-237-3802-X.
- [18] CHO, H.S., KIM S., LEE S.Y., PARK J.A., KIM S.J., CHUN H.S. Protective effect of the green tea component, L-theanine on environmental toxins-induced neuronal cell death. *Neurotoxicology*. 2008 Jul;29(4):656-62. doi: 10.1016/j.neuro.2008.03.004. Epub 2008 Mar 20. PMID: 18452993
- [19] SANO, T., HORIE, H., MATSUNAGA, A. and HIRONO, Y. (2018), Effect of shading intensity on morphological and color traits and on chemical components of new tea (*Camellia sinensis* L.) shoots under direct covering cultivation. *J. Sci. Food Agric.*, 98: 5666-5676. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9112>
- [20] SIVANESAN, I., GOPALI, J., MUTHU, M., CHUN, S., OH, J.-W. Retrospecting the Antioxidant Activity of Japanese Matcha Green Tea—Lack of Enthusiasm? *Appl. Sci.* 2021, 11, 5087. <https://doi.org/10.3390/app11115087>
- [21] ECA.CZ. (2016). Matcha je kouzelný nápoj! Jak vzniká? – Část 1-3. [online]. [cit. 2020-10-03]. Dostupné z: <https://www.tea-legends.cz/druhy-cape/matcha/>
- [22] HEISS, Mary Lou. The Gossamer Tea Powder od Japan. 2016. Dostupné z: <http://archive.globalteahut.org/article/707>

- [23] MARZOFKA, Teddi. Steeped in Tradition. *Alternative Medicine* [online]. 2017, no. 33, s. 14-15. ISSN 2162884X.
- [24] FARROW, Joanna. *Seznamte se: matcha: více než 50 neodolatelných receptů nabitých silou zeleného čaje*. Přeložil Blanka CHOCOVÁ. Praha: Dobrovský, 2018. Knihy Omega. ISBN 978-80-7390-764-8.
- [25] SKLADANY, Joey. Everything You Wanted to Know About Matcha Green Tea. 2021. Dostupné z: <https://greatist.com/eat/matcha-green-tea-guide#1>
- [26] PRATT, James Norwood a Diana ROSEN. *Rádce milovníka čaje: průvodce pro pravé-ho znalce o tom, jak kupovat, připravovat a vychutnávat čaj*. Praha: Pragma, 1999. ISBN 80-720-5672-7.
- [27] COPPOCK, Robert W. a Margitta DZIWENKA. Green Tea Extract. *Nutraceuticals* [online]. Elsevier, 2016, 2016, s. 633-652 [cit. 2020-03-04]. DOI: 10.1016/B978-0-12802147-7.00046-2. ISBN 9780128021477. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128021477000462>
- [28] OPPLIGER, Peter a Diana ROSEN. *Nová kniha o zeleném čaji: průvodce pro pravého znalce o tom, jak kupovat, připravovat a vychutnávat čaj*. Praha: Pragma, 2000. ISBN 80-720-5758-8.
- [29] KHAN, Naghma a Hasan MUKHTAR. Tea polyphenols for health promotion. *Life Sciences*. 2007, 81(7), 519-533]. DOI: 10.1016/j.lfs.2007.06.011. ISSN 00243205.
- [30] VELÍŠEK, Jan a Jana HAJŠLOVÁ. *Chemie potravin 2. Rozš. a přeprac. vyd. 3.* Tábor: OSSIS, 2009. ISBN 978-80-86659-16-9.
- [31] ENGELHARDT, U. H. *Chemistry of Tea. Reference Module in Chemistry, Molecular Sciences and Chemical Engineering* [online]. Elsevier, 2013, 2013 [cit. 2020-03-16]. DOI: 10.1016/B978-0-12-409547-2.02784-0. ISBN 9780124095472. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780124095472027840>
- [32] KOLÁČKOVÁ, Tereza, Kateřina KOLOFIKOVÁ, Irena SYTAŘOVÁ, Lukáš SNOPEK, Daniela SUMCZYNSKI a Jana ORSAVOVÁ. Matcha Tea: Analysis of Nutritional Composition, Phenolics and Antioxidant Activity. *Plant Foods for Human Nutrition*. 2020, 75(1), 48-53. DOI: 10.1007/s11130-019-00777-z. ISSN 0921-9668. Dostupné také z: <http://link.springer.com/10.1007/s11130-019-00777-z>

- [33] DU, Ling-Ling, Qiu-Yue FU, Li-Ping XIANG, Xin-Qiang ZHENG, Jian-Liang LU, Jian-Hui YE, Qing-Sheng LI, Curt POLITO a Yue-Rong LIANG, 2016. Tea Polysaccharides and Their Bioactivities. *Molecules* [online]. **21**(11), 1449. ISSN 1420-3049. Dostupné z: doi:10.3390/molecules21111449
- [34] DAVIS, L. A., LEWIS, J. R., CAI, Y., POWELL, C., DAVIS, A. P., WILKINS, J. P. G., PUDNEY, P., CLIFFORD, M. N. A polyphenolic pigment from black tea, *Phytochemistry*. 1997, roč. 46, č. 8, s. 1397-1402.
- [35] ŠILAROVÁ, Petra, Lenka ČESLOVÁ a Milan MELOUN. Fast gradient HPLS/MS separation of phenolics in green tea to monitor their degradation. *Food Chemistry* [online]. 2017, 10 [cit. 2017-11-30]. Dostupné z: web of science
- [36] CHACKO, Sabu M, Priya T THAMBI, Ramadasan KUTTAN a Ikuo NISHIGAKI. Beneficial effects of green tea: A literature review. *Chinese Medicine* [online]. 2010, 5(1) [cit. 2022-03-15]. ISSN 1749-8546. Dostupné z: doi:10.1186/1749-8546-5-13
- [37] HORIE, H., KOHATA, K. Analysis of tea components by high-performance liquid chromatography and high-performance capillary electrophoresis. *Journal of Chromatography A*. 2000, roč. 881, č.1 – 2, s. 425-438.
- [38] DIETZ, Christina, Matthijs DEKKER a Batina PIQUERAS-FISZMAN. An intervention study on the effect of matcha tea, in drink and snack bar formats, on mood and cognitive performance. *Food Research International* [online]. 2017, 13 [cit. 2017-11-30].
- [39] Y. H. HUI. *Handbook of Food and Beverage Fermentation Technology*, CRC Press, Stanfield, 2004. ISBN: 978-0-203-91355-0
- [40] TEUFL, Cornelia. *Zelený čaj - elixír zdraví*. Překlad Romana Barfussová. Praha: Metamedia, 2000. ISBN 80-238-5536-0
- [41] SHARANGI, A. B. Medicinal and therapeutic potentialities of tea (*Camellia sinensis* L.) – A review. *Food Research International*. 2009, 42(5-6), 529-535. DOI: 10.1016/j.foodres.2009.01.007. ISSN 09639969.
- [42] MEKI, Abdel-Raheim M. A., Enas Ahmed HAMED a Khaled A. EZAM. Effect of green tea extract and vitamin C on oxidant or antioxidant status of rheumatoid arthritis rat model. *Indian Journal of Clinical Biochemistry* [online]. 2009, 24(3), 280-287 [cit. 2022-03-21]. ISSN 0970-1915. Dostupné z: doi:10.1007/s12291-009-0053-7

- [43] HAHN, Tobias, Deborah J BRADLEY-DUNLOP, Laurence H HURLEY, et al. The vitamin E analog, alpha-tocopheryloxyacetic acid enhances the anti-tumor activity of trastuzumab against HER2/neu-expressing breast cancer. *BMC Cancer* [online]. 2011, 11(1) [cit. 2022-03-21]. ISSN 1471-2407. Dostupné z: doi:10.1186/1471-2407-11-471
- [44] VELÍŠEK, Jan a Jana HAJŠLOVÁ. *Chemie potravin 1. Rozš. a přeprac. 3. vyd.* Tábor: OSSIS, 2009. ISBN 978-80-86659-15-2.
- [45] STREET, R., J. SZÁKOVÁ, O. DRÁBEK a L. MLÁDKOVÁ. The status of micronutrients (Cu, Fe, Mn, Zn) in tea and tea infusions in selected samples imported to the Czech Republic. *Czech Journal of Food Sciences* [online]. 2011, 24(No. 2), 62–71. ISSN 12121800, 18059317. Dostupné z: doi:10.17221/3301-CJFS
- [46] POWELL, Jonathan J., Trevor. J. BURDEN a Richard P. H. THOMPSON. In vitro mineral availability from digested tea: a rich dietary source of manganese. *The Analyst* [online].
- [47] 1998, **123**(8), 1721–1724. ISSN 00032654, 13645528. Dostupné z: doi:10.1039/a802131g
- [48] 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. ISSN 0021-8561. Dostupné z: doi:10.1021/jf060571w
- [49] WANG, J., M. SHI, P. ZHENG a S. XUE. Quantitative Analysis of Lead in Tea Samples by Laser-Induced Breakdown Spectroscopy. *Journal of Applied Spectroscopy* [online]. 2017, 84(1), 188–193. ISSN 00219037. Dostupné z: doi:10.1007/s10812-017-0448-9
- [50] 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. 2020-03-01]. DOI: 10.1016/j.lwt.2015.12.041. ISSN 00236438. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0023643815303984>
- [51] 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. 2020-03-14]. DOI: 10.3390/molecules23071689. ISSN 1420-3049. Dostupné z: <http://www.mdpi.com/1420-3049/23/7/1689>
- [52] DAMBIEC, Małgorzata, Ludmiła POLECHOŃSKA a Agnieszka KLINK. Levels of essential and non-essential elements in black teas commercialized in Poland and their transfer to tea infusion. *Journal of Food Composition and Analysis* [online]. 2013, 31(1), 62-66 [cit. 2022-05-11]. ISSN 08891575. Dostupné z: doi:10.1016/j.jfca.2013.03.006
- [53] JESZKA-SKOWRON, Magdalena, Magdalena KRAWCZYK a Agnieszka ZGOŁAGRZEŚKOWIAK. 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. 2020-03-04]. DOI: 10.1016/j.jfca.2014.12.015. ISSN 08891575. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0889157515000290>
- [54] 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. 2020-03-08]. DOI: 10.1016/j.foodchem.2004.03.003. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814604002316>
- [55] KOLÁČKOVÁ, Tereza, Daniela SUMCZYNSKI, Vratislav BEDNAŘÍK, Štěpán VINTER, Jana ORSAVOVÁ a Kateřina KOLOFIKOVÁ. Mineral and trace element composition after digestion and leaching into matcha ice tea infusions (*Camellia sinensis* L.). *Journal of Food Composition and Analysis* [online]. 2021, 97 [cit. 2022-03-23]. ISSN 08891575. Dostupné z: doi:10.1016/j.jfca.2020.103792
- [56] KOLÁČKOVÁ, Tereza, Daniela SUMCZYNSKI, Ludmila ZÁLEŠÁKOVÁ, Lenka ŠENKÁROVÁ, Jana ORSAVOVÁ a Nikoleta LANCZOVÁ. Free and bound amino acids, minerals and trace elements in matcha (*Camellia sinensis* L.): A nutritional evaluation. *Journal of Food Composition and Analysis* [online]. 2020, 92 [cit. 2022-03-23]. ISSN 08891575. Dostupné z: doi:10.1016/j.jfca.2020.103581
- [57] ESFEHANI, Mahsa, Shabnam GHASEMZADEH a Monirsadat MIRZADEH. Comparison of Fluoride Ion Concentration in Black, Green and White Tea. *International Journal of Ayurvedic Medicine*. 2018, 9(4), 263–265. ISSN 0976-5921

- [58] STREET, R., J. SZÁKOVÁ, O. DRÁBEK a L. MLÁDKOVÁ. The status of micronutrients (Cu, Fe, Mn, Zn) in tea and tea infusions in selected samples imported to the Czech Republic. *Czech Journal of Food Sciences* [online]. 2011, 24(No. 2), 62–71. ISSN 12121800, 18059317. Dostupné z: doi:10.17221/3301-CJFS
- [59] WANG, J., M. SHI, P. ZHENG a S. XUE. Quantitative Analysis of Lead in Tea Samples by Laser-Induced Breakdown Spectroscopy. *Journal of Applied Spectroscopy* [online]. 2017, 84(1), 188–193. ISSN 00219037. Dostupné z: doi:10.1007/s10812-017-0448-9
- [60] BRERETON, Nicola. Analyses of lead levels in tea [online]. 15/05. UK: The Food and Environment Research Agency. 2015 [vid. 2020-03-18]. Dostupné z: <https://www.food.gov.uk/sites/default/files/media/document/analysis-of-lead-levels-in-tea.pdf>
- [61] BELITZ, Hans-Dieter, Werner GROSCH a Peter SCHIEBERLE. *Food chemistry*. 4th, rev. extended ed vyd. Berlin ; Heidelberg: Springer, 2009. ISBN 978-3-540-69935-4.
- [62] Dietary Reference Values for nutrients Summary report. EFSA Supporting Publications [online]. 2017, 14(12), e15121E. ISSN 2397-8325. Dostupné z: doi:10.2903/sp.efsa.2017.e15121
- [63] DOLEŽAL, T., Uplatnění in vitro techniky ke stanovení stravitelnosti vlákninového komplexu. [online]. [cit. 2016 – 22 - 8]. Dostupné z: file:///C:/Users/Verun/Downloads/zaverecna_prace.pdf
- [64] ENGLYST, H. N., KINGMAN, S. M., & CUMMINGS, J. H. Classification and measurement of nutritionally important starch fraction. *European Journal of Clinical Nutrition*, 1992, vol. 46, pp. S33–S50.
- [65] ESCARNOTA, E., AGNEESSENS, R., WATHELET, B., PAQUOT, M. Quantitative and qualitative study of spelt and wheat fibres in varying milling fractions. *Food Chemistry*, 2010, vol. 122(3), pp. 857–863.
- [66] DYLEVSKÝ, Ivan. *Somatologie*. Vyd. 2., přeprac. a dopl. Olomouc: Epava, 2000, 480 s. ISBN 80-86297-05-5.
- [67] ČIHÁK, Radomír. *Anatomie 2. 2., upr. a dopl. vyd.* Praha: Grada, 2002, 470 s. ISBN 80-247-0143-x2.

- [68] ROKYTA, Richard, Dana MAREŠOVÁ a Zuzana TURKOVÁ. Somatologie I. a II.: učebnice. Vyd. 2. Praha: Eurolex Bohemia, 2003, 264 s. ISBN 80-86432-49-1.
- [69] HILAL, Y., ENGELHARDT U. Characterisation of white tea – Comparison to green and black tea. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit* [online]. 2007, 2(4), 414-421 [cit. 2020-04-21]. ISSN 1661-5751. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00003-007-0250-3>.
- [70] 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].
- [71] 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>
- [72] TOPUZ, Ayhan, Cüneyt DİNÇER, Mehmet TORUN, İsmail TONTUL, Hilal ŞAHİN-NADEEM, Ayhan HAZNEDAR a Feramuz ÖZDEMİR. Physicochemical properties of Turkish green tea powder: effects of shooting period, shading, and clone. *TURKISH JOURNAL OF AGRICULTURE AND FORESTRY* [online]. 2014, 38, 233-241 [cit. 2022-05-04]. ISSN 1300011X. Dostupné z: doi:10.3906/tar-1307-17
- [73] Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 330/1997, kterou se provádí §18 písm. a), d), j) a k) zákona č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů, pro čaj, kávu a kávoviny
- [74] PRASAD, R. et al., 2016. Minerals in Plant and Human Nutrition and Health [online]. International Plant Nutrition Institute [cit. 2021-4-24]. ISBN 978-0-9960199-5-8. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/337160797_Minerals_in_Plant_and_Human_Nutrition_and_Health_i
- [75] KABATA-PENDIAS, A., 2011. Trace Elements in Soils and Plants. 4. vydání. CRC Press. ISBN 978-1-4200-9368-1.

- [76] ALLOWAY, B. J., 2005. Bioavailability of Elements in Soil. SELLINUS, O. Essentials of Medical Geology - Impacts of the Natura Environment on Public Health. Elsevier, p. 347-372. ISBN 978-0-12-636341-8.
- [77] WHITE, P. J. a P. H. BROWN, 2010. Plant nutrition for sustainable development and global health. *Annals of Botany* [online]. 105(7), p. 1073-1080 [cit. 2021-4-25]. ISSN 1095-8290. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2887071/>
- [78] VANĚK, V. a P. TLUSTOŠ, 2005. Výživa rostlin a hnojení polních plodin. ŠNOBL, J. *Základy rostlinné produkce*. Praha: Česká zemědělská univerzita, s. 34-45. ISBN 978-80-213-1340-8.
- [79] ČÍŽKOVÁ, Silvie, 2009. Hořčík a jeho význam ve výživě. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/213994/lf_b/Horcik_a_jeho_vyznam_ve_vyzive.pdf
- [80] KOCH, Wojciech, Wirginia KUKULA-KOCH, Łukasz KOMSTA, Zbigniew MARZEC, Wojciech SZWERC a Kazimierz GŁOWNIAK, 2018. Green Tea Quality Evaluation Based on Its Catechins and Metals Composition in Combination with Chemometric Analysis. *Molecules* [online]. 23(7), 1689. ISSN 1420-3049. Dostupné z: doi:10.3390/molecules23071689
- [81] MARTÍNEZ-BALLESTA, M.C. et al., 2010. Minerals in plant food: effect of agricultural practices and role in human health. A review. *Agronomy for Sustainable Development* [online]. 30(2), 295-309 [cit. 2021-4-25]. ISSN 1774-0746. Dostupné z: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00886538/document>
- [82] SOETAN, K. O., C. O. OLAIYA a O. E. OYEWOLE, 2010. The Importance of Mineral Elements for Humans, Domestic Animal and Plants: A Review. *African Journal of Food Sciences* [online]. 4(5), 200-222 [cit. 2021-4-25]. ISSN 1996-0794. Dostupné z: https://www.betterbiohealth.com/wp-content/uploads/2020/10/article1380713863_Soetan-et-all.pdf
- [83] SZYMCZYCHA-MADEJA, Anna, Maja WELNA a Pawel POHL. Determination of essential and non-essential elements in green and black teas by FAAS and ICP OES simplified – multivariate classification of different tea products. *Microchemical Journal* [online]. 2015, 121, 122-129 [cit. 2022-05-04]. ISSN 0026265X. Dostupné z: doi:10.1016/j.microc.2015.02.009

- [84] LODHIA, P., YAEGAKI, K., KHAKBAZNEJAD, A., Imai, T., SATO, T., TANAKA, T., MURATA, T., & KAMODA, T. (2008). Effect of green tea on volatile sulfur compounds in mouth air. *Journal of nutritional science and vitaminology*, 54(1), 89–94. <https://doi.org/10.3177/jnsv.54.89>
- [85] PLATEL, K. a K. SRINIVASAN, 2016. Bioavailability of Micronutrients from Plant Foods: An Update. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* [online]. (56), 1608–1619 [cit. 2021-4-25]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/273325919_Bioavailability_of_Micronutrients_from_Plant_Foods_An_Update
- [86] DERUN, E.M. Determination of essential mineral concentrations in some turkish teas and the effect of lemon addition. *Food Sci Biotechnol* 23, 671–675 (2014). <https://doi.org/10.1007/s10068-014-0091-7>
- [87] MILANI, Raquel F., MORGANO Marcelo A., CADORE Solange, Trace elements in *Camellia sinensis* marketed in southeastern Brazil: Extraction from tea leaves to beverages and dietary exposure, *LWT - Food Science and Technology*,
- [88] KREJČOVÁ, Anna a Tomáš ČERNOHORSKÝ. The determination of boron in tea and coffee by ICP–AES method. *Food Chemistry* [online]. 2003, 82(2), 303-308 [cit. 2022-05-05]. ISSN 03088146. Dostupné z: doi:10.1016/S0308-8146(02)00566-6
- [89] BECHNÁ, Klára, 2013. Měď a její pato/fyziologický význam v lidském organismu. Farmaceutická fakulta v Hradi Králové, Univerzita Karlova v Praze. Dostupné z: https://dspace.cuni.cz/bitstream/handle/20.500.11956/61295/DPTX_2011_1_11160_0_267976_0_115632.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [90] DROBNÍKOVÁ, Eva, 2012. Vitamin B12 základní aspekty ve výživě a zdraví. Lékařská fakulta, Masarykova univerzita Brno. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/dc9zi/Konecna_verze_bakalarske_prace.pdf
- [91] BRZEZICHA-CIROCKA, Justyna, Małgorzata GREMBECKA a Piotr SZEFER. Monitoring of essential and heavy metals in green tea from different geographical origins. *Environmental Monitoring and Assessment* [online]. 2016, 188(3) [cit. 2022-05-05]. ISSN 0167-6369. Dostupné z: doi:10.1007/s10661-016-5157-y
- [92] DALIPI, Rogerta, Laura BORGESSE, Kouichi TSUJI, Elza BONTEMPI a Laura E. DEPERO. Elemental analysis of teas, herbs and their infusions by means of total

- reflection X-ray fluorescence. *Journal of Food Composition and Analysis* [online]. 2018, 67, 128-134 [cit. 2022-05-05]. ISSN 08891575. Dostupné z: doi:10.1016/j.jfca.2018.01.010
- [93] 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. 2022-05-05]. ISSN 09639969. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodres.2010.08.010
- [94] KRATOCHVÍLOVÁ, Zuzana, 2014. Význam zdroje selenu ve výživě člověka. Zemědělská fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Dostupné z: https://theses.cz/id/ux0pon/BP_Kratochvlov.pdf
- [95] 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.
- [96] HAMDAOUI, 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>
- [97] LANDRY Karine. Human health effects of dietary aluminium. *Interdisciplinary Journal of Health Sciences*. 2014. [cit. 2019-05-09].
- [98] NOVÁČKOVÁ, Jana, 2020. Vertikální migrace Cs-137 v původním profilu do hloubky 1 m. Zdravotně sociální fakulta. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.

CITACE KE STAŽENÝM OBRÁZKŮM

- [99] Ruční sběr čajových lístků <https://www.amalteia.cz/zeleny-listovy-caj-chine-sencha-70-g/>
- [100] Černý čaj <https://www.manutea.cz/assam-tfgop-1-cerny-caj-x191>
- [101] Zelený čaj <https://www.manutea.cz/china-sencha-zeleny-caj-x1257>
- [102] Listy čajovníku na dopravním páse <https://moyamatcha.hu/hogya-keszul-a-moya-matcha/>
- [103] Mletí matcha čaje v kamenných mlýncích <https://www.matchatea.be/c-5028816/productie-van-matcha-thee/>
- [104] Matcha čaj <https://www.healthfitnessrevolution.com/green-tea-will-boost-your-working-memory/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

HPLC	High Performance Liquid Chromatography, vysokoúčinná kapalinová chromatografie
ICP-MS	hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem
ČSN	České technické normy

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Ruční sběr čajových lístků https://www.amalteia.cz/zeleny-listovy-caj-chine-sencha-70-g/ [99]	13
Obrázek 2: Černý čaj https://www.manutea.cz/assam-tfgop-1-cerny-caj-x191 [100]	16
Obrázek 3: Zelený čaj https://www.manutea.cz/china-sencha-zeleny-caj-x1257 [101]	18
Obrázek 4: Listy čajovníku na dopravním páse https://moyamatcha.hu/hogya-keszul-a-moya-matcha/ [102]	20
Obrázek 5: Mletí matcha čaje v kamenných mlýncích https://www.matchatea.be/c-5028816/productie-van-matcha-thee/ [103]	21
Obrázek 6: Matcha čaj https://www.healthfitnessrevolution.com/green-tea-will-boost-your-working-memory/ [104]	22

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Složení listů zeleného čaje a výluhu z něj [5,7]	23
Tabulka 2: Obsah minerálních prvků v čajových listech [40,44]	26
Tabulka 3: Výsledky stanovení stravitelnosti, vlhkosti a popela ve vzorcích matcha čaje .	38
Tabulka 4: Obsah minerálních a stopových prvků v prášku matcha čaje, A	39
Tabulka 5: Obsah minerálních a stopových prvků v prášku matcha čaje, B	40
Tabulka 6: Obsah minerálních a stopových prvků v prášku matcha čaje.....	42
Tabulka 7: Obsah minerálních a stopových prvků v prášku matcha čaje.....	44
Tabulka 8: Obsah minerálních a stopových prvků v nestráveném zbytku matcha čaje, A .	45
Tabulka 9: Obsah minerálních a stopových prvků v nestráveném zbytku matcha čaje, B..	46
Tabulka 10:Obsah minerálních a stopových prvků v nestráveném zbytku matcha čaje	47
Tabulka 11:Obsah minerálních a stopových prvků ve výluhu matcha čaje při 60 °C, A	50
Tabulka 12: Obsah minerálních a stopových prvků ve výluhu matcha čaje při 60 °C, B ...	51
Tabulka 13: Obsah minerálních a stopových prvků ve výluhu matcha čaje při 60 °C.....	51
Tabulka 14: Obsah minerálních a stopových prvků ve výluhu matcha čaje při 60 °C.....	52
Tabulka 15:Obsah minerálních a stopových prvků ve výluhu matcha čaje při 80 °C, A	52
Tabulka 16:Obsah minerálních a stopových prvků ve výluhu matcha čaje při 80 °C, B	53
Tabulka 17: Obsah minerálních a stopových prvků ve výluhu matcha čaje při 80 °C.....	53

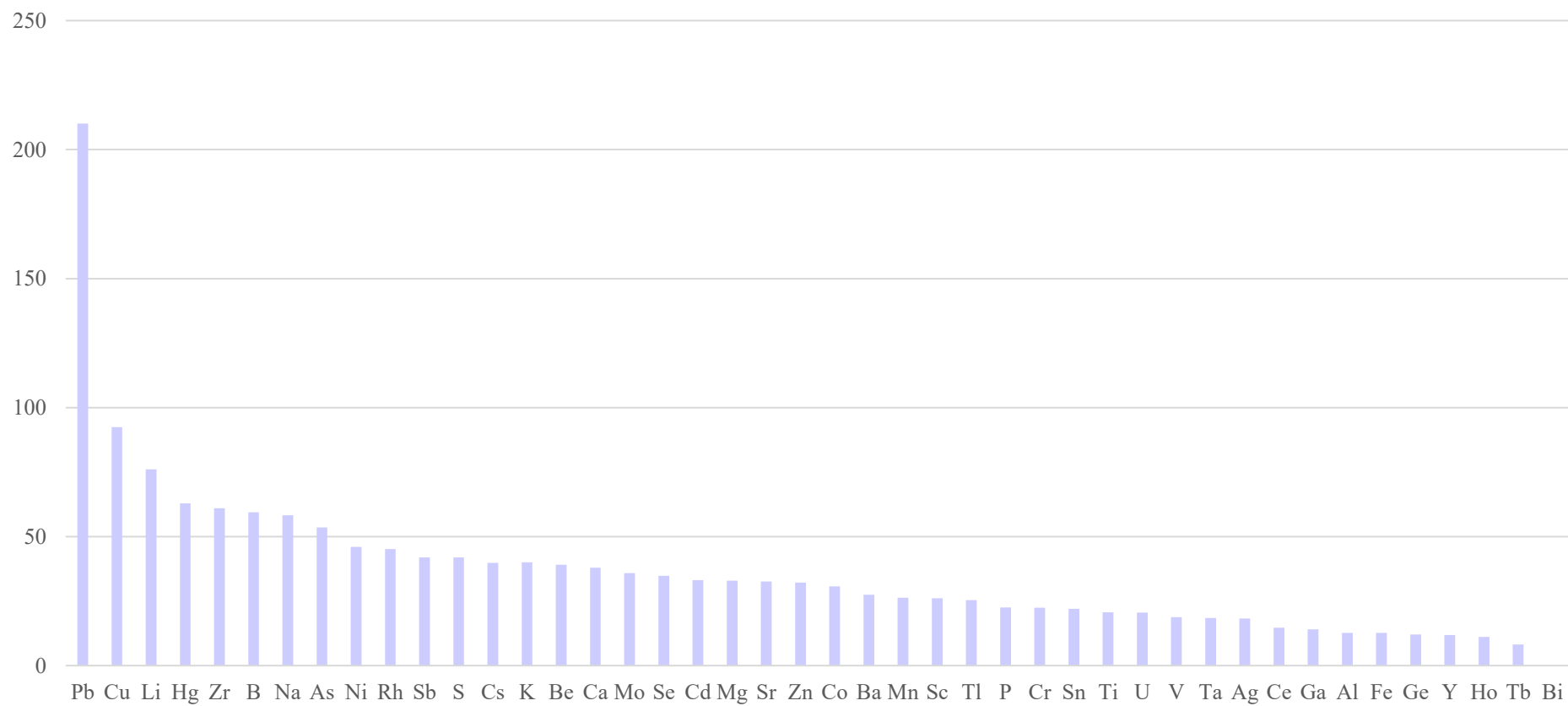
SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Nejnižší a nejvyšší hodnoty RF pro jednotlivé prvky matcha čajů48

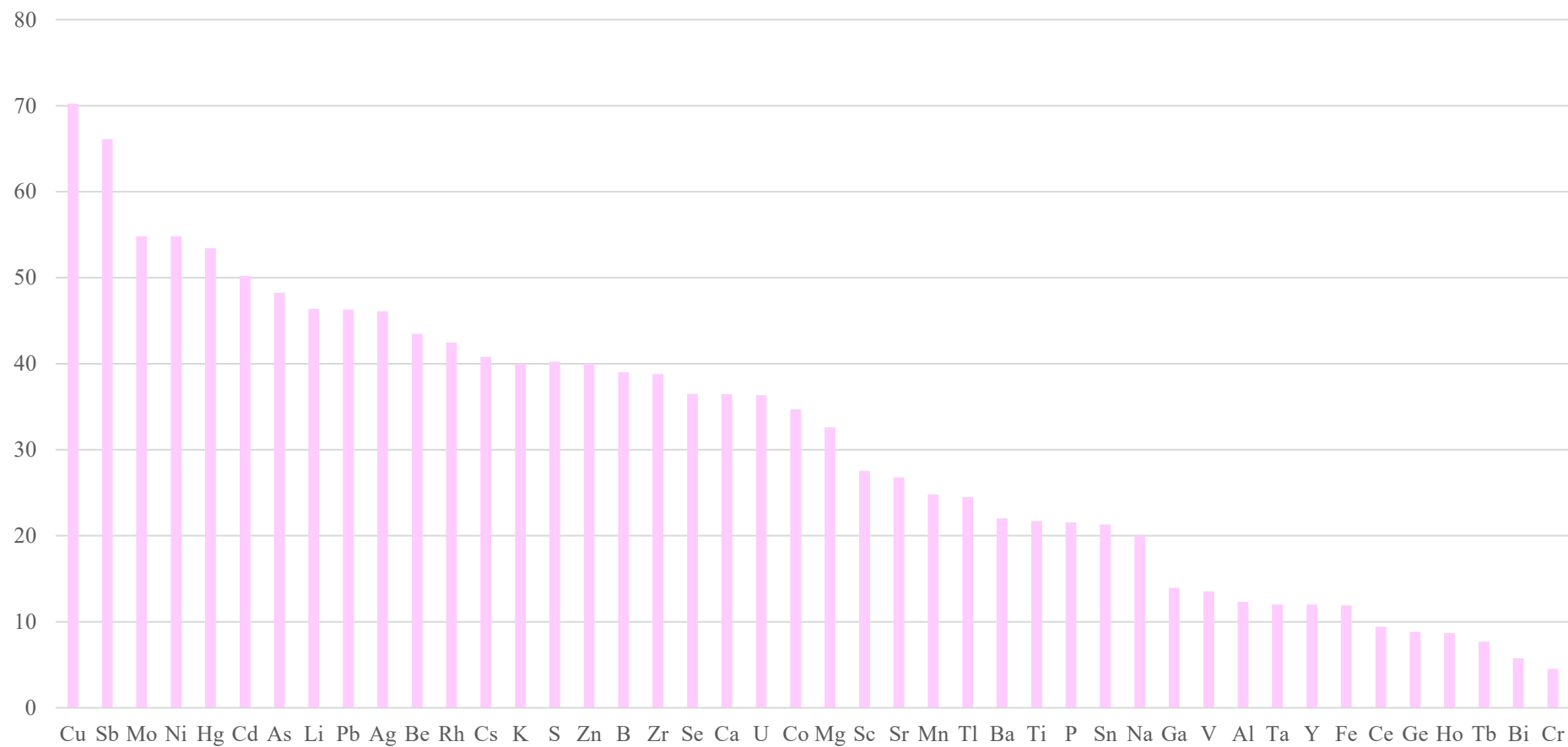
Graf 2: Srovnání nejvyšších hodnot vyluhovatelnosti prvků z matcha čaje při 60 a 80 °C 55

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha PI: Vyluhovatelnost minerálních prvků při 60 °C



Příloha PII: Vyluhovatelnost minerálních prvků při 80 °C



Příloha PIII: Procentuální znázornění stravitelnosti OMD, DMD, vlhkosti a popela

