

Stanovení minerálních prvků a kofeinu ve výluzích yerba mate

Jakub Svoboda

Bakalářská práce
2022

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Jakub Svoboda
Osobní číslo:	T19124
Studijní program:	B0721A210002 Technologie a hodnocení potravin
Specializace:	Technologie potravin
Forma studia:	Prezenční
Téma práce:	Stanovení minerálních prvků a kofeinu ve vyluzích yerba mate

Zásady pro vypracování

Teoretická část

1. Popsat botanicky a taxonomicky rostlinu yerba mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.), její podmínky pěstování a blíže popsat biologicky aktivní látky, které obsahuje.

Experimentální část

2. Připravit dle zadaných technologických podmínek vyluhu ze vzorků yerba mate a tyto podrobit stanovení minerálních prvků a kofeinu.

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

Seznam doporučené literatury:

- [1] Bastos, M.C., Cherobim, V.F., Reissmann, C.B., Kaseker, J.F., Galad, S. (2018). Yerba mate: Nutrient levels and quality of the beverage depending on the harvest season. *Journal of Food Composition and Analysis*, 69, 1-6
- [2] Kaltbach, P., Ballert, S., Kabrodt, K., Schellenberg, I. (2020). New HPTLC methods for analysis of major bioactive compounds in mate (*Ilex paraguayensis*) tea. *Journal of Food Composition and Analysis*, 92, 103568
- [3] Magri, E. et al. (2021). Cadmium and lead concentrations in yerba mate leaves from agroforestry and plantation systems: An international survey in South America. *Journal of Food Composition and Analysis*, 96, 103702

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

Datum zadání bakalářské práce: **31. prosince 2021**
Termín odevzdání bakalářské práce: **20. května 2022**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

Ing. Robert Gál, Ph.D.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 25. února 2022

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- 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 – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

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

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Cílem bakalářské práce bylo shrnout základní taxonomické, technologické a nutriční charakteristiky o rostlině *Ilex paraguariensis* a o nápoji yerba mate, který se z ní připravuje. Cílem praktické části bylo připravit vodné výluhy yerba mate v závislosti na teplotě a v nich stanovit obsah xanthinových derivátů a minerálních prvků za pomoci HPLC a ICP-MS. Výsledky HPLC ukazují, že yerba mate obsahuje 8,00–40,0 mg kofeinu/g a 0,80–8,20 mg/g theobrominu. Při nižší teplotě (70 °C) bylo vyluhováno vyšší množství sodíku a vápníku a většiny stopových prvků. Naopak prvky chrom a molybden vykazují vyšší vyluhovatelnost při vyšší teplotě (80 °C). Teoretickými výpočty bylo vyhodnoceno, že yerba mate může být významným přispěvatelem k hodnotě RDA pro mangan.

Klíčová slova: yerba mate, *Ilex paraguariensis*, kofein, theobromin, theofylin, minerální a stopové prvky, HPLC, ICP-MS

ABSTRACT

The aim of the bachelor thesis was to sum up basic taxonomic, technological and nutritional characteristics of *Ilex paraguariensis* plant and yerba mate infusion, which is prepared out of this plant. The aim of the practical part was to prepare aqueous solutions of yerba mate depending on the temperature and to analyze xanthine derivatives and mineral compounds contents using HPLC and ICP-MS. The results of HPLC shows that yerba mate contains 8,00–40,0 mg of caffeine/g and 0,80–8,20 mg/g of theobromine. At a lower temperature (70 °C) was extracted a higher amount of sodium and calcium and most of trace elements. On the contrary, chromium and molybdenum showed higher extraction at higher temperature (80 °C). With theoretical calculations was evaluated that yerba mate could be a significant contributor of manganese in RDA.

Keywords: yerba mate, *Ilex paraguariensis*, caffeine, theobromin, theofylin, mineral and trace elements, HPLC, ICP-MS

Tímto bych chtěl velmi poděkovat doc. Ing. Daniele Sumczynski, Ph.D. za odborné vedení, věcné připomínky a velmi cenné rady při sestavování této bakalářské práce. Poděkování zasluhuje také doc. Ing. Miroslav Fišera, CSc. za odborné vedení při stanovení prvků metodou ICP-MS. V neposlední řadě bych chtěl také poděkovat Ing. Lence Fojtíkové za ochotnou pomoc při provádění analýzy stanovení popele.

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

OBSAH

ÚVOD	8
I TEORETICKÁ ČÁST	9
1 CHARAKTERISTIKA ROSTLINY	10
1.1 BOTANICKÉ ZAŘAZENÍ	10
1.2 POPIS ROSTLINY	11
2 YERBA MATÉ	12
2.2 PROCES ZPRACOVÁNÍ	13
2.2.1 Pěstování	13
2.2.2 Pražení.....	13
2.2.3 Sušení	14
2.2.4 Řezání.....	14
2.2.5 Zrání	15
2.2.6 Mletí	15
2.2.7 Třídění	15
2.2.8 Balení	16
2.3 HISTORIE A METODY PŘÍPRAVY NÁLEVU	16
2.3.1 Historie	16
2.3.2 Metody přípravy nálevu	16
2.4 CHEMICKÉ SLOŽENÍ NÁLEVU	19
II PRAKTICKÁ ČÁST	25
3 CÍLE PRÁCE	26
4 METODIKA	27
4.2 POUŽITÉ PŘÍSTROJE A POMŮCKY.....	27
4.4 STANOVENÍ SUŠINY	30
4.5 STANOVENÍ POPELA.....	30
4.6 POSTUP PŘÍPRAVY VZORKŮ PRO CHROMATOGRAFICKOU ANALÝZU NÁLEVŮ	31
4.7 CHROMATOGRAFICKÉ PODMÍNKY PRO STANOVENÍ XANTHINOVÝCH ALKALOIDŮ A L-THEANINU	31
ZÁVĚR	57
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	58
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	66
SEZNAM OBRÁZKŮ	67
SEZNAM TABULEK	68
SEZNAM PŘÍLOH	69

ÚVOD

V dřívějších dobách vypadal trh podstatně odlišně. Dostupné bylo především zboží z dané oblasti, krajové a sezónní speciality. V současné době je trh rozvinutých zemí nasycen dostatkem zboží z různých koutů světa. Díky rozvinutým potravinářským a logistickým technologiím si můžeme dovolit vybírat z daleko širšího sortimentu, než tomu bylo kdysi. Jako spotřebitelé máme k dispozici veliký výběr kvalitních čajů, které se staly neodmyslitelnou součástí našeho každodenního života. Pokud ve společnosti zmíníme čaj, patrně se bude diskuse ubírat směrem ke končinám jako Čína, Japonsko, Indie nebo Velká Británie. Do povědomí se však postupně dostávají i další čajové speciality a bylinné nápoje. Mnohdy se ani nejedná o pravý čaj, tedy lístky pocházející z rostlin čajovníku pravého, ale o jiné druhy bylin, keřů, či stromů. Může se také jednat o směsi koření, ovoce, květů, léčivých bylin, případně o jejich směsi s listy čajovníku. Mnoho lidí se už dnes zkrátka nespokojí s hrnkem ovocného, či černého čaje a dopřávají si vybrané speciality. K tomuto jevu výrazně přispělo propojení celého světa, cestování do odlehlých destinací, ale také komunikační média, zejména pak internet a sociální sítě.

Dobrym příkladem relativně nově objeveného nápoje je yerba maté, které se dostalo do celého světa z oblasti Jižní Ameriky, jmenovitě pak z Argentiny a Paraguaye. Pěstování a konzumace má v těchto zemích velmi dlouhou tradici a je hluboce zakořeněna v kultuře těchto zemí. Pití yerba maté je až do současnosti společenským rituálem. Skupinky lidí na ulicích sdílí jednu nádobu a připravuje se na několik nálevů. Velmi typickou záležitostí je samotná nádoba, která se nazývá kalabasa (ze španělštiny: calabasa = dýně). Jak tento název napovídá, jedná se o menší nádobku z vydlabané tykve. K pití se využívá kovové, hliněné, či bambusové slámky. Co se týče samotné byliny, jedná se o strom, ze kterého se sklízí listy. Podobně jako u čajovníku čínského se kvalita rozlišuje, mimo jiné, podle sběru vrcholových lístků, či lístků ze spodnějších pater a také dle obsahu řápků a drobných větviček. Dále se posuzuje také z hlediska krajiny původu a způsobu pěstování a samotného zpracování. Co se týče oblasti původu, tak každé balení yerba maté pochází výhradně z Jižní Ameriky, konkrétněji z Argentiny, Uruguaye, Paraguaye a Brazílie. Tato práce má sloužit jako srovnání vzorků z jednotlivých zemí, které také odlišně bylinu zpracovávají. Přiblíženy budou jednotlivé účinné a sensoricky aktivní látky, které bývají vyzdvihovány. Posouzeny budou rovněž teoretické příspěvky konzumace nálevu yerba mate k referenčním hodnotám příjmu vybraných prvků.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 CHARAKTERISTIKA ROSTLINY

Rozložení původního názvu yerba maté nám napoví mnohé o rostlině i nápoji. Yerba/hierba je španělský výraz pro bylinu, zatímco maté vychází z kečuánského výrazu mati. Mati je označení pro malou nádobku z tykve vyrobenou odstraněním dužniny a usušením zbylé slupky. Volně přeloženo tedy yerba maté znamená „bylinný nápoj z tykve“ (Gawron-Gzella et al., 2021). Na tuto starou tradici dodnes lidé navazují a yerba maté se tak i nadále konzumuje. Jedná se tedy o výluh z listů (*Mate folium*), řapíků a drobných větviček stromu *Ilex paraguariensis*, českým ekvivalentem cesmína paraguayská (Heck et al., 2007), která je na obrázku 1.



Obr. 1. *Ilex paraguariensis* A. St. Hill. [1].

1.1 Botanické zařazení

Rostliny: (*Plantae*) Podříše: cévnaté rostliny (*Tracheobionta*) Oddělení: krytosemenné (*Magnoliophyta*) Třída: vyšší dvouděložné (*Rosopsida*) Řád: cesmínovité (*Aquifoliales*) Čeleď: cesmínovité (*Aquifoliaceae*) Rod: cesmína (*Ilex*) Druh: paraguayská (*paraguariensis*) [2].

1.2 Popis rostliny

Cesmína paraguayská je subtropický, stálezelený strom dorůstající výšky 8–15 m (některé zdroje uvádí až 30 m). Je původním druhem v oblasti Paraguaye, Argentiny a Brazílie. Celkově rod *Ilex* čítá na 450 různých druhů, přičemž většina roste v Jižní Americe, některé však také v Asii. Listy jsou vejčitého tvaru, asi 7–8 cm dlouhé s vroubkovaným okrajem. Horní strana listů je sytě zelená a lesklá. Kůra stromu je hladká s charakteristickými bílými skvrnami. Ke kvetení dochází od října do listopadu. Květy jsou malé, nenápadné, čtyřčetné s nápadně žlutými tyčinkami. Svým vzhledem připomínají květy čajovníku. Strom plodí od března do června, plody (stejně tak i květy) jsou však pouze vedlejším produktem (Bracesco et al., 2011; Croge et al., 2021). Na obrázku 2 lze pozorovat udržované rostliny na plantáži.

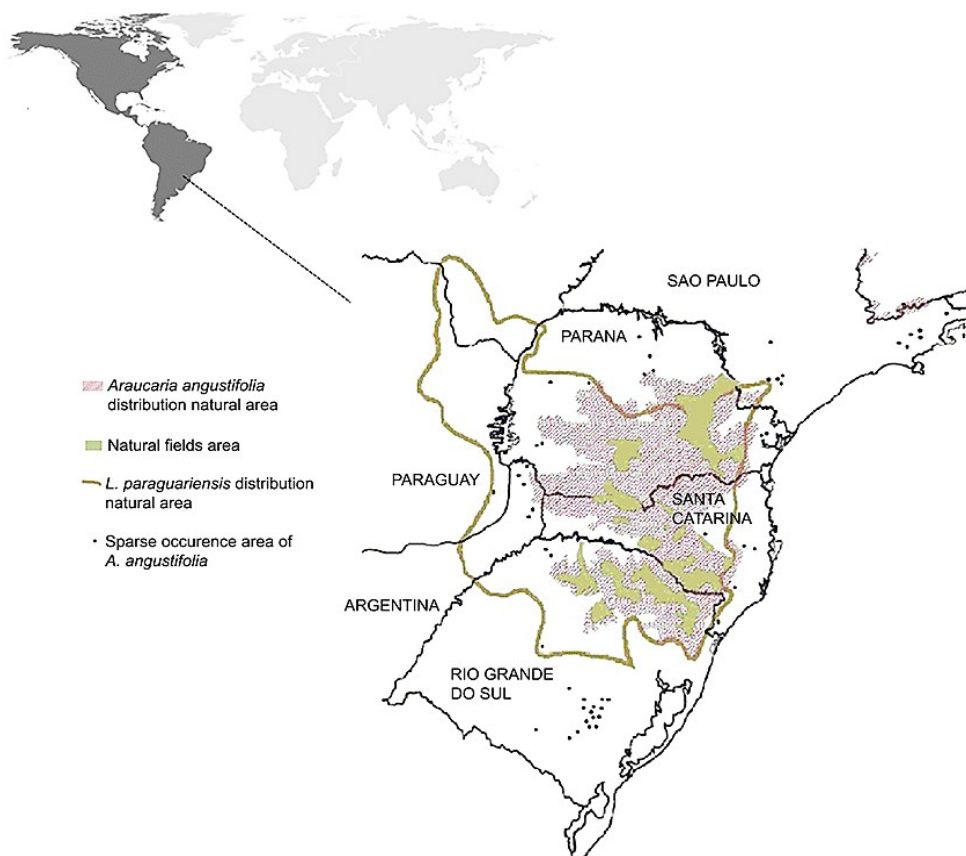


Obr. 2. Plantáž rostlin *Ilex paraguariensis* [3].

2 YERBA MATÉ

2.1 Původ a oblasti pěstování

Původní (a doposud jedinou) oblastí pěstování yerby je Jižní Amerika. Konkrétně se jedná o tyto tři země: Brazílie, Argentina a Paraguay. Někdy k těmto zemím bývá přiřazována i Uruguay, která však není producentem. Na druhou stranu se jedná o největší konzumenty (při přepočtu na osobu a rok). V případě Argentiny a Brazílie hovoříme o světově špičkových producentech a hned za obyvateli Uruguaye o největších konzumentech. Vyjádřeno v číslech: Uruguay (8–10 kg/rok), Argentina (5–6 kg/rok) a Brazílie (1,2–5,0 kg/rok), přepočteno na 1 obyvatele. Největší vřhlas mají dvě provincie ležící v severním cípu Argentiny – Misiones a Corrientes. Další, neméně důležité provincie jsou Paraná, Santa Catarina a Rio Grande do Sul v sousední Brazílii (Filip et al., 2010; Heck et al., 2007). Oblasti lze vidět na obrázku 3.



Obr. 3. Mapa přirozeného výskytu *Ilex paraguariensis* [4].

2.2 Proces zpracování

2.2.1 Pěstování

Celý proces výroby začíná na plantážích. Ze semínek nebo z řízků se vypěstují nové rostliny. Nutno zmínit, že sběr plodů se semínky je ruční a sklízí se vždy od poloviny února do dubna. Zhruba z 8 kg plodů se získá přibližně 1 kg semínek. 1 kg činí přibližně 135 000 semínek, z kterých však vyklíčí pouze asi 20 000, což odpovídá klíčivosti 15 %. Během klíčení a rané fáze vývoje jsou mladé rostliny chráněny před vnějšími nepříznivými vlivy v prostředí fóliovníků nebo skleníků. Přibližně po roce jsou rostliny připraveny k přemístění na své finální stanoviště. Zhruba po třech letech je proveden první řez, který má však pouze výchovný charakter (neprovádí se za účelem první sklizně). Podobně jako na čajovníkových plantážích se stromy zakracují a udržují do výšky od tří, maximálně do šesti metrů. Existují tři odlišné přístupy k produkci rostliny. První možností je sklizeň listů z divoce rostoucích stromů, které nejsou pod kontrolou zemědělců. Tato metoda je však na ústupu, jelikož je velmi neefektivní a časově náročná. Druhý způsob simuluje přirozený výskyt, jelikož jsou stromy sázeny mezi ostatní druhy stromů. Nejedná se tedy o monokulturu a takový způsob pěstování je dobrou prevencí masivního rozšíření chorob. Nejčastěji cesmínu paraguayskou obklopují blahočety (*Araucaria angustifolia*) a jiné původní stromy (Heck et al., 2007; Cardozo Junior et al., 2016; Berté et al., 2012).

2.2.2 Pražení

Tento technologický krok je zcela zásadní a nezbytný z hlediska kvality výsledného produktu. Název předsušení není úplně přesný, výstižnější jsou termíny jako pražení, či blanšírování. V anglické literatuře je krok popsán jako roasting nebo blanching. Zdaleka nejpřesněji však popisuje tento proces původní označení zapecado, či sapecado. Toto slovo, které pochází z jazyka guaraní, znamená „otevřít oči“. Můžeme to brát jako odkaz nebo připodobnění na otevírání buněk v povrchových vrstvách listů. Jde tedy o to, že jsou sklizené tenké větve s listy vystaveny přímému ohni. Teplota při tomto procesu se pohybuje v rozmezí od 400 do 550 °C. Tradičním palivem je kvalitní suché dřevo, které propůjčuje produktu lahodné kouřové aroma. Dnes se však používá také směs hořlavých uhlovodíků, jako např. směs propan-butan. V návaznosti na toto je třeba zmínit riziko vzniku polyaromatických uhlovodíků (PAU). Jejich relativní množství je úměrné množství spáleného dřeva nebo plynu a rovněž délce expozice listů přímému ohni. Na druhou stranu, přímé vystavení žáru má za následek usmrcení všech potenciálně přítomných patogenních

mikroorganismů, jako např. koliformních bakterií. Při tomto procesu ztratí rostlinný materiál 50–75 % vlhkosti, což má také velký vliv na růst mikroorganismů. V tomto případě především rozvoj plísní ve vlhkém materiálu. V minulosti byl tento proces uskutečňován v bubnových sušičkách z nehořlavých materiálů, které měly tvar válce, a během procesu jimi bylo otáčeno. Na tento vynález navazují také moderní cylindrické bubny, které jsou schopny pojmout několikanásobně větší objemy. Rozměry tohoto rotačního cylindrického bubnu jsou 1,8–2,4 m v průměru a 6–9 m na délku. Na stěně bubnu jsou umístěny lopatky, které zajišťují lepší promíchávání materiálu. Co se týče délky tohoto procesu, minimální doba je 10 sekund a maximální doba pak 180 sekund (Heck et al., 2007; Cardozo Junior et al., 2016; Berté et al., 2012).

2.2.3 Sušení

Následujícím krokem ve zpracování rostliny pro nápoj yerba maté je dosušení materiálu na finální obsah vlhkosti 4–6 hmotn. %. Ve výsledku tak zůstane ze 100 kg zeleného „živého“ materiálu zhruba 30–36 kg suchého materiálu. Usušením získáme produkt s velmi nízkou hodnotou aktivity vody, ve kterém se již dále nerozvíjí potenciálně škodlivé mikroorganismy. Suché listy pro yerba maté jsou heterogenní směsí lístků, řapíků a drobných větviček. Tloušťka lístků se pohybuje v rozmezí 25 až 40 mm a větvičky jsou o průměru 0,3–1,0 cm a délce 10–30 cm. Sušení probíhá při teplotách 70–120 °C (Vyhláška Resolución 11, 2007). Sušicím médiem je předehřátý vzduch, případně kouř, který může být filtrovaný, či nefiltrovaný. Suší se ve speciálních sušicích komorách, jejichž zdi mohou být kamenné, cihlové nebo z cedrového dřeva. Sklizeň, opražení a usušení musí dle podmínek správné výrobní praxe proběhnout nejvýše do 24 hodin (Heck et al., 2007; Cardozo Junior et al., 2016; Berté et al., 2012).

2.2.4 Řezání

Po sušení následuje první rozřezání (v původním znění canchado) suchého materiálu na stále ještě hrubší částičky. Účelem je zmenšení objemu materiálu, který bude dále transportován a plněn do skladovacích pytlů, které jsou vyrobeny nejčastěji z juty. Jde také o vytrídění příliš hrubých větví a případně spálených lístků, které se nesmí ve finálním produktu vyskytovat (Heck et al., 2007; Cardozo Junior et al., 2016; Berté et al., 2012).

2.2.5 Zrání

Proces zrání je realizován pouze u některých druhů yerba maté. Je typickým pro Paraguayské a Argentinské maté. Produkt je umístěn do zracích komor nebo skladů s optimální teplotou a vzdušnou vlhkostí. Tyto hodnoty se velmi různí dle výrobců. Moderní záležitostí je urychlené zrání ve zracích komorách s modifikovanou vlhkostí a vyšší teplotou okolního vzduchu. Produkty, které neprocházejí etapou zrání, jsou chimarrão a green mate. U ostatních může zrání trvat od 30 dnů až po 24 měsíců. Jakými chemickými reakcemi produkt prochází během této fáze je stále předmětem zkoumání. Znalci tvrdí, že vyzrálé maté má daleko vyvinutější a plnější chuť (Heck et al., 2007; Cardozo Junior et al., 2016; Berté et al., 2012).

2.2.6 Mletí

Ať už bez zrání, či po této etapě, směs na yerba maté je třeba mlet na menší částičky. Je zapotřebí od sebe oddělit listy a větvičky, jelikož se jedná o jeden z parametrů kvality. Využívají se speciální drtičky. Během procesu mletí dochází ke vzniku velkého množství prachu. Pracovníci při tomto výrobním kroku musejí mít ochranné pomůcky dýchacích cest a zpravidla také očí (Heck et al., 2007; Cardozo Junior et al., 2016; Berté et al., 2012).

2.2.7 Třídění

Namleté oddělené produkty projdou přes vibrační síta, která oddělují přebytečné prachové částičky. Všechny tři komponenty (prach, listy a větvičky) jsou na konci procesu opět namíchány dohromady, avšak v požadovaném poměru. Ten se liší dle preferencí konzumentů v jednotlivých zemích. Dle platné vyhlášky může být obsah větviček v produktu maximálně 35 % (norma IRAM 20514, 2020). Je přísně zakázáno, jakkoliv snižovat kvalitu produktu přidáním větviček mletých na prach. Obsah jednotlivých komponent ovlivňuje parametry produktu, jako jsou sušina, popel, ale také obsah biologicky aktivních látek. Nicméně se nejedná o lineárně závislé parametry, tudíž analýza obsahu komponent je mnohem složitější (Heck et al., 2007; Cardozo Junior et al., 2016; Berté et al., 2012).

2.2.8 Balení

Balení do spotřebitelských obalů probíhá ihned po namletí a vytřídění. U některých druhů může být produkt ještě jednou dodatečně opražen. Pražené maté, známé jako mate cocido nebo mate tostado, vyniká tmavě hnědou barvou a příjemnou oříškově-čokoládovou chutí nálevu. Další inovací je proces instantizace, kdy se připraví nálev a ten se sprejově suší, aby byl získán ve vodě rozpustný prášek. Tato metoda je však pouze okrajová a jedná se o artikl určený k exportu. Stejně tak porcované maté v čajových sáčcích. Tradiční yerba maté se balí do papírových obalů (nejčastěji o obsahu 0,5 a 1,0 kg), do lněných pytlů nebo méně často do plastových obalů. V některých případech je produkt balen vakuově nebo v modifikované atmosféře (především chimarrão) (Heck et al., 2007; Cardozo Junior et al., 2016; Berté et al., 2012).

2.3 Historie a metody přípravy nálevu

2.3.1 Historie

Historie konzumace maté sahá daleko do doby před objevením Ameriky Kryštofem Kolumbem. Původní kmen indiánů Guaraní cestoval a postupně se usazoval v oblastech Argentiny, Paraguaye a Uruguaye. V jejich odkazech najdeme označení „caa-mate“. Slovo caa znamená v jejich jazyce rostlina, či bylina. Pravděpodobně tento kmen také vynalezl způsob konzumace, který se zachoval až do dnešní doby. Jako nádobka posloužila vydlabaná a vysušená tykev a jako slámka se posloužilo duté stéblo zdejších travin. Listy byly konzumovány také v syrovém stavu a žvýkány podobně jako například koka. Při invazi Španělů a Portugalců bylo snahou šířit na novém kontinentu katolickou víru. Byli to právě jezuité, kteří se zasloužili o popularizaci nápoje yerba mate v řadách Evropanů. Zasloužili se také o založení plantáží v oblastech Misiones a Corrientes, které jsou dodnes klíčové. Odtud tedy pochází jeden z názvů pro maté „el té de Jesuitas“ (Filip et al., 2010; Heck et al., 2007).

2.3.2 Metody přípravy nálevu

Co se týče metod přípravy nálevu yerba maté, lze je rozdělit dle teploty použité vody k vyluhování, dále dle nádoby, ze které nálev konzumujeme a také dle dalších přidaných ingrediencí. Následuje popis několika tradičních receptur, jako jsou tereré, chimarrão a maté (Gawron-Gzella et al., 2021).

Tereré je velmi tradiční záležitostí Paraguaye. Místní obyvatelé jsou na tento nápoj velmi hrdí, což dokazuje i fakt, že byl tento nápoj zapsán do seznamu světového kulturního a přírodního dědictví UNESCO. Tereré je v Paraguayi takřka všudypřítomné. Jedná se o sociální akt, kdy lidé spolu hovoří, vyměňují si názory a zkušenosti, a přitom popíjí tereré. Je zvykem si s sebou na ulici nosit tradiční nádobu zvanou guampa (znamená v překladu roh skotu). Nádoba je skutečně tradičně vyráběna z rohu skotu a dodnes tento tvar respektují také její hliněné obdoby. Neodmyslitelnou součástí je také bombilla, což je kovová slámka (bombilla znamená žárovka, což poukazuje na podobnost s ní se spodní částí tohoto nástroje). Může být zdobená, či jednoduchá. Je to důmyslný nástroj, jelikož kombinuje slámku a čajové sítko. Specifikem přípravy tereré je však teplota vody použité k vyluhování. Používá se voda studená o teplotě přibližně 5 °C, přičemž doba luhování je velmi individuální. Na základě pokusů bylo zjištěno, že touto metodou přípravy je vyluhováno až 2,5 krát více kofeinu, než při použití vody teplé (Gawron-Gzella et al., 2021). Takto chladný nápoj je ideální pro osvěžení a hydrataci v horkém období. Používá se tradiční yerba maté s velikostí částecek 2–4 mm, ale producenti postupně přicházejí na trh s upraveným maté přímo pro přípravu tereré. Ty mohou být aromatizované nebo ochucené například kůrou citrusových plodů nebo bylinami. Konzumenti si někdy sami nápoj dochucují přidáním ovocného džusu, nejčastěji pomerančového, pomelového nebo ananasového [5].



Obr. 4. Tereré [6].

Chimarrão je velmi oblíbený a tradiční nápoj v Brazílii, zejména na jihu. Název odkazuje na historii nápoje. Ve španělštině „cimarrón“ znamená zdivočelý. Když totiž objevitelé poprvé ochutnali yerba maté, byly ještě listy sbírány z volně rostoucích stromů. Z technologického hlediska se jedná o velmi jemně mleté listy (menší než 2 mm) s co možná nejnižším podílem větviček (max. 30 %). Brazilci produkt dělí na 3 typy: Moida fina (velmi

jemně mleté listy), *Moida grossa* (hrubější varianta) a *Composta* (smíchané maté s bylinami). Listy jsou tedy vysušeny, namlety nejemno a ihned zabaleny. Nedochází tedy k oxidaci, respektive fermentaci a produkt si tudíž zachová svěží zelenou barvu a jemnější chuť. Aby se předešlo ztrátám na kvalitě, je vhodné produkt balit vakuově. Tradičně se připravuje do nádoby nazývané *cuia*. Nádoba se naplní do $\frac{3}{4}$ prachovým maté, vloží se *bombilla* a dolije se po okraj vlažnou vodou. Jakmile se yerba rehydratuje, dolije se vodou o teplotě 80 °C. Takto připravené *koluje*, lze připravit i několik nálevů a maté lze rovněž postupně přisypávat [7].



Obr. 5. Chimarrão [8].

Maté je původní nápoj pocházející z oblasti Argentiny, Uruguaye a Paraguaye. Vyniká delší dobou zrání, silným a zemitým kouřovým aroma. Typická je konzumace z nádoby kalabasa, která může být vyrobená z vydlabané, vysušené tykve nebo například z keramiky, dřeva, skla nebo kovu. U nádobek z tykví lze diskutovat jejich bezpečnost z hlediska kontaminace plísněmi, avšak dojem z konzumace z takové nádoby je nenahraditelným zážitkem. Kalabasa se plní do $\frac{3}{4}$ celkového objemu, nalije se studená voda a nechá se nasáknout. Doléváme vodou o teplotě 70–80 °C a opět se připravuje i několik nálevů. Kvalita samotného yerba maté se také různí, v závislosti na velikosti řezaných listů, obsahu prachových částic a větviček, či délce zrání. V zemích původu se na ulicích uskutečňují setkání a v průběhu diskuse se připravuje a konzumuje maté. Zajímavostí je, že pro celou skupinku je k dispozici pouze jedna kalabasa a přípravu obstarává pouze jeden člověk, tzv. *cebador*. Pro opravdové znalce je nepřipustné nápoj doslazovat, či jinak dochucovat. Běžně už je však k dostání maté ve směsi s citrusovými plody, s bylinami podporující trávení nebo třeba ve směsi s pravým čajem. Maté se objevuje i v podobě porcované v nálevových sáčcích [9].



Obr. 6. Yerba maté [10].

2.4 Chemické složení nálevu

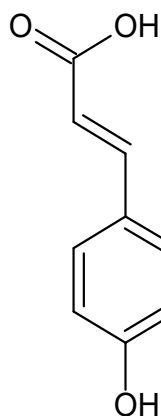
Svou popularitu si yerba maté zajisté získala svými povzbudivými účinky a charakteristickou bylinnou chutí. Za nezaměnitelnou chuť a vůni nálevů yerba maté jsou zodpovědné přítomné sensoricky aktivní látky, respektive jejich unikátní kombinace. Listy yerba maté obsahují přibližně 80,7 % sacharidů, 4,1 % proteinů a 0,9 % lipidů. Zbytek tvoří sekundární metabolity, jako jsou purinové alkaloidy (kofein, theobromin, theofylin), polyfenoly (fenolové kyseliny, flavonoidy) a terpeny (saponiny, karotenoidy). Nechybí ani esenciální oleje (limonen a linalool), vitaminy (C, B₁ a B₂) a minerální látky (Mateos et al., 2018; Heck et al., 2007). S ohledem na stavbu rostlin bylo dokázáno, že se bioaktivní látky vyskytují v daleko větší míře v listech, než ve stoncích. Dle studie pak nálevy vykazují spíše mírně kyselé pH (v rozmezí 5,41–6,08) (Berté et al., 2014).

2.4.1 Polyfenoly

Dle studie Mateos et al. (2018) se obsah polyfenolů stanovený metodou s Folin-Ciocalteuho činidlem pohyboval od 10,0 do 10,5 g GAE/100 g nálevu a bylo identifikováno celkem 58 různých polyfenolů. Celková antioxidační kapacita pak byla stanovena metodou se zhášením radikálů ABTS s výslednými hodnotami od 410 do 440 $\mu\text{mol TE/g}$ suché hmoty listů. Tyto hodnoty samozřejmě slouží pouze jako názorné, vždy bude záležet na metodice stanovení. Celkový obsah polyfenolů byl stanoven s výsledkem 51 mg/g suché hmoty.

Polyfenolické sloučeniny dělíme na více kategorií. V nálevu jsou zastoupeny v největší míře fenolové kyseliny, především pak deriváty kyseliny hydroxyskořicové (kyseliny chlorogenová, neochlorogenová, kryptochlorogenová a dicaffeoylchinová). Ze

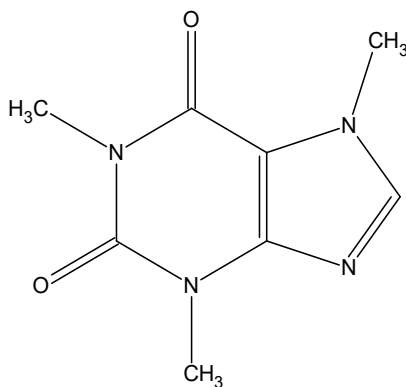
skupiny flavonů je to především rutin. Konkrétně v případě kyseliny chlorogenové (ester kyseliny kávové a chinové) byl stanoven její vyšší obsah v listech (46–81 $\mu\text{g}/\text{mg}$ suché hmoty), zatímco ve větvičkách byl obsah o něco nižší (32–79 $\mu\text{g}/\text{mg}$ suché hmoty). Bylo dokázáno, že kyselina chlorogenová je navázána ke kofeinu a tvoří komplex nazývaný kofein chlorogenát (Isolabella et al., 2010). Navíc v pražených vzorcích byly identifikovány kyseliny caffeoylshikimová a dicaffeoylshikimová. Při procesu pražení navíc vzniká furfural a methylfurfural, které jsou zodpovědné za tmavší zbarvení nálevu a sladší a kouřovou chuť (Gawron-Gzella et al., 2021).



Kyselina hydroxyskořicová (kys. *p*-kumarová)

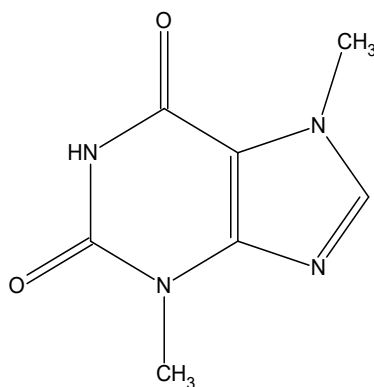
2.4.2 Xanthinové deriváty

Methylxanthinové alkaloidy jsou sekundární metabolity rostlin, které jsou si navzájem velmi blízké strukturou a několika procesy se přeměňují jeden v druhý (Mateos et al., 2018). Stanovení jejich koncentrace ve vybraných vzorcích bylo cílem i této bakalářské práce.



Kofein (1,3,7-trimethylxanthin)

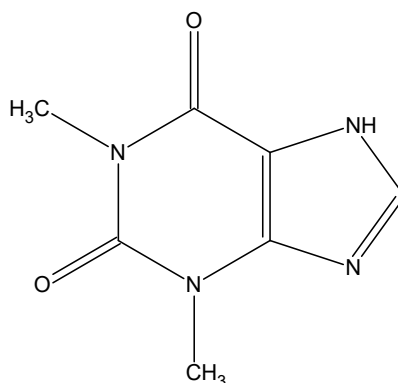
Kofein je patrně nejznámější a zajisté nejkonzumovanější purinový alkaloid. Kofein, theobromin i theofylin jsou deriváty xanthinu, které se od sebe liší pouze rozmístěním methylových skupin (substituentů). Nejvýznamnějšími přírodními zdroji kofeinu jsou káva (*Coffea* spp.), čaj pravý (*Camellia sinensis*), guarana (*Paullinia cupana*), yerba maté (*Ilex paraguariensis*), kolový ořech (*Cola vera*) a kakao (*Theobroma cacao*). O tomto hojném výskytu svědčí také některé další alternativní názvy pro kofein, např. thein, matein, guaranin. Nejvyšší obsah kofeinu nalezneme v plodech guarany (4–7 %). V listech čajovníku je to kolem 3,5 % a v listech maté 0,89–1,73 %. V nálevech yerba maté představuje majoritní podíl ze všech methylxanthinů (cca 90 %). V kávě se udává rozmezí od 1,1 do 2,2 %, zde se hodnoty liší dle rostliny (*C. canephora* var. *robusta* má vyšší obsah než *C. arabica* L.). V oříšku kolovníku zašpicatělého je zhruba 1,5 % kofeinu, v kakau je pak toto množství téměř zanedbatelné (asi 0,03 %). Ve střední Evropě je kofein nejvíce přijímán ve formě kávy, čaje, ale také sycených kofeinových nápojů. Důvodem je jeho stimulační účinek na centrální nervovou soustavu. Důsledkem toho je poté snížení únavy a zvýšená schopnost koncentrace. Na bázi kofeinu existuje také mnoho léčiv, ve kterých se kombinuje s efekty dalších látek, jako například analgetika. Terapeutická dávka je stanovena na 50–200 mg. V rostlinách se tato látka syntetizuje jakožto obrana proti savým škůdcům. Co se týče obsahu, kofein tvoří asi 1–2 hmotn. % (míněno yerba maté v suchém stavu). V nálevech je pak toto množství přibližně 52 mg na 100 ml. Pro porovnání, semeno kávy obsahuje asi 1,2 hmotn. % kofeinu (Gan et al., 2018; Gawron-Gzella et al., 2021).



Theobromin (3,7-dimethylxanthin)

Slovo theobromin vychází z latinského názvu pro kakaovník pravý, tedy *Theobroma cacao*. Znamená to doslova „pokrm bohů“ a tento termín zavedl zakladatel taxonomie Carl

von Linné. Tento methylxanthinový derivát je skutečně nejvíce zastoupeným právě v plodech kakaovníku. Obsah se zde pohybuje od 1 do 4 hmotn. %. Yerba maté má obsah theobrominu v rozmezí 0,3–0,9 %. Theobromin spolu s kofeinem jsou nositeli hořké chuti nápoje a také jeho povzbudivých účinků. Existuje naprosto klíčový vztah mezi theobrominem a kofeinem, jelikož theobromin je meziproduktem při biosyntéze kofeinu. Konkrétně při procesu *zapecado* (kapitola 2.2.2) byl pozorován nárůst obsahu kofeinu a theobrominu (v porovnání se zelenými listy). To je dáno uvolněním nukleových kyselin (tedy purinů), které jsou nezbytné pro biosyntézu těchto purinových, respektive methylxanthinových alkaloidů. Tento nárůst je však následován poklesem při procesu sušení (kapitola 2.2.3) (Isolabella et al., 2010).



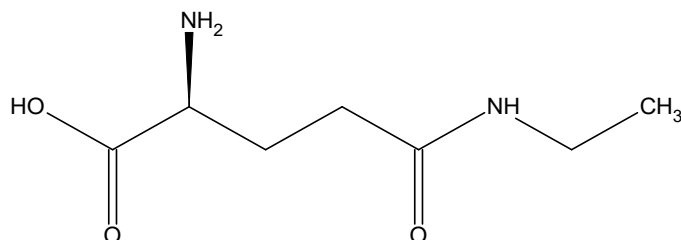
Theofylin (1,3-dimethylxanthin)

Theofylin je dalším z xanthinových alkaloidů. Dle jedné studie byl obsah theofylinu v nálevu maté 1,58 mg/g yerba mate. Stejně jako předešlé alkaloidy, i tento má stimulační efekt na centrální nervový systém. Co se týče stimulace kardiovaskulárního systému, theofylin vykazuje vůbec nejsilnější efekt. Není proto divu, že byl theofylin izolován a dnes se používá pro své vasodilatační a bronchodilatační účinky jako léčivo určené především pro astmatiky (Croge et al., 2021; Opletal, 2016).

2.4.3 Volné aminokyseliny

V nálevech jako čaj, káva nebo maté můžeme nalézt volné aminokyseliny. Aminokyseliny jsou rovněž nositelé chuti, například kyselina glutamová a její soli jsou spojovány s pátou chutí umami. Významnou aminokyselinou je L-theanin, který se v kávě a čaji vyskytuje v množství 2–5 %. Je stále usilovně studován vztah mezi kofeinem a L-theaninem, neboť tyto látky se vzájemně doplňují. Samotný L-theanin způsobuje

vyplavování hormonů, konkrétně serotoninu a dopaminu, finální efekt je tedy uklidňující a relaxační (Schuster et al., 2019).



L-Theanin (N(5)-ethyl-L-glutamin)

2.4.4 Minerální prvky

Minerálních a stopových prvků nalezených ve vyluzích yerba maté je celá řada. Je to dáno právě oblastí pěstování a případně hnojením. Půdy, které vznikly z čedičových hornin, jsou velmi bohaté na minerální látky, především mangan, fosfor a kobalt. Také půdy vzniklé z matečných hornin ryolitu a ryodacitu obsahují vysoký obsah minerálů, nejvíce pak draslíku, sodíku a železa. Sedimentární horniny, které vznikaly usazováním prachových částic různého původu, jsou také dobrým zdrojem širokého spektra minerálních prvků. Navíc půdy v této oblasti vykazují kyselý charakter (jejich pH se pohybuje v rozmezí hodnot 3–4) (Motta et al., 2020; Magri et al., 2021).

Minerální prvky obecně dělíme na makroprvky (fosfor, síra, hořčík, vápník, sodík a draslík), mikroprvky (železo a zinek) a prvky stopové. V rámci této práce byly ze seznamu stopových prvků zvláště vyčleněny prvky toxické, čili těžké kovy (hliník, olovo, arsen, kadmium, cín, rtuť, nikl a vanad). Co se týče zastoupení jednotlivých prvků v samotných listech stromů, bylo provedeno několik stanovení u dobře udržovaných, 15 let starých stromů, s následujícím výsledkem: C (462 000 mg/kg), N (15 700 mg/kg), K (9050 mg/kg), Mg (5650 mg/kg), Ca (5300 mg/kg), P (2300 mg/kg) Mn (374 mg/kg), Na (200 mg/kg), Fe (85,9 mg/kg), B (46,1 mg/kg), Zn (21,3 mg/kg), and Cu (18,0 mg/kg). Například u mědi a zinku musíme však vzít v úvahu, že tyto dva prvky disponují nízkou mobilitou v rostlině. Z tohoto důvodu bude v listech koncentrováno nižší množství, než je ve zbytku rostliny a v půdě. Naopak je tomu třeba u manganu. Tamní půdy obsahují vysoké množství manganu, který je v rostlinách velmi snadno kumulován (Bastos et al., 2018). Koncentrace prvků se také může lišit způsobem pěstování a liší se dle země původu, tedy dle půdy. Při analýze bylo zjištěno, že používání hnojiv má téměř zanedbatelný vliv na koncentraci kadmia. Vyšší

obsah kadmia byl však pozorován u vzorků z Brazílie, zatímco vzorky původem z Paraguaye měly obsah přirozeně nižší. Co se týče olova, byly zaznamenány vyšší koncentrace tohoto prvku u rostlin hnojených (Magri et al., 2021).

Další aspekt, který musíme mít na paměti je vyluhovatelnost těchto prvků. Jedná se vždy o vodné extrakty, kde rozhoduje doba luhování a teplota vody. Na základě studie bylo vypořazováno následující složení nálevu. Při luhování vodou o pokojové teplotě: Na (135 500 mg/kg), Mg (1120 mg/kg), P (450 mg/kg), K (200 mg/kg), Ca (180 mg/kg), Mn (22,2 mg/kg), Fe (18,5 mg/kg), Cu (5,70 mg/kg), Zn (3,50 mg/kg) a B (2,70 mg/kg). Zatímco u vzorku, který byl připraven jako chimarrão: Na (118 700 mg/kg), K (1780 mg/kg), Mg (400 mg/kg), P (250 mg/kg), Ca (100 mg/kg), Mn (21,1 mg/kg), Fe (17,2 mg/kg), Cu (4,10 mg/kg), Zn (2,90 mg/kg) a B (1,60 mg/kg). Na základě těchto výsledků byl vypracován závěr, že při nižší teplotě luhování do nálevu přejde daleko více minerálních látek (Bastos et al., 2018).

2.5 Podpůrné zdravotní benefity

Yerba maté se v posledních letech těší veliké oblibě a pozornosti také ze strany odborníků, kteří se zajímají o možné zdravotní benefity. Na základě několika výzkumů a více odborných publikací jsou nápoji přisuzovány dále popsané podpůrné účinky.

Za několik let studií byly objeveny důležité biologické vlastnosti, konkrétně antioxidační (de Mejía et al., 2010; Peres et al., 2013; Blum-Silva et al., 2015, Boaventura et al., 2015b), antiinflamatorní (Tsai et al., 2010; Arçari et al., 2011; Lanzetti et al., 2012), antikancerogenní a antiobesitní (Bracesco et al., 2011). Všechny zmíněné efekty by mohly být klíčové v řešení civilizačních chorob, jako jsou choroby kardiovaskulární, *diabetes mellitus*, nadváha až obezita a mnoho dalších. Předchozí účinky dokládají rovněž *in-vitro* a *in-vivo* pokusy, zahrnující účinky hepatoprotektivní (Tamura et al., 2013), neuroprotektivní (Branco et al., 2013), hypocholesterolemické (de Moraes et al., 2009; Bravo et al., 2014), diuretické a antirevmatické (Isolabella et al., 2010) a antimikrobiální (Martin et al., 2013). Ze všech těchto důvodů se rostlina těší zájmu také ze strany farmaceutického průmyslu. Je však dobré připomínat, že nápoj yerba maté působí jakožto komplexní výživový doplněk (možná řekněme nutraceutikum, byť tento pojem není ještě přesně legislativně dán) a látky v něm obsažené tedy působí synergicky. Izolované látky působící samostatně se mohou (či nemusí) vymýkat zamýšlenému podpůrnému zdravotnímu efektu.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 CÍLE PRÁCE

Cílem experimentální práce bylo připravit výluhy z rostliny cesmíny paraguayské a v nich stanovit množství kofeinu, theobrominu, theofylinu a L-theaninu pomocí metody kapalinové chromatografie s detekcí v UV oblasti spektra (HPLC-UV).

Další částí práce bylo připravit opět výluhy z cesmíny paraguayské a ve výluzích stanovit obsah minerálních a stopových prvků metodou ICP-MS.

Následně získaná data vyhodnotit a diskutovat.

4 METODIKA

4.1 Chemikálie

Pro jednotlivá stanovení byly použity následující chemikálie:

- HNO₃ 67% (Analytika, spol. s.r.o.)
- redestilovaná voda (Aqua osmotica Tišnov, ČR)
- ultra čistá voda (Purelab Classic Elga, Labwater/VWS Ltd., UK)
- H₃PO₄ (Penta, ČR)
- acetonitril (Sigma Aldrich, Německo)
- standard kofeinu (Sigma Aldrich, Německo)
- standard theobrominu (Sigma Aldrich, Německo)
- standard theofylinu (Sigma Aldrich, Německo)
- standard theaninu (Sigma Aldrich, Německo)

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)
- filtrační papír KA 4 (Papírárna Keseg and Rathouzský)
- muflová pec LM 112 10 ML W Elektro (VEBF, Německo)
- kapalinový chromatograf (Shimadzu LC-20AD)
- aparatura pro HPLC Dionex UltiMate 3000 (Thermo Scientific Inc., USA)
 - Autosampler Dionex UltiMate 3000 WPS-3000 SL a WPS-3000 RS
 - Pumpa Dionex UltiMate 3000 SD
 - Kolona Phenomenex Kinetex C 18 (150 mm x 4,6 mm; 5 µm)
 - Detektor Dionex Diode Array Detector DAD-3000 RS
 - Vyhodnocovací program Chromeleon 7 (verze 7.2.1.5537)

- ICP-MS Scientific iCAP Q (Scientific, USA)
- Míchačka Heidolph MR 1000 (Heidolph, Německo)
- rychlovarná konvice
- fixní automatická pipeta (5 ml)
- exsikátor
- laboratorní nádobí: kádinky, baňky, nálevky, stříkačky, syringe filtry 0,22 μm , hliníkové misky, porcelánové kelímky, skleněné nádobky, plastové nádobky, lžičky.

Pro analýzu minerálních a stopových prvků bylo vždy použito plastové nádobí a voda v kvalitě ultrapure.

4.3 Použité vzorky

Pro účely analýzy bylo vybráno celkem 6 různých vzorků yerba maté. Při výběru bylo dbáno na různorodost, co se týče země původu, a s tím souvisejícího odlišného způsobu zpracování. Vzorky od firmy Oxalis, spol. s r.o. jsou distribuovány v baleních po 60 g. Pražené maté Meta Mate „42“ se prodává v balení po 100 g. Následně další 3 vzorky jsou distribuovány po 500 g. Od každého vzorku byly jednorázově zakoupena dvě balení. Po jejich zakoupení byly vzorky otevřeny a ihned analyzovány. Skladovány byly v klimatizované laboratoři při 21 ± 2 °C, přičemž sáčky byly uzavřeny klipem, dány do PE sáčků a uloženy mimo dosah slunečního světla.

VZOREK	STRUČNÝ POPIS	OBLAST PŮVODU
Mate Green Oxalis	Zelené maté původem z brazilských plantáží, u kterého chybí etapa zrání.	Brazílie



Mate Roasted Oxalis	Zelené maté z brazilských plantáží, které bylo po rozmělnění dodatečně upraženo, což dodává produktu tmavě hnědou barvu a podílí se také na výsledné chuti. Bez procesu zrání je produkt distribuován.	Brazílie	
Meta Mate „42“ Roasted	Brazilské maté v organické kvalitě, pěstováno přirozeně v lesích. Certifikováno USDA Organic a ECOCERT. Vzorek s hrubšími částicemi, tmavě hnědé barvy. Chybí proces zrání.	Brazílie	
Canarias Edición Especial	Maté s vysokým podílem prachových částic, velmi jemný řez, typický pro Uruguay. Surovina pochází z brazilských lesů. Zrání déle než 12 měsíců.	Uruguay	
Mate Rojo Tradicional	Tradiční argentinské maté pocházející z plantáží Corrientes a Misiones. Hrubý řez s velmi nízkým podílem prachových částic. Přirozené zrání po dobu 12 měsíců.	Argentina	
Pajarito Selección Especial	Výběrové maté z oblasti Itapúa v Paraguaji. Vyvážený poměr prachu, lístků a větviček. Dlouhá doba přirozeného zrání 24 měsíců.	Paraguay	

4.4 Stanovení sušiny

Z reprezentativního laboratorního vzorku byl vždy odebrán a navážen 1 g s přesností na 0,1 mg. U každého vzorku bylo reprezentativní množství odváženo 3x. Vzorky byly sušeny v sušárně v předsušených hliníkových miskách při teplotě 103 °C až do dosažení konstantního úbytku hmotnosti. Vzorky byly poté ochlazeny v exsikátoru. Postup byl proveden dle modifikace normy ČSN ISO 1573 (580412). Obsah vlhkosti a sušiny byl vypočten dle vzorců 1 až 2:

Obsah vlhkosti (% , w/w):

$$V = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \cdot 100 \quad (1)$$

kde:

m_0 . . . hmotnost vysušené prázdné misky s víčkem [g],

m_1 . . . hmotnost misky s víčkem s navázkou vzorku před vysušením [g],

m_2 . . . hmotnost misky s víčkem se vzorkem po vysušení [g].

Sušina (% , w/w):

$$S = 100 - v \quad (2)$$

4.5 Stanovení popela

Z reprezentativního laboratorního vzorku byl vždy odebrán a navážen 1 g s přesností na 0,1 mg. U každého vzorku bylo reprezentativní množství odváženo 3x. Vzorky byly žihány v muflové peci při teplotě 550 °C v porcelánových předžíhaných kelímcích. Kelímky byly poté ochlazeny v exsikátoru. Z rozdílu hmotností kelímku před spálením a po spálení se vzorkem byly vypočteny hodnoty celkového popela. Postup byl proveden dle normy ČSN ISO 1575 (580414). Obsah popela byl vypočten dle vzorce 3:

Obsah popela (% , w/w):

$$P = \frac{m_2 - m_1}{m_0 - m_1} \cdot 100 \quad (3)$$

kde:

m_0 . . . hmotnost porcelánového kelímku s navážkou vzorku [g],

m_1 . . . hmotnost prázdného porcelánového kelímku [g],

m_2 . . . hmotnost porcelánového kelímku s popelem [g].

4.6 Postup přípravy vzorků pro chromatografickou analýzu nálevů

Na analytických vahách bylo naváženo přibližně 2,4 g vzorku s přesností na 0,1 mg. Toto množství bylo převedeno do kádinky o objemu 150 ml. Postupně byly připraveny jednotlivé nálevy, kdy k vyluhování byla připravena redestilovaná voda o teplotě 70 a 80 °C. Vždy byl připraven nálev o objemu 100 ml, který se připravoval za pomoci míchání na magnetické míchačce. Kádinka byla přikryta hodinovým sklem. Doba míchání a luhování byla stanovena na 5 minut. Každý vzorek byl navážen a extrahován minimálně 4x. Takto připravené nálevy byly poté přefiltrovány skrze filtrační papír (typ KA 4). Filtráty byly poté nasáty injekční stříkačkou s nasazeným syringe filtrem s póry o velikosti 0,22 μm (materiál nylon) a převedeny do tmavých vialek určených pro HPLC stanovení.

4.7 Chromatografické podmínky pro stanovení xanthinových alkaloidů a L-theaninu

Ke stanovení xanthinových alkaloidů L-theaninu byl použit kapalinový chromatograf Dionex Ultimate 3000 RS. Stanovení obsahu kofeinu, theaninu, theobrominu a theofylinu ve vyluzích (připravených postupem uvedeným v kapitole 4.6) probíhalo na koloně Phenomenex Kinetex EVO 18 (150 mm x 4.6 mm; 5 μm). Mobilní fáze sestávala ze dvou složek. Fáze A byla tvořena směsí vody a 0,05% H_3PO_4 a mobilní fází B byl acetonitril. Eluce probíhala gradientově. Nástřik na kolonu byl 10 μl , teplota kolony byla nastavena na 30 °C, průtok mobilní fáze byl proměnlivý v rozsahu 0,5–0,8 ml/min a doba analýzy byla 54 minut. Měření byla vyhodnocována při vlnových délkách 210 nm pro L-theanin a 275 nm pro theobromin, kofein a theofylin. K vyhodnocení naměřených výsledků byl použit program LC Chromeleon™ 7.2. Kalibrace jednotlivých standardů nebyly v rámci této práce již prováděny, byly využity již kalibrace uložené v softwaru chromatografu. Bylo provedeno jen ověření retenčních časů a byla využita metoda standardního přídatku.

Tab. 1. Složení poměrů mobilních fází během eluce

Čas [min]	Mobilní fáze A [%]	Mobilní fáze B [%]	Průtok [ml/min]
0–6	100	0	0,5
6–7	100	0	0,5–0,8
7–18	100	0	0,8
18–33	95	5	0,8
33–43	80	20	0,8
43–44	80–100	20–0	0,8
44–53	100	0	0,8
53–54	100	0	0,5–0,8

4.8 Postup přípravy výluhů vzorků pro stanovení minerálních prvků

Pro měření minerálních prvků byly připraveny dvě řady výluhů vzorků. První řada byla zalita ultrapure vodou o teplotě 70 °C a druhá pak o teplotě 80 °C. Na analytických vahách bylo opět naváženo 2,4 g vzorku s přesností na 0,0001 g. Od každého vzorku byly provedeny tři navážky, celkem bylo tedy připraveno 36 nálevů. Opět byl připraven nálev o objemu 100 ml, který byl připraven v plastových odměrkách, čas luhování byl opět 5 minut. Takto připravené nálevy byly poté přefiltrovány skrze plastové sítko. Z nálevů byl plastovou stříkačkou odebrán alikvotní podíl o objemu 20 ml. Toto množství bylo přeneseno do plastové uzavíratelné zkumavky o objemu 50 ml. Nálevy byly okyseleny přidáním 5 ml 67% (w/w) HNO₃ (ultrapure čistoty) za pomoci automatické pipety. Případně se objevující objemové kontrakce byly srovnány doplněním všech nálevů na finální objem 25 ml opět ultrapure vodou.

4.9 Postup stanovení minerálních prvků metodou 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. 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. V této práci nebyl použit referenční certifikovaný materiál, přístroj byl nakalibrován na roztok Tune 8.

Ke stanovení byla využita hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem ICP-MS (přístroj 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 chladícího plynu 14,0 l/min, průtok pomocného plynu 0,8 l/min, průtok zmlžovacího plynu 1,015 l/min, průtoková rychlost He 4,1 ml/min, rychlost zmlžovače 40,00 ot/min a teplota uvnitř komory 2,7 °C (Sumczynski et al., 2018).

5 VÝSLEDKY A DISKUZE

Výsledky stanovení jsou prezentovány jako střední hodnota \pm směrodatná odchylka. Výsledky jsou prezentovány formou tabulek a grafů s chybovými úsečkami.

5.1 Výsledky stanovení vlhkosti vzorků

Jak už zde bylo dříve popsáno, obsah sušiny (a tedy i vlhkosti) a popela je důležitým ukazatelem kvality a nezávadnosti produktu. Česká vyhláška se doposud nezabývá stanovením těchto dvou hodnot u produktu yerba maté. Zabývá se však a definuje postup pro stanovení sušiny a popela u vzorků čajů. Dle normy ČSN ISO 1573 byl tedy stanoven obsah sušiny a dle normy ČSN ISO 1575 byl stanoven celkový obsah popela. Naměřené hodnoty byly poté porovnány s požadavky argentinské vyhlášky. V tabulce 2 jsou uvedeny střední hodnoty hodnot vždy celkem tří stanovení.

Tab. 2. Obsah vlhkosti ve vzorcích v hmotn. %

VZOREK	Mate Green	Mate Roasted	Meta Mate Roasted	Canarias	Mate Rojo	Pajarito
VLHKOST	4,37 \pm 0,08 ^a	4,61 \pm 0,16 ^b	3,79 \pm 0,13 ^c	4,85 \pm 0,12 ^d	4,63 \pm 0,07 ^b	5,16 \pm 0,13 ^c

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota \pm SD (n=3). Hodnoty v řádcích, které mají stejné malé písmenné indexy mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ($P \geq 0,05$).

Hodnoty vlhkosti se průměrně pohybují v rozmezí od 3,79 do 5,16 hmotn. %. Nejnižší hodnotu vlhkosti vykazuje hrubě mletý pražený vzorek z Brazílie (Meta Mate „42“ Roasted). Nejvyšší hodnota vlhkosti byla zjištěna u paraguayského vzorku Yerba maté Pajarito Selección Especial. To může být dáno vůbec nejdelší dobou zrání (24 měsíců), během které mohou vzorky absorbovat vzdušnou vlhkost. Nelze však vyloučit ani skladování při vyšší vlhkosti během přepravy a v prostorách distributora.

Všechny vzorky však splňují požadavek argentinské vyhlášky (INYM, 2017), která specifikuje maximální obsah vlhkosti 7 hmotn. %.

Tab. 3. Obsah popela ve vzorcích v hmotn. %

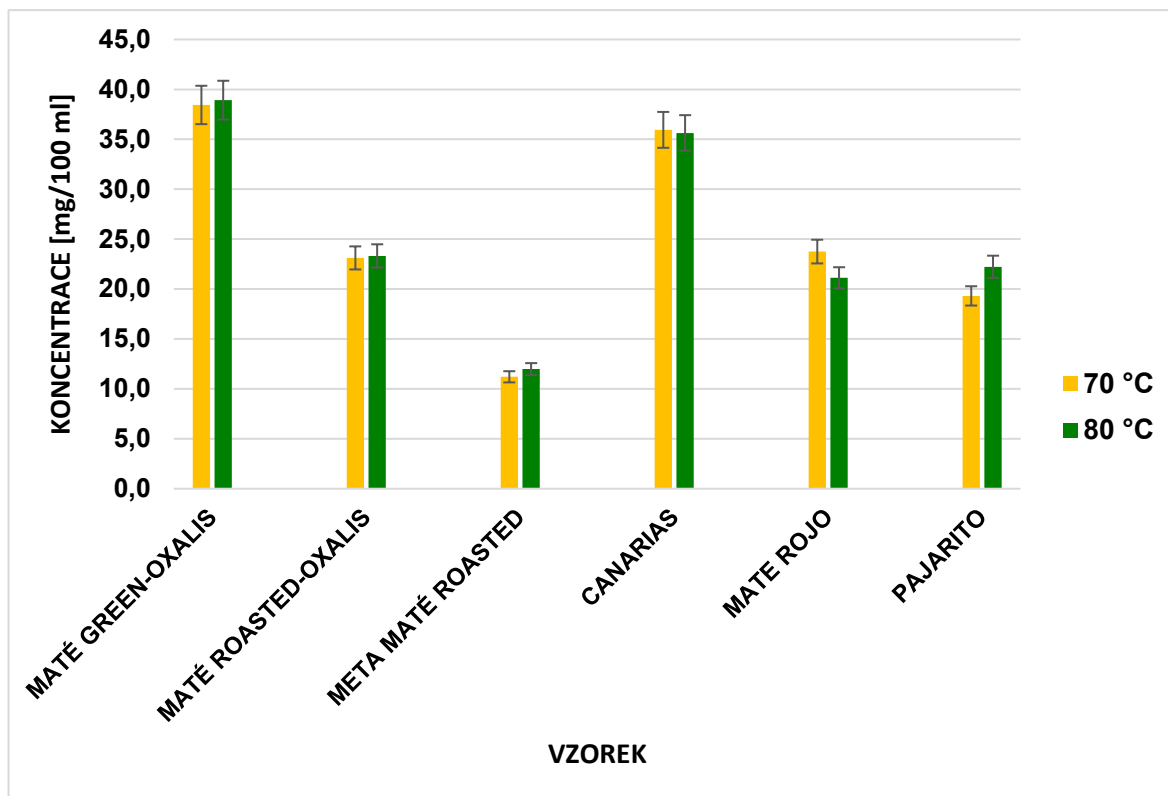
VZOREK	Mate Green	Mate Roasted	Meta Mate Roasted	Canarias	Mate Rojo	Pajarito
POPEL	6,36 ± 0,07 ^a	5,69 ± 0,14 ^b	6,14 ± 0,03 ^c	6,13 ± 0,12 ^{c,e}	5,34 ± 0,09 ^d	6,11 ± 0,10 ^e

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota ± SD (n=3). Hodnoty v řádcích, které mají stejné malé písmenné indexy mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ($P \geq 0,05$).

Obsah popela se u analyzovaných vzorků průměrně pohyboval v rozmezí od 5,34 do 6,36 hmotn. %. Nejnižší obsah popela má dle analýzy argentinský vzorek Mate Rojo Tradicional. U tohoto vzorku byl pozorován nejvyšší obsah větviček a nejnižší obsah prachových částic. Naopak nejvyšší obsah popela byl naměřen u vzorku brazilského (Mate Green od výrobce Oxalis). Tento vzorek má vysoký obsah jemně mletých lístků a větvičky jsou ve velmi malém množství nebo zcela chybí. Existuje korelace mezi množstvím jednotlivých komponent (prachových částic, listů a větviček) a obsahem popela. Stejně tak ovlivňuje obsah popela také hrubost mletí. Pražené vzorky nevykazují jednoznačně vyšší, či naopak nižší obsah popela. Pro objektivní posouzení by bylo třeba analyzovat vzorky stejného původu a stejné hrubosti řezu (jak pražené, tak nepražené). Všechny analyzované vzorky splňují požadavek argentinské vyhlášky (IRAM, 2006), která udává maximální hodnotu popela 9 hmotn. %.

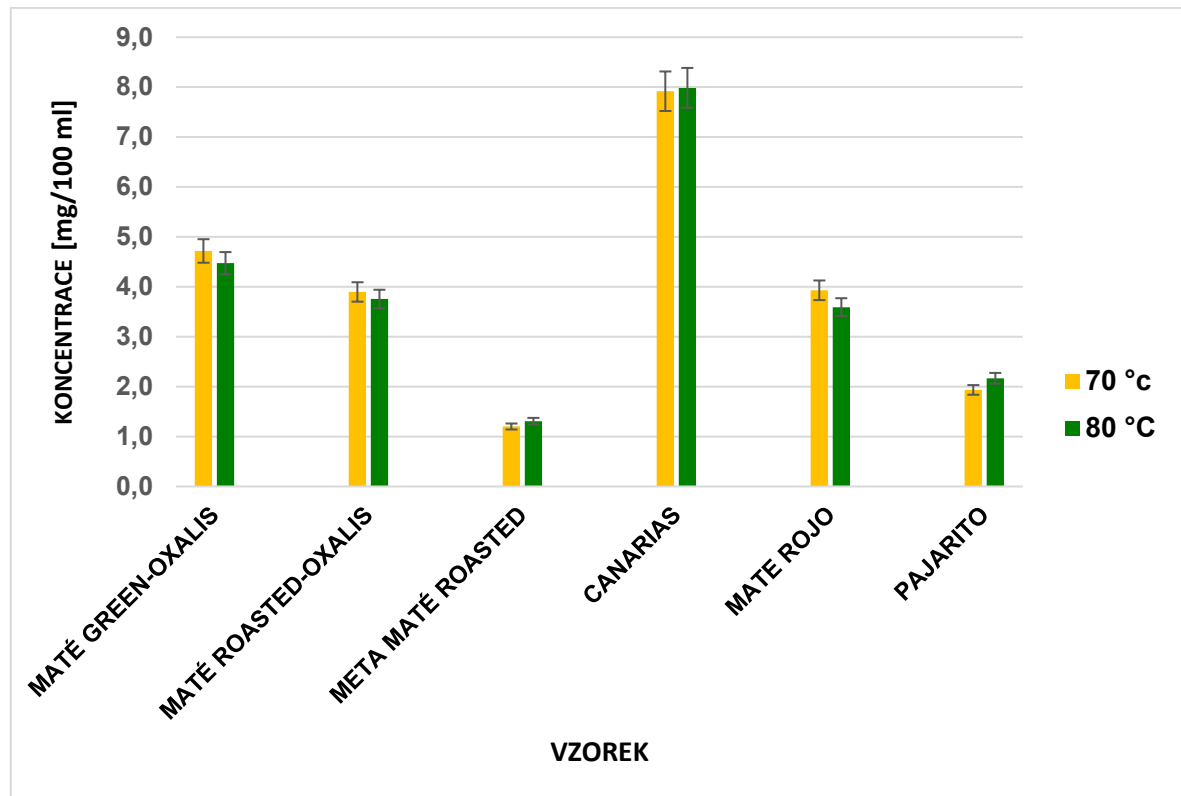
5.2 Výsledky stanovení kofeinu, theobrominu, theofylinu a L-theaninu

Výsledky jsou vyjádřeny na 100 ml nápoje, který byl připraven vyluhováním 2,4 g suchého vzorku po dobu 5 min za současného míchání. Výsledky jsou prezentovány formou grafů s chybovými úsečkami.



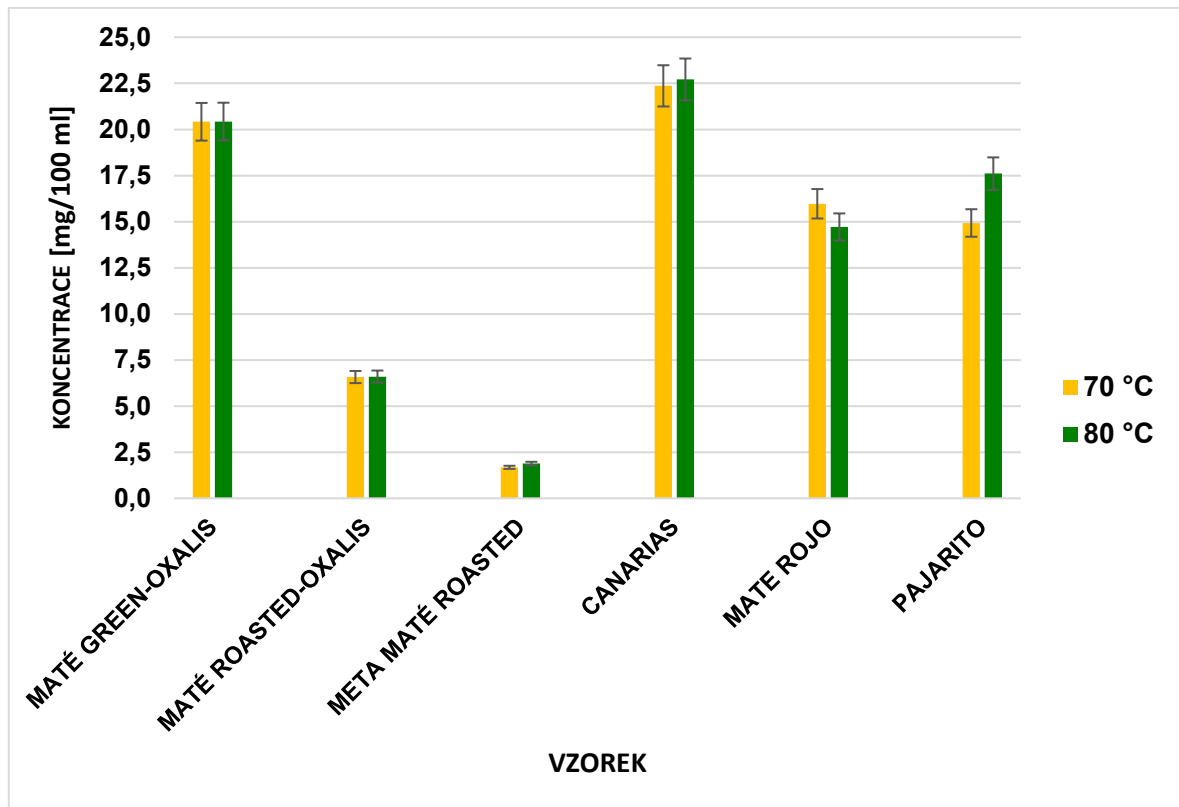
Obr. 7. Graf obsahu kofeinu ve vzorcích

V případě kofeinu (obrázek 7) byl zaznamenán nejvyšší obsah ve vzorku Mate Green Oxalis z Brazílie, konkrétně 38,4 a 38,9 g/100 ml (při 70 a 80 °C). Hned druhý nejvyšší obsah kofeinu byl naměřen ve vzorku Canarias Edición Especial z Uruguaye, konkrétně 35,9 a 35,6 g/100 ml (při 70 a 80 °C). Nejnižší obsah kofeinu vykazuje vzorek pražený z Brazílie Meta Mate „42“ Roasted, konkrétně 11,2 a 12,0 g/100 ml (při 70 a 80 °C). Je tedy možné, že proces pražení má negativní vliv na obsah kofeinu. Vzorky původem z Brazílie by mohly mít přirozeně vyšší obsah kofeinu. Tyto výsledky jsou ve shodě s experimenty, které provedl, či shrnul Kaltbach et al., (2020) a Gawron-Gzella et al., (2021).



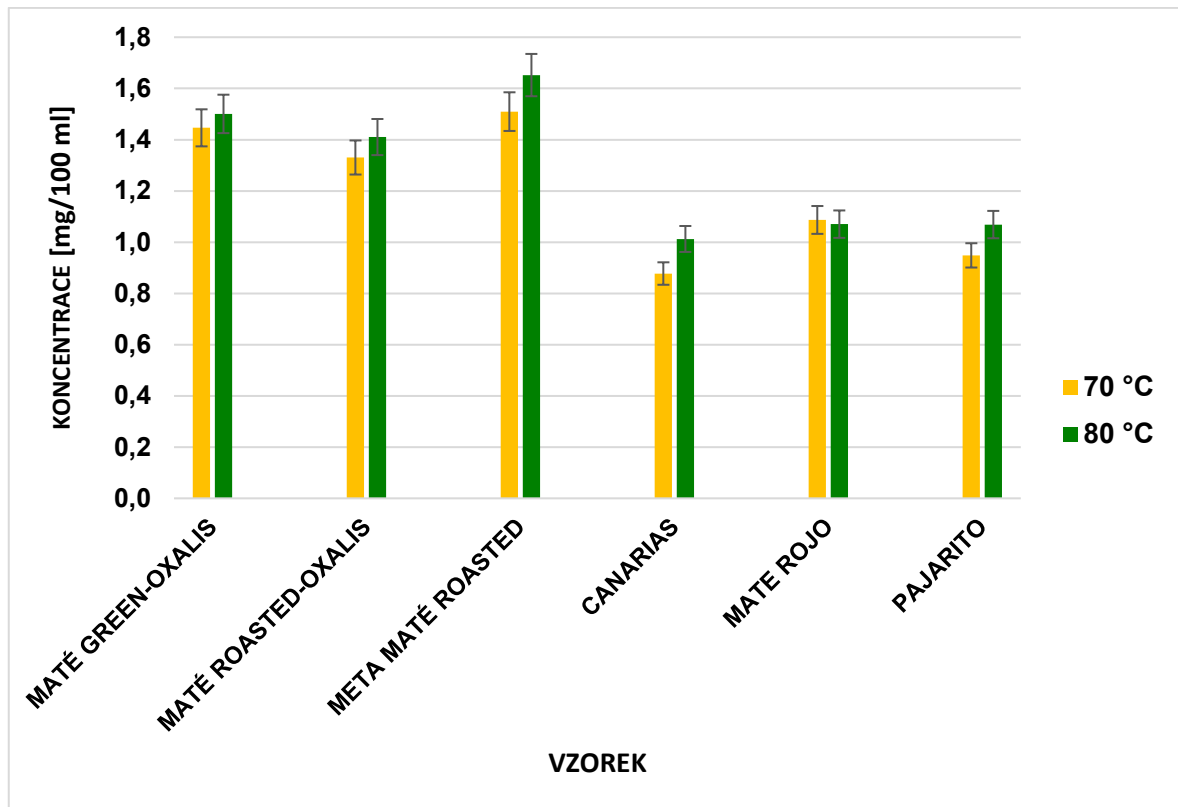
Obr. 8. Graf obsahu theobrominu ve vzorcích

Obsah theobrominu se ve vzorcích pohyboval v rozmezí 1,20–8,00 mg/100 ml. Nejméně theobrominu bylo nalezeno ve vzorku praženém (Meta Mate Roasted). Oproti tomu nejvíce theobrominu obsahoval vzorek Canarias. Také v případě vzorku Pajarito byl obsah okolo 2,00 mg/100 ml. Ostatní vzorky obsahovaly přibližně okolo 4,00 mg/100 ml.



Obr. 9. Graf obsahu theofylinu ve vzorcích

Z obrázku 9 je patrné, že proces pražení ve velké míře degraduje theofylin obsažený v yerba maté. Pokud porovnáme pouze vzorky od firmy Oxalis, zjistíme, že vlivem pražení došlo k poklesu až o 68%. Proces zrání by rovněž mohl mít negativní vliv na obsah theofylinu. Stran teplot luhování byl zaznamenán signifikantní rozdíl pouze u vzorku argentinského (Mate Rojo). Nejvyšší obsah theofylinu byl zaznamenán ve vzorku Canarias (22,4 a 22,7 mg/100 ml).



Obr. 10. Graf obsahu L-theaninu ve vzorcích

Na obrázku 10 můžeme vidět obsah volné aminokyseliny L-theaninu. Lze si všimnout, že první tři vzorky (zleva) disponují nejvyšším obsahem. Jedná se o vzorky původem z Brazílie, konkrétně jeden vzorek nepražený a dva vzorky pražené. Dále je nutno připomenout, že tyto vzorky neprocházejí procesem zrání. Je tedy možné vyslovit závěr, že v průběhu delšího skladování dochází ke ztrátám L-theaninu. Vliv teploty luhování je znatelný, pouze u argentinského vzorku (Mate Rojo) byl rozdíl velmi nepatrný a při nižší teplotě bylo vyluhováno dokonce větší množství.

Lze říci, že se výsledky shodují s očekáváním a s hodnotami uváděnými v literatuře (Gawron-Gzella et al., 2021). Zatímco první pražení (myšleno *zapecado*) má na obsah kofeinu kladný vliv, další sušení a pražení methylxanthinům nepřeje a snižuje jejich koncentrace. Velmi zřetelně to je patrné v případě theofylinu. V případě vzorku *Meta Mate Roasted* byly nalezeny nejnižší hodnoty, co se týče xanthinových alkaloidů. Zatímco u L-theaninu lze konstatovat, že vzorky z Brazílie, které neprošly procesem dlouhého zrání mají nejvyšší obsah z analyzovaných vzorků.

5.3 Výsledky stanovení minerálních a stopových prvků

Tab. 4. Výsledky stanovení makro a mikroprvků ve výluzích pražených yerba maté

Analyt	Mate Roasted Oxalis		Meta Mate Roasted	
	70 °C	80 °C	70 °C	80 °C
	μg/g			
²³ Na	3,57±0,11 ^{a,A}	2,55±0,13 ^{a,B}	2,77±0,03 ^{b,A}	3,37±0,06 ^{b,B}
²⁴ Mg	850±30 ^{a,A}	730±20 ^{a,B}	608±15 ^{b,A}	602±10 ^{b,A}
³¹ P	13,5±0,3 ^{a,A}	11,4±0,1 ^{a,B}	12,4±0,1 ^{b,A}	12,2±0,1 ^{b,A}
³² S	1,47±0,02 ^{a,A}	1,48±0,05 ^{a,A}	1,62±0,04 ^{b,A}	1,57±0,01 ^{b,B}
³⁹ K	318±3 ^{a,A}	319±1 ^{a,A}	319±4 ^{a,A}	319±1 ^{a,A}
⁵⁷ Fe	7,21±0,40 ^{a,A}	9,11±0,20 ^{a,B}	6,06±0,50 ^{b,A}	10,4±0,10 ^{b,B}
⁶⁶ Zn	2,03±0,05 ^{a,A}	1,67±0,10 ^{a,B}	12,4±0,2 ^{b,A}	11,9±0,1 ^{b,B}
	ng/g			
⁴⁰ Ca	258±8 ^{a,A}	197±5 ^{a,B}	167±8 ^{b,A}	185±4 ^{b,B}

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota ± SD (n=9) v sušině vzorku. Hodnoty v řádcích, které mají stejné malé písmenné indexy (vždy zvlášť pro teplotu 70 a 80 °C mezi vzorky), mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ($P \geq 0,05$). Hodnoty v řádcích, které mají stejné velké písmenné indexy (vždy pro teploty 70 a 80 °C pro daný vzorek), mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ($P \geq 0,05$).

Podíváme-li se na výsledky stanovení pro pražené yerba maté, potom pouze u jednoho prvku, a tím je zinek, byla naměřena u obou vzorků vyšší koncentrace při jeho vyluhování při nižší teplotě, tj. při 70 °C. Co se týká vyluhování sodíku, hořčíku, fosforu a vápníku, tyto se vyluhovaly při 70 °C více jen u prvního vzorku Mate Roasted Oxalis. U druhého vzorku tomu tak nebylo. Například sodík a vápník měl vyšší vyluhovatelnost při 80 °C. Naopak u železa došlo k vyšší vyluhovatelnosti při 80 °C, a to u obou vzorků. U draslíku nebyly naměřeny statisticky významné rozdíly v jeho koncentraci ani mezi vzorky navzájem, ani při odlišných teplotách luhování. Samotná teplota luhování statisticky významně ovlivnila koncentraci sodíku, železa, zinku a vápníku u obou vzorků.

Tab. 5. Výsledky stanovení stopových prvků ve vyluzích pražených yerba maté

Analyt	Mate Roasted Oxalis		Meta Mate Roasted	
	70 °C	80 °C	70 °C	80 °C
	μg/g			
¹¹ B	3,20±0,30 ^{a,A}	3,00±0,30 ^{a,B}	1,66±0,15 ^{b,A}	1,67±0,15 ^{b,A}
⁴⁸ Ti	2,79±0,15 ^{a,A}	2,18±0,15 ^{a,B}	1,76±0,11 ^{b,A}	1,96±0,12 ^{b,B}
⁵⁵ Mn	174±5 ^{a,A}	143±3 ^{a,B}	108±5 ^{b,A}	100±3 ^{b,B}
⁶³ Cu	1,31±0,03 ^{a,A}	1,28±0,10 ^{a,A}	1,13±0,09 ^{b,A}	1,10±0,08 ^{b,A}
⁸⁸ Sr	5,69±0,10 ^{a,A}	4,69±0,30 ^{a,B}	2,55±0,10 ^{b,A}	2,58±0,03 ^{b,A}
¹³⁷ Ba	1,28±0,02 ^{a,A}	1,13±0,01 ^{a,B}	0,86±0,06 ^{b,A}	0,83±0,06 ^{b,A}
	ng/g			
⁷ Li	36,1±1,0 ^{a,A}	36,5±1,0 ^{a,A}	36,5±2,0 ^{a,A}	42,3±1,0 ^{b,B}
⁹ Be	5,48±0,10 ^{a,A}	5,08±0,10 ^{a,B}	2,25±0,10 ^{b,A}	2,18±0,01 ^{b,B}
⁴⁵ Sc	86,8±1,0 ^{a,A}	74,9±2,0 ^{a,B}	44,7±0,1 ^{b,A}	44,6±0,2 ^{b,A}
⁵² Cr	289±10 ^{a,A}	345±20 ^{a,B}	166±3 ^{b,A}	274±9 ^{b,B}
⁵⁹ Co	34,4±1,0 ^{a,A}	29,5±0,5 ^{a,B}	51,5±0,1 ^{b,A}	50,3±1,0 ^{b,B}
⁷¹ Ga	13,4±0,1 ^{a,A}	11,8±0,1 ^{a,B}	9,04±0,10 ^{b,A}	8,43±0,10 ^{b,B}
⁷³ Ge	1,79±0,10 ^{a,A}	1,14±0,10 ^{a,B}	0,97±0,05 ^{b,A}	0,92±0,05 ^{b,A}
⁷⁷ Se	10,3±0,1 ^{a,A}	4,78±0,10 ^{a,B}	6,86±0,10 ^{b,A}	6,57±0,10 ^{b,B}
⁸⁹ Y	13,4±0,1 ^{a,A}	10,5±0,1 ^{a,B}	14,4±0,1 ^{b,A}	11,8±0,1 ^{b,B}
⁹⁰ Zr	15,1±0,1 ^{a,A}	4,78±0,10 ^{a,B}	7,30±0,20 ^{b,A}	2,57±0,10 ^{b,B}
⁹⁵ Mo	44,9±0,4 ^{a,A}	69,8±0,1 ^{a,B}	32,5±0,6 ^{b,A}	57,6±1,0 ^{b,B}
¹⁰³ Rh	1,09±0,02 ^{a,A}	0,96±0,02 ^{a,B}	0,46±0,01 ^{b,A}	0,57±0,01 ^{b,B}
¹⁰⁷ Ag	5,32±0,02 ^{a,A}	0,43±0,01 ^{a,B}	3,58±0,02 ^{b,A}	0,41±0,01 ^{b,B}
¹²¹ Sb	3,58±0,10 ^{a,A}	0,59±0,02 ^{a,B}	2,73±0,10 ^{b,A}	0,38±0,02 ^{b,B}
¹³³ Cs	720±7 ^{a,A}	684±15 ^{a,B}	225±2 ^{b,A}	228±1 ^{b,B}
¹⁴⁰ Ce	24,4±1,0 ^{a,A}	19,2±1,0 ^{a,B}	13,4±0,5 ^{b,A}	7,83±0,05 ^{b,B}
¹⁵⁹ Tb	0,47±0,01 ^{a,A}	0,35±0,01 ^{a,B}	0,42±0,01 ^{b,A}	0,32±0,01 ^{b,B}
¹⁶⁵ Ho	0,43±0,01 ^{a,A}	0,34±0,01 ^{a,B}	0,47±0,01 ^{b,A}	0,36±0,01 ^{b,B}
¹⁸¹ Ta	1,17±0,01 ^{a,A}	0,50±0,01 ^{a,B}	0,75±0,01 ^{b,A}	0,58±0,01 ^{b,B}
²⁰⁵ Tl	13,4±0,1 ^{a,A}	11,5±0,1 ^{a,B}	20,0±0,1 ^{b,A}	17,6±0,1 ^{b,B}

²³⁸ U	9,86±0,10 ^{a,A}	6,04±0,05 ^{a,B}	9,28±0,10 ^{b,A}	10,7±0,1 ^{b,B}
------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	-------------------------

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota ± SD (n=9) v sušině vzorku. Hodnoty v řádcích, které mají stejné malé písmenné indexy (vždy zvláště pro teplotu 70 a 80 °C mezi vzorky), mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ($P \geq 0,05$). Hodnoty v řádcích, které mají stejné velké písmenné indexy (vždy pro teploty 70 a 80 °C pro daný vzorek), mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ($P \geq 0,05$).

Při nižší teplotě luhování (70 °C) došlo u obou pražených vzorků yerba maté (tabulka 5) k vyluhování vyšších koncentrací manganu, beryllia, kobaltu, galia, selenu, yttria, zirkonu, stříbra, antimonu, ceru, terbia, holmia, tantalu a talia. Naopak, při vyšší teplotě luhování (80 °C) výsledky měření ukazují, že byly vyluhovány u obou vzorků vyšší koncentrace chromu a molybdenu. U ostatních prvků buď nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly v jejich koncentracích, nebo se daný prvek vyluhoval více při teplotě 70 °C u jednoho vzorku a u druhého to bylo zase při 80 °C. Jsou to například rhodium a cesium. Navíc, u stříbra a antimonu lze pozorovat při vyšší teplotě luhování vždy pokles v hodnotách koncentrací, a to až o řád. Vyluhovatelnost těchto prvků byla vyšší teplotou velmi snížena.

Co se týká obsahu toxických prvků (tabulka 6), resp. jejich vyluhování při 70 °C, vyšší koncentrace při vyluhování byly naměřeny pro hliník, nikl, kadmium, rtuť a olovo, a to u obou pražených vzorků. Pouze u vzorku Meta Mate Roasted byly naměřeny vyšší koncentrace vyluhování vanadu a arsenu při teplotě 80 °C, naopak zase cínu se při 80 °C u tohoto vzorku vyluhovalo méně ve srovnání s teplotou 70 °C.

Tab. 6. Výsledky stanovení toxických stopových prvků ve vyluzích pražených yerba maté

Analyt	Mate Roasted Oxalis		Meta Mate Roasted	
	70 °C	80 °C	70 °C	80 °C
	μg/g			
²⁷ Al	25,6±0,7 ^{a,A}	20,7±0,5 ^{a,B}	6,06±0,15 ^{b,A}	4,73±0,25 ^{b,B}
⁶⁰ Ni	2,82±0,15 ^{a,A}	2,44±0,20 ^{a,B}	1,22±0,10 ^{b,A}	0,74±0,05 ^{b,B}
	ng/g			
⁵¹ V	79,4±0,1 ^{a,A}	79,3±0,1 ^{a,A}	73,4±0,6 ^{b,A}	102±4 ^{b,B}
⁷⁵ As	47,7±1,0 ^{a,A}	44,2±0,1 ^{a,B}	26,1±1,0 ^{b,A}	36,5±1,0 ^{b,B}
¹¹¹ Cd	13,2±0,1 ^{a,A}	10,5±0,1 ^{a,B}	8,70±0,10 ^{b,A}	7,60±0,10 ^{b,B}
¹¹⁸ Sn	57,9±0,1 ^{a,A}	28,2±0,4 ^{a,B}	47,9±0,6 ^{b,A}	49,6±0,5 ^{b,B}
²⁰² Hg	32,2±1,0 ^{a,A}	18,3±0,1 ^{a,B}	38,1±1,0 ^{b,A}	12,3±0,5 ^{b,B}
²⁰⁸ Pb	75,2±0,9 ^{a,A}	61,5±0,4 ^{a,B}	69,4±0,4 ^{b,A}	35,0±0,1 ^{b,B}

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota ± SD (n=9) v sušině vzorku. Hodnoty v řádcích, které mají stejné malé písmenné indexy (vždy zvlášť pro teplotu 70 a 80 °C mezi vzorky), mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ($P \geq 0,05$). Hodnoty v řádcích, které mají stejné velké písmenné indexy (vždy pro teploty 70 a 80 °C pro daný vzorek), mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ($P \geq 0,05$).

Tab. 7. Výsledky stanovení makro a mikroprvků ve vyluzích yerba maté

Analyt	Mate Green Oxalis		Canarias		Mate Rojo		Pajarito	
	70 °C	80 °C	70 °C	80 °C	70 °C	80 °C	70 °C	80 °C
	μg/g							
²³ Na	4,57±0,08 ^{a,A}	2,78±0,03 ^{a,B}	3,28±0,05 ^{b,A}	3,14±0,10 ^{b,B}	4,50±0,12 ^{a,A}	3,07±0,10 ^{c,B}	3,98±0,10 ^{c,A}	2,39±0,20 ^{d,B}
²⁴ Mg	795±8 ^{a,A}	802±4 ^{a,B}	1080±20 ^{b,A}	944±3 ^{b,B}	656±5 ^{c,A}	681±8 ^{c,B}	725±6 ^{d,A}	713±8 ^{d,B}
³¹ P	13,9±0,1 ^{a,A}	13,1±0,2 ^{a,B}	10,8±0,1 ^{b,A}	9,70±0,1 ^{b,B}	11,7±0,3 ^{c,A}	12,1±0,1 ^{c,B}	16,8±0,7 ^{d,A}	16,8±0,3 ^{d,A}
³² S	1,46±0,08 ^{a,A}	1,42±0,12 ^{a,A}	1,38±0,12 ^{b,A}	1,40±0,05 ^{a,A}	1,51±0,10 ^{c,A}	1,49±0,12 ^{b,A}	1,45±0,05 ^{a,A}	1,43±0,10 ^{a,b,A}
³⁹ K	317±2 ^{a,A}	319±4 ^{a,A}	318±8 ^{a,A}	319±5 ^{a,A}	317±10 ^{a,A}	319±5 ^{a,A}	319±4 ^{a,A}	320±5 ^{a,A}
⁵⁷ Fe	11,3±0,3 ^{a,A}	11,4±0,3 ^{a,A}	17,6±0,9 ^{b,A}	17,6±0,5 ^{b,A}	11,6±0,2 ^{c,A}	13,8±0,5 ^{c,B}	11,7±0,2 ^{c,A}	15,5±0,3 ^{d,B}
⁶⁶ Zn	2,86±0,01 ^{a,A}	2,61±0,05 ^{a,B}	3,45±0,04 ^{b,A}	2,55±0,01 ^{b,B}	2,71±0,11 ^{c,A}	2,81±0,06 ^{c,A}	4,36±0,04 ^{d,A}	3,81±0,03 ^{d,B}
	ng/g							
⁴⁰ Ca	260±1 ^{a,A}	213±5 ^{a,B}	387±8 ^{b,A}	306±3 ^{b,B}	255±6 ^{c,A}	203±3 ^{c,B}	252±9 ^{c,A}	213±3 ^{a,B}

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota ± SD (n=9) v sušině vzorku. Hodnoty v řádcích, které mají stejné malé písmenné indexy (vždy zvlášť pro teplotu 70 a 80 °C mezi vzorky), mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ($P \geq 0,05$). Hodnoty v řádcích, které mají stejné velké písmenné indexy (vždy pro teploty 70 a 80 °C pro daný vzorek), mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ($P \geq 0,05$).

Tab. 8. Výsledky stanovení stopových prvků ve vyluzích yerba maté

Analyt	Mate Green Oxalis		Canarias		Mate Rojo		Pajarito	
	70 °C	80 °C	70 °C	80 °C	70 °C	80 °C	70 °C	80 °C
	μg/g							
¹¹ B	2,02±0,05 ^{a,A}	2,24±0,05 ^{a,B}	3,79±0,03 ^{b,A}	3,18±0,05 ^{b,B}	2,94±0,10 ^{c,A}	3,14±0,10 ^{b,B}	5,29±0,24 ^{d,A}	5,44±0,10 ^{c,B}
⁴⁸ Ti	3,13±0,10 ^{a,A}	2,35±0,06 ^{a,B}	5,26±0,11 ^{b,A}	3,73±0,04 ^{b,B}	3,02±0,07 ^{c,A}	2,36±0,03 ^{b,B}	3,03±0,02 ^{c,A}	2,47±0,04 ^{c,B}
⁵⁵ Mn	231±10 ^{a,A}	234±10 ^{a,A}	395±20 ^{b,A}	337±3 ^{b,B}	262±10 ^{c,A}	279±10 ^{c,B}	169±10 ^{d,A}	181±10 ^{d,B}
⁶³ Cu	2,82±0,07 ^{a,A}	3,50±0,15 ^{a,B}	4,60±0,07 ^{b,A}	3,92±0,08 ^{b,B}	3,06±0,12 ^{c,A}	2,79±0,01 ^{c,B}	3,22±0,02 ^{d,A}	3,65±0,09 ^{d,B}
⁸⁸ Sr	3,84±0,07 ^{a,A}	2,72±0,04 ^{a,B}	7,70±0,07 ^{b,A}	5,51±0,12 ^{b,B}	4,07±0,05 ^{c,A}	2,86±0,04 ^{c,B}	4,12±0,20 ^{d,A}	3,32±0,09 ^{d,B}
¹³⁷ Ba	1,52±0,10 ^{a,A}	0,98±0,02 ^{a,B}	2,18±0,05 ^{b,A}	1,29±0,01 ^{b,B}	1,66±0,05 ^{c,A}	1,06±0,04 ^{c,B}	1,60±0,06 ^{c,A}	0,85±0,03 ^{d,B}
	ng/g							
⁷ Li	71,4±0,1 ^{a,A}	55,2±1,0 ^{a,B}	48,1±0,1 ^{b,A}	42,9±1,0 ^{b,B}	61,0±0,2 ^{c,A}	44,6±1,0 ^{c,B}	66,7±1,0 ^{d,A}	50,4±1,0 ^{d,B}
⁹ Be	6,70±0,01 ^{a,A}	5,26±0,10 ^{a,B}	5,19±0,01 ^{b,A}	4,80±0,01 ^{b,B}	8,87±0,10 ^{c,A}	7,81±0,10 ^{c,B}	10,0±0,2 ^{d,A}	10,1±0,1 ^{d,A}
⁴⁵ Sc	66,0±0,1 ^{a,A}	60,7±0,1 ^{a,B}	131±1 ^{b,A}	94,3±2,0 ^{b,B}	90,4±1,0 ^{c,A}	89,1±0,1 ^{c,B}	103±5 ^{d,A}	106±4 ^{d,A}
⁵² Cr	242±10 ^{a,A}	429±10 ^{a,B}	423±4 ^{b,A}	533±10 ^{b,B}	455±11 ^{c,A}	734±15 ^{c,B}	814±30 ^{d,A}	1120±20 ^{d,B}
⁵⁹ Co	163±4 ^{a,A}	159±2 ^{a,B}	65,0±1,0 ^{b,A}	53,3±1,0 ^{b,B}	174±2 ^{c,A}	169±3 ^{c,B}	154±5 ^{d,A}	154±3 ^{d,A}
⁷¹ Ga	18,4±0,1 ^{a,A}	17,4±0,1 ^{a,B}	28,3±0,1 ^{b,A}	24,8±0,1 ^{b,B}	19,9±0,1 ^{c,A}	21,6±0,1 ^{c,B}	16,0±0,1 ^{d,A}	15,3±0,1 ^{d,B}

⁷³ Ge	2,92±0,10 ^{a,A}	1,86±0,01 ^{a,B}	3,32±0,01 ^{b,A}	2,15±0,01 ^{b,B}	2,71±0,01 ^{c,A}	2,17±0,01 ^{b,B}	3,67±0,01 ^{d,A}	2,36±0,01 ^{c,B}
⁷⁷ Se	15,4±1,0 ^{a,A}	7,64±0,30 ^{a,B}	6,44±0,40 ^{b,A}	8,63±0,10 ^{b,B}	14,0±0,1 ^{c,A}	11,0±0,1 ^{c,B}	19,8±0,2 ^{d,A}	20,4±0,2 ^{d,B}
⁸⁹ Y	25,0±0,1 ^{a,A}	21,7±1,0 ^{a,B}	25,4±0,1 ^{b,A}	19,3±1,0 ^{b,B}	37,2±0,1 ^{c,A}	33,7±0,1 ^{c,B}	59,6±3,0 ^{d,A}	51,9±0,1 ^{d,B}
⁹⁰ Zr	17,1±0,2 ^{a,A}	6,17±0,10 ^{a,B}	11,4±0,2 ^{b,A}	5,59±0,10 ^{b,B}	8,10±0,10 ^{c,A}	3,79±0,10 ^{c,B}	10,2±0,2 ^{d,A}	5,09±0,10 ^{d,B}
⁹⁵ Mo	47,6±0,9 ^{a,A}	74,9±1,0 ^{a,B}	47,8±1,0 ^{a,B}	87,6±1,0 ^{b,B}	30,6±2,0 ^{b,A}	60,2±1,0 ^{c,B}	60,2±1,0 ^{c,A}	89,1±1,0 ^{d,B}
¹⁰³ Rh	0,81±0,01 ^{a,A}	0,62±0,01 ^{a,B}	1,66±0,02 ^{b,A}	1,29±0,01 ^{b,B}	0,81±0,05 ^{a,A}	0,67±0,05 ^{c,B}	0,87±0,05 ^{c,A}	0,73±0,05 ^{d,B}
¹⁰⁷ Ag	14,9±0,1 ^{a,A}	0,78±0,01 ^{a,B}	15,7±0,1 ^{b,A}	0,79±0,02 ^{a,B}	2,08±0,01 ^{c,A}	0,44±0,01 ^{b,B}	6,62±0,04 ^{d,A}	0,63±0,03 ^{c,B}
¹²¹ Sb	1,43±0,01 ^{a,A}	0,50±0,02 ^{a,B}	2,39±0,01 ^{b,A}	0,90±0,01 ^{b,B}	1,25±0,02 ^{c,A}	0,52±0,02 ^{a,B}	1,34±0,04 ^{d,A}	0,46±0,01 ^{c,B}
¹³³ Cs	87,2±1,0 ^{a,A}	88,5±0,6 ^{a,B}	246±4 ^{b,A}	229±5 ^{b,B}	830±15 ^{c,A}	857±3 ^{c,B}	120±4 ^{d,A}	126±5 ^{d,B}
¹⁴⁰ Ce	21,2±0,1 ^{a,A}	16,5±0,1 ^{a,B}	48,2±0,2 ^{b,A}	36,8±1,0 ^{b,B}	33,8±1,0 ^{c,A}	28,1±0,1 ^{c,B}	40,3±0,2 ^{d,A}	28,8±0,1 ^{d,B}
¹⁵⁹ Tb	0,62±0,01 ^{a,A}	0,54±0,01 ^{a,B}	0,83±0,01 ^{b,A}	0,65±0,01 ^{b,B}	1,13±0,01 ^{c,A}	0,95±0,01 ^{c,B}	2,02±0,01 ^{d,A}	1,67±0,01 ^{d,B}
¹⁶⁵ Ho	0,73±0,01 ^{a,A}	0,62±0,01 ^{a,B}	0,86±0,01 ^{b,A}	0,67±0,01 ^{b,B}	1,25±0,01 ^{c,A}	1,06±0,01 ^{c,B}	1,92±0,01 ^{d,A}	1,60±0,01 ^{d,B}
¹⁸¹ Ta	1,63±0,01 ^{a,A}	0,77±0,01 ^{a,B}	1,87±0,01 ^{b,A}	0,86±0,01 ^{b,B}	1,74±0,01 ^{c,A}	1,13±0,01 ^{c,B}	2,54±0,01 ^{d,A}	1,98±0,01 ^{d,B}
²⁰⁵ Tl	13,3±0,1 ^{a,A}	11,4±0,1 ^{a,B}	16,4±0,1 ^{b,A}	15,3±0,1 ^{b,B}	62,4±0,1 ^{c,A}	59,5±0,1 ^{c,B}	20,6±1,0 ^{d,A}	22,1±1,0 ^{d,B}
²³⁸ U	16,5±0,1 ^{a,A}	7,74±0,10 ^{a,B}	15,0±0,1 ^{b,A}	10,2±0,1 ^{b,B}	18,4±0,2 ^{c,A}	10,9±0,1 ^{c,B}	16,9±0,1 ^{d,A}	8,18±0,10 ^{d,B}

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota ± SD (n=9) v sušině vzorku. Hodnoty v rádcích, které mají stejné malé písmenné indexy (vždy zvlášť pro teplotu 70 a 80 °C mezi vzorky), mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ($P \geq 0,05$). Hodnoty v rádcích, které mají stejné velké písmenné indexy (vždy pro teploty 70 a 80 °C pro daný vzorek), mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ($P \geq 0,05$).

Tab. 9. Výsledky stanovení toxických stopových prvků ve výluzích yerba maté

Analyt	Mate Green Oxalis		Canarias		Mate Rojo		Pajarito	
	70 °C	80 °C	70 °C	80 °C	70 °C	80 °C	70 °C	80 °C
	μg/g							
²⁷ Al	11,9±0,2 ^{a,A}	11,5±0,1 ^{a,B}	39,3±0,1 ^{b,A}	32,5±0,5 ^{b,B}	23,5±0,3 ^{c,A}	21,4±0,5 ^{c,B}	20,8±1,0 ^{d,A}	17,8±0,3 ^{d,B}
⁶⁰ Ni	1,76±0,03 ^{a,A}	1,72±0,07 ^{a,A}	4,04±0,20 ^{b,A}	3,18±0,05 ^{b,B}	3,57±0,10 ^{c,A}	2,76±0,09 ^{c,B}	3,36±0,04 ^{d,A}	3,28±0,04 ^{d,B}
	ng/g							
⁵¹ V	246±9 ^{a,A}	107±1 ^{a,B}	123±6 ^{b,A}	115±1 ^{b,B}	110±10 ^{c,A}	146±10 ^{c,B}	133±9 ^{d,A}	164±3 ^{d,B}
⁷⁵ As	117±10 ^{a,A}	45,4±2,0 ^{a,B}	112±1 ^{b,A}	63,7±1,0 ^{b,B}	86,6±3,0 ^{c,A}	51,6±1,0 ^{c,B}	81,0±3,0 ^{d,A}	64,3±3,0 ^{d,B}
¹¹¹ Cd	28,4±0,1 ^{a,A}	25,6±0,1 ^{a,B}	31,4±0,1 ^{b,A}	24,1±0,1 ^{b,B}	19,5±0,1 ^{c,A}	17,4±0,1 ^{c,B}	31,5±0,2 ^{d,A}	29,1±0,1 ^{d,B}
¹¹⁸ Sn	86,2±1,0 ^{a,A}	36,3±2,0 ^{a,B}	67,9±0,1 ^{b,A}	49,4±2,0 ^{b,B}	96,3±4,0 ^{c,A}	48,9±2,0 ^{b,B}	96,2±3,0 ^{c,A}	41,7±2,0 ^{c,B}
²⁰² Hg	50,3±2,0 ^{a,A}	29,8±0,6 ^{a,B}	40,5±3,0 ^{b,A}	20,2±0,1 ^{b,B}	28,1±0,2 ^{c,A}	12,7±0,1 ^{c,B}	36,8±2,0 ^{d,A}	13,5±1,0 ^{d,B}
²⁰⁸ Pb	45,5±2,0 ^{a,A}	32,6±1,0 ^{a,B}	84,1±1,0 ^{b,A}	56,5±0,6 ^{b,B}	58,6±2,0 ^{c,A}	35,5±0,1 ^{c,B}	57,7±0,8 ^{d,A}	32,5±0,1 ^{d,B}

Výsledky jsou prezentovány jako střední hodnota ± SD (n=9) v sušině vzorku. Hodnoty v řádcích, které mají stejné malé písmenné indexy (vždy zvlášť pro teplotu 70 a 80 °C mezi vzorky), mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ($P \geq 0,05$). Hodnoty v řádcích, které mají stejné velké písmenné indexy (vždy pro teploty 70 a 80 °C pro daný vzorek), mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ($P \geq 0,05$).

Napříč všemi vzorky yerba maté (tabulka 7) byla při teplotě 70 °C stanovena vyšší vyluhovatelnost pro sodík a vápník, a až na jeden vzorek (Mate Rojo) také pro zinek. U žádného prvku nebyla zjištěna vyšší vyluhovatelnost při 80 °C napříč všemi vzorky. Byla zaznamenána vyšší vyluhovatelnost hořčiku pro 80 °C v případě vzorků Mate Green Oxalis a Mate Rojo, přičemž u zbývajících tomu bylo naopak. Nebyly zjištěny žádné statisticky významné rozdíly ve vyluhovaných koncentracích síry při teplotách 70 a 80 °C vždy pro daný vzorek, tzn. že tyto teploty neměly na vyluhování síry signifikantní vliv. U železa je situace odlišná. U prvních dvou vzorků teploty luhování pro daný vzorek neměly vliv na vyluhovatelnost železa, kdežto u vzorků Mate Rojo a Pajarito byl zjištěn statisticky významný vliv teplot na vyluhované koncentrace tohoto prvku.

Ze stopových prvků (tabulka 8) se ve vyšších koncentracích v nálevech yerba maté vyskytují bor, titan, mangan, měď, stroncium a baryum. Ostatní stopové prvky (mimo toxické) se vyskytují v koncentracích řádově ng/g listů. Pokud se podíváme na vyluhování prvků při 70 a 80 °C, potom při teplotě 70 °C byly naměřeny statisticky vyšší koncentrace titanu, stroncia, barya, lithia, galia, germania, yttria, zirkonu, rhodia, stříbra, antimonu, ceru, terbia, holmia, tantalu a uranu. Z výsledků měření vyplývá, že většina stopových prvků uvedená v tabulce 8 má vyšší vyluhovatelnost při 70 než 80 °C, a to napříč všemi analyzovanými vzorky čajů. U všech analyzovaných vzorků byly naměřeny vyšší koncentrace stříbra při teplotě luhování 70 °C, a to až o jeden řád, oproti teplotě 80 °C. Stejně jako tomu bylo u vzorků pražených yerba maté (tabulka 5), tak také zde je u všech analyzovaných vzorků vyluhovatelnost chromu vyšší naopak při 80 °C. Také vyluhovatelnost molybdenu je vyšší při teplotě 80 °C, přičemž porovnáme-li jeho naměřené koncentrace vždy u daného vzorku a obou teplot, jeho vyluhovatelnost se se zvýšením o 10 °C prakticky zdvojnásobila (co do stanovených hodnot koncentrace). Vyšší koncentrace cesia byly také naměřeny u vzorků vyluhovaných při 80 °C, mimo vzorek Canarias. U boru, berrylia, scandia a kobaltu se jejich koncentrace při vyluhování lišily v rámci teplot extrakce a daných vzorků.

V rámci naměřených koncentrací se toxické prvky (tabulky 9) pohybují jak v μg , tak v ng/g. V naší studii byly naměřeny mikrogramové koncentrace pro hliník a nikl. Z toxických prvků, které byly v této práci měřeny, se při teplotě 70 °C lépe vyluhovaly hliník, nikl, arsen, kadmium, cín, rtuť a olovo, a to u všech vzorků yerba maté. Jen v případě

vanadu byly naměřeny u dvou vzorků (Mate Rojo a Pajarito) koncentrace vanadu vyšší, při vyluhování za teploty 80 °C.

Ve srovnání s výsledky studie Bastos et al. (2018) se hodnoty liší následovně. Ve vzorcích analyzovaných v rámci této práce bylo nalezeno pouze zanedbatelné množství sodíku, fosforu a vápníku. Bylo nalezeno až 6x méně draslíku, zato byly nalezeny podobné hodnoty železa, mědi, zinku a boru. Hořčíku bylo nalezeno 2x až 3x více, dále bylo nalezeno vyšší množství manganu, oproti zmíněné studii. Co se týče obsahu toxických stopových prvků, lze výsledky porovnat se studií Milani et al. (2016). Tato studie se zabývá obsahem toxických stopových prvků v pravém čaji (*Camellia sinensis*). Hodnoty hliníku a olova jsou nižší u výluhů yerba mate, v případě olova je to až 10x méně. Naopak byly naměřeny vyšší hodnoty niklu. Co se týče obsahu arsenu a kadmia, ve výluzích luhovaných při 70 °C byly hodnoty vyšší, zatímco při luhování při 80 °C byly naměřeny hodnoty nižší v porovnání se vzorky čaje pravého.

5.4 Zhodnocení přínosů z hlediska příjmu vybraných prvků

Na základě analýzy jednotlivých prvků byly vybrány základní esenciální, které mají značný vliv na fyziologické funkce. Konkrétně se jedná o Na, Mg, P, K, Fe, Zn, Ca, Mn, Cu, Cr, Se a Mo. Referenční denní příjmy těchto prvků byly brány z výživových tabulkových hodnot (IOM 1997; IOM 2001; IOM 2005) pro danou věkovou kategorii mužů a žen od 19 do 30 let. Výsledky jsou prezentovány ve formě tabulek (tabulky 10–15), které znázorňují pokrytí denní dávky v procentech, zvláště pro muže a ženy. Výsledky jsou brány v rámci obou teplot luhování 70 a 80 °C, které vycházejí z přípravy doporučené dovozci, případně prodejci. Hodnoty jednotlivých příspěvků yerba maté k referenčním hodnotám příjmu jsou počítány na konzumaci 1 litru tohoto nápoje za den, což je obvyklá spotřeba v zemích jeho původu. Je však dobré připomenout, že tradiční způsoby přípravy počítají s mnohem větším množstvím yerba maté a také s přípravou na více nálevů.

V tabulkách 10 až 15 jsou prezentovány jednotlivé příspěvky yerba maté k referenčním hodnotám příjmů pro esenciální minerální a stopové prvky. V případě sodíku, fosforu, draslíku a vápníku je vidět, že yerba maté vzorky čajů nejsou jejich vhodným zdrojem. Resp. vzorky yerba maté nejsou přispěvateli k jednotlivým referenčním hodnotám příjmu. Naopak, yerba maté by mohly významně přispět k referenčním hodnotám příjmu pro Mn, které se pohybovaly v širokém rozmezí od 43 až do 187 %. V pořadí druhým největším

příspěvatelem k AI hodnotě jsou yerba maté v případě chromu. Zde se jejich příspěvek k hodnotě AI pro chrom pohybuje v rozmezí od 5 do 45 %. V rozmezí 1–3 % z hodnot RDA yerba maté může přispívat k příjmu hořčíku, mědi a molybdenu, vzorek Mate Green Oxalis může ještě přispět k RDA pro selen (opět ale pouze 1 %). Porovnat příspěvky yerba mate k jednotlivým hodnotám RDA nebo AI pro dané prvky je obtížné, v literatuře se moc studií nenachází. Může se ale zmínit studie Koláčková et al. (2020), kde byly měřeny minerální a stopové prvky v matcha čajích. Tyto byly příspěvatelem k hodnotám RDA nebo AI pro mangan, měď, hořčík a zinek, a to cca od 1 do 19 %. Vždy ovšem záleží na konzumovaném množství, na dostupnosti prvků při procesu trávení, na zdravotním stavu konzumenta, na potravě, která je společně s čaji konzumována, na antinutrientech (př. kyselina taninová, tříslová nebo fytová) atd.

Tab. 10. Příspěvky yerba mate k hodnotám RDA nebo AI po konzumaci vzorku Mate Roasted Oxalis

Analyt	Min hodnota	Max hodnota	Min denní příjem	Max denní příjem	RDA, AI*	RDA, AI*	Min. příspěvek k RDA, AI*	Max. příspěvek k RDA, AI*	Min. příspěvek k RDA, AI *	Max. příspěvek k RDA, AI*
	µg/g	µg/g	µg/den	µg/den	(Ž) mg/den	(M) mg/den	(Ž) [%]	(Ž) [%]	(M) [%]	(M) [%]
Na	2,55	3,57	25,5	35,7	1500*	1500*	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Mg	730	850	7300	8500	310	400	2	3	2	2
P	11,4	13,5	114	135	700	700	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
K	318	319	3180	3190	4700*	4700*	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Fe	7,21	9,11	72,1	91,1	18	8	0,4	0,5	0,9	1,1
Zn	1,67	2,03	16,7	20,3	8	11	0,2	0,3	0,2	0,2
Ca	0,20	0,26	1,97	2,58	1000	1000	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Mn	143	174	1430	1740	1,8	2,3	79	97	62	76
Cu	1,28	1,31	12,8	13,1	0,9	0,9	1	2	1	2
Cr	0,29	0,35	2,89	3,45	0,025*	0,035*	12	14	8	10
Se	0,01	0,01	0,05	0,1	0,055	0,055	< 0,1	0,2	< 0,1	0,2
Mo	0,05	0,07	0,45	0,7	0,045	0,045	1	2	1	2

RDA – Recommended daily allowance (referenční hodnota příjmu), AI* – Adequate intake (adekvátní příjem). Věková kategorie 19 až 30 let, denní dávka nápoje 1 l.

Tab. 11. Příspěvky yerba mate k hodnotám RDA nebo AI po konzumaci vzorku Meta Mate Roasted

Analyt	Min hodnota	Max hodnota	Min denní příjem	Max denní příjem	RDA, AI*	RDA, AI*	Min. příspěvek k RDA, AI*	Max. příspěvek k RDA, AI*	Min. příspěvek k RDA, AI *	Max. příspěvek k RDA, AI*
	µg/g	µg/g	µg/den	µg/den	(Ž) mg/den	(M) mg/den	(Ž) [%]	(Ž) [%]	(M) [%]	(M) [%]
Na	2,77	3,37	27,7	33,7	1500*	1500*	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Mg	602	608	6020	6080	310	400	2	2	2	2
P	12,2	12,4	122	124	700	700	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
K	319	319	3190	3190	4700*	4700*	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Fe	6,06	10,4	60,6	104	18	8	0,3	0,6	0,8	1,3
Zn	11,9	12,4	119	124	8	11	2	2	1	1
Ca	0,17	0,19	1,67	1,85	1000	1000	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Mn	100	108	1000	1080	1,8	2,3	56	60	43	47
Cu	1,10	1,13	11	11,3	0,9	0,9	1	1	1	1
Cr	0,17	0,27	1,66	2,74	0,025*	0,035*	7	11	5	8
Se	0,007	0,007	0,07	0,07	0,055	0,055	0,1	0,1	0,1	0,1
Mo	0,03	0,06	0,33	0,58	0,045	0,045	0,7	1	0,7	1

RDA – Recommended daily allowance (referenční hodnota příjmu), AI* – Adequate intake (adekvátní příjem). Věková kategorie 19 až 30 let, denní dávka nápoje 1 l.

Tab. 12. Příspěvky yerba mate k hodnotám RDA nebo AI po konzumaci vzorku Mate Green Oxalis

Analyt	Min hodnota	Max hodnota	Min denní příjem	Max denní příjem	RDA, AI*	RDA, AI*	Min. příspěvek k RDA, AI*	Max. příspěvek k RDA, AI*	Min. příspěvek k RDA, AI *	Max. příspěvek k RDA, AI*
	µg/g	µg/g	µg/den	µg/den	(Ž) mg/den	(M) mg/den	(Ž) [%]	(Ž) [%]	(M) [%]	(M) [%]
Na	2,78	4,57	27,8	45,7	1500*	1500*	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Mg	795	802	7950	8020	310	400	3	3	2	2
P	13,1	13,9	131	139	700	700	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
K	317	319	3170	3190	4700*	4700*	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Fe	11,3	11,4	113	114	18	8	0,6	0,6	1	1
Zn	2,61	2,86	26,1	28,6	8	11	0,3	0,4	0,2	0,3
Ca	0,21	0,26	2130	2600	1000	1000	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Mn	231	234	2310	2340	1,8	2,3	128	130	100	102
Cu	2,82	3,50	28,2	35	0,9	0,9	3	4	3	4
Cr	0,24	0,43	2,42	4,29	0,025*	0,035*	10	17	7	12
Se	0,06	0,07	0,61	0,66	0,055	0,055	1	1	1	1
Mo	0,05	0,08	0,47	0,75	0,045	0,045	1	2	1	2

RDA – Recommended daily allowance (referenční hodnota příjmu), AI* – Adequate intake (adekvátní příjem). Věková kategorie 19 až 30 let, denní dávka nápoje 1 l.

Tab. 13. Příspěvky yerba mate k hodnotám RDA nebo AI po konzumaci vzorku Canarias Edición Especial

Analyt	Min hodnota	Max hodnota	Min denní příjem	Max denní příjem	RDA, AI*	RDA, AI*	Min. příspěvek k RDA, AI*	Max. příspěvek k RDA, AI*	Min. příspěvek k RDA, AI *	Max. příspěvek k RDA, AI*
	µg/g	µg/g	µg/den	µg/den	(Ž) mg/den	(M) mg/den	(Ž) [%]	(Ž) [%]	(M) [%]	(M) [%]
Na	3,14	3,28	31,4	32,8	1500*	1500*	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Mg	944	1080	9440	10800	310	400	3	3	2	3
P	9,7	10,8	97	108	700	700	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
K	318	319	3180	3190	4700*	4700*	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Fe	17,6	17,6	176	176	18	8	1	1	2	2
Zn	2,55	3,45	25,5	34,5	8	11	0,3	0,4	0,2	0,3
Ca	0,31	0,39	3,06	3,87	1000	1000	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Mn	337	395	3370	3950	1,8	2,3	187	219	147	172
Cu	3,92	4,60	39,2	46	0,9	0,9	4	5	4	5
Cr	0,42	0,53	4,23	5,33	0,025*	0,035*	17	21	12	15
Se	0,006	0,009	0,06	0,09	0,055	0,055	0,1	0,2	0,1	0,2
Mo	0,05	0,09	0,48	0,88	0,045	0,045	1	2	1	2

RDA – Recommended daily allowance (referenční hodnota příjmu), AI* – Adequate intake (adekvátní příjem). Věková kategorie 19 až 30 let, denní dávka nápoje 1 l.

Tab. 14. Příspěvky yerba mate k hodnotám RDA nebo AI po konzumaci vzorku Mate Rojo Tradicional

Analyt	Min hodnota	Max hodnota	Min denní příjem	Max denní příjem	RDA, AI*	RDA, AI*	Min. příspěvek k RDA, AI*	Max. příspěvek k RDA, AI*	Min. příspěvek k RDA, AI *	Max. příspěvek k RDA, AI*
	µg/g	µg/g	µg/den	µg/den	(Ž) mg/den	(M) mg/den	(Ž) [%]	(Ž) [%]	(M) [%]	(M) [%]
Na	3,07	4,5	30,7	45	1500*	1500*	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Mg	656	681	6560	6810	310	400	2	2	2	2
P	11,7	12,1	117	121	700	700	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
K	317	319	3170	3190	4700*	4700*	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Fe	11,6	13,8	116	138	18	8	0,6	0,8	1	2
Zn	2,71	2,81	27,1	28,1	8	11	0,3	0,4	0,2	0,3
Ca	0,20	0,26	2,03	2,55	1000	1000	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Mn	262	279	2620	2790	1,8	2,3	146	155	114	121
Cu	2,79	3,06	27,9	30,6	0,9	0,9	3	3	3	3
Cr	0,46	0,73	4,55	7,34	0,025*	0,035*	18	29	13	21
Se	0,011	0,014	0,11	0,14	0,055	0,055	0,2	0,3	0,2	0,3
Mo	0,03	0,06	0,31	0,6	0,045	0,045	0,7	1	0,7	1

RDA – Recommended daily allowance (referenční hodnota příjmu), AI* – Adequate intake (adekvátní příjem). Věková kategorie 19 až 30 let, denní dávka nápoje 1 l.

Tab. 15. Příspěvky yerba mate k hodnotám RDA nebo AI po konzumaci vzorku Pajarito Selección Especial

Analyt	Min hodnota	Max hodnota	Min denní příjem	Max denní příjem	RDA, AI*	RDA, AI*	Min. příspěvek k RDA, AI*	Max. příspěvek k RDA, AI*	Min. příspěvek k RDA, AI *	Max. příspěvek k RDA, AI*
	µg/g	µg/g	µg/den	µg/den	(Ž) mg/den	(M) mg/den	(Ž) [%]	(Ž) [%]	(M) [%]	(M) [%]
Na	2,39	3,98	23,9	39,8	1500*	1500*	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Mg	713	725	7130	7250	310	400	2	2	2	2
P	16,8	16,8	168	168	700	700	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
K	319	320	3190	3200	4700*	4700*	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Fe	11,7	15,5	117	155	18	8	0,7	0,9	1	2
Zn	3,81	4,36	38,1	43,6	8	11	0,5	0,5	0,3	0,4
Ca	0,21	0,25	2,13	2,52	1000	1000	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Mn	169	181	1690	1810	1,8	2,3	94	101	73	79
Cu	3,22	3,65	32,2	36,5	0,9	0,9	4	4	4	4
Cr	0,81	1,12	8,14	11,2	0,025*	0,035*	33	45	23	32
Se	0,02	0,02	0,19	0,20	0,055	0,055	0,3	0,4	0,3	0,4
Mo	0,06	0,09	0,60	0,89	0,045	0,045	1	2	1	2

RDA – Recommended daily allowance (referenční hodnota příjmu), AI* – Adequate intake (adekvátní příjem). Věková kategorie 19 až 30 let, denní dávka nápoje 1 l.

ZÁVĚR

V rámci této práce bylo analyzováno 6 vzorků yerba maté, které se lišily zemí původu a také metodou zpracování. Dva ze vzorků byly pražené, dva byly organicky pěstované a certifikované a dva vzorky vynikaly dlouhou dobou zrání (až 24 měsíců).

Bylo provedeno stanovení vlhkosti s naměřenými hodnotami v rozmezí 3,79–5,16 %. Všechny naměřené hodnoty splnily požadavky argentinské vyhlášky. Dále byl stanoven obsah popela s výsledky v rozmezí 5,34–6,36 %. Tyto hodnoty opět splňují požadavky vyhlášky.

Hlavním cílem práce bylo stanovení kofeinu a dalších xanthinových alkaloidů. Výsledky se pohybovaly v rozmezí 11,2–38,9 mg/100 ml pro kofein, 1,20–7,99 mg/100 ml pro theobromin a 1,68–22,7 mg/100 ml pro theofylin. Nebylo jednoznačně ověřeno, že by teplota luhování měla pozitivní, či negativní vliv na vyluhování zmíněných analytů. Zbytku vzorků se vymykal vzorek argentinský Mate Rojo, u kterého byla pozorována nižší míra vyluhování při vyšší teplotě. Takto tomu bylo i v případě stanovení volné aminokyseliny L-theaninu. Vzorky brazilské, které navíc neprošly procesem zrání, vykazovaly jednoznačně vyšší obsah L-theaninu a to včetně vzorků pražených.

Z analýzy prvků, která byla provedena metodou ICP-MS vyplývá, že při nižší teplotě je vyluhováno vyšší množství manganu, berrylia, kobaltu, galia, selenu, yttria, zirkonu, stříbra, antimonu, ceru, terbia, holmia, tantalu a thalia. Při vyšší teplotě naopak dojde k vyššímu vyluhování chromu a molybdenu. U toxických prvků byla zaznamenána vyšší míra extrakce při nižší teplotě u hliníku, niklu, kadmia, rtuti a olova. U vzorků organicky pěstovaných s certifikací byly pozorovány nižší hodnoty toxických stopových prvků.

Největší význam ze strany doporučeného denního příjmu má v nápoji mangan, kdy napříč všemi vzorky je konzument teoreticky schopen doplnit referenční dávku tohoto prvku konzumací 1 litru tohoto nápoje.

Pro následnou diplomovou práci je možno doporučit analyzovat na obsah prvků i listy yerba maté a stanovit tak koeficienty vyluhovatelnosti, analyzovat například polyfenolický profil, stanovit hodnoty antioxidačních aktivit apod.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ARÇARI, Demétrius P. et al., 2011. Anti-inflammatory effects of yerba maté extract (*Ilex paraguariensis*) ameliorate insulin resistance in mice with high fat diet-induced obesity. *Molecular and Cellular Endocrinology* [online]. **335**(2), 110-115 [cit. 2022-05-15]. ISSN 03037207. Dostupné z: doi:10.1016/j.mce.2011.01.003

BERTÉ, Kleber et al., 2014. Antioxidant Activity of Maté Tea and Effects of Processing. *Processing and Impact on Antioxidants in Beverages* [online]. Elsevier, 145-153 [cit. 2022-05-14]. ISBN 9780124047389. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-404738-9.00015-5

BLUM-SILVA, Carlos H. et al., 2015. The influence of leaf age on methylxanthines, total phenolic content, and free radical scavenging capacity of *Ilex paraguariensis* aqueous extracts. *Revista Brasileira de Farmacognosia* [online]. **25**(1), 1-6 [cit. 2022-05-15]. ISSN 0102695X. Dostupné z: doi:10.1016/j.bjp.2015.01.002

BOAVENTURA, Brunna Cristina Bremer et al., 2015. Effect of in vitro digestion of yerba mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.) extract on the cellular antioxidant activity, antiproliferative activity and cytotoxicity toward HepG2 cells. *Food Research International* [online]. **77**, 257-263 [cit. 2022-05-15]. ISSN 09639969. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodres.2015.05.004

BOROS, Klára, Nikoletta JEDLINSZKI a Dezső CSUPOR, 2016. Theanine and Caffeine content of infusions prepared from commercial tea samples. *Pharmacognosy Magazine* [online]. **12**(45) [cit. 2022-05-13]. ISSN 0973-1296. Dostupné z: doi:10.4103/0973-1296.176061

BRACESCO, N. et al., 2011. Recent advances on *Ilex paraguariensis* research: Minireview. *Journal of Ethnopharmacology*. **136**(3), 378-384. ISSN 03788741. Dostupné z: doi:10.1016/j.jep.2010.06.032

CABRAL, Andressa et al., 2018. Aquifoliaceae na Serra Negra, Minas Gerais, Brasil: cultivation systems, processing and chemical composition. A review. *Rodriguésia*. **69**(2), 805-814. ISSN 2175-7860. Dostupné z: doi:10.1590/2175-7860201869237

CAMOTTI BASTOS, Marília et al., 2018. Yerba mate: Nutrient levels and quality of the beverage depending on the harvest season. *Journal of Food Composition and Analysis*. **69**(1), 1-6. ISSN 08891575. Dostupné z: doi:10.1016/j.jfca.2018.01.019

CARDOZO JUNIOR, Euclides Lara et al., 2016. Interest of mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.) as a new natural functional food to preserve human cardiovascular health – A review: Minireview. *Journal of Functional Foods*. **21**(3), 440-454. ISSN 17564646. Dostupné z: doi:10.1016/j.jff.2015.12.010

CROGE, Camila Pereira et al., 2021. Yerba mate: cultivation systems, processing and chemical composition. A review. *Scientia Agricola*. **78**(5), R138-R151. ISSN 1678-992X. Dostupné z: doi:10.1590/1678-992x-2019-0259

ESMELINDRO, Maria Carolina et al., 2002. Caracterização físico-química da erva mate: influência das etapas do processamento industrial. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* [online]. **22**(2), 199-204 [cit. 2022-05-15]. ISSN 0101-2061. Dostupné z: doi:10.1590/S0101-20612002000200016

GAN, Ren-You et al., 2018. Health Benefits of Bioactive Compounds from the Genus *Ilex*, a Source of Traditional Caffeinated Beverages. *Nutrients* [online]. **10**(11) [cit. 2022-05-13]. ISSN 2072-6643. Dostupné z: doi:10.3390/nu10111682

GAWRON-GZELLA, Anna, Justyna CHANAJ-KACZMAREK a Judyta CIELECKA-PIONTEK, 2021. Yerba Mate—A Long but Current History. *Nutrients*. **13**(11). ISSN 2072-6643. Dostupné z: doi:10.3390/nu13113706

HECK, C.I. et al., 2007. Yerba Mate Tea (*Ilex paraguariensis*): A Comprehensive Review on Chemistry, Health Implications, and Technological Considerations. *Journal of Food Science*. **72**(9), R138-R151. ISSN 0022-1147. Dostupné z: doi:10.1111/j.1750-3841.2007.00535.x

HOLLOWATY, Santiago Alexi, Sergio Alejandro SURKAN, Valeria D. TRELA, German Darío BYCZKO a Miguel Eduardo SCHMALKO. Variation of physicochemical and sensory properties during the aging of yerba mate. *International Journal of Food Studies* [online]. 2014, **3**(2), 228-238 [cit. 2022-05-12]. ISSN 21821054. Dostupné z: doi:10.7455/ijfs/3.2.2014.a8

ISOLABELLA, Santiago et al., 2010. Study of the bioactive compounds variation during yerba mate (*Ilex paraguariensis*) processing. *Food Chemistry* [online]. **122**(3), 695-699 [cit. 2022-05-15]. ISSN 03088146. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2010.03.039

KALTBACH, Pedro et al., 2020. New HPTLC methods for analysis of major bioactive compounds in mate (*Ilex paraguariensis*) tea: An international survey in South America. *Journal of Food Composition and Analysis*. **92**(1), R138-R151. ISSN 08891575. Dostupné z: doi:10.1016/j.jfca.2020.103568

KIM, Sun-Young et al., 2015. Anti-obesity effects of Yerba Mate (*Ilex Paraguariensis*): a randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. *BMC Complementary and Alternative Medicine*. **15**(1), R138-R151. ISSN 1472-6882. Dostupné z: doi:10.1186/s12906-015-0859-1

KOLÁČKOVÁ, Tereza et al., 2020. Free and bound amino acids, minerals and trace elements in matcha (*Camellia sinensis* L.): A nutritional evaluation. *Journal of Food Composition and Analysis* [online]. **92** [cit. 2022-05-19]. ISSN 08891575. Dostupné z: doi:10.1016/j.jfca.2020.103581

MAGRI, Ederlan et al., 2021. Cadmium and lead concentrations in yerba mate leaves from agroforestry and plantation systems: An international survey in South America. *Journal of Food Composition and Analysis*. **96**(1), R138-R151. ISSN 08891575. Dostupné z: doi:10.1016/j.jfca.2020.103702

MATEOS, Raquel et al., 2018. Improved LC-MSn characterization of hydroxycinnamic acid derivatives and flavonols in different commercial mate (*Ilex paraguariensis*) brands. Quantification of polyphenols, methylxanthines, and antioxidant activity. *Food Chemistry* [online]. **241**, 232-241 [cit. 2022-05-17]. ISSN 03088146. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2017.08.085

MILANI, Raquel F., Marcelo A. MORGANO a Solange CADORE, 2016. Trace elements in *Camellia sinensis* marketed in southeastern Brazil: Extraction from tea leaves to beverages and dietary exposure. *LWT - Food Science and Technology* [online]. **68**, 491-498 [cit. 2022-05-19]. ISSN 00236438. Dostupné z: doi:10.1016/j.lwt.2015.12.041

MOTTA, Antônio Carlos Vargas et al., 2020. Elemental composition of yerba mate (*Ilex paraguariensis* A.St.-Hil.) under low input systems of southern Brazil: Nutrient levels and quality of the beverage depending on the harvest season. *Science of The Total Environment*. **736**(1), 1-6. ISSN 00489697. Dostupné z: doi:10.1016/j.scitotenv.2020.139637

OPLETAL, Lubomír. *Přírodní látky a jejich biologická aktivita*. Praha: Karolinum, 2016. ISBN 978-80-246-2084-8.

PERES, Renato et al., 2013. HPLC-DAD-ESI/MS Identification and Quantification of Phenolic Compounds in *Ilex paraguariensis* Beverages and On-Line Evaluation of Individual Antioxidant Activity. *Molecules* [online]. **18**(4), 3859-3871 [cit. 2022-05-15]. ISSN 1420-3049. Dostupné z: doi:10.3390/molecules18043859

PROCH, Jędrzej, Aleksandra ORŁOWSKA a Przemysław NIEDZIELSKI, 2021. Elemental and Speciation Analyses of Different Brands of Yerba Mate (*Ilex paraguariensis*). *Foods* [online]. **10**(12) [cit. 2022-05-13]. ISSN 2304-8158. Dostupné z: doi:10.3390/foods10122925

SCHMALKO, Miguel E. a Stella M. ALZAMORA, 2007. COLOR, CHLOROPHYLL, CAFFEINE, AND WATER CONTENT VARIATION DURING YERBA MATÉ PROCESSING. *Drying Technology* [online]. **19**(3-4), 599-610 [cit. 2022-05-15]. ISSN 0737-3937. Dostupné z: doi:10.1081/DRT-100103937

SCHUSTER, Julius a Ellen S. MITCHELL, 2019. More than just caffeine: psychopharmacology of methylxanthine interactions with plant-derived phytochemicals. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry* [online]. **89**, 263-274 [cit. 2022-05-15]. ISSN 02785846. Dostupné z: doi:10.1016/j.pnpbp.2018.09.005

SHAHIDI, Fereidoon a Priyatharini AMBIGAIPALAN. Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects – A review. *Journal of Functional Foods* [online]. 2015, **18**, 820-897 [cit. 2022-05-8]. ISSN 17564646. Dostupné z: doi:10.1016/j.jff.2015.06.018

SUMCZYNSKI, Daniela et al., 2018. 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]. **264**, 386-392 [cit. 2022-05-13]. ISSN 03088146. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2018.05.061

TAMURA, Akiko et al., 2013. Yerba-mate (*Ilex paraguariensis*) extract prevents ethanol-induced liver injury in rats. *Journal of Functional Foods* [online]. **5**(4), 1714-1723 [cit. 2022-05-15]. ISSN 17564646. Dostupné z: doi:10.1016/j.jff.2013.07.017

TSAI, Tsung-Hsien et al., 2010. In vitro antimicrobial and anti-inflammatory effects of herbs against *Propionibacterium acnes*. *Food Chemistry* [online]. **119**(3), 964-968 [cit. 2022-05-15]. ISSN 03088146. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2009.07.062

VALERGA, Julia, Mario RETA a Maria Cecilia LANARI, 2012. Polyphenol input to the antioxidant activity of yerba mate (*Ilex paraguariensis*) extracts. *LWT - Food Science and Technology* [online]. **45**(1), 28-35 [cit. 2022-05-15]. ISSN 00236438. Dostupné z: doi:10.1016/j.lwt.2011.07.022

VOGT, Gilcimar Adriano, Gilberto NEPPEL a Adriano Martinho de SOUZA. The mate activity in North Plateau, Santa Catarina state: the geographical indication as an alternative to valorization of yerba mate. *Desenvolvimento Regional em debate* [online]. 2016, **6**(2), 64-87 [cit. 2022-05-12]. ISSN 2237-9029. Dostupné z: doi:10.24302/drd.v6i2.1205. Originál v portugalsštině „A atividade ervateira no Planalto Norte Catarinense: a indicação geográfica como alternativa para a (re)valorização do produto erva-mate“, anglický abstrakt.

ČSN ISO 1573 (580412). *Čaj. Stanovení ztráty hmotnosti při 103 °C*. Praha: Český normalizační institut, 1996.

ČSN ISO 1575 (580414). *Čaj. Stanovení celkového popela*. Praha: Český normalizační institut, 1996.

RESOLUCIÓN 11 / 2017. *REGLAMENTO DE SECANZA DE LA YERBA MATE*. Posadas, Misiones: INSTITUTO NACIONAL DE LA YERBA MATE, 2017.

IOM 1997 - *Dietary Reference Intakes for Calcium, Phosphorus, Magnesium, Vitamin D, and Fluoride* [online]. [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: doi:10.17226/5776

IRAM 20530. *Yerba mate elaborada*. Buenos Aires: Instituto Argentino de Normalización y Certificación, 2006.

IOM 2001 - *Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc* [online]. [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: doi:10.17226/10026

IOM 2005 - *Dietary Reference Intakes for Water, Potassium, Sodium, Chloride, and Sulfate* [online]. [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: doi:10.17226/10925

IRAM 20514. *Yerba Mate - Determinación del contenido de palo*. Posadas, Misiones, 2020.

Instituto Nacional de la Yerba Mate [INYM], Ley 25.564, Resolución 11/2017,
ARTÍCULO 11° - HUMEDAD

[1] Yerba maté *Ilex paraguariensis* A.St.-Hil. *Semantic Scholar* [online]. [cit. 2022-05-13].
Dostupné z: <https://www.semanticscholar.org/paper/Yerba-mat%C3%A9-Ilex-paraguariensis-A.St.-Hil.-Bert%C3%A9-Rucker/77bdce972082121e71124eaf1912d35fc92cf996>

[2] *BioLib.cz* [online]. [cit. 2022-05-02]. Dostupné z:
<https://www.biolib.cz/cz/taxon/id62181/>

[3] Otros 4 lugares para inscribir yerbales y productores. In: *INYM: Instituto Nacional de la Yerba Mate* [online]. 3. 5. 2017 [cit. 2022-05-12]. Dostupné z:
<https://inym.org.ar/noticias/institucionales/78350-otros-4-lugares-para-inscribir-yerbales-y-productores.html>

[4] VOGT, Gilcimar Adriano, Gilberto NEPPEL a Adriano Martinho de SOUZA. The mate activity in North Plateau, Santa Catarina state: the geographical indication as an alternative to valorization of yerba mate. *Desenvolvimento Regional em debate* [online]. 2016, 6(2), 64-87 [cit. 2022-05-12]. ISSN 2237-9029. Dostupné z: doi:10.24302/drd.v6i2.1205. Originál v portugalštině „A atividade ervateira no Planalto Norte Catarinense: a indicação geográfica como alternativa para a (re)valorização do produto erva-mate“, anglický abstrakt.

[5] *Yerba Mate Romance: Tereré, rito y códigos* [online]. Buenos Aires, Argentina, 2022 [cit. 2022-05-08]. Dostupné z: <https://www.yerbamateromance.com.ar/blog/tererere-rito-y-codigos/>

[6] Tereré, mate frío contra el calor. In: *Blog de Yerba Mate Romance* [online]. 2018 [cit. 2022-05-12]. Dostupné z: <https://www.yerbamateromance.com.ar/blog/tererere-el-mate-frio/>

[7] *Piju Mate: Yerba maté Chimarrao* [online]. 2021 [cit. 2022-05-08]. Dostupné z: <https://www.pijumate.cz/clanky-o-yerba-mate/yerba-mate-chimarrao-priprava-historie/>

[8] O que é o Chimarrão. In: *Erva-mate para Chimarrão e Tereré* [online]. 2020 [cit. 2022-05-12]. Dostupné z: <https://ervagaucha.com.br/o-que-e-chimarrao-e-como-preparar/>

[9] *La Ruta de la Yerba Mate* [online]. 2011 [cit. 2022-05-08]. Dostupné z: <https://www.rutadelayerbamate.org.ar/yerba-mate/hacer-un-buen-mate/>

[10] BENAYAS, Marta. 'Yerba mate', la bebida argentina que promete convertirse en tu aliada de belleza. In: *El Mundo* [online]. 22. 11. 2018 [cit. 2022-05-12]. Dostupné z: <https://www.elmundo.es/yodona/belleza/2018/11/22/5bf6af8c46163f551a8b45e1.html>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

IRAM – Instituto Argentino de Normalización y Certificación (původně Instituto de Racionalización Argentino de Materiales) je orgán zajišťující technické normy na území Argentiny. Tento systém norem podléhá požadavkům ISO norem, je možné jej připodobnit k platným ČSN normám v ČR.

Instituto Argentino de Normalización y Certificación [online]. Buenos Aires, Argentina [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://www.iram.org.ar/institucional/quienes-somos/>

INYM – Instituto Nacional de la Yerba Mate je nestátní argentinská organizace zajišťující veškeré kroky produkce yerba maté, od pěstování až po distribuci. Cílem je podporovat a posilovat rozvoj výroby, zpracování, industrializace, komercializace a spotřeby yerba mate.

Instituto Nacional de la Yerba Mate [online]. Posadas, Misiones, Argentina [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://inym.org.ar/>

HPLC – High Performance Liquid Chromatography (vysokoučinná kapalinová chromatografie)

PAU – polycyklické aromatické uhlovodíky

GAE – gallic acid equivalent (ekvivalent kyseliny gallové); za pomoci kalibrační křivky pro kyselinu gallovou se vyhodnocuje celkový obsah polyfenolů

TE – Trolox equivalent, Trolox je standardem pro vyhodnocení celkové antioxidační kapacity (hladiny antioxidantů)

ČSN – České technické normy

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Ilex paraguariensis</i> A. St. Hill. [1].....	10
<i>Obr. 2. Plantáž rostlin Ilex paraguariensis</i> [3].....	11
<i>Obr. 3. Mapa přirozeného výskytu Ilex paraguariensis</i> [4].....	12
<i>Obr. 4. Tereré</i> [6].....	17
<i>Obr. 5. Chimarrão</i> [8].....	18
<i>Obr. 6. Yerba maté</i> [10].....	19
<i>Obr. 7. Graf obsahu kofeinu ve vzorcích</i>	36
<i>Obr. 8. Graf obsahu theobrominu ve vzorcích</i>	37
<i>Obr. 9. Graf obsahu theofylinu ve vzorcích</i>	38
<i>Obr. 10. Graf obsahu L-theaninu ve vzorcích</i>	39

SEZNAM TABULEK

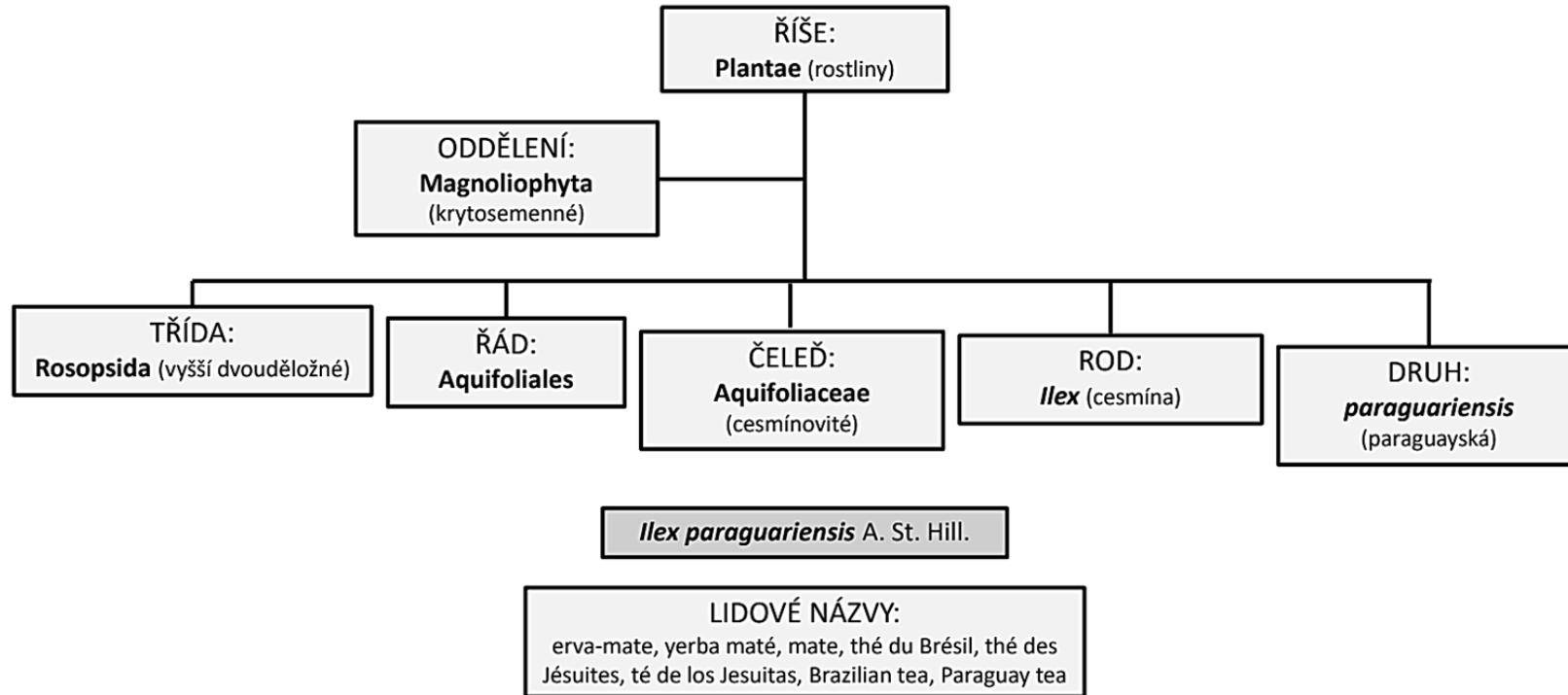
<i>Tab. 1.</i> Složení poměrů mobilních fází během eluce.....	32
<i>Tab. 2.</i> Obsah vlhkosti ve vzorcích v hmotn. %	34
<i>Tab. 3.</i> Obsah popela ve vzorcích v hmotn. %	35
<i>Tab. 4.</i> Výsledky stanovení makro a mikroprvků ve vyluzích pražených yerba maté	40
<i>Tab. 5.</i> Výsledky stanovení stopových prvků ve vyluzích pražených yerba maté	41
<i>Tab. 6.</i> Výsledky stanovení toxických stopových prvků ve vyluzích pražených yerba maté	43
<i>Tab. 7.</i> Výsledky stanovení makro a mikroprvků ve vyluzích yerba maté	44
<i>Tab. 8.</i> Výsledky stanovení stopových prvků ve vyluzích yerba maté.....	45
<i>Tab. 9.</i> Výsledky stanovení toxických stopových prvků ve vyluzích yerba maté.....	47
<i>Tab. 10.</i> Příspěvky yerba mate k hodnotám RDA nebo AI po konzumaci vzorku Mate Roasted Oxalis	51
<i>Tab. 11.</i> Příspěvky yerba mate k hodnotám RDA nebo AI po konzumaci vzorku Meta Mate Roasted.....	52
<i>Tab. 12.</i> Příspěvky yerba mate k hodnotám RDA nebo AI po konzumaci vzorku Mate Green Oxalis	53
<i>Tab. 13.</i> Příspěvky yerba mate k hodnotám RDA nebo AI po konzumaci vzorku Canarias Edición Especial	54
<i>Tab. 14.</i> Příspěvky yerba mate k hodnotám RDA nebo AI po konzumaci vzorku Mate Rojo Tradicional	55
<i>Tab. 15.</i> Příspěvky yerba mate k hodnotám RDA nebo AI po konzumaci vzorku Pajarito Selección Especial	56

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Botanické zařazení

Příloha P II: Schéma procesu zpracování

PŘÍLOHA P I: BOTANICKÉ ZAŘAZENÍ



Botanické zařazení yerba maté (Bracesco et al., 2011; Cabral et al., 2018) *upraveno*

PŘÍLOHA P II: SCHÉMA PROCESU ZPRACOVÁNÍ

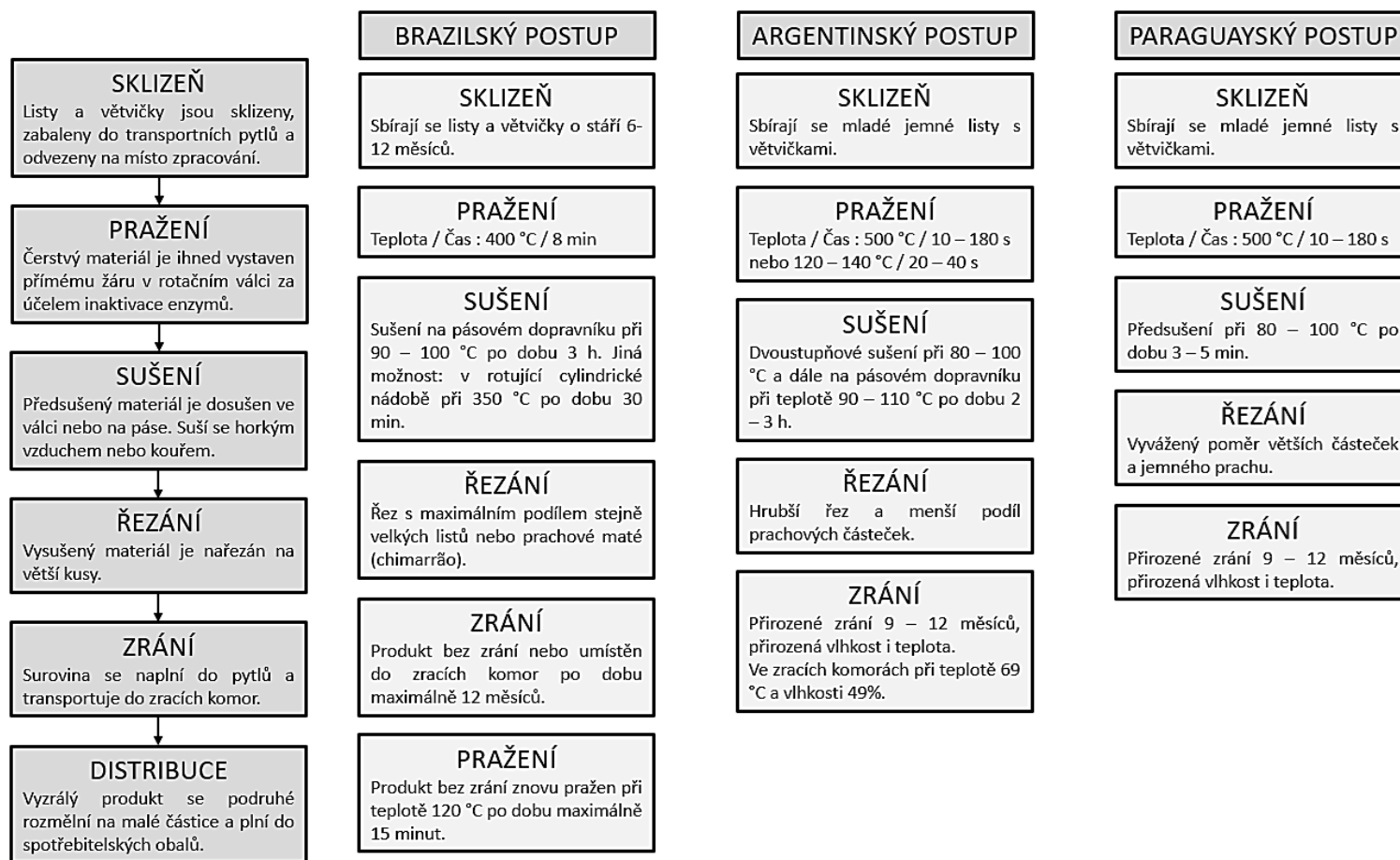


Schéma zpracování yerba maté a specifika pro produkující země

(Esmelindro et al., 2002; Schmalko & Alzamora, 2001; Valerga et al., 2012) *upraveno*