

UNIVERZITA PARDUBICE

Fakulta chemicko-technologická

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2025

Miroslav Lýsek

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická

Třísloviny v čajích a bylinných nápojích
Bakalářská práce

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická
Akademický rok: 2024/2025

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Miroslav Lýsek**
Osobní číslo: **C22151**
Studijní program: **B0531A130024 Hodnocení a analýza potravin**
Téma práce: **Třísloviny v čajích a bylinných nápojích**
Téma práce anglicky: **Tannins in teas and herbal drinks**
Zadávací katedra: **Katedra analytické chemie**

Zásady pro vypracování

- Provedte literární rešerši zaměřenou na problematiku čajů a bylinných nápojů se zaměřením na třísloviny.
- Prezentujte základní postupy při zpracování čajů a přípravě bylinných nápojů (odvarů). Definiujte termín třísloviny a popište a charakterizujte základní třísloviny vyskytující se v čajích a bylinných nápojích. Diskutujte rozdíly ve složení tříslovin v nápojích v závislosti na způsobu přípravy daného nápoje.
- Diskutujte zdravotní aspekty související s konzumací uvedených nápojů se zaměřením na vliv tříslovin, a to jak benefity, tak především možná zdravotní rizika.

Rozsah pracovní zprávy:
Rozsah grafických prací:
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

Podle pokynů vedoucího práce.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Martin Adam, Ph.D.**
Katedra analytické chemie

Datum zadání bakalářské práce: **7. února 2025**

Termín odevzdání bakalářské práce: **1. července 2025**

prof. Ing. Petr Němec, Ph.D. v.r.
děkan

L.S.

doc. Ing. Petr Česla, Ph.D. v.r.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 20. února 2025

Prohlašuji:

Práci s názvem Třísloviny v čajích a bylinných nápojích jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 24. 6. 2025

Miroslav Lýsek v.r.

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat svému vedoucímu doc. Ing. Martinu Adamovi, Ph.D. za odborné vedení, rady a pomoc při psaní této bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat doc. Ing. Liboru Červenkovvi, Ph.D. za odbornou konzultaci k senzorické analýze.

Rád bych také poděkoval své rodině a přítelkyni za podporu během celého studia.

ANOTACE

Tato bakalářská práce zkoumá problematiku čajů a bylinných nápojů s hlavním zaměřením na třísloviny. Práce zahrnuje literární rešerši, která poskytuje teoretický základ pro danou oblast. Dále jsou popsány základní postupy zpracování a přípravy čajů a bylinných nápojů. V rámci práce je definována a charakterizována povaha tříslovin, včetně popisu a vlastností základních typů přítomných v těchto nápojích. Diskutovány jsou i rozdíly ve složení tříslovin v závislosti na způsobu přípravy. Součástí práce je také diskuze o zdravotních aspektech konzumace zmíněných nápojů. Práce tak poskytuje ucelený pohled na význam tříslovin v čajích a bylinných nápojích. Poznatky z teoretické části byly ověřeny prostřednictvím senzoričké analýzy, která potvrdila vliv způsobu přípravy na výsledné složení tříslovin v čaji.

KLÍČOVÁ SLOVA

Čaj, třísloviny, taniny, senzoričká analýza, zdravotní rizika, zdravotní benefity

TITLE

Tannins in teas and herbal drinks

ANNOTATION

This bachelor thesis examines the issue of teas and herbal beverages with a focus on tannins. The thesis includes extensive literature research, which provides a theoretical basis for the given area. Additionally, the basic procedures for the processing and preparation of teas and herbal beverages are described. The thesis defines and characterises the nature of tannins, including a description and properties of the basic types present in these beverages. Differences in the composition of tannins, depending on the method of preparation, are also discussed. The thesis also includes a discussion of the health aspects of consuming these beverages. Thus, the thesis provides a comprehensive view of the importance of tannins in teas and herbal beverages. The theoretical findings were verified by sensory analysis, which confirmed the influence of the method of preparation on the final composition of tannins in tea.

KEYWORDS

Tea, tannins, sensory analysis, health risks, health benefits

OBSAH

SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK.....	11
SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK	12
ÚVOD.....	13
1 TEORETICKÁ ČÁST	14
1.1 Čaj pravý.....	14
1.1.1 Základní dělení čajů.....	15
1.1.1.1 Zelený čaj.....	15
1.1.1.2 Oolong	15
1.1.1.3 Černý čaj	16
1.1.2 Moderní technologické zpracování.....	17
1.1.2.1 CTC technologie	17
1.1.2.2 LTP technologie.....	17
1.1.3 Bylinné nápoje a ovocné čaje	17
1.2 Obecná charakteristika tříslovin	18
1.2.1 Chemická struktura a klasifikace.....	18
1.2.1.1 Hydrolyzovatelné třísloviny	18
1.2.1.2 Kondenzované třísloviny	19
1.2.2 Výskyt tříslovin.....	22
1.2.3 Typy tříslovin v čajích a bylinných nápojích.....	22
1.3 Metody přípravy nápojů.....	22
1.3.1 Louhování	22
1.3.2 Macerace	23
1.3.3 Instantní čaj.....	23
1.3.4 Vliv způsobu přípravy na obsah a složení tříslovin.....	23
1.3.4.1 Vliv technologie přípravy čaje.....	23
1.3.4.2 Vliv přípravy nálevu	24
1.4 Zdravotní aspekty konzumace tříslovin	24

1.4.1	Benefity tříslovin z hlediska lidského zdraví.....	24
1.4.1.1	Antioxidační účinky.....	24
1.4.1.2	Prevence proti rakovině	24
1.4.1.3	Adstringentní účinek.....	25
1.4.1.4	Hemostatický účinek.....	25
1.4.1.5	Antivirový, antibakteriální a antiparazitální účinek	25
1.4.1.6	Podpora kardiovaskulárního systému	25
1.4.2	Možná zdravotní rizika spojená s příjmem tříslovin	25
1.5	Senzorická analýza	26
1.5.1	Základní pojmy	26
1.5.2	Smyslové vnímání.....	27
1.5.2.1	Chuťový smysl.....	27
1.5.2.1.1	<i>Trpkost</i>	27
1.5.2.1.2	<i>Hořkost</i>	27
1.5.2.2	Čichový smysl.....	27
1.5.2.3	Zrakový smysl.....	27
1.5.3	Psychometrika.....	28
1.5.4	Postupy a principy	28
1.5.4.1	Příprava.....	28
1.5.4.2	Hodnocení.....	28
1.5.4.3	Vyhodnocení.....	29
2	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	30
2.1	Zvolená senzorická analýza	30
2.2	Příprava čajů	30
2.3	Instrukce k hodnocení	31
2.4	Výsledky	31
2.4.1	Vzorek 80 °C, 3 minuty	32

2.4.2	Vzorek 80 °C, 10 minut	33
2.4.3	Vzorek 100 °C, 3 minuty	34
2.4.4	Vzorek 100 °C, 10 minut	35
2.4.5	Porovnání vzorků	36
2.5	Diskuze	38
3	ZÁVĚR	39
	SEZNAM PŘÍLOH.....	43

SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK

Obrázek 1 <i>Camellia sinensis</i>	14
Obrázek 2 Vlevo – kyselina třísllová (příklad gallotaninu); vpravo – kastalagin (příklad ellagotaninu)	19
Obrázek 3 Vlevo – kyselina gallová; vpravo – kyselina ellagová.....	19
Obrázek 4 Struktura 3 – flavanolu (flavan-3-ol)	20
Obrázek 5 Vlevo – struktura katechin a gallokatechinu; vpravo – struktura epikatechinu a epigallokatechinu	21
Obrázek 6 Vlevo – struktura katechingallátu a gallokatechingallátu; vpravo – struktura epikatechingallátu a epigallokatechingallátu	21
Obrázek 8 Vzorek T365 – čaj louhovaný při 80 °C po dobu 3 minut.....	32
Obrázek 9 Vzorek T282 – čaj louhovaný při 80 °C po dobu 10 minut	33
Obrázek 10 Vzorek T413 – čaj louhovaný při 100 °C po dobu 3 minut	34
Obrázek 11 Vzorek T871 – čaj louhovaný při 100 °C po dobu 10 minut	35
Obrázek 12 Intenzitní porovnání atributů mezi jednotlivými vzorky.....	36
Obrázek 13 Graf oblíbenosti typů čaje	38
Tabulka 1 Přehled intenzitních hodnot – čaj 80 °C, 3 minuty. (H=hodnotitel).....	32
Tabulka 2 Přehled intenzitních hodnot – čaj 80 °C, 10 minut (H=hodnotitel).....	33
Tabulka 3 Přehled intenzitních hodnot – čaj 100 °C, 3 minuty (H=hodnotitel).....	34
Tabulka 4 Přehled intenzitních hodnot – čaj 100 °C, 10 minut (H=hodnotitel).....	35
Tabulka 5 Výčet průměrných hodnot pro graf intenzit (obrázek 15) s přiřazením kódu k čaji připraveného za určených podmínek.	37
Tabulka 6 Přehled odpovědí k demografickým otázkám	37
Tabulka 7 Četnost konzumace čaje mezi hodnotiteli	38

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

CTC	drtit, trhat, rolovat (<i>Crush, Tear, Curl</i>)
LTP	(<i>Lawrie Tea Processor</i>)
C	katechin (catechin)
EC	epikatechin (epicatechin)
EGC	epigallokatechin (epigallocatechin)
ECG	epikatechingallát (epicatechingallate)
EGCG	epigallokatechingallát (epigallocatechingallate)
GC	gallokatechin (gallocatechin)

ÚVOD

Čaj je nápoj, jehož konzumace u lidí sahá až do daleké historie. Stal se nedílnou součástí mnoha zvyků a kultur. Svou oblibu si získal nejen pro svou chuť a vůni, ale i pro své blahodárné účinky na lidský organismus. Těmito účinky se mimo jiné tato práce zabývá zejména z hlediska tříslovin, které v těchto nápojích tvoří významnou složku. Tyto látky ovlivňují jak sensorické vlastnosti, tak i biologickou aktivitu nápoje. Obsah tříslovin ovlivňuje i výslednou chuť nálevu čaje. Proto je klíčový postup při jeho přípravě.

1 TEORETICKÁ ČÁST

1.1 Čaj pravý

Pod pojmem „pravý čaj“ se rozumí nápoj připravený z mladých výhonků rostliny *Camellia sinensis* (viz obr. 1). Čajovník, který patří do čeledi *Theaceae* je stálezelený subtropický keř, řadící se do rodu *Camellia*. Tento rod zahrnuje přibližně 50 různých druhů, avšak z hospodářského hlediska je významný pouze jeden z nich, a to *Camellia sinensis* (L.) Kuntze, dříve známý také pod synonymem *Thea sinensis* L [1; 2].



Obrázek 1 *Camellia sinensis* [3]

Pěstitelé čajovník obvykle rozdělují do tří základních skupin, které se označují jako tzv. „džáty,“ podle jejich botanických a geografických charakteristik na čínské, asámské a indočínské. Každá z těchto skupin se vyznačuje odlišnými morfologickými i agronomickými charakteristikami, jako jsou například tvar a velikost listů, nároky na pěstební podmínky či chuťové vlastnosti výsledného nálevu. Aby se rostlině dařilo v různých pěstitelských podmínkách, je možné tyto dvě odrůdy křížit a vytvářet tak nové kultivary. [1; 2; 4].

Po sklizni prochází čajové listy různými technologickými procesy, na jejichž základě vznikají specifické typy čaje [1; 2; 5].

1.1.1 Základní dělení čajů

Mezi hlavní výrobní druhy patří:

- Černý čaj – plně fermentovaný, vyráběný buď ortodoxním způsobem, nebo pomocí moderních technologií, jako jsou metody CTC (Crush, Tear, Curl) či LTP (Lawrie Tea Processor).
- Zelený čaj – nefermentovaný, u něž se fermentace zastavuje krátce po sklizni zahřátím.
- Polozelený (žlutozelený, oolong) – částečně fermentovaný čaj, který se nachází na pomezí mezi čajem zeleným a černým, jak svou chutí, tak i barvou nálevu [1; 2].

1.1.1.1 Zelený čaj

Při výrobě zeleného čaje nedochází k fermentaci čajových lístků. Bezprostředně po sklizni nejmladších výhonků zvaných fleše se lístky krátce spaří vodou o teplotě 85–90 °C po dobu přibližně 45 až 60 sekund, čímž se deaktivují enzymy, které by jinak zahájily fermentační proces. Následně jsou lístky zpevněny a sušeny horkým vzduchem při teplotě 90–110 °C po dobu zhruba 40–50 minut, během čehož se jejich vlhkost sníží z původních 76 % na přibližně 50 %. Poté následuje proces svinování, který se provádí v tzv. rollerech, specializovaných svinovacích strojích, jež mechanicky tvarují lístky a napomáhají uvolňování šťávy. Po svinování probíhá další sušení při 50–60 °C po dobu 30–40 minut, čímž se vlhkost dále snižuje na asi 30 %. Třetí fáze sušení probíhá v horké pánvi, kde se lístky zároveň znovu svinují a suší při teplotě 80–90 °C po dobu přibližně 40 minut. Poslední fáze zahrnuje dosušení při teplotě kolem 80 °C, kde finální vlhkost klesá na přibližně 6 % [1; 2; 5].

1.1.1.2 Oolong

Oolong, známý také jako žlutozelený čaj, je částečně fermentovaný. K jeho výrobě se používají plně vyztřelé výhonky. Prvním krokem je zavaznutí lístků na slunci, kdy se rozloží na bambusové podložky a několikrát otočí. Jakmile ztratí 10–20 % vlhkosti a změkknou, přemístí se do interiéru, kde probíhá opakované otáčení.

To způsobuje mechanické poškození buněk, zejména na okrajích listů, a uvolněné enzymy spouští fermentaci. U kvalitních čajů se tento proces provádí ručně na bambusových podnosech. Otáčení trvá 6–8 hodin při teplotě 20–25 °C a relativní vlhkosti 75–85 %. Okraje listů postupně získávají načervenalý odstín. [1; 2].

Jakmile fermentace dosáhne požadované úrovně, proces se zastaví krátkým zahřátím na pánvi při 180–220 °C po dobu 3–7 minut, čímž se deaktivují enzymy. Míra fermentace se liší podle

zpracované odrůdy čaje a stylu výroby. Nejvyšší stupně fermentace se pohybují od 85–90 % jak je tomu například u odrůdy Da Hong Pao. Následně se lístky válcují 2–3krát pod mírným tlakem. [1; 2; 6].

Sušení probíhá ve dvou krocích. Nejprve se lístky rychle usuší při vyšší teplotě, poté následuje dosušení při nižší teplotě, obvykle na bambusových koších nebo v sušicích zařízeních [1; 2].

1.1.1.3 Černý čaj

V období dynastie Ming se kvůli ztráty kvality čaje během přepravy z Číny do Evropy začal používat způsob konzervace listů fermentací.[7]

Po sklizni prochází čajové listy během zpracování několika postupnými kroky. Nejprve se nechávají zavadnout, což se obvykle provádí v širokých, krytých žlabech umožňujících proudění vzduchu skrze vrstvu listů. Zavádání probíhá za použití okolního nebo mírně ohřátého vzduchu po dobu přibližně 12 až 16 hodin, čímž se obsah vlhkosti v listech sníží na 50 až 70 % [1; 2].

Následuje mechanické svinování listů na rollerech. Tento proces narušuje buněčné struktury listů a uvolňuje buněčné šťávy, čímž dochází k promísení enzymů s fenolickými látkami, a tím se zahajuje fermentace. Ve skutečnosti se spíše než o fermentaci jedná o enzymatický oxidační proces.

Oxidační proces probíhá při teplotách mezi 18 a 24 °C a jeho délka se pohybuje od 40 minut do několika hodin v závislosti na požadované kvalitě čaje. Během oxidace dochází k výrazným chemickým a fyzikálním změnám, kdy původně hořké třísloviny se enzymatickým působením mění na sloučeniny se svíravější, ale příjemnější chutí. Tento proces začíná oxidací kyseliny L-askorbové na L-dehydroaskorbovou kyselinu a peroxid vodíku. Peroxid následně společně s enzymem peroxidázou podporuje oxidaci polyfenolů, zejména katechinů. Typickým vizuálním znakem správně probíhající oxidace je změna barvy listů ze zelené na tmavě hnědou.

Jakmile je dosaženo požadovaného stupně oxidace, proces se ukončí zahřátím čajových listů na teplotu kolem 100 °C, čímž se deaktivují enzymy. Poté následuje dosušení při nižších teplotách, nejčastěji okolo 65 °C, za účelem dosažení finální vlhkosti potřebné pro skladování [1; 2; 5].

Posledním krokem při zpracování černého čaje je třídění listů podle velikosti částic a odstranění nežádoucích příměsí, jako jsou stonky a vlákna. Tento proces se provádí pomocí vibračních sít.

Výsledné třídění určuje konečné zařazení čaje do jednotlivých kvalitativních kategorií, především na základě velikosti částic. Po zpracování se černý čaj třídí podle velikosti do čtyř hlavních kategorií: celé listy, zlomky, čajové drtě a prach. V angličtině se tyto třídy označují jako whole leaf, broken leaf, fannings a dust, přičemž v obchodní praxi se běžně používají anglické termíny [1; 2].

1.1.2 Moderní technologické zpracování

V současné době se kromě ortodoxních metod zpracování čaje používají i modernější způsoby, jako jsou CTC a LTP technologie [1; 2].

1.1.2.1 CTC technologie

Zkratka CTC znamená „Crushing, Tearing, Curling“. Jde o moderní způsob zpracování, při kterém se čajové listy mechanicky upravují na speciálně konstruovaném rolleru, který je současně mačká, trhá a svinuje. Nejeftivnější zpracování se dosahuje u listů s vlhkostí kolem 68–70 %. Aby se předešlo přehřátí a snížení vlhkosti čaje, je potřeba zařízení chladit vzduchem. Po této fázi následuje obvyklá fermentace a sušení. Díky intenzivnějšímu uvolňování buněčné šťávy a vyšší enzymatické aktivitě oproti tradičnímu způsobu jsou výsledkem čaje s vysokou intenzitou barvení nálevu, což je činí velmi vhodnými pro výrobu čajových sáčků [1; 2; 8].

1.1.2.2 LTP technologie

Zkratka LTP označuje přístroj „Lawrie Tea Processor“, nesoucí název po jeho vynálezci. Jedná se o zjednodušený a ekonomicky výhodný způsob zpracování čaje. Tento proces je hojně využíván především pro výrobu čajů určených do sáčků, jelikož produkují částice listů ve velikosti čajových drtí a prachu. V rámci této metody se zavádějí čajové lístky před samotným zpracováním v LTP stroji často nejdříve srovnají. Následně dojde k jejich roztrhání na malé kousky za pomoci vysokorychlostních rotačních nožů. Po této fázi pokračuje výroba čaje standardními kroky, tedy fermentací, sušením a tříděním. Technologie umožňuje zpracovávat velké objemy suroviny, ale vyžaduje optimální vlhkost listů. Pokud vlhkost přesáhne 71 %, zpracování se stává méně efektivním a může docházet k nežádoucímu přehřívání [1; 2; 9].

1.1.3 Bylinné nápoje a ovocné čaje

Označení bylinný čaj může nést pouze čaj obsahující části bylin, například květy, plody, semena nebo jejich směs. V případě, že byliny tvoří pouze část směsi, musí tento podíl činit alespoň 50 % hmotnosti.

Jako ovocný čaj se považuje čaj ze sušeného ovoce. Ve směsi s jinými sušenými částmi rostlin nebo přímo s čajem pravým musí obsah ovoce tvořit alespoň 50 % hmotnosti.

Existují určitá omezení pro použití některých druhů rostlin a jejich částí. Důvodem jsou toxické látky obsažené v některých bylinách, které by v nadměrném množství mohly způsobit újmu na zdraví. Z tohoto důvodu jsou rostlinné druhy rozděleny do tří kategorií určující maximální povolený podíl ve směsi podle vyhlášky č. 330/1997 Sb. k zákonu č. 110/1997 Sb. o potravinách a tabákových výrobcích [10; 11].

- Kategorie A - byliny použitelné bez omezení množství.
- Kategorie B - byliny, které mohou tvořit maximálně 30 % hmotnosti směsi.
- Kategorie C - byliny s povoleným podílem nejvýše 5% hmotnosti čaje [10].

1.2 Obecná charakteristika tříslovin

Třísloviny, jinak také nazývané taniny, jsou přírodní látky, které vznikají jako sekundární metabolity ve vakuolách rostlinných buněk. Obsaženy jsou v kořenech, stoncích, kůře, plodech a listech. Rostlinami jsou primárně produkovány jakožto obrana proti živočichům [12; 13].

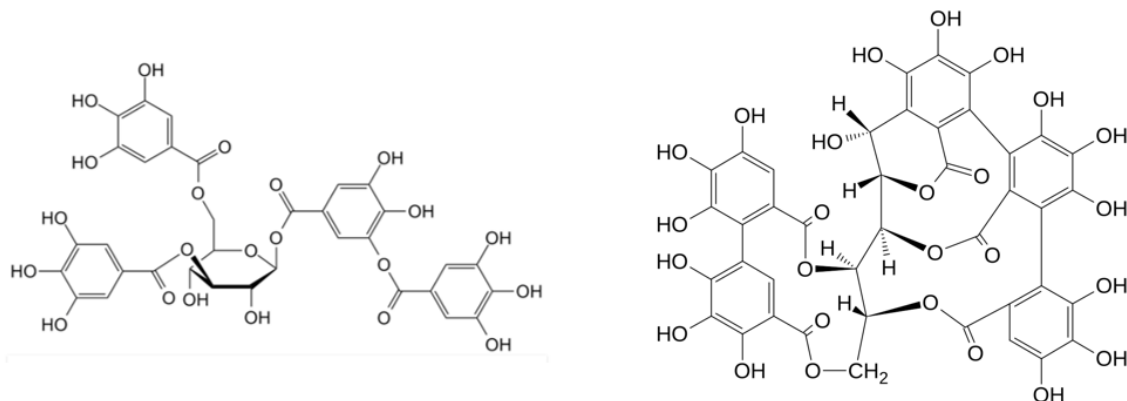
Označení „tanin“ má původ v oblasti koželužnictví, kde byly tyto polyfenolické látky tradičně využívány k činění kůží díky své schopnosti vytvářet pevné vazby s bílkoviny. Tato schopnost je také zodpovědná za typický svíravý pocit v ústech, který se dostavuje po konzumaci potravin a nápojů s jejich vysokým obsahem, jako jsou čaj nebo červené víno [14].

1.2.1 Chemická struktura a klasifikace

Taniny jsou polyfenolické látky, jejichž molekulová hmotnost může v závislosti na stupni polymerace a typu strukturních jednotek dosahovat hodnot od 500 až po více než 3000 Da. Dělí se do dvou hlavních skupin, a to hydrolyzovatelné a kondenzované [12–14].

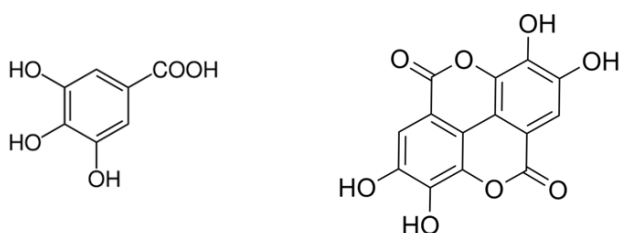
1.2.1.1 Hydrolyzovatelné třísloviny

Mezi hydrolyzovatelné třísloviny patří gallotaniny a ellagotaniny. Jsou to sloučeniny, jejichž základní strukturu tvoří sacharid, nejčastěji D-glukóza (viz obr. 2). Za ellagotaniny se dá považovat i molekula s jádrem z kyseliny chinové namísto glukózy [12–15].



Obrázek 2 Vlevo – kyselina tříslová (příklad gallotaninu) [16]; vpravo – kastalagin (příklad ellagotaninu) [17]

Na hydroxylové skupiny sacharidu se prostřednictvím esterových vazeb vážou fenolové kyseliny, typicky kyselina gallová nebo kyselina ellagová (viz obr. 3). Tyto látky lze hydrolyzovat slabými kyselinami či zásadami, přičemž vznikají volné sacharidy a fenolové kyseliny [12–14; 18].



Obrázek 3 Vlevo – kyselina gallová [19]; vpravo – kyselina ellagová [20]

Dále existují jejich deriváty, jako jsou taragallotanniny, které obsahují kyselinu gallovou a chinovou, a kafetaniny, kde jsou přítomny kyselina kávová a chinová [12–14].

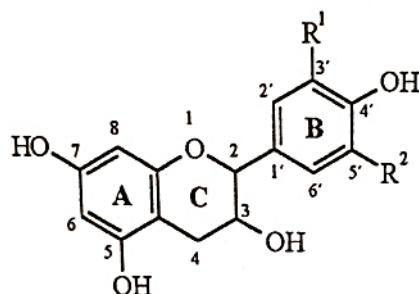
1.2.1.2 Kondenzované třísloviny

Kondenzované třísloviny, známé také jako proanthokyanidiny, mají různou chemickou strukturu, která ovlivňuje jejich fyzikální a biologické vlastnosti. Polymerací flavonoidních jednotek vznikají vazby uhlík-uhlík. Na rozdíl od hydrolyzovatelných taninů nejsou tyto vazby štěpitelné běžnou hydrolyzou. Složitost kondenzovaných tříslovin závisí na typu flavonoidních jednotek, které se liší nejen mezi jednotlivými složkami, ale i v rámci míst, kde vznikají vazby mezi nimi.

Hydrolyzovatelné třísloviny se vyskytují v rostlinách obvykle v nižších koncentracích než kondenzované třísloviny. Pokud jde o rozpustnost, většina tříslovin je ve vodě rozpustná při teplotách mezi 20 a 35 °C [12–14].

Monomerními jednotkami kondenzovaných tříslovin jsou flavan-3-oly. Struktura flavan-3-olu je tvořena třemi cykly: cyklus A, cyklus C a cyklus B. Název „flavan-3-ol“ odkazuje na pozici alkoholové skupiny na pozici 3 cyklu C (viz obr. 4).

Strukturní rozdíly mezi těmito monomery zahrnují katechin (C), epikatechin (EC), epigallokatechin (EGC), epikatechingallát (ECG), epigallokatechingallát (EGCG) a gallokatechin (GC).

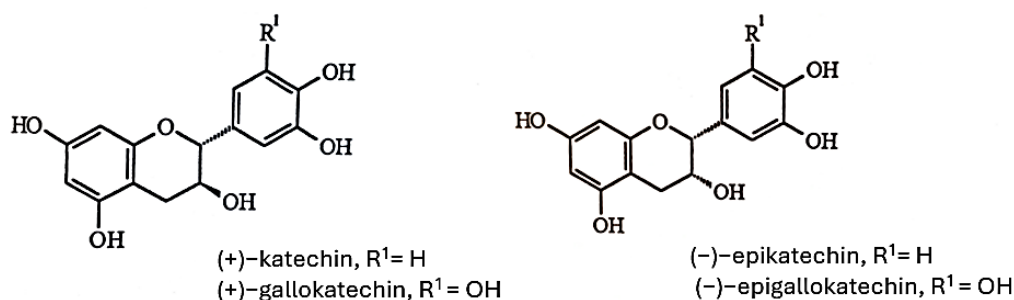


3-flavanoly
 afzelechiny, $R^1=R^2=H$
 katechiny, $R^1=OH, R^2=H$
 gallokatechiny, $R^1=R^2=OH$

Obrázek 4 Struktura 3 – flavanolu (flavan-3-ol) [21]

Jelikož mají katechiny a gallokatechiny dva chirální atomy uhlíku na pozicích 2 a 3, vyskytují se u nich i *cis* a *trans* formy vzhledem k připojenému B cyklu (viz obr. 5).

Pokud existují dvě formy molekuly, předpona „epi-“ označuje stereoizomer. Například (+)-katechin má *trans* konfiguraci na C2 a C3, zatímco (–)-epikatechin má *cis* konfiguraci.



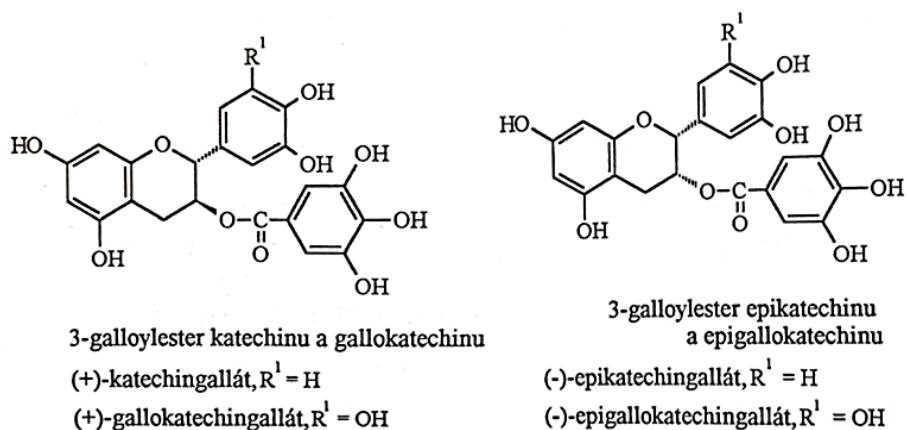
Obrázek 5 Vlevo – struktura katechin a gallokatechinu; vpravo – struktura epikatechinu a epigallokatechinu[21]

Existují také dvě hlavní varianty substituce na B cyklu:

Substituce s dihydroxy skupinami na pozicích 3' a 4'. Kruh B je zde odvozen od kyseliny protokatechuové (3,4-dihydroxybenzoové), charakteristické pro katechin a epikatechin.

Substituce s trihydroxy skupinami na pozicích 3', 4' a 5' charakteristické pro gallokatechin a epigallokatechin. V tomto případě je B kruh odvozen od gallové kyseliny (3,4,5-trihydroxybenzoové).

Na pozici 3 v C cyklu flavan-3-olů mohou být navázány estery kyseliny gallové. Vzniká tak (+)-katechingallát, (+)-gallokatechingallát, (-)-epikatechingallát nebo (-)-epigallokatechingallát (viz obr. 6) [21; 22].



Obrázek 6 Vlevo – struktura katechingallátu a gallokatechingallátu; vpravo – struktura epikatechingallátu a epigallokatechingallátu [21]

1.2.2 Výskyt tříslovin

Třísloviny se v přírodě vyskytují ve většině rostlin, počínaje stromy a keři až po ovoce, luštěniny, ořechy, zelenina, obiloviny nebo mořské hnědé řasy [23; 24].

Ze stromů jsou průmyslově významné například černá akácie (v oblastech Brazílie, Jižní Afriky, Indie, Zimbabwe a Tanzanie), kaštanové dřevo (Itálie a Slovinsko), dubová kůra (zpracovávána v Polsku) nebo kůra několika druhů borovic a jedlí (Turecko a Chile) [23].

Mezi další zdroje se řadí mnoho různých plodů a ovoce, jako jsou jablka, hrozny, granátové jablko, maliny atd. Největší obsah bývá v jejich slupkách. U hroznů je vysoký obsah i v peckách. Ze stravy lze získat třísloviny také z ořechů, jako jsou mandle, kešu, lískové ořechy, arašidy, pekanové ořechy, pistácie a vlašské ořechy. Kromě čaje je v nápojích obsah tříslovin významný například u vína a piva [23; 24].

1.2.3 Typy tříslovin v čajích a bylinných nápojích

Největší zastoupení katechinů v zeleném čaji zabírá epigalokatechingallát, a to z přibližně 60 %. Druhým nejzastoupenějším je epikatechingalát asi z 10 %. Významný podíl dále zabírají epikatechin a epigalokatechin [21].

Katechinové molekuly, obsahující katecholové jádro, jsou oxidovány na ortochinony, které se dále spojují do větších molekul známých jako theaflaviny. Tyto sloučeniny pokračují v oxidaci a polymeraci za vzniku thearubiginů, pigmentů významně ovlivňujících výslednou barvu, chuť i aroma černého čaje. Typickým vizuálním znakem správně probíhající oxidace je změna barvy listů ze zelené na tmavě hnědou [2].

1.3 Metody přípravy nápojů

1.3.1 Louhování

Louhování čaje (neboli infuze) je jedna z metod používaných pro získání nálevu. I když je princip extrakce látek z čaje horkou vodou pro každý druh čaje stejný, liší se v několika faktorech. Teplota vody, doba louhování a poměr vody k množství čaje bývá u různých čajů jiný. Těmito faktory se dají korigovat senzorické vlastnosti nálevu, které záleží na preferencích konzumenta.

Například pro černý čaj se uvádí teplota vody pro louhování mezi 90–100 °C po dobu 3–5 minut. Doporučený poměr jsou 3 čajové lžičky na 400 ml vody. Zelený čaj se louhuje při nižší teplotě než černý, a to při 60–80 °C. Doba louhování je také o něco kratší, a to kolem 2–3

minut. Poměr čaje a vody se používá stejný jako u černého čaje. Čaj oolong je z hlediska podmínek přípravy někde mezi černým a zeleným čajem. Teplota vody 90 °C pro louhování po dobu 5 minut jsou ideálními podmínkami pro přípravu. Vodou o 100 °C se zalévá ovocný čaj. Je možno jej ponechat louhovat delší dobu, a to 5–8 minut. Bylinný čaj má z těchto vybraných druhů čajů nejdelší dobu louhování. Uvádí se 8–15 minut při 100 °C. Vždy je ale potřeba dodržovat podmínky přípravy nálevů uvedené výrobcem na obalu čaje [25].

1.3.2 Macerace

Další metoda pro přípravu čajového nálevu je macerace. Na rozdíl od infuze (louhování) je zde použita pokojová teplota. Zároveň trvá mnohem delší dobu v řádu několika hodin. Výhodou tohoto způsobu je zachování některých látek, které by mohly vysokou teplotou degradovat. Toho se uplatňuje zejména u bylinných čajů, kdy se jejich složení značně liší a používané byliny mohou takovéto látky obsahovat [26].

1.3.3 Instantní čaj

Nejjednodušší na přípravu je instantní čaj. Je vyroben usušením extraktu čaje, takže jej není potřeba louhovat, ale stačí ho pouze zalít horkou vodou. Má oproti ostatním čajům výhodu v rychlosti přípravy [2].

1.3.4 Vliv způsobu přípravy na obsah a složení tříslovin

Mezi faktory ovlivňující výsledný obsah látek v nálevu čaje jsou nejen podmínky jeho přípravy, ale také technologie použité při zpracovávání čajových lístků [27; 28].

1.3.4.1 Vliv technologie přípravy čaje

Všechny čajové nápoje se liší obsahem bioaktivních látek. Velkou roli zde hraje technologické zpracování čaje. Je faktem, že některé metody zpracování zapříčiní větší ztráty bioaktivních látek než jiné. To má za důsledek snížení nejen funkční hodnoty, ale i vliv na sensorické vlastnosti. Příkladem je ortodoxní a několikanásobně účinnější CTC metoda přípravy zeleného čaje.

Z hlediska obsahu bioaktivních látek je čaj připravený CTC metodou bohatší o přibližně 167 % než čaj připravený ortodoxní metodou.

Pro dosažení stejných sensorických vlastností nálevů je potřeba skoro polovičního množství čaje připraveného CTC metodou než ortodoxním způsobem [27].

1.3.4.2 Vliv přípravy nálevu

Velmi důležitými faktory jsou také teplota vody a doba louhování čaje. Bioaktivní látky se extrahují již v prvních minutách. Se zvyšující se teplotou a dobou louhování čaje se zvyšuje i obsah bioaktivních látek a tím i trpkost nálevu [28].

1.4 Zdravotní aspekty konzumace tříslovin

Konzumací potravin obsahujících třísloviny je organismus vystaven různým účinkům, které mohou ovlivňovat lidské zdraví. Mnohé z těchto účinků jsou prospěšné, avšak existují i takové, na které je třeba si dávat pozor [14].

1.4.1 Benefity tříslovin z hlediska lidského zdraví

1.4.1.1 Antioxidační účinky

Čaj má díky bohatému obsahu katechinů antioxidační účinky. V porovnání zeleného, černého a bylinných čajů se ukazuje, že největší antioxidační účinky má právě zelený čaj. Jsou známy 3 mechanismy účinku:

- Schopnost vychytávat reaktivní formy kyslíku a dusíku.
- Ochrana fosfolipidů před peroxidací lipidů v játrech, krvi a mozku.
- Schopnost komplexovat redoxně aktivní ionty přechodných kovů, jako jsou železo, zinek a měď.

V prvním případě se volné hydroxylové, peroxylové a peroxynitritové radikály stabilizují uvolněním elektronu a vodíku z fenolických hydroxylových skupin.

Mezi jednotlivými katechiny mají estery kyseliny gallové (EGCG, EGC) větší antioxidační účinek než ty bez galloyl skupiny (C, EC a EGC) [29].

1.4.1.2 Prevence proti rakovině

Jsou prokázány účinky pití zeleného čaje na prevenci různých typů nádorových onemocnění. Zejména u kuřáků, kteří pravidelně konzumují zelený čaj, byl zaznamenán nižší výskyt rakoviny plic ve srovnání s těmi, kteří jej nekonzumují. Mezi hlavní účinné látky patří katechiny, zejména epikatechingallát (ECG), epigallokatechingallát (EGCG) a epigallokatechin (EGC). Preventivní účinek těchto látek byl rovněž popsán v souvislosti s rakovinou prsu. Doporučená denní dávka extraktu zeleného čaje je 2,5 g [30].

1.4.1.3 Adstringentní účinek

Adstringentní vlastnost mají látky schopné reagovat s bílkovinami na povrchu tkáně čímž vytvářejí zahuštěnou membránu, která pomáhá zabránit šíření zánětů a infekcí. Léčebné účinky tříslovin se uplatňují i v moderní medicíně pro své adstringentní, hemostatické a protizánětlivé vlastnosti. Používají se při léčbě zánětů žaludku, průjmů, střevních onemocnění, jako je syndrom dráždivého tračníku. Zmírňují podráždění sliznic a podporují hojení [14; 31].

1.4.1.4 Hemostatický účinek

Díky schopnosti vytvořit ochrannou vrstvu na poškozené tkáni mohou třísloviny přispět k zastavení krvácení a zabránit pronikání infekcí do rány. Tím zároveň významně podporují proces hojení [14].

1.4.1.5 Antivirový, antibakteriální a antiparazitální účinek

Třísloviny rovněž vykazují široké spektrum biologických účinků, včetně antivirových, antibakteriálních a antiparazitárních vlastností. Bylo například prokázáno, že v kombinaci s červenou hroznovou šťávou nebo vínem s vysokým obsahem kondenzovaných tříslovin mohou tyto látky působit inhibičně vůči některým virům, včetně polioviru, herpes simplex viru a některých enterických virů [14].

1.4.1.6 Podpora kardiovaskulárního systému

Proantokyanidiny (kondenzované třísloviny) mohou pozitivně ovlivňovat kardiovaskulární systém. Snižují tvorbu peptidu, který se podílí na procesu kornatění tepen. V oblastech jihozápadní Francie a Sardinie, odkud pocházejí vína s vyšším obsahem proantokyanidinů, jsou zároveň známy populace s vyšším průměrným věkem dožití [14].

1.4.2 Možná zdravotní rizika spojená s příjmem tříslovin

Oligomerní formy tříslovin, které obsahují více strukturních jednotek s volnými fenolickými skupinami, mají schopnost tvořit komplexy s bílkovinami, škrobem, celulórou i minerálními látkami. Jejich nadměrný příjem může ovlivnit biologickou dostupnost a vstřebávání. Z tohoto důvodu se tříslovinám říká antinutrienty [12–14].

Především u železa a vápníku může dlouhodobé snížení biologické dostupnosti přispět k rozvoji zdravotních problémů, například anémie nebo osteoporózy. Z tohoto důvodu se doporučuje zařazovat uvedené nápoje spíše mezi hlavními jídly než bezprostředně po nich. Zmírnění nežádoucích účinků spojených s konzumací čaje může představovat přídavek mléka, jehož

bílkoviny se vážou na taniny a tím snižují jejich biologickou aktivitu. Přidáním citronové šťávy lze taktéž zmírnit negativní účinky na vstřebání železa.

Černý čaj a čaj z máty peprné jsou známé svým výraznějším vlivem na vstřebávání železa oproti bylinkovým čajům jako jsou heřmánek nebo lípa [14].

1.5 Senzorická analýza

Při sensorické analýze se potraviny hodnotí pouze za pomoci lidských smyslů, které jsou vyhodnoceny centrální nervovou soustavou. Snahou je vždy použít postupy, které zajistí nejen přesné a objektivní výsledky, ale také reprodukovatelnost jednotlivých hodnocení [32–34].

1.5.1 Základní pojmy

Hodnotitelé nebo také posuzovatelé účastníci se sensorické analýzy jsou odborně vzdělané osoby. Takových osob většinou bývá několik a souhrnně se nazývají porota. Pokud osoba není speciálně vzdělaná, označuje se za konzumenta. Výsledky hodnocení konzumentů jsou považovány za blízké skutečným spotřebitelům [32; 33].

Posuzování vzorků je z pravidla ovlivněno psychikou člověka. Proto jsou primární pocity spojené s přijatelností a příjemností vjemu a toto hodnocení se nazývá hédonické. Až poté si člověk uvědomuje intenzity jednotlivých vjemů a takové hodnocení se nazývá intenzitní [32–34].

Pouhé vnímání vzruchů a jejich zpracování v centrální nervové soustavě se nazývá percepce. Na člověka ale přirozeně působí další vlivy, jako například emoce nebo zkušenosti. V takovém případě se jedná o apercepci. Je důležité, aby se hodnotitelé snažili tento jev co nejvíce potlačit, jelikož může do velké míry ovlivnit výsledky sensorické analýzy [32].

Další překážkou v dosažení přesných a neovlivněných výsledků je únava. Dělí se na fyziologickou a psychickou. Fyziologická, označována jako adaptace, je způsobena sníženou citlivostí smyslových receptorů. Psychická, způsobena nejčastěji dlouhou dobou analýzy, se projevuje zhoršenou rozlišovací schopností a tím snižuje kvalitu hodnocení. Odstranění únavy obou typů se docílí přestávkou, přičemž přestávka pro psychickou únavu by měla být delší [32].

1.5.2 Smyslové vnímání

Mezi základní smysly patří chuť, čich, zrak, sluch, hmat, smysl pro chlad a teplo a smysl pro bolest [32–34]. Pro experimentální část této bakalářské práce jsou důležité pouze následující smysly a jejich typy:

1.5.2.1 Chuťový smysl

Chuťové receptory se nacházejí především na jazyku, ale v menším množství také v zadní části měkkého patra a v horní části hltanu. Dělí se na několik různých typů a jsou rozmístěny do různých částí. Z toho důvodu jsou vnímány různé chutě v různých místech úst. Mezi základní chutě jsou považovány sladká, slaná, hořká, kyselá, trpká a svíravá, umami a kovová. Degustace, neboli hodnocení poživatin ústy, je nejčastější disciplínou sensorické analýzy. Je při ní zjišťována vlastnost zvaná flavor [32–34].

1.5.2.1.1 Trpkost

Trpká chuť je většinou spojená se svíravostí. Způsobují ji zejména polyfenolické látky, které reagují s proteiny chuťových receptorů a způsobují jejich denaturaci [32; 34].

1.5.2.1.2 Hořkost

Hořká chuť se rozlišuje na dva typy: hořkost typu 1 a typu 2. První typ je vyvoláván především alkaloidy a některými hydrofobními aminokyselinami či peptidy. Druhý typ hořkosti je spojován s určitými anorganickými solemi, jako je například síran hořečnatý, a také s některými fenolickými sloučeninami [32; 34].

Důležitým faktorem pro posuzování chuti je teplota. S rostoucí teplotou se zvyšuje i citlivost na danou chuť, dokud nedosáhne maxima. Po překročení maxima začne citlivost mírně klesat. Pro hořkou chuť je maximum okolo 10 °C [32].

1.5.2.2 Čichový smysl

Dosud nebyl přesně objasněn mechanismus čichového vnímání. Z tohoto důvodu je vůně popisována jako charakteristika látek, které při vdechnutí nosem nebo ústy vyvolávají specifický smyslový dojem odlišný od chuti, hmatu, zraku, tepla či bolesti. Vjemy vzniklé vdechováním nosem se označují jako vůně, zatímco vjemy pocházející z dutiny ústní se nazývají aroma. Pokud je čichový vjem negativní, hovoří se o zápachu [32; 34].

1.5.2.3 Zrakový smysl

Zrak umožňuje člověku vnímat velikost, tvar a makrostrukturu objektů, například množství vzduchových bublin v potravinách, jako jsou chléb či sýr. Pomocí zraku lze také určit barevný

odstín, intenzitu a sytost barvy. Lidské oko obsahuje tři typy čípků, přičemž každý z nich reaguje na odlišný druh světelného pigmentu. Díky tomu je možné rozlišit tři základní barvy: červenou, zelenou a modrou. Výsledný barevný tón vzniká v mozku kombinací těchto základních barev. Jas (světlost) odráží míru osvětlení a sytost barvy určuje, do jaké míry je k danému odstínu přimíchána bílá nebo šedá složka [32; 34].

1.5.3 Psychometrika

Psychometrika kvantifikuje vztah mezi vnějším podnětem a vyvolaným vjemem. U každého vjemu se z hlediska hédonického hodnocení začíná na neutrální úrovni, kdy je koncentrace látky tak nízká, že nevyvolá žádný vjem. Se zvyšující se koncentrací se zvyšuje i příjemnost vjemu, než dosáhne jejího maxima. Následuje pokles až do negativních hodnot, což vede k nepříjemnému pocitu. Trpká chuť má maximum velmi nízko. Hořká chuť má zpravidla negativní vnímání již při velmi nízkých koncentracích [32].

1.5.4 Postupy a principy

1.5.4.1 Příprava

Pro přípravu daného vzorku pro senzoričnou analýzu je jedním z hlavních podmínek příprava čerstvého vzorku těsně před analýzou. Před podáním jednotlivých vzorků hodnotitelům je potřeba vzorek v nádobě zakrýt například hodinovým sklem nebo talířkem, aby nedošlo k úniku aroma a znehodnocení výsledků analýzy.

Hodnotitelům se předkládá vzorek označený kódem v degustačních nádobkách. Důležité je poskytnutí dostatečného objemu analyzovaného vzorku, aby bylo možné daný vzorek zhodnotit opakovaně. Zároveň je potřeba předložit stejné množství jednotlivých vzorků.

Dalším aspektem pro správnou přípravu je i teplota vzorku při hodnocení. Konkrétně pro čaj je doporučená konzumace za horka. V každém případě by se teplota během hodnocení neměla měnit. Docílí se toho zvolením vhodné nádoby, jako je polystyrenový kelímek.

Při ochutnávání se klade důraz na neutralizaci chuti. Aby se minimalizovala chyba v hodnocení vzniklá zbytkovou chutí z předchozího vzorku, je potřeba použít chuťový neutralizátor. Mezi nejpoužívanější patří voda, bílé pečivo nebo jablko.

1.5.4.2 Hodnocení

Pro hodnocení se pro vzorky jako je čaj, kde je potřeba určit intenzitu atributů používá ordinální stupnice. Pomocí takovéto stupnice se dá dobře porovnat několik vzorků mezi sebou. Určíme tak jak se liší intenzity určitého atributu mezi vzorky.

1.5.4.3 Vyhodnocení

Problém u vyhodnocení velkého množství dat je nepřehlednost v tabelární formě interpretace. Z tohoto důvodu se používají grafické způsoby vyjádření ve formě různých diagramů. Jedním z nich je pavučinový graf, který poskytne sensorický profil pro každý vzorek. Tato forma je výhodná zejména při hodnocení 8-12 atributů daného vzorku. S jistou praxí je možné pomocí těchto grafů již vizuálně určit vady nebo přednosti vzorku [33; 35].

2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

2.1 Zvolená senzorická analýza

Cílem senzorické analýzy bylo posouzení vlivu teploty a doby louhování čaje na jeho organoleptické vlastnosti se zaměřením na trpkost a hořkost způsobenou obsahem tříslovin ve výsledném nálevu. Pro tento účel byl vybrán zelený čaj kvůli jeho vysokému obsahu těchto látek.

2.2 Příprava čajů

Ze zelených čajů byl vybrán sáčkový Perla green tea od výrobce Ostfriesische Tee Gesellschaft GmbH & Co. KG, Německo, kvůli snadnější manipulaci. Z něj byly připraveny 4 vzorky, označeny kódem skládajícího se z písmene T a trojmístného čísla vytvořeného generátorem náhodných čísel. Toto označení je vybíráno z důvodu minimalizace ovlivnění hodnotitelů označením vzorku a běžně se používá při senzorických analýzách.

Teplota 80 °C byla zvolena kvůli dostatečnému rozdílu mezi jednotlivými vzorky a také proto, že se na některých obalech čajů doporučuje i tato teplota pro přípravu nálevu. Louhování probíhalo v čase 3 minuty, taktéž kvůli doporučené době udávané výrobcem v případě Perla green tea. Doba 10 minut byla zvolena z důvodu dostatečně velkého rozsahu časů. Byly celkem připraveny dva vzorky o této teplotě. Prvním je vzorek T365, který byl louhován po dobu 3 minut (viz obr. 8 a tab. 1). Dalším je vzorek číslo T282, který byl louhován po dobu 10 minut (viz obr. 9 a tab. 2). Druhá teplota 100 °C je spíše označením pro teplotu blížíící se bodu varu. Důvod zvolení této teploty je ten, že se čaje nejčastěji připravují v domácnostech zalitím vroucí vodou přímo z varné konvice. Někteří výrobci také udávají na obalech postup pro přípravu nálevu zalitím vroucí vodou, jak je tomu například u Perla green tea. Byly opět připraveny dva vzorky o této teplotě. První vzorek T413, který se louhoval po dobu 3 minut (viz obr. 10 a tab. 3). Jako poslední byl připraven vzorek T817, který byl louhován po dobu 10 minut (viz obr. 11 a tab. 4). Vzorky s jednotlivými podmínkami přípravy jsou označeny v tabulce 5.

Příprava každého ze vzorků o objemu 1 litru proběhla ve skleněných nádobách. Výrobce udává 1 sáček na 200 ml vody, proto bylo do každé z nádob vloženo 5 sáčků. Pro vzorky o 100 °C stačilo sáčky pouze zalít vroucí vodou na určenou dobu. Pro vzorky o 80 °C byla do nádob nejprve nalita vroucí voda a sáčky vloženy až ve chvíli kdy teplota klesla na 80 °C. Každá z nádob byla od započetí louhování zakryta víkem, aby se zabránilo úniku těkavých látek z čaje. Po uplynutí určené doby následovalo vyjmutí sáčků. Ochlazení uzavřených nádob probíhalo

do poklesu teploty lehce překračující 40 °C. Následovalo rozliti jednotlivých vzorků o objemu cca 50 ml do termokelímků bílé barvy patřičně označených kódem pro daný vzorek.

2.3 Instrukce k hodnocení

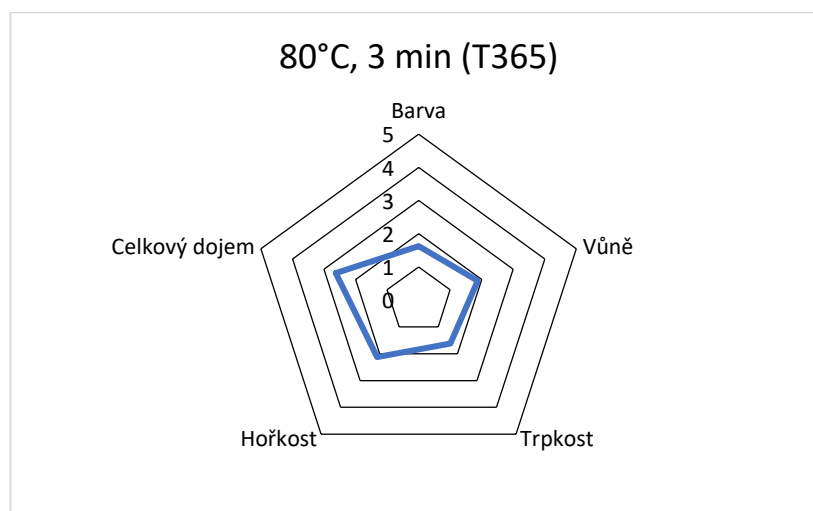
Před samotným hodnocením bylo potřeba instruovat hodnotitele, pro docílení jednotného hodnocení a zamezení vzniklé chyby nesprávným posuzováním vzorku. Hodnotitelé byli seznámeni s postupem ochutnávání jednotlivých vzorků, který zahrnoval napití malého množství čaje, jeho poválení v ústech a postupné posouzení jednotlivých atributů. Zdůrazněna byla také nutnost neutralizace chuti mezi vzorky vodou nebo bílým pečivem, které jim bylo k dispozici. Dále proběhlo seznámení s dotazníkem (viz příloha 1), kde první polovina obsahovala demografické otázky k hodnotitelům a druhá tabulku pro zápis hodnot, u níž proběhlo vysvětlení intenzitní stupnice od 1 do 5, kdy 1 byla stanovena na nejnižší intenzitu a 5 na nejvyšší intenzitu. Celkový dojem měl vykazovat spíše příjemnost čaje, kde 1 byla nejméně a 5 nejvíce příjemný.

2.4 Výsledky

Data byla zpracována do podoby mediánu, průměru a variačního rozpětí. Medián představuje střední hodnotu v uspořádaném souboru dat. Dělí tak soubor na dvě stejné poloviny, a to jednu s hodnotami menšími a druhou s hodnotami většími než medián. Pokud je v souboru lichý počet čísel, mediánem je prostřední hodnota. V případě sudého počtu čísel se medián vypočítá jako aritmetický průměr dvou prostředních hodnot. Oproti průměru se tak eliminují výkyvy způsobené extrémami v hodnotách. Variační rozpětí se vypočítá jako rozdíl mezi nejvyšší a nejnižší hodnotou. Udává míru rozptylu dat. V případě sensorické analýzy ukazuje míru shody mezi jednotlivými hodnotiteli.

2.4.1 Vzorek 80 °C, 3 minuty

Čaj připravený za těchto podmínek vykazuje slabou intenzitu ve všech atributech, z nichž barva a trpkost jsou nejnižší. I přes tento výsledek získal čaj střední hodnotu v celkovém dojmu a dá se o něm říct, že jeho organoleptické vlastnosti jsou příjemné (viz obr. 8 a tab. 1).



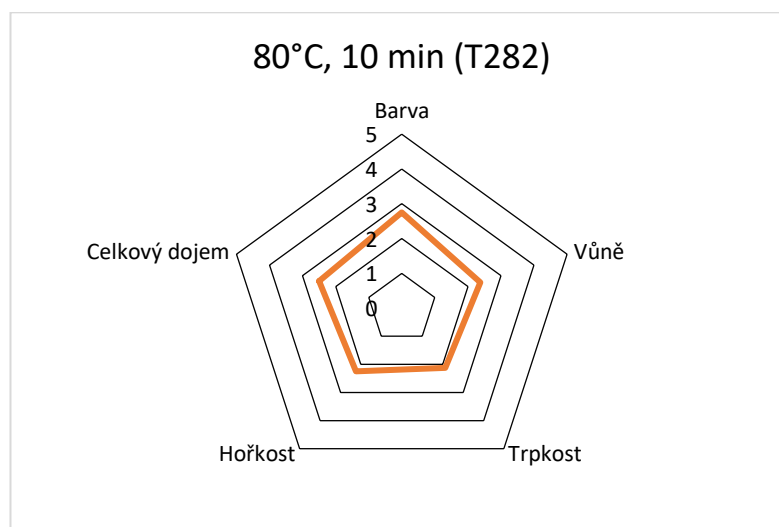
Obrázek 7 Vzorek T365 – čaj louhovaný při 80 °C po dobu 3 minut.

Tabulka 1 Přehled intenzitních hodnot – čaj 80 °C, 3 minuty. (H=hodnotitel)

T365	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	Průměr	Medián	Variační rozpětí
Barva	1	2	2	1	1	1	2	3	1,6	1,5	2
Vůně	3	2	1	1	1	3	2	2	1,9	2,0	2
Trpkost	3	1	1	2	1	1	3	1	1,6	1,0	2
Hořkost	3	3	2	2	1	1	2	3	2,1	2,0	2
Celkový dojem	3	2	5	3	1	1	3	3	2,6	3,0	4

2.4.2 Vzorek 80 °C, 10 minut

Tento vzorek vykazuje vyvážený profil ve všech atributech bez výrazných extrémů. Intenzita trpkosti se zde v průměru ukazuje jako nejnižší, zatímco intenzita barvy se blíží střední hodnotě (viz obr. 9 a tab. 2).



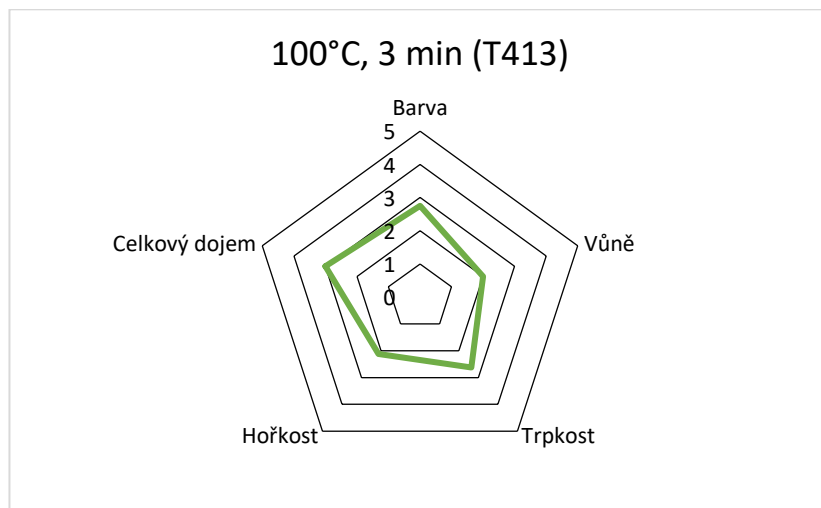
Obrázek 8 Vzorek T282 – čaj louhovaný při 80 °C po dobu 10 minut

Tabulka 2 Přehled intenzitních hodnot – čaj 80 °C, 10 minut (H=hodnotitel)

T282	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	Průměr	Medián	Variační rozpětí
Barva	3	3	3	2	2	2	3	4	2,8	3,0	2
Vůně	2	3	2	2	3	1	3	3	2,4	2,5	2
Trpkost	1	2	2	2	2	2	2	4	2,1	2,0	3
Hořkost	1	3	3	2	3	2	1	3	2,3	2,5	2
Celkový dojem	2	2	4	2	2	2	4	2	2,5	2,0	2

2.4.3 Vzorek 100 °C, 3 minuty

Vzorek připravený při této teplotě má celkově vyšší intenzity atributů. Celkový dojem zde nabírá střední hodnoty. Intenzita barvy a trpkosti se blíží střední hodnotě. Intenzita vůně a hořkosti se u tohoto čaje jeví jako slabá (viz obr. 10 a tab. 3).



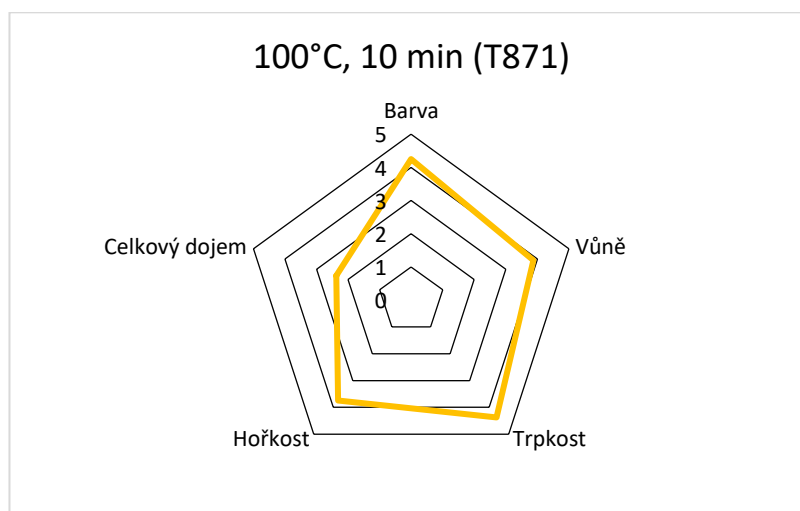
Obrázek 9 Vzorek T413 – čaj louhovaný při 100 °C po dobu 3 minut

Tabulka 3 Přehled intenzitních hodnot – čaj 100 °C, 3 minuty (H=hodnotitel)

T413	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	Průměr	Medián	Variační rozpětí
Barva	2	2	2	3	4	3	4	2	2,8	2,5	2
Vůně	1	3	1	3	1	2	3	2	2,0	2,0	2
Trpkost	2	2	3	3	3	4	1	3	2,6	3,0	3
Hořkost	2	1	2	2	3	4	1	2	2,1	2,0	3
Celkový dojem	2	3	4	4	2	3	2	4	3,0	3,0	2

2.4.4 Vzorek 100 °C, 10 minut

Při této teplotě a času louhování vykazují atributy silnou intenzitu. Celkový dojem je hodnocen spíše jako slabý, a proto by se dalo říct, že byl pro hodnotitele spíše nepříjemný. Příprava za takovýchto podmínek není vhodná (viz obr. 11 a tab. 4).



Obrázek 10 Vzorek T871 – čaj louhovaný při 100 °C po dobu 10 minut

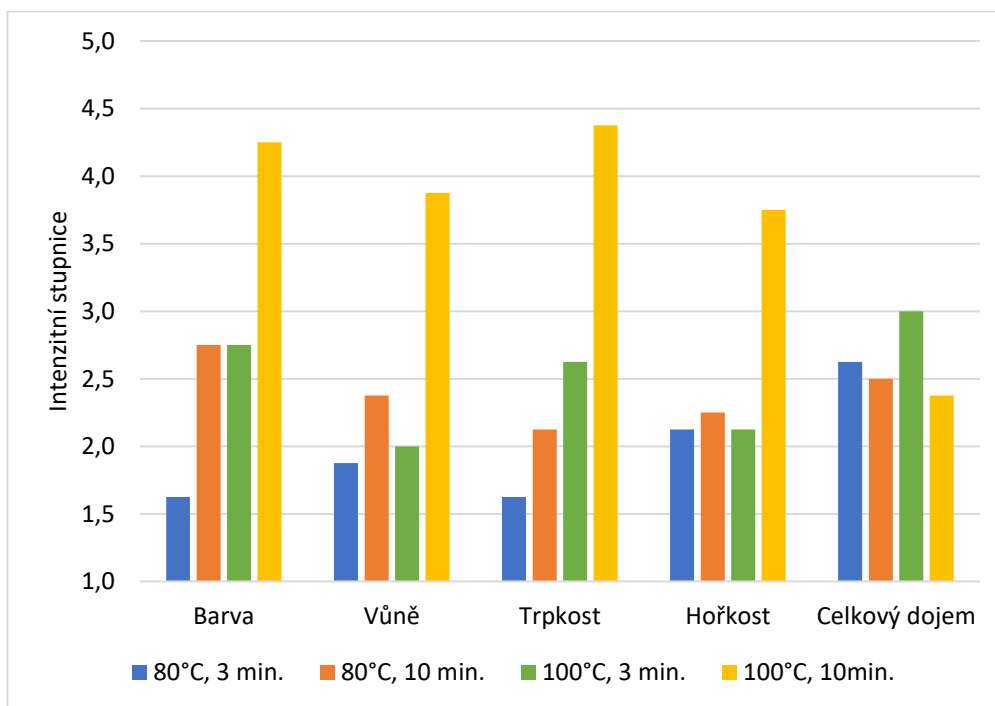
Tabulka 4 Přehled intenzitních hodnot – čaj 100 °C, 10 minut (H=hodnotitel)

T871	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	Průměr	Medián	Variační rozpětí
Barva	4	4	5	4	3	4	5	5	4,3	4,0	2
Vůně	4	4	3	4	2	5	4	5	3,9	4,0	3
Trpkost	4	3	5	4	5	5	4	5	4,4	4,5	2
Hořkost	2	2	5	4	5	5	3	4	3,8	4,0	3
Celkový dojem	3	4	1	1	5	1	3	1	2,4	2,0	4

2.4.5 Porovnání vzorků

Při porovnání těchto vzorků na sloupcovém grafu (viz obr. 12) vedle sebe jde vidět že vzorek čaje připravený při 100 °C po dobu 10 minut má kromě celkového dojmu všechny intenzity atributů nejvyšší o poměrně velký skok. U tohoto vzorku je v tabulce 4 vidět vysoká hodnota variačního rozpětí obzvláště u celkového dojmu. To stejné platí i u vzorku připraveném při 80 °C po dobu 3 minut (viz tab. 1), hodnoceném jako druhý nejlepší pro celkový dojem, kde je hodnota variačního rozpětí taktéž vysoká a vykazuje o velké míře neshody hodnotitelů. Vysvětlují si to rozdílnou preferencí síly čaje u jednotlivých hodnotitelů. Ta se nejvíce ukazuje u těchto dvou vzorků, jelikož jde o dva protilehlé extrémy na škále podmínek přípravy, a tak se zde preference jednotlivců nejvíce projeví.

Ukazuje se, že nejpříjemnější čaj byl pro hodnotitele ten připravený při 100 °C po dobu 3 minut. Tedy přesně tak jak udává výrobce na obalu. Kombinace intenzit všech atributů zde byla natolik harmonická, že hodnotitelům nevadila intenzita trpkosti, která je u tohoto vzorku druhá nejvyšší.



Obrázek 11 Intenzitní porovnání atributů mezi jednotlivými vzorky

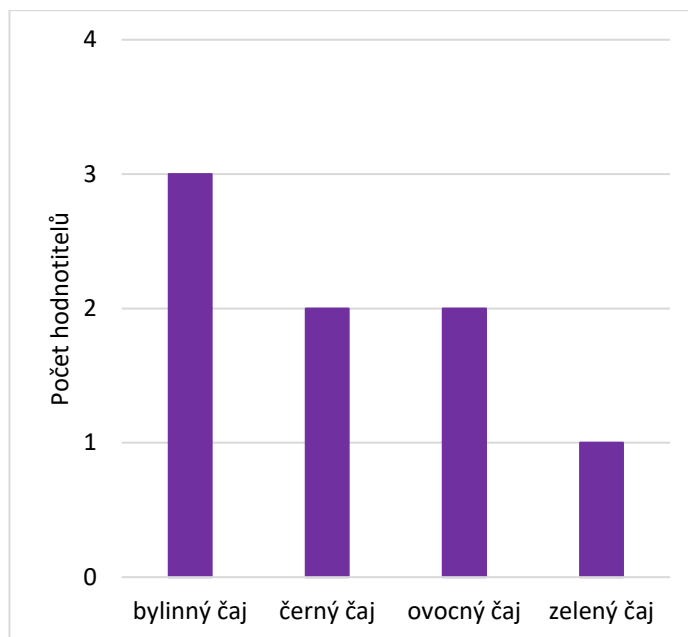
Tabulka 5 Výčet průměrných hodnot pro graf intenzit (obrázek 15) s přiřazením kódu k čaji připraveného za určených podmínek.

	T365	T282	T413	T871
	80 °C, 3 min	80 °C, 10 min	100 °C, 3 min	100 °C, 10 min
Barva	1,6	2,8	2,8	4,3
Vůně	1,9	2,4	2,0	3,9
Trpkost	1,6	2,1	2,6	4,4
Hořkost	2,1	2,3	2,1	3,8
Celkový dojem	2,6	2,5	3,0	2,4

Data z části dotazníku obsahující demografické otázky (viz tab. 6) ukazují, že nejoblíbenější čaj mezi hodnotiteli je bylinný. Hned za ním je černý spolu s ovocným čajem. Mezi méně oblíbené patřil zelený čaj (viz obr. 13).

Tabulka 6 Přehled odpovědí k demografickým otázkám

Číslo hodnotitele	Pohlaví	Věk	Frekvence pití čaje	Oblíbený typ čaje
1	Muž	18–25	denně	ovocný čaj
2	Žena	18–25	denně	bylinný čaj
3	Žena	18–25	denně	zelený čaj
4	Žena	18–25	denně	bylinný čaj
5	Žena	46–60	denně	ovocný čaj
6	Muž	18–25	denně	černý čaj
7	Žena	18–25	několikrát měsíčně	bylinný čaj
8	Žena	18–25	několikrát týdně	černý čaj



Obrázek 12 Graf oblíbenosti typů čaje

Důležitou informací nám poskytují data týkající se frekvence pití čaje z tabulky 7. Naprostá většina hodnotitelů konzumuje čaj denně, což dodává relevanci dříve popsaným zdravotním rizikům a benefitům spojených s konzumací čaje.

Tabulka 7 Četnost konzumace čaje mezi hodnotiteli

Frekvence pití čaje	počet hodnotitelů
denně	6
několikrát týdně	1
několikrát měsíčně	1

2.5 Diskuze

Trpkost, která je spojená s obsahem tříslovin, stoupala s rostoucí teplotou a časem louhování. Tím je senzorickou analýzou potvrzena část literární rešerše zabývající se obsahem tříslovin na způsobu přípravy.

Část výsledků se zabývala demografickými otázkami na hodnotitele. Ze získaných dat vyplývá, že většina respondentů konzumuje čaj na denní bázi. Dále se dá vyčíst i oblíbenost jednotlivých čajů. Nejvíce oblíbený je bylinný čaj a druhý nejoblíbenější je černý čaj. Analýzy se zúčastnilo 8 hodnotitelů, přičemž drtivá většina byla ve věku mezi 18-25 lety, jak lze vyčíst z tabulky 6.

3 ZÁVĚR

Předložená bakalářská práce se zabývala problematikou čajů a bylinných nápojů s primárním zaměřením na třísloviny. Tato analýza byla zahájena literární rešerší, která poskytla teoretický základ pro danou problematiku. V teoretické části byly popsány a analyzovány základní postupy zpracování a přípravy čajů, stejně jako definice a charakteristika klíčových tříslovin přítomných v těchto nápojích. Dále byly diskutovány zdravotní aspekty konzumace nápojů, a to jak z hlediska potenciálních benefitů, tak i možných zdravotních rizik spojených s obsahem tříslovin. Pozornost byla také věnována vlivu podmínek přípravy na výsledné složení tříslovin. Teoretické poznatky byly ověřeny prostřednictvím senzoričké analýzy čajů připravených za různých podmínek, kde se potvrdila závislost rostoucího obsahu tříslovin na rostoucí teplotě a čase louhování. Data z dotazníku, který byl součástí senzoričké analýzy, dodávají relevanci dříve popsaným zdravotním rizikům a benefitům, neboť 6 z 8 hodnotitelů potvrdilo konzumaci čaje alespoň jednou denně, a je tak prokázána častá konzumace těchto nápojů.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] KADLEC, Pavel, Karel MELZUCH a Michal VOLDŘICH. *Co byste měli vědět o výrobě potravin?: Technologie potravin*. Ostrava: Key Publishing, 2009. Monografie. ISBN 978-80-7418-051-4.
- [2] RAO, L. Jagan Mohan a K. RAMALAKSHMI. *Recent Trends in Soft Beverages*. Woodhead Publishing India, 2011. ISBN 978-93-803081-2-8.
- [3] Obrázek: Kategorie: Theaceae. *BioLib* [online]. c1999-2025 [cit. 2025-05-26]. Dostupné z: <https://www.biolib.cz/cz/image/id49253/>
- [4] Zelený čaj. *Oxalis* [online]. b.r. [cit. 2025-06-24]. Dostupné z: <https://oxalis.cz/cs/blog/zeleny-caj-9/>
- [5] DRDÁK, Milan. *Základy potravinářských technologií: spracovanie rastlinných a živočišných surovín, cereálne a fermentačné technológie, uchovávanie, hygiena a ekológia potravin*. Bratislava: Malé Centrum, 1996. ISBN 80-967064-1-1.
- [6] NG, Kwan-Wai, Zi-Jun CAO, Hu-Biao CHEN, Zhong-Zhen ZHAO, Lin ZHU a Tao YI. Oolong tea: A critical review of processing methods, chemical composition, health effects, and risk. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2018, **58**(17), 2957–2980.
- [7] Černý čaj. *Oxalis* [online]. b.r. [cit. 2025-06-24]. Dostupné z: <https://oxalis.cz/cs/blog/cerny-caj-8/>
- [8] CTC. *UPASI Tea Research Foundation* [online]. c2025 [cit. 2025-06-24]. Dostupné z: <https://www.upasitearesearch.org/ctc/>
- [9] Tea Production. *Forbes & Walker tea brokers (PVT) limited* [online]. c2025 [cit. 2025-06-24]. Dostupné z: <https://web.forbestea.com/about-sri-lankan-tea/77-tea-production>
- [10] KADLEC, Pavel. *Technologie potravin II*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2002. ISBN 80-7080-510-2.
- [11] Vyhláška č. 330/1997 Sb. *Zákony pro lidi* [online]. 2010–2025 [cit. 2025-06-19]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1997-330>
- [12] PATEL, Vaidehi a Rajesh PATEL. The active constituents of herbs and their plant chemistry, extraction and identification methods. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. 2016, **8**(4), 1423–1443.
- [13] HASSANPOUR, Shahin, Naser MAHERI-SIS, Behrad ESHRATKHAH a Farhad BAGHBANI MEHMANDAR. Plants and secondary metabolites (Tannins): A Review. *International Journal of Forest, Soil and Erosion*. 2011, **1**(1), 47–53.

- [14] ASHOK, Praveen Kumar a Kumud UPADHYAYA. Tannins are Astringent. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2012, **1**(3), 45–50.
- [15] AGUILAR, Cristóbal N., Raúl RODRÍGUEZ, Gerardo GUTIÉRREZ-SÁNCHEZ, Christopher AUGUR, Ernesto FAVELA-TORRES, Lilia A. PRADO-BARRAGAN, Ascensión RAMÍREZ-CORONEL a Juan C. CONTRERAS-ESQUIVEL. Microbial tannases: advances and perspectives: advances and perspectives. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2007, **76**(1), 47–59.
- [16] What is the Difference Between Tannin and Tannic Acid. *Pediaa* [online]. c2017 [cit. 2025-05-26]. Dostupné z: <https://pediia.com/what-is-the-difference-between-tannin-and-tannic-acid/>
- [17] Castalagin. *Wikipedia* [online]. 2025 [cit. 2025-05-26]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Castalagin#>
- [18] BULE, Mohammed, Fazlullah KHAN, Kamal NIAZ a Muhammad Farrukh NISAR. Tannins (hydrolysable tannins, condensed tannins, phlorotannins, flavono-ellagitannins). In: *Recent advances in natural products analysis*. Amsterdam, Netherlands: Elsevier, [2020], s. 132–146. ISBN 978-0-12-817519-4.
- [19] Kyselina gallová. *Multimediaexpo.cz* [online]. 2021 [cit. 2025-05-26]. Dostupné z: http://www.multimediaexpo.cz/mme.cz/index.php/Kyselina_gallov%C3%A1
- [20] Ellagic acid. *MCE MedChemExpress* [online]. c2013-2025 [cit. 2025-05-25]. Dostupné z: <https://www.medchemexpress.com/Ellagic-acid.html>
- [21] VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin*. Tábor: OSSIS, 1999. ISBN 80-902-3914-5.
- [22] WATERHOUSE, Andrew Leo, Gavin L. SACKS a David W. JEFFERY. *Understanding wine chemistry*. Chichester: Wiley, 2016. ISBN 978-111-8730-713.
- [23] PIZZI, Antonio. Tannins: Major Sources, Properties and Applications. In: BELGACEM, Mohamed Naceur a Alessandro GANDINI, ed. *Monomers, polymers and composites from renewable resources*. Oxford: Elsevier, 2008, s. 179–199. ISBN 978-0-08-045316-3.
- [24] SERRANO, José, Riitta PUUPPONEN-PIMIÄ, Andreas DAUER, Anna-Marja AURA a Fulgencio SAURA-CALIXTO. Tannins: Current knowledge of food sources, intake, bioavailability and biological effects: Current knowledge of food sources, intake, bioavailability and biological effects. *Molecular Nutrition & Food Research*. 2009, **53**(S2), 310–329
- [25] Příprava čaje. *Oxalis* [online]. [cit. 2025-05-26]. Dostupné z: <https://oxalis.cz/cs/blog/priprava-caje-25/>
- [26] JÄGER, Sebastian, Markus BEFFERT, Katharina HOPPE, Dominik NADBEREZNY, Bruno FRANK a Armin SCHEFFLER. Preparation of herbal tea as infusion or by

- maceration at room temperature using mistletoe tea as an example. *Scientia Pharmaceutica*. 2010, **79**(1), 145–155.
- [27] DEKA, Himangshu, Podma Pollov SARMAH, Pritom CHOWDHURY, Madhurjya GOGOI, Pradeep Kumar PATEL a Romen Ch. GOGOI. Effect of CTC processing on quality characteristics of green tea infusion: A comparative study with conventional orthodox processing. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 2024, **94**, 103694
- [28] KOMES, Draženka, Dunja HORŽIĆ, Ana BELŠČAK, Karin Kovačević GANIĆ a Ivana VULIĆ. Green tea preparation and its influence on the content of bioactive compounds. *Food Research International*. 2010, **43**(1), 167–176.
- [29] ONG, Chong Boon a Mohamad Suffian MOHAMAD ANNUAR. Potentialities of Tannase-Treated Green Tea Extract in Nutraceutical and Therapeutic Applications. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 2024, **196**(10), 7534–7553.
- [30] FUJIKI, Hirota. Green tea: Health benefits as cancer preventive for humans: Health benefits as cancer preventive for humans. *The Chemical Record* [online]. 2005, **5**(3), 119–132
- [31] Adstringentní. *Velký lékařský slovník* [online]. 1998-2025 [cit. 2025-06-24]. Dostupné z: <https://lekarske.slovniky.cz/pojem/adstringentni>
- [32] POKORNÝ, Jan, Helena VALENTOVÁ a Zdeňka PANOVSKÁ. *Senzorická analýza potravin*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 1999, ISBN 80-7080-329-0.
- [33] POKORNÝ, Jan. *Metody senzorické analýzy potravin a stanovení senzorické jakosti*. [1. vyd.]. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1993. ISBN 80-85120-34-8.
- [34] INGR, Ivo, Jan POKORNÝ a Helena VALENTOVÁ. *Senzorická analýza potravin*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1997. ISBN 80-7157-283-7.
- [35] ČEJKA, Pavel, Vladimír KELLNER, Jiří ČULÍK, Tomáš HORÁK a Marie JURKOVÁ. Moderní metody hodnocení výsledků senzorické analýzy. *Kvasný průmysl*. 2002, **48**(5), 114–119

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Dotazník sensorické analýzy

PŘÍLOHA 1:

Dotazník senzorické analýzy

Datum analýzy:

1. Pohlaví:

- Muž
- Žena
- Jiné

2. Věk:

- do 18 let
- 18-25 let
- 26-35 let
- 36-45 let
- 46-60 let
- Nad 60 let

3. Jak často pijete čaj?

- Denně
- Několikrát týdně
- Několikrát měsíčně
- Méně často
- Nepiji čaj

4. Jaký druh čaje máte nejraději?

- Černý čaj
- Zelený čaj
- Oolong
- Bylinný čaj
- Ovocný čaj
- Jiný (specifikujte):

Každé kritérium prosím ohodnoťte na bodové škále od 1 do 5, kde:

1 – Velmi slabá intenzita

2 – Slabá intenzita

3 – Střední intenzita

4 – Silná intenzita

5 – Velmi silná intenzita

Vzorek č.	Barva	Vůně	Trpkost	Hořkost	Celkový dojem