

Vliv stupně pražení na vybrané parametry kávy

Bc. Petr Bartošek

Diplomová práce
2020

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Petr Bartošek**
Osobní číslo: **T18366**
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie potravin**
Forma studia: **Kombinovaná**
Téma práce: **Vliv stupně pražení na vybrané parametry kávy**

Zásady pro vypracování

I. Teoretická část Vypracujte literární rešerši zahrnující následující oblasti:

1. Chemické složení zelené kávy
2. Proces pražení kávy
3. Chemické složení pražené kávy a vliv stupně pražení
4. Kvalita kávy a metody hodnocení

II. Praktická část

1. Proveďte vybrané analýzy u vzorků kávy
2. Statisticky zpracujte a vyhodnoťte výsledky
3. Zformulujte závěry

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

Seznam doporučené literatury:

- [1] BAGGENSTOSS, J., POISSON, L., KAEGI, R., PERREN, R., ESCHER, F. (2008). Coffee Roasting and Aroma Formation: Application of Different Time? Temperature Conditions [Online]. *Journal Of Agricultural And Food Chemistry*, 56 (14), 5836-5846. <https://doi.org/10.1021/jf800327j>.
- [2] CHINDAPAN, N., SOYDOK, S., DEVAHASTIN, S. (2019). Roasting Kinetics and Chemical Composition Changes of Robusta Coffee Beans During Hot Air and Superheated Steam Roasting [Online]. *Journal Of Food Science*, 84 (2), 292-302. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14422>.
- [3] LEE, L. W., CHEONG, M. W., CURRAN, P., YU, B., LIU, S. Q. (2015). Coffee fermentation and flavor? An intricate and delicate relationship [Online]. *Food Chemistry*, 185, 182-191. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.03.124>.
- [4] WINTGENS, J. N. (2012). *Coffee: growing, processing, sustainable production : a guidebook for growers, processors, traders, and researchers* (Second, updated edition). Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH Co.
- [5] POKORNÝ, Jan. *Antioxidants in food: practical applications*. Cambridge: Woodhead, 2001, 380 s. Woodhead Publishing in food science and technology. ISBN 1-85573-463-X.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Eva Lorencová, Ph.D.**
Ústav technologie potravin

Datum zadání diplomové práce: **17. února 2020**
Termín odevzdání diplomové práce: **15. května 2020**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

doc. RNDr. Iva Burešová, Ph.D.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 17. února 2020

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

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

Prohlašuji,

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

Ve Zlíně dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá vlivem stupně pražení na fyzikálně – chemické vlastnosti kávy (vlhkost, propražek, pH nálevu, obsah kofeinu, barva, velikost částic) a na sensorický profil takto připravených káv. V rámci studie bylo analyzováno 10 vzorků káv druhu Arabika a Robusta různého zeměpisného původu, včetně druhu Robusta zpracovaného metodou vysokotlakého napařování a také bezkofeinové kávy. Pražení všech vzorků probíhalo při počáteční teplotě 200 °C, kdy každý ze vzorků byl připraven při třech stupních pražení v závislosti na čase pražení a konečné teplotě vzorku. Provedenými analýzami byl prokázán statisticky významný vliv stupně pražení ($P < 0,05$) na fyzikálně – chemické vlastnosti kávy a rovněž byl prokázán rozdíl mezi druhy Arabika a Robusta a zjištěn vliv vysokotlakého napařování na vlastnosti druhu Robusta. Výsledky sensorické analýzy ukázaly, že stupeň pražení zásadně ovlivňuje jednotlivé sensorické deskriptory. V závislosti na stupni pražení byly pozorovány změny v aroma a chuti a rovněž v celkovém hodnocení vzorků.

Klíčová slova: káva, pražení, fyzikálně-chemické parametry, sensorická analýza

ABSTRACT

This diploma thesis deals with the influence of the roasting degree on the physico – chemical properties of coffee (moisture, weight loss, pH, caffeine content, color, particle size) and on the sensory profile of such prepared coffees. Ten samples of Arabica and Robusta coffees of various geographical origins, including the mild steamed Robusta coffee as well as decaffeinated coffee were analysed in this study. Roasting of all samples took place at an initial temperature of 200 ° C, and each of the sample was prepared at three roasting degrees depending on the roasting time and the final temperature of the sample. The performed analyzes showed a statistically significant influence of the roasting degree ($P < 0.05$) on the physico – chemical properties of coffee and also a difference between Arabica and Robusta species as well as influence of mild steaming on the properties of Robusta species. The sensory analysis results showed that the roasting degree significantly affects the individual sensory descriptors. Depending on the roasting degree, changes in aroma and taste as well as in the overall evaluation of the samples were observed.

Keywords: coffee, roasting, physico – chemical properties, sensory analysis

Touto cestou bych rád poděkoval vedoucí diplomové práce Ing. Evě Lorencové, Ph.D. za projevenou trpělivost, cenné rady a pomoc při vzniku této práce.

Dále bych rád poděkoval svým kolegům ze společnosti JACOBS DOUWE EGBERTS OPS CZ s.r.o., Valašské Meziříčí za pomoc při zpracování experimentální části. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat své rodině za podporu během celé doby mého studia.

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

OBSAH

ÚVOD.....	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 KÁVA JAKO SUROVINA.....	12
1.1 POPIS KÁVOVNÍKU.....	12
1.1.1 <i>Coffea arabica</i>	14
1.1.2 <i>Coffea canephora</i>	15
1.1.3 <i>Coffea liberica</i>	15
1.2 ZISK ZRN ZELENÉ KÁVY.....	16
1.2.1 Sklizeň kávy	17
1.2.2 Zpracování kávových třešní	18
1.2.3 Sušení kávových zrn	22
1.2.4 Loupání a třídění kávových zrn.....	23
1.2.5 Skladování zelené kávy.....	24
1.3 CHEMICKÉ SLOŽENÍ ZELENÉ KÁVY	25
2 PRAŽENÍ KÁVY	26
2.1 PRAŽENÍ KÁVY	26
2.1.1 Průběh pražení.....	26
2.1.2 Pražicí zařízení	27
2.2 FYZIKÁLNÍ ZMĚNY KÁVY V PRŮBĚHU PRAŽENÍ.....	29
2.2.1 Změna vlhkosti kávových zrn	29
2.2.2 Změna povrchu a struktury kávových zrn.....	29
2.2.3 Změna barvy kávových zrn.....	29
2.3 CHEMICKÉ ZMĚNY KÁVY V PRŮBĚHU PRAŽENÍ	31
2.3.1 Chemické změny sacharidů.....	31
2.3.2 Chemické změny lipidů.....	31
2.3.3 Chemické změny bílkovin.....	31
2.3.4 Chemické změny kyseliny chlorogenové.....	32
2.3.5 Chemické změny organických kyselin.....	33
II EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	34
3 CÍLE PRÁCE	35
4 MATERIÁL A METODY	36
4.1 CHARAKTERISTIKA VZORKŮ.....	36
4.2 METODIKA PRAŽENÍ VZORKŮ	36
4.3 FYZIKÁLNĚ – CHEMICKÉ METODY	37
4.3.1 Stanovení obsahu vody	37
4.3.2 Stanovení propražku.....	38
4.3.3 Stanovení pH v nálevech.....	38
4.3.4 Stanovení obsahu kofeinu	38
4.3.5 Stanovení barvy.....	39

4.3.6	Stanovení velikosti částic	39
4.4	SENZORICKÁ ANALÝZA	40
4.5	STATISTICKÁ ANALÝZA	42
5	VÝSLEDKY A DISKUZE	43
5.1	FYZIKÁLNĚ – CHEMICKÉ METODY	43
5.1.1	Stanovení vlhkosti	43
5.1.2	Stanovení propažku.....	44
5.1.3	Stanovení pH v nálevech.....	45
5.1.4	Stanovení obsahu kofeinu	46
5.1.5	Stanovení barvy.....	47
5.1.6	Stanovení velikosti částic	50
5.2	SENZORICKÁ ANALÝZA	51
	ZÁVĚR	61
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	62
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	72
	SEZNAM OBRÁZKŮ	73
	SEZNAM TABULEK.....	75
	SEZNAM PŘÍLOH.....	76

ÚVOD

Káva je dnes jedním z nejvíce konzumovaných nápojů na světě zejména díky svým stimulačním účinkům, charakteristické chuti a bohatosti aroma, které ji činí jedinečnou.

Nápoj se získává úpravou semen stále zelených keřů či stromů kávovníku (*Coffea* L.). Na světě bylo identifikováno více než 80 druhů kávy, přičemž dva nejvýznamnější druhy, *Coffea arabica* (Arabika) a *Coffea canephora* (Robusta), tvoří až 99 % světové produkce. Všechny druhy kávy se pěstují v tropickém a subtropickém podnebném pásmu mezi 23. stupněm severní a 25. stupněm jižní šířky (Burda, 2013, Davis a Rakotonasolo, 2001, Nebesny *et al.*, 2006). Mezi hlavní producenty kávy patří Brazílie, Vietnam, Indonésie, Kolumbie, Etiopie, Peru, Honduras, Mexiko a Guatemala (Ghosh a Venkatachalapathy, 2014).

Pražení je pravděpodobně nejdůležitějším krokem při zpracování kávy. V tomto procesu zelená kávová zrna podléhají řadě reakcí vedoucích k požadovaným změnám fyzikálních vlastností a chemického složení (Illy a Viani, 2005, Pittia *et al.*, 2001).

Pražení kávových zrn obvykle probíhá při teplotách 170 – 240 °C, a to po různou dobu v závislosti na profilu konečného produktu. Během procesu pražení dochází k úbytku hmotnosti v důsledku ztráty vody a těkavých látek. Současně dochází k významnému zvýšení objemu kávových zrn, poklesu hustoty a tvorbě charakteristické porézní struktury (Pittia *et al.*, 2001). V neposlední řadě se mění barva, pH, chuť a aroma kávy (Dutra *et al.*, 2001, Hernández *et al.*, 2007, Illy a Viani, 2005, Jokanovic *et al.*, 2012, Pittia *et al.*, 2001). Kvalita kávy je určována řadou faktorů, jako je původ, posklizňový proces a pražení kávových zrn, způsob mletí, příprava a podmínky podávání (Agresti *et al.*, 2008, Baggenstoss *et al.*, 2008, Brown a Diller, 2008, Lee a O'Mahony, 2002, Steen *et al.*, 2017). V kávovém průmyslu je používána řada klasifikačních systémů kvality kávy souvisejících s druhem kávy, původem, zpracováním, velikostí zrn či počtem vad (Ribeiro *et al.*, 2009). Tyto metody však do značné míry nemusí korelovat se sensorickými vlastnostmi kávy. Proto je sensorická analýza rozhodujícím nástrojem pro stanovení kvality finálního kávového nápoje (Giacalone *et al.*, 2019).

Cílem diplomové práce bylo sledovat vliv stupně pražení na fyzikálně – chemické parametry a sensorický profil testovaných vzorků káv. Práce přináší ucelené poznatky v oblasti pražení kávy, kdy neexistuje studie zaměřující se na skrining specifických parametrů, která by zahrnovala vyšší počet vzorků kávy.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 KÁVA JAKO SUROVINA

Káva je dnes jedním z nejvíce konzumovaných nápojů na světě zejména díky svým stimulačním účinkům, charakteristické chuti a bohatosti aroma, které ji činí jedinečnou. Samotné slovo káva má svůj původ v arabském výrazu „qahwah“, znamenající sílu, nebo též v názvu provincie zvané Kaffa. (Nebesny *et al.*, 2006, Tauferová *et al.*, 2014).

Nápoj se získává úpravou semen stále zelených keřů či stromů kávovníku (*Coffea* L.). Na světě bylo identifikováno více než 80 druhů kávy, přičemž dva nejvýznamnější druhy, *Coffea arabica* (Arabika) a *Coffea canephora* (Robusta), tvoří až 99 % světové produkce. Všechny druhy kávy se pěstují v tropickém a subtropickém podnebném pásmu mezi 23. stupněm severní a 25. stupněm jižní šířky (Burda, 2013, Davis a Rakotonasolo, 2001, Nebesny *et al.*, 2006).

Mezi hlavní producenty kávy patří Brazílie, Vietnam, Indonésie, Kolumbie, Etiopie, Peru, Honduras, Mexiko a Guatemala (Ghosh a Venkatachalapathy, 2014).

1.1 Popis kávovníku

Kávovník je stálezelený tropický až subtropický strom či keř, řadící se mezi ovocné dřeviny. Z botanického hlediska náleží kávovník do čeledi mořenovitých (*Rubiaceae*), zahrnující na 500 rodů a 6 000 druhů. Klasifikace rodu *Coffea* se neustále vyvíjí v souvislosti s nově objevenými druhy. V určitých oblastech se vyskytují divoce rostoucí druhy kávovníků, především pak v Africe a na Madagaskaru (Moldvaerová, 2016, Thorn, 2000, Wintgens, 2004, Rubayiza a Meurens, 2005).

Celkové taxonomické zařazení shrnuje tabulka 1.

Tabulka 1: Taxonomické zařazení kávovníku (Clifford a Wilson, 1985, Moldvaerová, 2016)

Říše (<i>regnum</i>)	Rostliny (<i>Plantae</i>)
Podříše (<i>subregnum</i>)	Cévnaté rostliny (<i>Tracheophyta</i>)
Oddělení (<i>divisio</i>)	Krytosemenné rostliny (<i>Magnoliophyta</i>)
Třída (<i>classis</i>)	Vyšší dvouděložné (<i>Rosopsida</i>)
Řád (<i>ordo</i>)	Hořcotvaré (<i>Gentianales</i>)
Čeleď (<i>familia</i>)	Mořenovité (<i>Rubiaceae</i>)
Rod (<i>genus</i>)	Kávovník (<i>Coffea</i>)

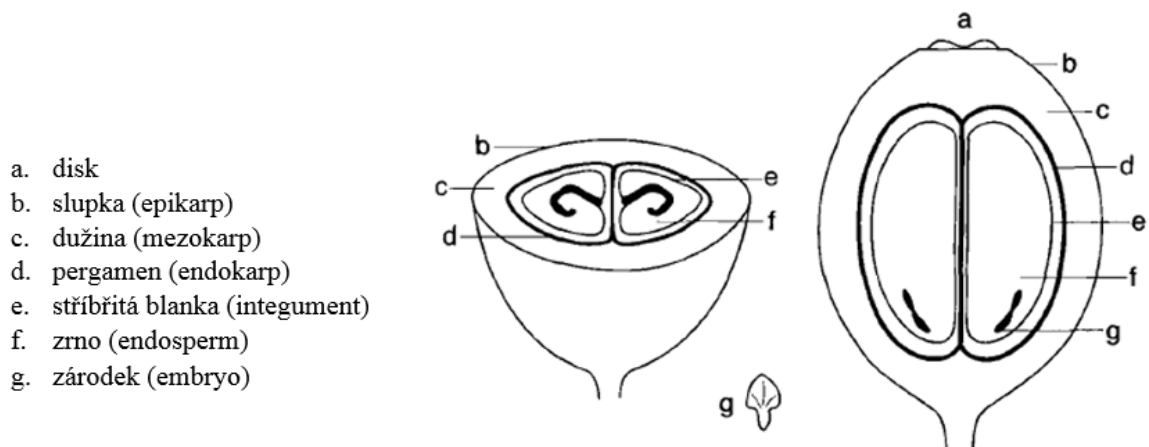
Kávovník dorůstá do výšky až 15 metrů. Keře rostoucí na plantážích se, kvůli zjednodušení sklizně, pravidelně zastřihávají do velikosti maximálně tří metrů (Pössl, 2010). Ke svému růstu potřebuje kávovník vyšší teploty. Pokud teplota klesne pod bod mrazu, plodina odumírá. Ideální pro pěstování je vlhké a teplé podnebí se stálou teplotou. Vyžaduje i ochranu před prudkými větry a dostatek vláhy. Kávové plantáže se proto osazují vysokými stromy, které slouží jednak jako ochrana před přímým sluncem a zároveň k zadržování vlhkosti v půdě (Burda, 2013, Wintgens, 2004). Důležitá pro růst kávovníku je i správná nadmořská výška, která v různých oblastech dosti kolísá. Káva z výše položených oblastí, v nadmořských výškách od 600 do 1800 metrů nad mořem, dozrává pomaleji, má jemné aroma a chuť. Naopak káva z nížin roste rychleji, má méně výrazné aroma a její chuť je silnější a výraznější. Obecně lze tedy říci, že čím vyšší nadmořská výška, tím vyšší je kvalita vypěstované kávy. Podstatnou roli plní také kvalita půdy. Vhodná půda je mírně kyselá, humózní, dostatečně hluboká a permeabilní (Brzoňová, 2012, Krejčí, 2000, Wintgens, 2004).

Rostliny kávovníku mají velké, zelené a lesklé listy. Květy jsou drobné, bílé, vyznačující se charakteristickou nasládlou vůní připomínající jasmín. Z květů se postupně vyvíjí nezralé kávové plody, nazývané též jako kávové třešně. Tyto plody zrají 9 až 14 měsíců, díky čemuž mohou mít kávovníky v jednu chvíli jak květy, tak i zralé a nezralé plody. Proto se kávové plody sklízí několikrát do roka (Mladá, 1987, Veselá, 2012, Wintgens, 2004).

Kávové třešně postupně mění svoji barvu. Nezralé plody se vyznačují barvou zelenou, která se dozráváním mění. Podle odrůdy kávovníku přechází od žluté přes oranžovou až po červenou, tmavě červenou nebo fialovou. Zelené plody po utrnutí již nedozrávají a přezralé plody mají sklony sládnout a rychle se kazit (Veselá, 2012, Wintgens, 2004).

Kávový plod obsahuje dvě zploštělá semena, která jsou po technologickém opracování známá jako kávová zrna. Může se však vyvinout i jedno oválné semeno, kterému se říká zrno perlové (Illy a Viani, 2005, Moldvaerová, 2016).

Kávové třešně jsou velké zhruba 1,5 centimetru. Skládají se z tvrdého zrna (endosperm) obsahujícího zárodek (embryo), které je obaleno dvěma slupkami – vnějším pergamenem (endokarp) a vnitřní stříbřitou blankou (integument), která na endosperm těsně přiléhá. Nad těmito slupkami se nachází dužina (mezokarp), která je kryta kožovitou slupkou (epikarp). Kávová zrna jsou k sobě otočená plochými stranami. Příčný a podélný řez kávovou třešní je znázorněn na obrázku 1 (Veselá, 2012, Illy a Viani, 2005, Wintgens, 2004).



Obrázek 1: Příčný a podélný řez kávovou třešní (Wintgens, 2004)

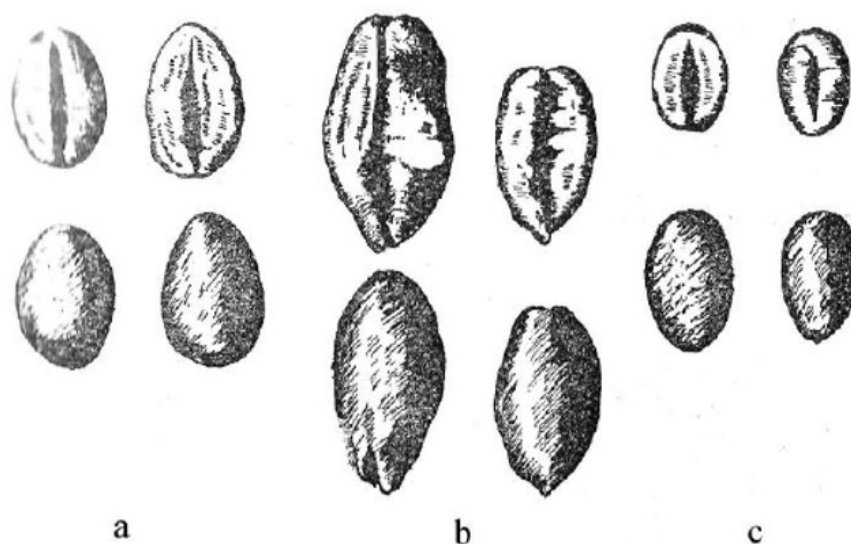
Kávovník se pěstuje ze semen, která klíčí 3 až 4 týdny. Nejprve se předpěstuje na záhonech a po 6 až 8 měsících se vysazuje na plantáže. Jsou možné i vegetativní způsoby tj. rozmnožování řízkou nebo roubováním ze semenáče. Řízky nebo rouby se získávají z vyšlechtěných rostlin žádoucích vlastností (Mladá, 1987, Pospíšil a Hrachová, 1987, Veselá, 2012, Wintgens, 2004). Kávovník začíná plodit 3. až 4. rokem po výsadbě, nejlepší úrody však bývá dosaženo většinou až po deseti letech a trvá dalších 20 až 30 let. Z jedné rostliny je poté možné sklídit 0,5–1 kg surových plodů (Brzoňová, 2012, Veselá, 2012, Wintgens, 2004).

1.1.1 *Coffea arabica*

Coffea arabica, též Arabika, je pěstována jako keř nebo strom dosahující výšky až 10 metrů. Roste ve vyšších nadmořských výškách, mezi 1300–2000 metry nad mořem při teplotách 15–24 °C. Je náročná na pěstování, první úroda je zpravidla po šesti letech a většinou se kávové třešně sklízí ručně, aby nedošlo k jejich poškození. Kávové zrno Arabiky je ploché, protáhlé s typickou zakřivenou rýhou uprostřed. Barva je mírně nazelenalá s občasným namodralým tónem. Kávová zrna jsou charakteristická nižším obsahem kofeinu, výraznějším aroma a jemně kyselou chutí. Arabika tvoří přibližně 70 % světové produkce kávy (Poltronieri a Rossi, 2016, Thorn, 2000, Veselá, 2012, Wintgens, 2004).

1.1.2 *Coffea canephora*

C. canephora, též Robusta, vytváří odolný keř nebo strom dosahující výšky až 13 metrů. Je to odolný, nenáročný druh, snášející horší klimatické podmínky. Roste v nadmořských výškách menších 1000 m nad mořem při teplotách 24–29 °C. Díky menší náročnosti na pěstování může být první sklizeň již po 2–3 letech (Burda, 2013, Veselá, 2012, Wintgens, 2004). Kávové zrno je charakteristické zaobleným tvarem s rovnou rýhou a světle zelenou barvou s nahnědlými či našedlými odstíny. Ve srovnání s Arabikou, obsahují zrna Robusty větší obsah kofeinu. Rovněž chuťový profil je rozdílný. Chuť je silná, velmi hořká a od Arabiky tedy snadno rozeznatelná. Robusta představuje přibližně 30 % světové produkce kávy (Rubayiza a Meurens, 2005, Veselá, 2012).



Obrázek 2: Zrna *C. arabica* (a), *C. liberica* (b) a *C. canephora* (c) (Wintgens, 2004)

1.1.3 *Coffea liberica*

C. liberica tvoří silné robustní keře nebo stromy vysoké až 18 metrů, mající kožovité listy, větší plody i zrna. Pěstuje se převážně v Malajsii a západní Africe. Tento druh představuje pouze 1 % světové produkce, především pro výrazně hořkou chuť, která ji řadí k odrůdám horší kvality. Z tohoto důvodu je využívána především pro výrobu směsí (Krejčí, 2000, Tauferová *et al.*, 2014, Thorn, 2000, Wintgens, 2004).

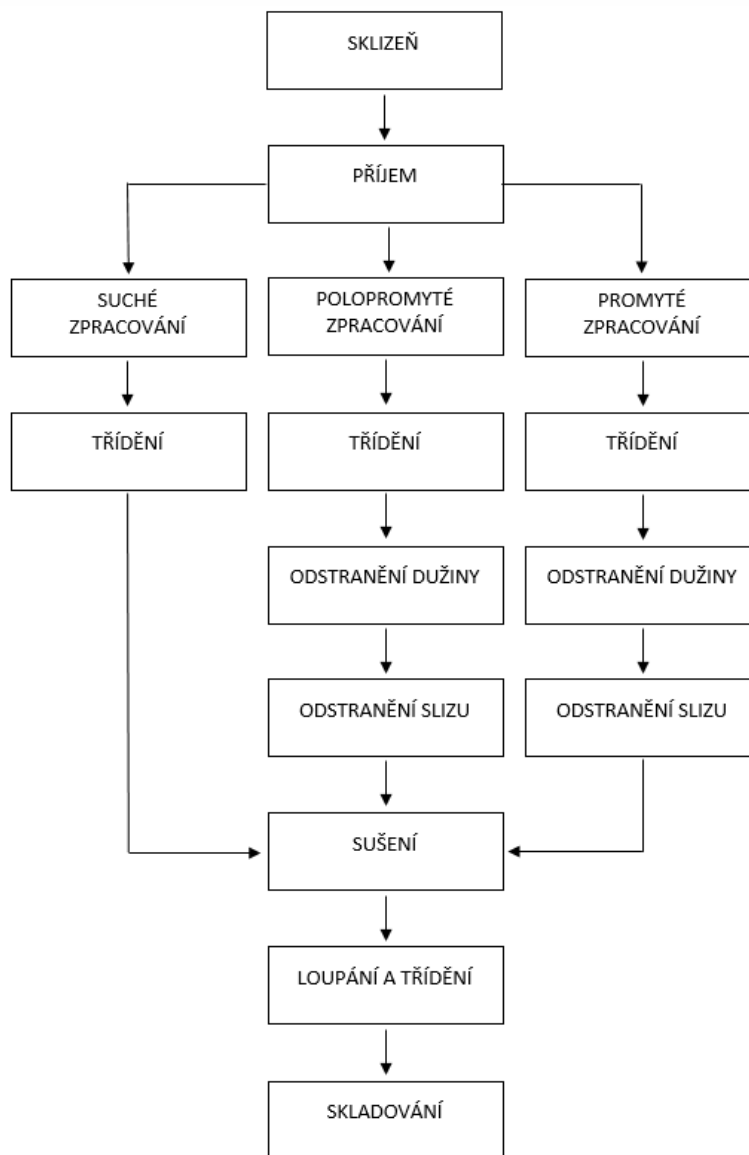
Tabulka 2: Oblasti pěstování jednotlivých druhů kávovníků (Wintgens, 2004)

Druh	Oblast pěstování			
	Afrika	Asie	Amerika	Obecně
<i>C. arabica</i>	Regiony náhorních plošin, západní pobřeží a Madagaskar	Vyšší nadmořské výšky napříč kontinentem, Jemen, Indie, Papua – Nová Guinea, Nová Kaledonie a Vietnam	Náhorní plošiny Tropické Ameriky, regiony středních nadmořských výšek Jižní Ameriky, horské oblasti Karibských ostrovů	V nadmořských výškách 1300 až 2000 m nad mořem
<i>C. canephora</i>	Nížiny centrální a západní Afriky, regiony střední nadmořské výšky na východě	Regiony nízkých a středních nadmořských výšek, Indie, Indonésie, Filipíny, Malajsie, Thajsko, Čína	Vlhké, tropické oblasti Brazílie, Ekvádor, Mexiko, Trinidad a Tobago	V nadmořských výškách menších než 1000 m nad mořem
<i>C. liberica</i>	Západní pobřeží, Rovníková Afrika a Libérie	Regiony nízké nadmořské výšky, Malajsie, Indonésie, Filipíny, Vietnam a Thajsko	Guyana a Surinam	Nížinné, často pobřežní oblasti

1.2 Zisk zrn zelené kávy

Abychom získali obchodovatelná, mikrobiálně a senzoricky stabilní zelená kávová zrna, je třeba tyto podrobit několika procesním krokům. Po dozrání jsou kávové třešně sklizeny a zrna následně oddělena od oplodí jedním ze tří způsobů. Suchým, tzv. přírodním zpracováním, metodou polopromytou a promytou. Získaná zrna jsou poté sušena a roztříděna na základě jejich velikosti, hustoty a barvy. Nakonec je zelená káva uskladněna v pytlích

nebo silech. Celý procesní diagram znázorňuje obrázek 3 (Clarke a Macrae, 1985, Clemente *et al.*, 2015, Illy a Viani, 2005, Wintgens, 2004).



Obrázek 3: Obecné schéma zpracování kávy (Ghosh a Venkatachalapathy, 2014)

1.2.1 Sklizeň kávy

Sklizeň kávy může mít různé cíle v závislosti na způsobu zpracování. Tam, kde se má použít mokrá nebo polosuchá metoda, je tradičně hlavním cílem maximalizovat procento sklizených zralých třešní. Na druhé straně, pokud se má použít suchá metoda, je obvyklým cílem sklízet všechny třešně současně s nejmenším procentem nezralých. Sklizeň se provádí dvěma způsoby, manuálně nebo mechanicky (Ventureli *et al.*, 2016, Wintgens, 2004).

Manuální sklizeň

V případě ruční sklizně se výběr zralých třešní provádí vizuální cestou, přičemž se jako kritérium používá barva. Zralé třešně jsou buď červené, nebo žluté v závislosti na odrůdě kávy. Nezralé třešně mají několik odstínů zelené, zatímco zralé třešně přecházejí z šedavě červené nebo žluté do rudé. (Pimenta *et al.*, 2018, Wintgens, 2004).

Dvě nejčastěji používané techniky ruční sklizně jsou selektivní sklizeň a ruční česání, tzv. stripování (Wintgens, 2004).

Selektivní sklizeň spočívá pouze ve sběru zralých třešní. V průběhu období sklizně jsou kávové třešně sbírány z kávovníků v několika etapách, v některých zemích až 10 krát, kdy se selektivně vybírají pouze zralé třešně. Třešně se ručně vkládají do pytlů nebo košů, které mají sběrači obvykle v úrovni pasu. Na konci sklizňové sezóny zpravidla probíhá jedna konečná sbírka všech kávových třešní, bez ohledu na stupeň vyzrállosti. Pracovník může selektivně sklidit 50 až 120 kg třešní za pracovní den (Clarke a Macrae, 1987, Wintgens, 2004).

Mechanická sklizeň

V případě mechanické sklizně je principem sběru využití vibrací. Selektivity sběru je dosaženo tím, že nezralé třešně jsou pevněji připojeny k větvím než třešně zralé. Zvolením příslušné intenzity vibrací lze dosáhnout zisku zralých kávových třešní.

V současné době existují dvě alternativní technologie pro mechanický sběr kávy: velké mechanické kolové harvestory a lehké ruční mechanizované česače (Clarke a Macrae, 1987, Wintgens, 2004).

V podstatě všechny velké sklízecí stroje pracují na stejném principu: jedna nebo dvě třepací hlavy, které se pohybují podél řad kávovníků, způsobují opad kávových třešní. Třepací hlava se skládá ze středové hřídele a paprskovitých tyčí vyrobených ze syntetických materiálů (laminátu, nylonu, grafitu atd.). Ruční sklízecí stroje sestávají ze dvou sad tyčí poháněných pneumatickým pístem. Pohybem těchto tyčí dochází k přenosu vibrací na větve kávovníku. Tyto vibrace následně způsobují, že zralé třešně padají na plachtami zakrytou zem (Venturelli *et al.*, 2016, Wintgens, 2004).

1.2.2 Zpracování kávových třešní

Podle použité metody pro zpracování zralých kávových třešní je světová produkce kávových zrn dělena na několik kategorií. Řadíme zde suché (přírodní) zpracování, polopromytou

metodu, která zahrnuje „honey“ (medové) a tzv. „pulped natural“ zpracování, a promyté zpracování (Illy a Viani, 2005, Poltronieri a Rossi, 2016, Wintgens, 2004).

Tyto procesy se používají k odstranění slizu a ke snížení obsahu vlhkosti v kávových zrnech. Jedna tuna zralých třešní druhu Arabica poskytuje asi 120 kg slizu, ve kterém cukry tvoří asi 9 kg suché hmoty. Cukry slizu poskytují sacharid pro fermentaci kávy. Pektinové látky tvoří přibližně 35 % (w/w) sušiny slizu, včetně řetězců polygalakturonové kyseliny spojených glykosidickými vazbami, které je třeba rozštěpit enzymy. V neposlední řadě se v třešních vyskytují také minerály, jako jsou vápník, draslík a fosfor (Jackels a Jackels, 2005, Knopp *et al.*, 2006, Vinícius de Melo Pereira *et al.*, 2015, Wintgens, 2004). Ve většině farem se káva suší do obsahu vody přibližně 12–13 % (w/w), ale tato hodnota závisí na odrůdě a preferenci farmářů. Způsob zpracování kávy se liší v závislosti na klimatických podmínkách produkčních regionů, jak je znázorněno na obrázku 4 (Poltronieri a Rossi, 2016).



Obrázek 4: Metody zpracování kávových třešní v závislosti na klimatických podmínkách (Poltronieri a Rossi, 2016)

Suchý způsob zpracování kávy

Suché zpracování je nejstarší, nejlevnější a nejjednodušší metoda zpracování kávy. Kávová zrna získaná touto metodou se obvykle nazývají nepromytá (přírodní) káva. Při tomto způsobu zpracování se k získání zelených kávových zrn sklizené třešně suší na slunci nebo v mechanických sušárnách za následného oddělení usušených obalových vrstev (Taveira *et al.*, 2015). Až 95 % kávy Arabica z Brazílie, Etiopie, Haiti, Indonésie, Paraguaye, Indie a Ekvádoru je sušeno na slunci (Silva *et al.*, 2008). Ve srovnání s metodami mokrého a polosuchého zpracování je do této metody zapojeno jen několik kroků. Jedná se o časově

náročné zpracování, jelikož ve srovnání s mokrým zpracováním, je sušena celá kávová třešeň. Plody jsou rozloženy ve vrstvě přibližně 4 cm vysoké a pravidelně shrabovány, aby byla zachována stejná teplota v celé vrstvě. Rozhrabování kávy rovněž slouží jako prevence vzniku fermentace nebo změny barvy. S touto metodou jsou však spojeny i problémy. Nejzávažnějším problémem je prach a nečistoty, které ulpívají na produktu. Dalším problémem jsou dešťové bouře, které se objevují (i v období sucha), často bez varování, což vede ke zvlhnutí produktu. Krok sušení trvá, v závislosti na geografické poloze, od 10 dnů do 3 týdnů. Na některých velkých farmách se používá k urychlení procesu sušení mechanických sušiček. Vzhledem k vyšším teplotám v nížinách a kondenzačnímu efektu, urychluje proces sušení rozložení kávových zrn na povrchu z betonu nebo cihel. Rovněž se kávová zrna suší na vyvýšených roštích. (Alves *et al.*, 2013, Ghosh a Venkatachalapathy, 2014, Pimenta *et al.*, 2018, Taveira *et al.*, 2015, Wintgens, 2004).

Sušení je nejdůležitějším krokem v tomto způsobu zpracování, protože ovlivňuje konečnou kvalitu kávy. Přesušená zrna jsou velmi křehká, a proto během loupání může vzniknout mnoho zlomených zrn. Naopak nedosušené plody jsou, v důsledku vyšší vlhkosti, více náchylné k poškození bakteriemi a plísněmi (Taveira *et al.*, 2015).

Vysušená třešeň se poté loupe, aby se odstranilo oplodí. To lze provést ručně pomocí palic a hmoždířů nebo v mechanických loupačích. Mechanické loupače obvykle sestávají z ocelového šneku, jehož stoupání se zvyšuje, jak se přibližuje k výtoku, čímž se následně odstraní oplodí (Ghosh a Venkatachalapathy, 2014, Wintgens, 2004).

Oloupaná káva prochází sítí, kterými jsou odstraněna vadná zrna a poté probíhá mechanické nebo optické třídění (Ghosh a Venkatachalapathy, 2014).

Polopromytá metoda zpracování kávy

Polopromytá metoda zpracování kávových třešní využívá malého množství vody k odstranění vnějších obalových vrstev. Tato metoda se dále dělí na tzv. „pulped natural“ a „honey“ proces (Poltronieri a Rossi, 2016).

Při využití metody „pulped natural“ je dužina odstraněna pomocí vysokotlakých praček. Po sběru a roztřídění, jsou kávové třešně odeslány do zpracovatelských stanic. Zde probíhá odstranění jejich dužiny pomocí plastových nožů a obalové vrstvy jsou následně odděleny od zrna pomocí odstředivky. Cukry obsažené ve slizu jsou poté odstraněny fermentací a mechanickým drhnutím. K fermentaci slizu dochází rozložením zrn ve venkovních prostorech a jejich oplachem ve vodě. Po provedení několika promytí je přebytečná voda odstředěna. Káva se poté balí do pytlů a nechá vyschnout na 40% (w/w) obsah vlhkosti.

Další sušení kávy je vysoce citlivý proces a musí být prováděno pod stálým dohledem. Zrna se několikrát denně obracejí, aby se dosáhlo rovnoměrného sušení a zabránilo se nadměrnému kvašení nebo hnilobě. Během procesu sušení zbývající vrstva slizu zaschne kolem zrna, což následně ovlivňuje profil aroma kávy. Dobře vysušená „pulped natural“ káva má intenzivní sladkost, příjemné tělo a zaoblenou kyselost. Poté, co káva dosáhne vlhkosti 12–13 % (w/w), je zabalena a poté ponechána několik týdnů odpočívat. Tento způsob zpracování kávy je hojně využíván zejména ve velkých oblastech Brazílie (Illy a Viani, 2005, Poltronieri a Rossi, 2016, Wintgens, 2004).

Zpracování metodou „honey“ využívá loupáček, tzv. depulperů, a robotů k odstranění slupky a dužiny, přičemž je ponecháno různé množství slizu. Zrna se poté rychle suší na slunci, a dle použité metody, s různou intenzitou zastiňují. Kávy získané touto metodou mají výrazně menší kyselost než promyté nebo přírodní kávy. To je dáno především krátkým časem, který je potřebný k vysušení slizu, vedoucímu k menší fermentaci. Délka doby sušení a vystavení slunečnímu záření následně určuje, jaké parametry bude mít výsledná káva. V závislosti na těchto parametrech poté rozlišujeme žlutou, červenou a černou medovou kávu. Žlutá medová káva obsahuje přibližně 25 % (w/w) slizu. Kvůli urychlení sušicího procesu, je jen nepatrně zastiňována. Doba sušení trvá v průměru 8 dní, během kterých se káva žlutě zbarví. Červená medová káva je pokryta z 50 % slizem, zrna se více zastiňují a sušení probíhá přibližně 12 dní. Černá medová káva je zcela pokryta slizem, kdy sušicí proces trvá až 30 dní. Tento relativně nedávno vzniklý styl zpracování kávy je využíván v zemích střední Ameriky, zejména pak v Kostarice (Poltronieri a Rossi, 2016, Ribeiro *et al.*, 2017, Wintgens, 2004).

Promytá metoda zpracování kávy

Promytá metoda je proces, který zahrnuje odstranění vnější slupky (exokarpu), bílé masité dužiny (mezokarpu) a následné oddělení těchto vrstev od kávových zrn za použití vody. Odstranění těchto vrstev snižuje riziko kvašení a umožňuje rychlejší sušení, což obecně vede k dobré kvalitě výsledné kávy (Malta, 2011). Tato metoda je používána producenty v Mexiku, Kolumbii a Keni a najdeme ji rovněž v Brazílii. Promyté zpracování kávy se doporučuje pro oblasti, kde se v období po sklizni vyskytuje vysoká relativní vlhkost (Pimenta *et al.*, 2018).

Na malých farmách se k oddělování vnějších vrstev používá hmoždířů, což ovšem vyžaduje velké nároky na pracovní sílu. Nejběžněji se proto setkáváme s bubnovými a diskovými rozvláknovacími stroji (Ghosh a Venkatachalapathy, 2014).

Bubnové rozvlákňovací stroje sestávají z rotujícího bubnu s proděravěným povrchem a nastavitelné desky, mezi nimiž jsou rozdrceny kávové třešně a následně oddělena dužina a zrna. Vzdálenost mezi bubnem a deskou musí být nastavena tak, aby byla odstraněna dužina bez poškození kávových zrn. Stejný princip využívají i diskové rozvlákňovací stroje. Rozdíl je pouze v tom, že třešně jsou mačkány kotoučem se zdrsňeným povrchem (Ghosh a Venkatachalapathy, 2014, Illy a Viani, 2005, Pimenta *et al.*, 2018, Wintgens, 2004).

Následuje odstranění slizu. Fermentace slizu probíhá ve velkých nádržích po dobu 24 až 40 hodin. Amorfni gel slizu kolem zrna sestává z hemicelulóz, pektinové látek a cukrů a je nerozpustný ve vodě. Lze jej odstranit chemickými metodami, teplou vodou, vodními rozvlákňovači a rovněž fermentací. Fermentace zahrnuje umístění zrn do plastových věder nebo nádrží, dokud nedojde k rozkladu slizu. K rozkladu slizu dochází spolupůsobením přírodních enzymů a bakterií. Káva se občas promíchává za současného odběru vzorku, který je promyt vodou. Pokud je možné sliz smýt vodou a současně jsou zrna spíše drsná než kluzká, jsou kávová zrna připravena. Zrna je třeba okamžitě omýt, protože se rychle vyvíjí pachutě. Po fermentaci je káva známá jako „pergamenová káva“, protože semeno si udržuje svou vrstvu endokarpu. K zajištění stability zrn musí být sušeny na obsah vlhkosti 10 až 12 % (w/w) (Ghosh a Venkatachalapathy, 2014, Chalfoun a Fernandes, 2013, Malta, 2011, Pimenta *et al.*, 2018).

Sušení musí probíhat pomalu, aby se zabránilo praskání zrn, a rovněž musí proběhnout co nejdříve, aby se zabránilo vzniku pachutí. K tomu lze použít stejné způsoby sušení jako u suchého zpracování kávy. Po vysušení se rozkládají kávová zrna po dobu 8 hodin na dobře větraném místě. Tenký pergamen kolem kávy se odstraňuje buď ručně, v hmoždířích nebo v malých loupačích. Oloupaná zrna jsou čištěna proséváním a připravena k uskladnění (Ghosh a Venkatachalapathy, 2014).

1.2.3 Sušení kávových zrn

Sušení kávy je jedním z nejdůležitějších posklizňových procesů. Cílem je snížit obsah vody v produktu, následně snížit mikrobiální riziko, snížit výskyt enzymatického kvašení a zachovat kvalitu a nutriční hodnotu kávy. Proces sušení lze rozdělit na dva druhy, přirozené sušení na slunci a sušení mechanické (Pimenta *et al.*, 2018, Taveira *et al.*, 2015).

Sušení na slunci

Tato metoda sušení je nejběžnější, široce používaná v mnoha zemích a zároveň je nejlevnějším způsobem sušení pergamenové kávy nebo celých kávových třešní. Proces je

velmi závislý na klimatických podmínkách a ročních obdobích. Odstranění slizu a obalových vrstev v počátečním stádiu promytého zpracování zkracuje čas potřebný k sušení. Existují různé metody sušení na slunci. Káva se obvykle suší na velkých terasách vyrobených z betonu či asfaltu se sklonem 0,5–1 %, aby mohlo docházet k odtoku vody. Při použití přirozeného slunečního světla trvá sušení kávy 7–15 dní u kávy pergamenové a 12–21 dní při sušení celých kávových třešní. Tato doba se liší v závislosti na povětrnostních podmínkách. Pergamenová káva vyžaduje větší pozornost při zpracování, především kvůli vyššímu riziku praskání kávových zrn. Aby bylo možné kávu rovnoměrně vysušit, je třeba ji pravidelně a opatrně přehrabovat. V některých tropických zemích se z důvodu zamezení praskání zrn využívá jejich zakrývání pomocí plachet. Výsledné fyzikálně – chemické vlastnosti kávy jsou dány rovněž způsobem sušení a výškou vrstvy sušené kávy. Nejlepší kvalitu výsledného nápoje představuje pergamenová káva, tedy zpracovaná promytou metou, sušená v tenké vrstvě na betonovém či asfaltovém povrchu (Ghosh a Venkatachalapathy, 2014, Reinato *et al.*, 2012).

Mechanické sušárny

Během mechanického sušení se zrna zahřívají horkým vzduchem, který prochází zařízením. Tento horký vzduch tedy suší zrna za současného odvádění vlhkosti. Kontrola sušící teploty je klíčovou součástí, kdy by teplota neměla překročit 45 °C pro celé kávové třešně a 40 °C pro pergamenovou kávu. Obvykle existují dva druhy mechanických sušáren, statické a otočné sušárny. Mezi otočné sušárny řadíme kruhové sušárny s míchadly a vertikální, rotační, kaskádové či kolonové sušárny. U mechanických sušáren se doba sušení pohybuje mezi 20–60 hodinami, v závislosti na typu použitého zařízení. Káva nejlepší kvality je získána, pokud jsou sušící procesy provedeny ve dvou stupních. V počáteční fázi je sušení prováděno při nízké teplotě (20 °C), na kterou navazuje fáze druhá s vyšší teplotou (60 °C). Hlavní nevýhodou mechanických sušáren je, že sušení není rovnoměrné. (Ghosh a Venkatachalapathy, 2014, Rolz *et al.*, 1969, Wintgens, 2004).

1.2.4 Loupání a třídění kávových zrn

Dalším krokem po vysušení je loupání. Vysušené kávové třešně (zpracované suchým způsobem) nebo pergamenová káva (zpracovaná promytou metodou) se loupají, aby se odstranily zbylé obalové vrstvy a oddělila se kávová zrna. Loupání se provádí pomocí loupacích strojů nebo, na menších farmách, pomocí dřevěných tyčí a hmoždířů, které se

používají k oddělení kávových zrn od pergamenu nebo obalových vrstev usušených třešní (Haile a Hee Kang, 2019). Obvykle se používají dva typy loupacích strojů. U prvního typu je pergamen oddělován odíráním a třením. U typu druhého je naopak pergamen nejprve naříznut a následně oddělen. Během loupání je nezbytné pečovat o kávová zrna a vyvarovat se jejich poškození. Zejména rizikovým je zahřívání zrn během odírání, které následně může ovlivnit barvu a chuť kávy. Poslední vrstva, která obklopuje kávová zrna, je tenká stříbřitá blanka, která může, ale nemusí, být odstraněna během procesu loupání. Stříbřitá blanka se odděluje leštěním v leštících strojích. Nakonec jsou zelená kávová zrna připravena k čištění a třídění podle barvy, velikosti a hustoty (Clarke a Macrae, 1987, Haile a Hee Kang, 2019, Wintgens, 2004).

Oloupaná kávová zrna pak procházejí třídícími procesy, které se provádějí strojově nebo ručně. Nejčastěji se používá ruční třídění na základě velikosti, barvy a hustoty kávových zrn. Zrna velká, stejné velikosti, jsou na trhu nejvíce žádaná. Výskyt vadných zrn snižuje cenu výsledné produkce. Třídění je důležitým krokem, protože ovlivňuje parametry pražení. Pro dosažení rovnoměrného pražení zrn je důležité, aby tato byla jednotné velikosti. K následnému prosévání kávových zrn podle velikosti se používají prosévací stroje. Po správném provedení třídění jsou kávová zrna zabalena do správných obalových materiálů a uskladněna (Mutua, 2000, NTCDB, 2009).

1.2.5 Skladování zelené kávy

Ihned poté, co jsou kávová zrna roztříděna, je třeba jejich uskladnění do doby, dokud nebudou odeslána a prodána na trhu. Aby nedošlo ke ztrátě jejich senzoričtých, fyzikálních a chemických vlastností, musí být regulována teplota a relativní vlhkost ve skladu. Skladováním s dlouhodobou vyšší relativní vlhkostí dochází ke snižování obsahu redukcujících cukrů v zelených kávových zrnech. Rovněž 60% relativní vlhkost při delším skladování způsobuje degradaci buněk vedoucí k úniku olejů a zhoršení senzoričtých vlastností kávových zrn (Haile a Hee Kang, 2019, NTCDB, 2009).

Kávová zrna se obvykle skladují v jutových pytlích, které mají kapacitu pro 60 kg zelené kávy. Ke snížení ztrát a zvýšení efektivity při manipulaci, se využívá velkých pytlů, tzv. „big bagů“, s kapacitou 1200 kg. Dalším způsobem skladování kávy je skladování v silech nebo velkoobjemových zásobnících (Borém *et al.*, 2014).

1.3 Chemické složení zelené kávy

Složení zelené kávy závisí na odrůdě, původu, zpracování a klimatu. Přehled rozdílů v chemickém složení mezi Arabikou a Robustou je znázorněn v tabulce 3 (Belitz *et al.*, 2004).

Tabulka 3: Rozdíly mezi Arabikou a Robustou ve složení zelené kávy, v % (w/w) sušiny (Belitz *et al.*, 2004)

Složka	Arabika	Robusta	Sloučeniny
<i>Rozpustné sacharidy</i>	9-12,5	6-11,5	
Monosacharidy		0,2-0,5	Fruktóza, glukóza, galaktóza, arabinóza
Oligosacharidy	6-9	3-7	Sacharóza (>90 %), rafinóza (0-0.9 %), stachyóza (0-0.13 %)
Polysacharidy		3-4	Polymery galaktózy (55-65 %), manózy (10-20 %), arabinózy (20-35 %), glukózy (0-2 %)
<i>Nerozpustné sacharidy</i>	46-53	34-44	
Hemicelulóza	5-10	3-4	Polymery galaktózy (65-75 %), arabinózy (25-30 %), manózy (0-10 %)
Celulóza	41-43	32-40	
<i>Kyseliny a fenoly</i>			
Těkavé kyseliny		0,1	
Netěkavé alifatické kyseliny	2-2,9	1,3-2,2	Kyselina citronová, jablečná, chinová
Kyselina chlorogenová	6,7-9,2	7,1-12,1	Mono-, dicaffeoyl- a feruloylchinová kyselina
Lignin		1-3	
<i>Lipidy</i>	15-18	8-12	
Vosky		0,2-0,3	
Oleje		7,7-17,7	Převážně mastné kyseliny 16:0 a 18:2 (9, 12)
<i>N sloučeniny</i>		11-15	
Volné aminokyseliny		0,2-0,8	Kyselina glutamová, asparagová, asparagin
Proteiny		8,5-12	
Kofein	0,8 – 1,4	1,7 – 4,0	Stopy theobrominu a theofilinu
Trigonellin	0,6 – 1,2	0,3 – 0,9	
<i>Minerální látky</i>		3 – 5,4	K, Ca, Mg, Fe, P

2 PRAŽENÍ KÁVY

2.1 Pražení kávy

Pražení je pravděpodobně nejdůležitějším krokem při zpracování kávy. V tomto procesu zelená kávová zrna podléhají řadě reakcí vedoucích k požadovaným změnám fyzikálních vlastností a chemického složení (Illy a Viani, 2005, Pittia *et al.*, 2001).

Pražení kávových zrn obvykle probíhá při teplotách 170–240 °C, a to po různou dobu v závislosti na profilu konečného produktu. Během procesu pražení dochází k úbytku hmotnosti v důsledku ztráty vody a těkavých látek. Současně dochází k významnému zvýšení objemu kávových zrn, poklesu hustoty a tvorbě charakteristické porézní struktury (Pittia *et al.*, 2001). V neposlední řadě se mění barva, pH, chuť a aroma kávy (Dutra *et al.*, 2001, Hernández *et al.*, 2007, Illy a Viani, 2005, Jokanovic *et al.*, 2012, Pittia *et al.*, 2001).

2.1.1 Průběh pražení

Pražení je proces, při kterém se kávová zrna v daném čase zahřejí na teplotu v rozmezí 170–240 °C. Nejčastěji tento proces trvá 10–15 minut a lze jej rozdělit do tří fází:

- fáze sušení, během níž se eliminuje vlhkost,
- fáze pražení, kde probíhá řada komplexních pyrolytických reakcí a transformací prekurzorů na složky pražené kávy,
- fáze chlazení, kde se pražená káva rychle ochladí, aby se zastavil pražící proces (Illy a Viani, 2005, Yeretizian *et al.*, 2002).

Během fáze sušení se zelená zrna zahřejí na přibližně 100 °C za současného odpaření většiny volné vody. Vlhkost kávy je tak snížena z původních 10–12 % (w/w) na přibližně 6 % (w/w). Současně se mění vůně zrn z travnaté na chlebovou, a rovněž barva přechází hráškové do nažloutlé. Jakmile dosáhnou zrna 6% vlhkosti, teplota uvnitř zrn opět stoupá až k 170 °C. Zde začíná skutečné pražení a celý proces se stává exotermickým (Raemy a Lambelet, 1982, Yeretizian *et al.*, 2002).

Při tomto nárůstu teploty začíná probíhat řada reakcí. Mezi nejvýznamnější řadíme reakce Maillardovy, vedoucí k tmavnutí zrn a pyrolytické reakce, při nichž vzniká velké množství plynu (5–12 l/kg, převážně CO₂), což vede k vysokým tlakům uvnitř uzavřených dutin v porézní mikrostruktuře zrn. Zrna bobtnají a zvětšují svůj objem o 50 až 100 %. V této fázi

je možné slyšet první prasknutí kávových zrn, tzv. „first crack“, kdy buňky explodují pod vysokým vnitřním tlakem. Káva začíná rozvíjet své tělo s příjemnou kyselostí a bohatou vůní. Po překročení této fáze se káva stává tmavě praženou. Během pokračujícího pražení kávy následuje druhé praskání, tzv. „second crack“, kdy na povrchu zrn začínají vyvstávat kapičky oleje. Káva postupně ztrácí svou pozitivní kyselost a bohatost aroma, získává ale na plnosti. Další pražení vede ke karbonizaci a rozvoji výrazné spálené chuti. (Hernandez *et al.*, 2007, Schenker *et al.*, 2000, Yeretizian *et al.*, 2002).

Proces pražení je ukončen zchlazením kávy. Chlazení je prováděno rychle a to nejčastěji proudem studeného vzduchu nebo zástříkem chladící vody (Yeretizian *et al.*, 2002).

2.1.2 Pražicí zařízení

Pro pražení kávy existuje řada různých technologií využívajících stejné základní principy přenosu tepla a hmoty. Nejčastější pražicí technologie jsou popsány níže.

Rotační buben

Nejpoužívanější technologií je využití horizontálního nebo vertikálního rotačního bubnu. Zrna se mísí v rotujících bubnech vyhřívaných plynovými hořáky, které přenášejí teplo na zrna stěnami válce a horkými plyny. Proces může být jak vsádkový, tak kontinuální. Pražicí časy se pohybují v rozmezí od 8 do 20 minut u tradičního LTLT (Low Temperature Long Time) způsobu, nebo v rozmezí od 3 do 6 minut u HTST (High Temperature Short Time) způsobu (Eggers a Pietsch, 2001, Mwithiga a Jindal, 2003).

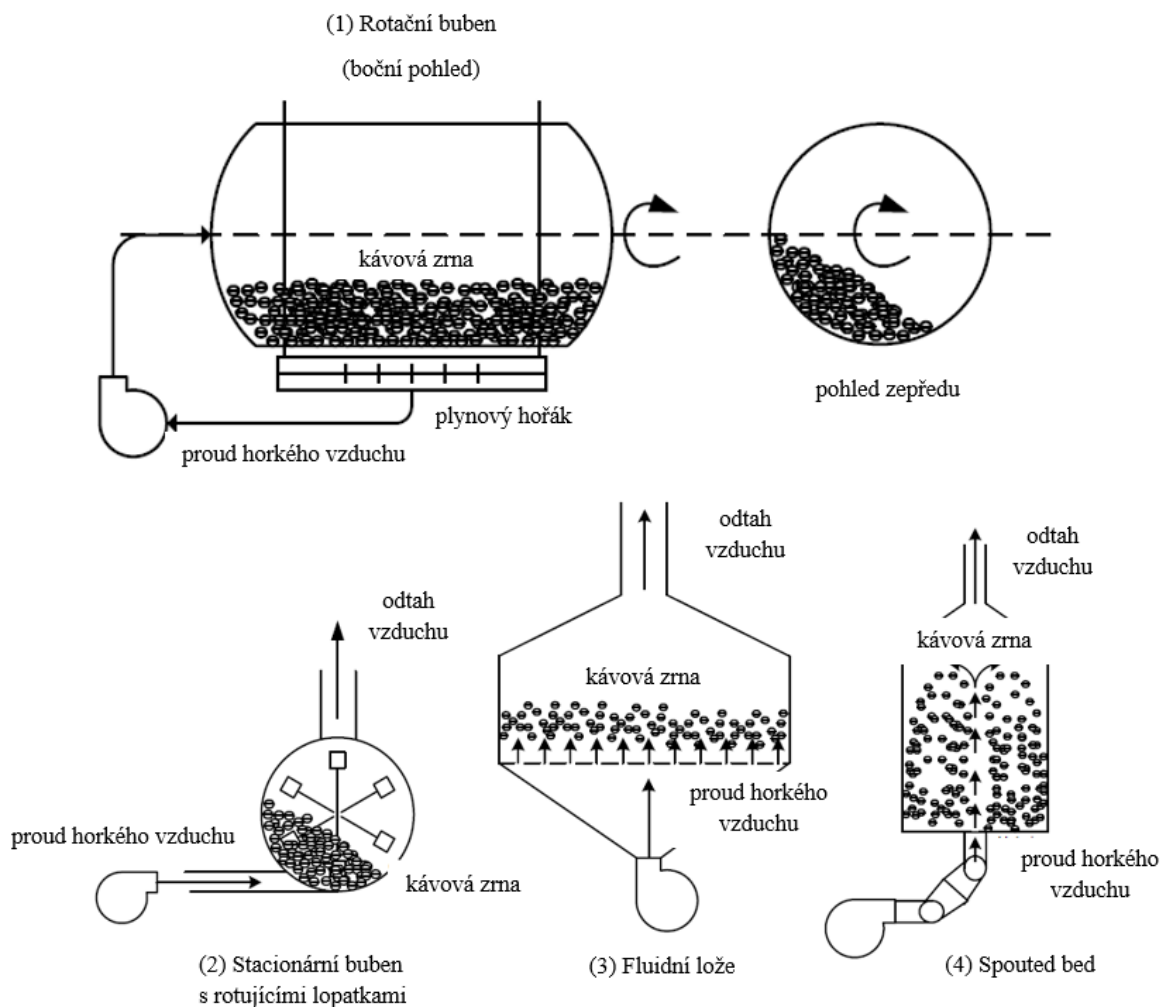
Stacionární buben s rotujícími lopatkami

Tato metoda využívá přímé zahřívání konvekčním prouděním horkých plynů s pražicím časem v rozmezí od 3 do 6 minut. Od metody využívající rotačního válce se liší použitím konvekčního zdroje ohřevu. Rovněž místo rotujícího bubnu se k mísení a homogenizaci přenosu tepla uvnitř pražičky používají lopatky (Eggers a Pietsch 2001, Illy a Viani, 2005).

Pražení na fluidním loži

Tento způsob pražení využívá horkého vzduchu o vysoké rychlosti směřujícího k zrnům v perforovaném pražicím loži. Tímto je dosaženo lepší kontroly parametrů procesu, včetně rovnoměrnosti přenosu tepla, protože se kávová zrna vznášejí a mísí současně. Kritickým

bodem této technologie je řízení rychlosti vzduchu, protože velikost kávových zrn, hmotnost a hustota se během pražení značně mění. Samotné pražení trvá v rozmezí od 3 do 5 minut (Eggers a Pietsch 2001). Na principu fluidního lože byly popsány a patentovány další metody, mezi něž řadíme tzv. „spouted bed“, tedy fluidní lože, kde je horký vzduch zaváděn směrem vzhůru při vhodné rychlosti středem přes kávová zrna a tzv. „swirling bed“, kde je skrze prstencové fluidní lože vháněn plyn přes rozdělovací lopatky. U těchto metod je však zapotřebí dalšího vývoje, aby bylo dosaženo zlepšení homogenity teploty kávových zrn (Nagaraju *et al.*, 1997, Nagaraju a Bhattacharya, 2010, Sreenivasan a Raghvanan, 2002). Schémata pražících zařízení znázorňuje obrázek 5.



Obrázek 5: Schémata pražících zařízení (Illy a Viani, 2005, Nagaraju *et al.*, 1997)

2.2 Fyzikální změny kávy v průběhu pražení

2.2.1 Změna vlhkosti kávových zrn

Zelená kávová zrna se obvykle suší na vlhkost pod 12 % (w/w), aby se snížila chemická a mikrobiální degradace, která by mohla způsobit vývoj nežádoucích chutí (Parliment, 2000). Během pražení se obsah jak volné, tak chemicky vázané vody sníží na přibližně 2 % (w/w), v závislosti na stupni pražení a na tom, zda se v chladicí fázi po pražení aplikuje zástřík vodou. Nejrychleji klesá obsah vody v prvních fázích pražení (Eggers a Pietsch, 2001).

2.2.2 Změna povrchu a struktury kávových zrn

Barva na povrchu kávových zrn se během pražení zásadně mění ze světle zelené na hnědou. Zrna pražena do tmavě hnědého zbarvení mají tendenci na svém povrchu vylučovat olej, který vytváří lesklý povrch zrn. Tvorba barevných a aromatických sloučenin indukovaná pražením je doprovázena velkou ztrátou vody, oxidu uhličitého a organické hmoty. V důsledku toho dochází ke zvýšení vnitřního tlaku, což vede ke změnám v poréznosti a objemu zrn. Kávová zrna tak obvykle zvětšují svůj původní objem alespoň o 50 %. Struktura pórů, silně závislá na podmínkách pražení, ovlivňuje během procesu skladování jevy spojené s přenosem hmoty a určuje odplyňovací vlastnosti kávových zrn (Ortolá *et al.*, 1998, Schenker *et al.*, 2000). Ve srovnání s LTLT (Low Temperature Long Time) pražením, vykazují zrna podrobena procesu HTST (High Temperature Short Time) větší nárůst objemu. S těmito velkými změnami v objemu zrn a porozitě dochází také ke snížení hustoty. Hustota zelených kávových zrn se pohybuje obvykle v rozmezí 550 až 700 g/l, zatímco v pražených zrnech je v rozmezí od 300 do 450 g/l, kde nejnižších hodnot je dosahováno při procesech rychlého pražení (Illy a Viani, 2005).

2.2.3 Změna barvy kávových zrn

Melanoidiny jsou žluté až tmavě hnědé heterogenní polymerní sloučeniny, které se vyskytují v mnoha potravinách. Mají velký vliv na smyslovou a nutriční kvalitu potravin, hlavně díky své barvě, chuti a antioxidačním vlastnostem. Bylo popsáno, že fenolická polymerace a Maillardovy reakce jsou hlavními reakcemi přispívajícími k tvorbě melanoidinu v pražené kávě (Borrelli *et al.*, 2002, Montavon *et al.*, 2003).

Nejviditelnější fyzikální změnou, ke které dochází během pražení kávy, je změna barvy. Při velkoobjemovém komerčním zpracování je právě barva hlavním parametrem pro určení stupně pražení. Barva pražené kávy se liší od světle hnědé až k téměř černé. Obvykle se

barva měří u namletých kávových zrn o předem stanovené velikosti částic. Mletá káva je rovnoměrně rozprostřena a v závislosti na odrazivosti povrchu je měřena pomocí přístrojů jako jsou Agtron, Minolta, Hunterlab, Dr. Lange či Colorette. Dalšími ukazateli stupně pražení jsou zvuk kávy, měřený zejména během prvního a druhého prasknutí, úbytek sušiny či konečná teplota kávových zrn. Nejčastěji je, nicméně, využíváno právě stanovení barvy (Parliment, 2000).

Existuje poměrně málo různých stupnic a terminologií používaných k popisu stupně pražení kávy. Průmyslově nejpoužívanějšími jsou měřidla Agtron či Dr. Lange, založené na měření barvy pomocí spektrofotometrů, které nesou patentovaný barevný systém. V kávovém průmyslu se však stále často můžeme setkat i s názvy jako „Cinnamon“, „Full-City“, „Italian“ a mnoha dalšími, viz tabulka 4 (Davids, 2003).

Tabulka 4: Stupně pražení kávových zrn (Davids, 2003)

Barva kávových zrn	Konečná teplota zrn (°C)	Stupnice Agtron	Obecné názvy
Velmi světle hnědá	Okolo 195	95 – 90	Cinnamon
Mírně světle hnědá	Pod 205	90 – 80	Cinnamon, New England
Světle hnědá	Okolo 205	80 – 70	Light, New England
Tmavší světle hnědá	205 - 215	70 – 60	Light-Medium American, Regular Brown
Středně hnědá	215 - 225	60 – 50	Medium, Medium-high American, Regular City
Tmavší středně hnědá	225 - 230	50 – 45	Viennese, Full-City, Light French Espresso, Light Espresso, Continental, After dinner
Hnědá	230 - 235	45 – 40	Espresso, French, European High
Mírně tmavě hnědá	235 - 240	40 – 35	French Espresso, Italian, Dark Turkish
Tmavě hnědá	240 - 245	35 – 30	Italian, Dark French, Neapolitan, Spanish, Heavy
Velmi tmavá (téměř černá)	245 - 250	30 – 25	Dark French, Neapolitan, Spanish

2.3 Chemické změny kávy v průběhu pražení

2.3.1 Chemické změny sacharidů

Chemickému složení zelené kávy dominují sacharidy, většinou polysacharidy (hemicelulózy a celulóza), které tvoří základ materiálu buněčné stěny zrna. Nejhojněji zastoupeným sacharidem je sacharóza, která tvoří mezi 3 a 9 % (w/w) sušiny. Arabiky obsahují až o 50 % více sacharózy než Robusty (Bradbury, 2001, Kleinwächter a Selmar, 2010, Wasserman *et al.*, 2000). Monosacharidy, tedy glukózu, galaktózu, arabinózu, fruktózu, manózu, xylózu a ribózu, lze v zelené kávě nalézt v koncentracích nižších než 1 % (w/w) u obou druhů kávy (Arya a Rao, 2007). Naopak obsah rafinózy a stachyózy byl zjištěn pouze v zelené kávě druhu Robusta (Feldman *et al.*, 1969). Během pražení je většina sacharózy odstraněna, čímž vznikají produkty včetně kyselin s nízkou molekulovou hmotností, 5-hydroxymetylfurfuralu a některých těkavých a netěkavých aromatických sloučenin vytvořených v důsledku Maillardových reakcí s volnými a vázanými aminokyselinami (Wasserman *et al.*, 2000). Téměř všechny hexózy a pentózy jsou rozloženy za vzniku vody, oxidu uhličitého a barevných, vonných a chuťových látek. Celulóza je však stabilnější vůči pražicímu procesu (Parliment, 2000).

2.3.2 Chemické změny lipidů

Zelená káva obsahuje mezi 7 a 17 % (w/w) lipidů, mezi které řadíme triglyceridy, steroly mastných kyselin, pentacyklické diterpeny (metylcafestol, cafestol, kahweol), diterpenické alkoholy, diterpenické a tripterpenické estery a ceramid. Kávové vosky se nacházejí na povrchu zrna, přičemž obsahují C₂₀ a C₂₆ mastné kyseliny (Parliment, 2000, Parras *et al.*, 2007).

Při pražení nebyly u kávových lipidů zjištěny žádné významné změny. Během skladování zelených a pražených zrn však byla detekována autooxidace nenasycených mastných kyselin, zejména C₁₈, a hydrolýza triglyceridů poskytující volné mastné kyseliny (Parliment, 2000).

2.3.3 Chemické změny bílkovin

Obsah bílkovin je v zelené kávě relativně vysoký, konkrétně mezi 8,5 a 13 % (w/w) sušiny kávových zrn. Množství volných aminokyselin je poměrně nízké, v rozmezí od 0,3 do 0,6 % (w/w), vztaženo na sušinu, a zahrnuje aminokyseliny, jako je asparagin, kyselina glutamová, alanin, kyselina asparagová, fenylalanin, methionin a lysin obsahující síru (Montavon *et al.*,

2003; Murkovic a Derler, 2006). Společně se sacharidy jsou aminokyseliny důležitými prekurzory aroma a chuti kávy. Pražení denaturuje většinu proteinů a způsobuje výrazné snížení obsahu aminokyselin, jako jsou arginin, cystein, lyzin, serin a threonin. Naopak alanin, glycin, leucin, kyselina glutamová a fenylalanin jsou při pražení relativně stabilní. Obsah cysteinu a methioninu, potenciálních prekurzorů mnoha sloučenin síry, které se nacházejí v aroma kávy, se pražením významně snižuje (Wasserman *et al.*, 2000).

Významnou skupinu bílkovin kávy tvoří alkaloidy. Káva obsahuje několik druhů xantinů, jako je kofein a alkaloidy, mezi které řadíme trigonellin. Ve srovnání se zelenou kávou, je v pražené kávě mírně vyšší relativní obsah kofeinu, což je ovšem způsobeno hlavně ztrátou ostatních složek (Merritt a Proctor, 1959). Kofein je přítomen v Arabice v rozmezí od 1,0 do 1,5 % (w/w) a v Robustě se vyskytuje přibližně v dvojnásobném množství (Parliment, 2000). Kofein je při pražení poměrně stabilní, zatímco obsah trigonellinu se během pražení snižuje až o 80 %. Degradací trigonellinu se tvoří kyselina nikotinová, prekurzor mnoha aromatických sloučenin včetně pyridinu a pikolinů (Illy a Viani, 2005). Dekarboxylace trigonellinu je jedním ze zdrojů oxidu uhličitého generovaného během pražení. Arabika obvykle obsahuje více trigonellinu než Robusta. Vyšší koncentrace trigonellinů jsou obecně spojeny s kvalitnějšími kávami (Farah *et al.*, 2006).

2.3.4 Chemické změny kyseliny chlorogenové

Chlorogenové kyseliny jsou nejhojněji zastoupené organické kyseliny přítomné v kávě. Kyselina chlorogenová nebo též CGA (chlorogenic acid), zahrnuje řadu fenolových kyselin esterifikovaných na kyselinu chinovou v rostlinných materiálech, včetně kávy. Řadíme zde nejméně pět skupin izomerů, z nichž v kávě jsou hlavními izomery kyseliny caffeoylchinové (CQA), kyseliny dikaffeoylchinové (diCQA) a kyseliny feruloylchinové (FQA) (Trugo a Macrae, 1984). Zelená kávová zrna obsahují v rostlinné říši největší množství CGA, a to od 5 do 12 % (w/w) sušiny (Farah *et al.*, 2005).

Jelikož během pražení dochází k rozsáhlé degradaci CGA, byla zaznamenána korelace mezi koncentracemi CGA a stupněm pražení (Feldman *et al.*, 1969; Trugo a Macrae, 1984). Rovněž poměr mezi 5 – CQA a kofeinem je uváděn jako alternativní možnost zjištění stupně pražení. Caffeoylchinová kyselina je totiž degradována, zatímco kofein při teplotách pražení zůstává poměrně stabilní. Kromě toho káva pražená na stejnou barvu, ale za různých podmínek pražení, vykazuje různé poměry těchto sloučenin. Byl tedy učiněn závěr, že sledování právě poměru 5 – CQA a kofeinu může poskytnout lepší korelaci se skutečnými profily aroma a chuti (Purdon a McCamey, 1987).

2.3.5 Chemické změny organických kyselin

Po kyselině chlorogenové je v zelených kávových zrnech nejvíce zastoupena kyselina citrónová. Kyselina jablečná a chinová jsou přítomny v podobných koncentracích, které se pohybují v rozmezí od 1,6 do 7,3 g/kg. V zelených kávových zrnech se vyskytuje několik dalších organických kyselin včetně kyseliny fosforečné, vinné, pyrohroznové, jantarové a octové (Balzer, 2001).

Během pražení podléhají kyselina citrónová a jablečná tepelné degradaci. Kyselina citronová poskytuje hlavně kyselinu citrakovou, glutarovou, itakonovou, mesakonovou a jantarovou, zatímco kyselina jablečná je rozložena na kyseliny fumarovou a maleinovou. Při pražení dochází k poklesu pH kávy a zvyšuje se tedy její kyselost. Tato kyselost je nejpatrnější v první fázi pražení, kdy s postupným pražením naopak klesá. (Balzer, 2001). Chemické složení pražené kávy shrnuje tabulka 5.

Tabulka 5: Chemické složení pražené kávy v % (w/w) sušiny (Belitz *et al.*, 2004)

Složka	Arabika	Robusta
Kofein	1,3	2,4
Lipidy	17,0	11,0
Proteiny	10,0	10,0
Sacharidy	38,0	41,5
Trigonelin, niacin	1,0	0,7
Alifatické kyseliny	2,4	2,5
Kyselina chlorogenová	2,7	3,1
Těkavé sloučeniny	0,1	0,1
Minerální látky	4,5	4,7
Melanoidiny	23,0	23,0

II. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

3 CÍLE PRÁCE

Cílem diplomové práce bylo sledovat vliv stupně pražení na fyzikálně – chemické parametry kávy.

Dílčí cíle práce byly postaveny následovně:

- provést analýzu fyzikálně – chemických parametrů kávy při 3 různých stupních pražení,
- provést senzorickou analýzu připravených vzorků,
- použít vhodné statistické metody pro vyhodnocení získaných výsledků,
- z výsledků formulovat závěry o vlivu stupně pražení na testované vzorky.

4 MATERIÁL A METODY

4.1 Charakteristika vzorků

Celkem bylo analyzováno 30 vzorků kávy – 10 druhů kávy při třech stupních pražení. Vzorky byly vybrány tak, aby co nejlépe refletovali obchodované druhy kávy. Můžeme proto mezi vzorky nalézt jak Arabiky, tak Robusty z různých kontinentů světa. Rovněž byla zahrnuta mezi testované vzorky káva bezkofeinová a tzv. mild steamed káva. Mild steamed je Robusta, která je pro zlepšení chuťového profilu podrobena vysokotlakému napařování. Ke každému vzorku byl přiřazen kód (A0 – J3), pod kterým jsou v dalším textu označeny (Tabulka 6).

Tabulka 6: Charakteristika použitých vzorků

Kódování vzorku	Latinský název kávovníku	Typ	Zpracování	Země původu	Rok sklizně
A	<i>Coffea arabica</i>	Arabika	Promyté	Peru	2019
B	<i>Coffea arabica</i>	Arabika	Promyté	Keňa	2019
C	<i>Coffea arabica</i>	Arabika	Promyté	Papua-Nová Guinea	2019
D	<i>Coffea arabica</i>	Arabika	Promyté	Brazílie	2019
E	<i>Coffea arabica</i>	Arabika	Suché	Kolumbie	2019
F	<i>Coffea arabica</i>	Arabika	Suché	Honduras	2019
G	<i>Coffea robusta</i>	Robusta	Suché	Vietnam	2019
H	<i>Coffea robusta</i>	Robusta	Suché	Uganda	2019
I	<i>Coffea robusta</i>	Robusta	Mild Steamed	Vietnam	2019
J	<i>Coffea arabica</i> , <i>C. robusta</i>	Decaff Blend	Dichlormetan	x	2019

x – neznámé

4.2 Metodika pražení vzorků

Každý z deseti vzorků kávy byl pražen na tři různé stupně pražení. Pražení bylo provedeno v bubnové pražičce Probat BRZ 2 (Probat – Werke, Emmerich am Rhein, Německo). Pražení všech vzorků probíhalo při počáteční teplotě 200 °C. Při pražení bylo využito způsobu MTMT (Medium Temperature Medium Time), kdy se pražicí časy pohybovaly v rozmezí od 7 do 12 minut.

Pro přípravu vzorků byly použity tři stupně pražení, které byly definovány následovně:

- první stupeň pražení - ukončení pražící fáze během prvního prasknutí, tzv. „first crack“, s pražícími časy v rozmezí od 7 do 9 minut a konečnou teplotou pražení v rozmezí od 160 do 170 °C,
- druhý stupeň pražení – ukončení pražící fáze v mezičase prvního a druhého prasknutí, s pražícími časy v rozmezí od 9 do 10 minut a konečnou teplotou pražení v rozmezí od 175 do 185 °C,
- třetí stupeň pražení – ukončení pražící fáze během druhého prasknutí, tzv. „second crack“, s pražícími časy v rozmezí od 10 do 12 minut a konečnou teplotou pražení v rozmezí od 190 do 200 °C.

Fáze chlazení byla provedena pomocí studeného vzduchu.

Vzorky takto připravených káv byly jednotlivě zabaleny do sáčků Doypack ZIP se zipem, jednocestným ventilem a střední vrstvou z hliníkové folie (Doypacky s.r.o, Praha, Česká Republika) a skladovány při teplotě 5 °C.

4.3 Fyzikálně – chemické metody

4.3.1 Stanovení vlhkosti

Stanovení vlhkosti zelené kávy je metoda, která slouží jako indikátor možné kontaminace při příjmu zelené kávy, jelikož vlhkost představuje riziko rozvoje kontaminující mikroflóry.

Stanovení vlhkosti zelené kávy bylo provedeno pomocí přístroje Sinar Datatec P25 (Sinar Technology Ltd., Weybridge, Surrey, Velká Británie). Pro měření bylo odváženo 200 g zrn zelené kávy s přesností 0,1 g a tyto nasypány do přístroje. U každého vzorku byla provedena 3 měření a z průměru určena výsledná hodnota vlhkosti.

Stanovení obsahu vlhkosti pražené kávy bylo provedeno rovněž na přístroji NDC MM710e (NDC Technologies, Dayton, Ohio, USA). Přístroj využívá ke stanovení vlhkosti NIR záření a v kávovém průmyslu je s jeho pomocí prováděno online měření vlhkosti pražené kávy. Ke stanovení bylo použito přibližně 25 g mleté kávy, která byla nasypána do kovové misky. Vrstva kávy byla zarovnána s horním okrajem misky a takto připravený vzorek byl umístěn do přístroje a změřena vlhkost. U každého vzorku byla provedena 3 měření a z průměru určena výsledná hodnota vlhkosti.

4.3.2 Stanovení propražku

Propražkem se rozumí hmotnostní ztráta vzniklá pražením zelené kávy za přesně stanovených podmínek. Stanovení propražku bylo provedeno dle ČSN ISO 11294. Vzorky zelené kávy byly zváženy na laboratorních vahách s přesností 0,01 g a následně upraženy na požadovaný stupeň pražení. Po ochlazení studeným vzduchem byl vzorek kávy znovu zvážen. Stanovení propražku bylo určeno z rozdílu hmotnosti vzorku kávy před pražením a po jeho upražení.

4.3.3 Stanovení pH v nálevech

Stanovení pH bylo prováděno v 10% (w/w) roztocích kávy. Pro přípravu těchto roztoků bylo na laboratorních vahách naváženo 10 g kávy a 90 g redestilované vody s přesností 0,01 g. Káva byla zalita vodou o teplotě 100 ± 2 °C a ponechána louhovat po dobu 30 minut. Následně byl vzorek zfiltrován přes filtrační papír Whatman, typ Grade 4.

Stanovení pH probíhalo při teplotě vzorku 20 °C pomocí pH metru Spear (Eutech Instruments, Oakton, Malajsie). U všech vzorků bylo provedeno 6 měření a z průměru určena hodnota pH nálevu.

4.3.4 Stanovení obsahu kofeinu

Stanovení obsahu kofeinu v zelené kávě a kávě pražené bylo provedeno dle ISO 20481:2008. K separaci a detekci kofeinu bylo použito metody vysokoúčinné kapalinové chromatografie (HPLC) s detektorem UV-VIS/DAD. Příprava vzorku, eluční program i zařízení bylo shodné s Dieu Phan *et al.*, 2015.

Pro měření HPLC byly použity vzorky ($0,200 \text{ g} \pm 0,001 \text{ g}$) jemně mleté pražené kávy a 20 ml vroucí destilované vody (100 °C), které byly extrahovány pod zpětným chladičem po dobu 15 minut. Čiré roztoky byly centrifugovány po dobu 15 minut při $2500 \text{ ot. min}^{-1}$ po ochlazení na teplotu 20 °C. Supernatant byl filtrován přes membránový filtr (pórovitost 45 μm) a zředěn vodou (1 : 5). 20 μl tohoto roztoku bylo následně injektováno na chromatografickou kolonu.

Kapalinový chromatografický systém 10 AVP sestávající ze dvou chromatografických čerpadel LC –10 ADVP, degaseru GT – 154, termostatu CTO –10 ASVP kolony a detektoru UV DAD SPD –M10AVP byl řízen jednotkou SCL –10A se softwarem Class - VP 5.02 (vše od Shimadzu, Tokio, Japonsko). Analytická chromatografická kolona Luna C18 (250 x 3,0 mm, velikost částic 5 μm) s kolonou Luna C18 Security Guard (4 x 2,0 mm, Phenomenex,

Torrance, Kalifornie, USA) byla použita pro stanovení kofeinu za použití mobilní fáze sestávající z 3% vodné kyseliny mravenčí (fáze A, pH 2,05) a metanolu (fáze B) při průtoku $0,5 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$ a eluci s lineárním gradientem. Kofein byl detekován při 270 nm, vstřikovací objem byl 20 μl a teplota kolony byla nastavena na 25 °C.

Tabulka 7: Program gradientové eluce pro HPLC

Čas (min)	Mobilní fáze A (%)	Mobilní fáze B (%)
0 – 10	100 – 70	0 – 30
10 – 20	70 – 60	30 – 40
20 – 30	60 – 0	40 – 100
35 – 38	0 – 100	100 – 0
38 – 41	100	0

4.3.5 Stanovení barvy

Stanovení barvy pražené kávy bylo provedeno na přístroji Dr. Lange Color – Tester LK 100 (Dr. Lange GmbH, Düsseldorf, Německo) a přístroji Probat Colorette 3b (Probat – Werke, Emmerich am Rhein, Německo). Oba přístroje jsou v kávovém průmyslu využívány k online stanovení stupně pražení kávy.

Z důvodu nejčastějšího publikování hodnot barvy v odborné literatuře v jednotkách světelnosti (L^*), byly výsledky rovněž přepočítány na tyto hodnoty dle Wieland *et al.* (2011).

Ke stanovení barvy bylo použito 25 ± 1 g mleté kávy, která byla nasypána do kovové misky. Vrstva kávy byla zarovnána s horním okrajem misky a takto připravený vzorek byl umístěn do přístroje a změřena hodnota barvy. U každého vzorku byla provedena 3 měření oběma přístroji a z průměru určena výsledná hodnota barvy.

4.3.6 Stanovení velikosti částic

Stanovení velikosti částic bylo provedeno pomocí přístroje Sympatec, s laserovým difrakčním senzorem HELOS/KF, disperzní jednotkou RODOS/M a dávkováním pomocí

vibračního podavače VIBRI/R (Sympatec, Clausthal – Zellerfeld, Německo). Příklad je v kávovém průmyslu využíván k online testování mlecích parametrů.

Pro měření bylo použito 20 ± 1 g vzorku pražené kávy, které byly umístěny do násypky vibračního podavače. Hodnota velikosti částic byla určena z grafu měření.

4.4 Senzorická analýza

Senzorická analýza byla provedena za použití metodiky sensorického hodnocení káv podle protokolu SCAA (Special Coffee Association of America) (SCAA, 2020). U vzorků byla hodnocena jak vůně kávy, tak jednotlivé deskriptory chuti.

Pro sensorické hodnocení byl vybrán panel 15 hodnotitelů úrovně expert trénovaných dle ISO 8586/1 (1993). Vzorky byly hodnoceny v laboratoři sensorické analýzy, za běžných světelných podmínek dle ISO 8586 (2012). Jako neutralizátor chuti byla mezi jednotlivými vzorky použita voda.

Pro sensorickou analýzu bylo naváženo 12 g pražené zrnkové kávy s přesností 0,1 g, která byla následně namleta na kávovém mlýnku Mahlkönig Kenia K32/20, při nastavení 2. stupně hrubosti mletí (Mahlkönig GmbH, Hamburg, Německo) do předem označených porcelánových šálků.

Před posuzovatele byla vždy připravena trojice šálků, které obsahovaly kávy stejného druhu ve třech stupních pražení.

Nejprve bylo provedeno hodnocení aroma. Aroma bylo hodnoceno dle příjemnosti na hedonické stupnici od -3 (velmi nepříjemná) do +3 (velmi příjemná).

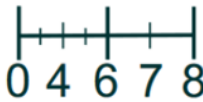


Obrázek 6: Hodnocení aroma kávy (vlevo bodové hodnocení aroma: unpleasant – nepříjemná, pleasant – příjemná, very – velmi, slightly – mírně; vpravo stupnice hodnocení aroma) (SCAA, 2020).

Posuzovatelé nejdříve hodnotili vůni čerstvě namleté kávy. Poté následovalo zalití mleté kávy 200 ml vody o teplotě 93 ± 2 °C. Posuzovatelé po zalití kávy vodou hodnotili aroma kávové krusty a po 4 minutách louhování také aroma krusty, která byla rozhrnuta. Po tomto

zhodnocení byla za pomoci degustačních lžic z povrchu kávy odstraněna krusta a následovalo hodnocení chutí kávy.

Chuť kávy byla hodnocena za použití hedonických stupnic dle kvality a intenzity daného parametru. Kvalita byla posuzována na stupnici od 0 (nepřijatelná) do 8 (vynikající).

Unacceptable	Poor	Ordinary	Fine	Great	
0	2	4	6	8	

Obrázek 7: Hodnocení kvality chutí kávy (vlevo bodové hodnocení kvality chutí: Unacceptable – nepřijatelná, Poor – špatná, Ordinary – obyčejná, Fine – dobrá, Great – vynikající; vpravo stupnice hodnocení kvality kávy) (SCAA, 2020).

Intenzita byla posuzována u parametru kyselosti a plnosti kávy na základě stupnice níže. Při posuzování hodnotitelé vybírali ze tří hlavních stupňů intenzity, včetně jejich mezistupňů.



Obrázek 8: Stupnice pro hodnocení intenzity (H – high – vysoká, M – medium – střední, L – low – nízká) (SCAA, 2020).

K hodnocení chutí bylo použito 8 deskriptorů v následujícím pořadí.

- Čistota šálku: čistota šálku slouží k prvotnímu posouzení kvality kávy. Čistý šálek je čirý, zcela bez defektů a cizích, dané kávě neodpovídajících, chutí.
- Sladkost: pocit sladkosti přímo koreluje s rovnoměrností zrání a způsobem zpracování kávy. Sladkost není zcela závislá na tom, kolik cukru káva obsahuje, ale také na dalších složkách, které společně vytvářejí vjem sladkosti.
- Kyselost: u kyselosti byla hodnocena jak kvalita této chutí, zahrnující lehkost a svěžest kávy, tak intenzita kyselosti.
- Plnost: plnost kávy byla posuzována dle viskozity, hustoty, hutnosti, celkové textury a svíravosti v ústech. U plnosti byla posuzována rovněž intenzita tohoto vjemu.

- Chut': chuť byla posuzována jako společný chuťový (hodnocení sladké, kyselé, hořké, slané a štiplavé chuti) a čichový vjem kávy. Rovněž byly hodnoceny specifické chutě kávy (čokoládová, oříšková, květinová,...).
- Dochuť: dochuť byla posuzována jako přetrvávající pocit chuti v ústech. Byla hodnocena jak doba tohoto pocitu, tak její charakter v čase.
- Vyváženost chutí: vyváženost byla posuzována jako celková harmonie jednotlivých chutí, zda některá s chutí převyšuje ostatní či v celkovém profilu naopak chybí.
- Celkové hodnocení: posuzovatelé v tomto parametru zhodnotili celkový dojem z testovaného vzorku, jenž byl výsledkem všech předchozích deskriptorů.

Formulář sensorické analýzy je součástí přílohy I (Obrázek 1, Příloha I).

4.5 Statistická analýza

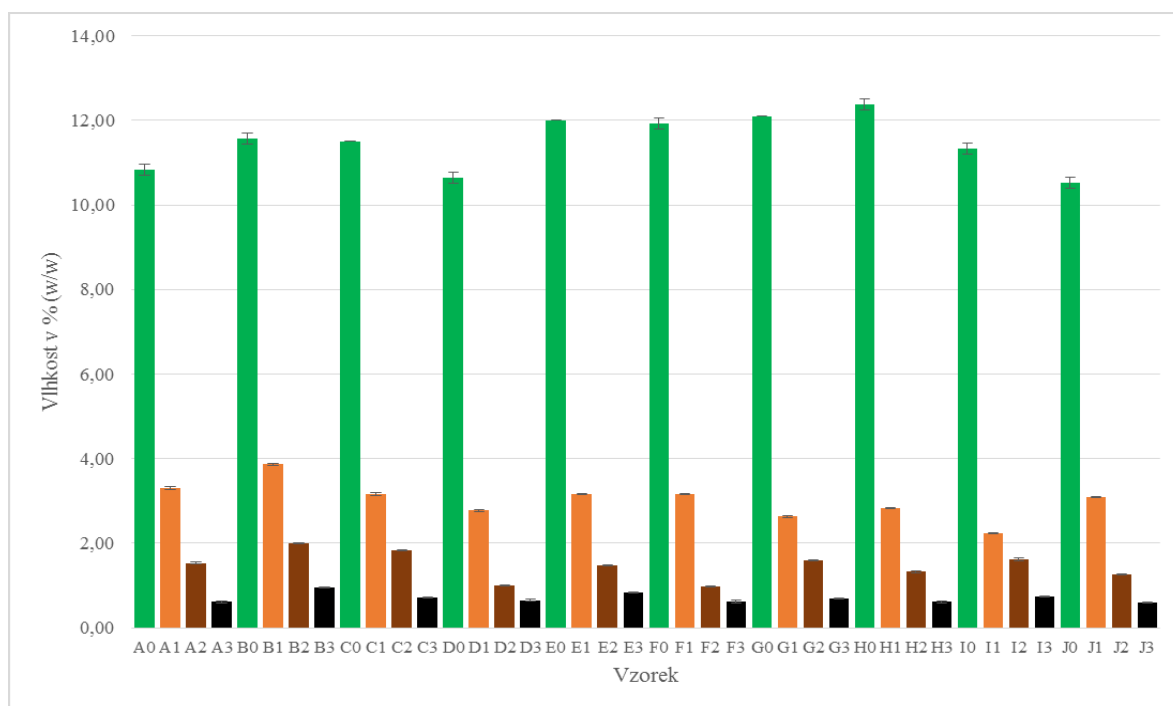
Získaná experimentální data byla analyzována za použití programu Minitab (Minitab, LLC, Pennsylvania, USA). Výsledky byly zpracovány na hladině významnosti $p = 0,05$. K vyhodnocení získaných dat byl, z důvodů nenormálního rozdělení dat, použit Wilcoxonův test.

5 VÝSLEDKY A DISKUZE

5.1 Fyzikálně – chemické metody

5.1.1 Stanovení vlhkosti

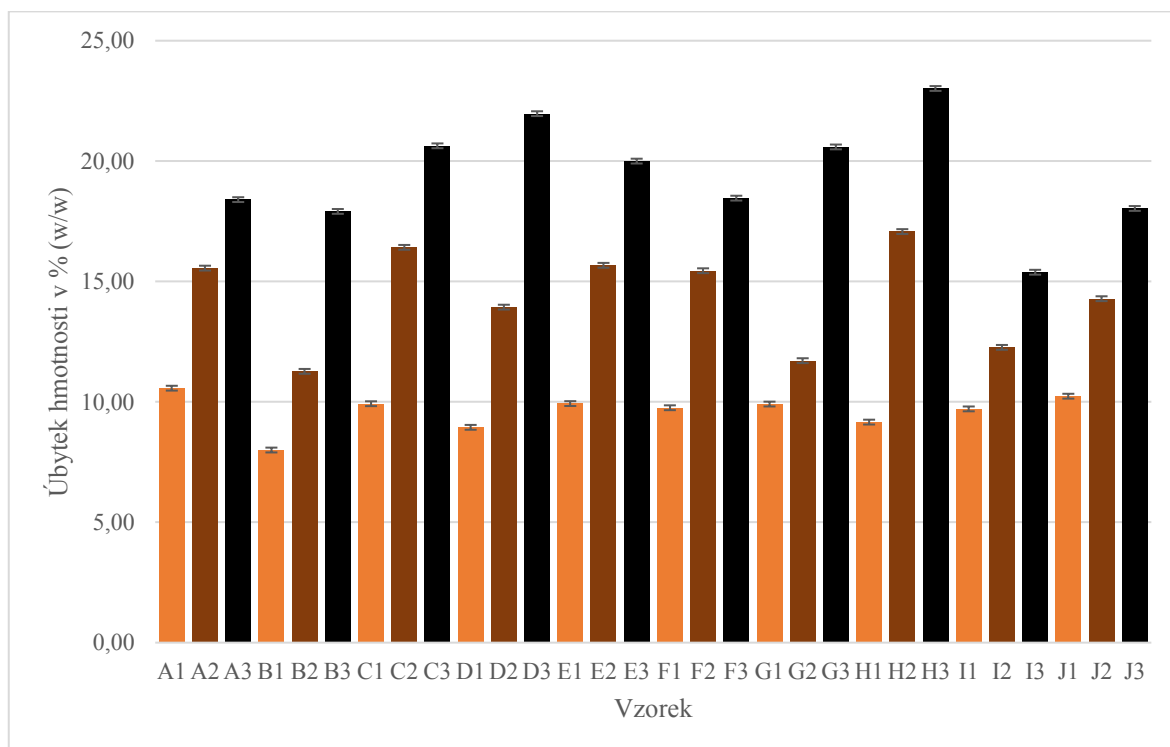
Obrázek 9 znázorňuje změny obsahu vlhkosti během pražení. Během počáteční fáze pražení (do prvního prasknutí) byl u kávových zrn pozorován výrazný pokles obsahu vlhkosti. Rychlou ztrátu vlhkosti během počáteční fáze pražení lze připsat odpařování vody, způsobenou zvýšením teploty v zrnech nad bod varu vody (Yeretzian *et al.*, 2002). V mezidobí mezi prvním a druhým prasknutím byl popsán mírný nárůst vlhkosti v důsledku probíhajícího pyrolytického štěpení sacharidů a degradace chlorogenových kyselin, dalších organických kyselin a lipidů (Yeretzian *et al.*, 2002). Kvůli současnému praskání buněčných stěn, majícímu za následek další úbytek vlhkosti, tento nárůst nebyl pozorován a naopak měla vlhkost klesající tendenci. Mezi jednotlivými vzorky nebyl pozorován statisticky významný rozdíl ve vlhkosti ($P > 0,05$), která se u zelené kávy pohybovala v rozmezí od $10,53 \pm 0,13$ do $12,37 \pm 0,13$ % (w/w) a u kávy pražené, v závislosti na pražicím stupni, od $0,59 \pm 0,01$ % (w/w) u třetího stupně pražení do $3,87 \pm 0,03$ % (w/w) u prvního stupně pražení. Tyto hodnoty jsou v souladu s těmi, které publikovali i další autoři (Baggenstoss *et al.*, 2008, Dutra *et al.*, 2001, Ortolá *et al.*, 1998, Schenker, 2000).



Obrázek 9: Obsah vlhkosti v % (w/w) testovaných vzorků kávy (0 – zelená káva, 1 – první stupeň pražení, 2 – druhý stupeň pražení, 3 – třetí stupeň pražení)

5.1.2 Stanovení propražku

Úbytek hmotnosti během pražení je znázorněn na obrázku 10. K úbytku hmotnosti dochází ve dvou krocích. V prvním kroku dochází k pomalému odpařování vody a těkavých látek. Tento děj probíhá během fáze sušení pražicího procesu. Ve druhém kroku je úbytek hmotnosti spojen s intenzivním uvolňováním organických sloučenin a oxidu uhličitého v důsledku probíhající pyrolýzy (Dutra *et al.*, 2001, Franca *et al.*, 2009, Oliveira *et al.*, 2005, Romani *et al.*, 2012). K přechodu mezi těmito fázemi dochází přibližně při 10% (w/w) úbytku hmotnosti (Sivetz a Desrosier, 1979). Tento jev byl pozorován rovněž u analyzovaných vzorků. Mezi prvním a třetím stupněm pražení byl zaznamenán přibližně dvojnásobný nárůst v úbytku hmotnosti. Mezi vzorky v rámci jednotlivých stupňů pražení nebyl pozorován statisticky významný rozdíl v úbytku hmotnosti ($P > 0,05$), kdy se hodnoty propražku pohybovaly v rozmezí od 8 % (w/w) u prvního stupně pražení do 23 % (w/w) u třetího stupně pražení. U kávových zrn, které byly praženy při 200 °C po dobu 19 minut, byl zaznamenán 18% propražek (Romani *et al.*, 2012). Dutra *et al.*, 2001, uvádí až 45% úbytek hmotnosti během pražení při 275 °C po dobu 12 minut. Z těchto údajů je patrné, že je propražek značně závislý na průběhu pražicího procesu.

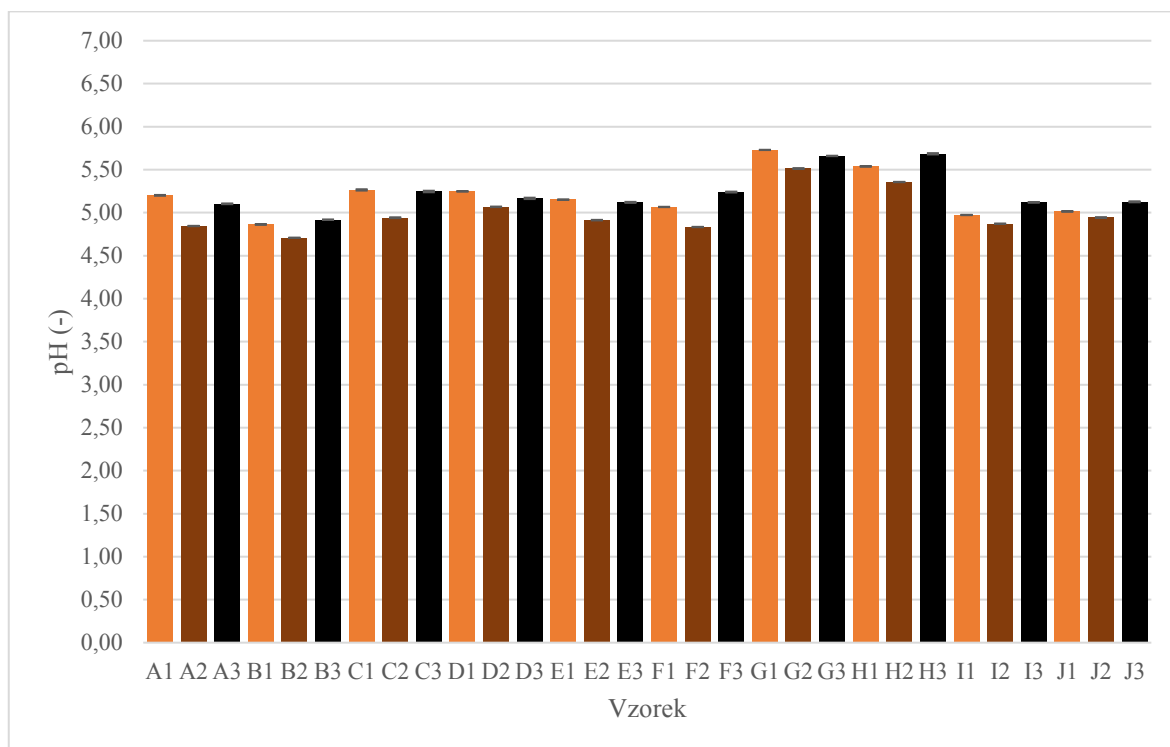


Obrázek 10: Úbytek hmotnosti v % (w/w) u testovaných vzorků kávy (1 – první stupeň pražení, 2 – druhý stupeň pražení, 3 – třetí stupeň pražení).

5.1.3 Stanovení pH v nálevech

Hodnoty pH nálevů analyzovaných vzorků zobrazuje obrázek 11. Během pražení dochází k poklesu pH zelené kávy. Tento pokles probíhá do mezidobí prvního a druhého prasknutí a je způsoben především tvorbou kyseliny mravenčí, octové, glykolové a mléčné. Poté následuje opětovné zvyšování pH v důsledku degradace organických kyselin způsobené vzrůstající teplotou (Ginz *et al.*, 2000). Tento jev byl pozorován i u analyzovaných vzorků. Samotné změny pH však nebyly statisticky významné ($P > 0,05$). Hodnoty pH se pohybovaly v rozmezí od 4,71 do 5,73. Nálevy připravené z kávy Arabika (pH od 4,71 do 5,27) vykazovaly nižší pH než nálevy připravené z Robusty (pH od 5,36 do 5,73). Tyto rozdíly v pH mezi oběma druhy kávy rovněž publikoval Ginz *et al.*, 2000, který uvádí pro Arabiku rozmezí pH od 4,85 – 5,15 a pro Robustu 5,25 – 5,40. Výsledky v tomto rozmezí však publikují i další autoři (Griffin a Blauch, 1999, Rao a Fuller, 2018).

Kyselost je jedním z důležitých atributů chuti kávy. Vnímaná kyselost kávy je výsledkem interakce receptorů na lidském jazyce s protony odštěpenými z kyselin. Mnoho vědců pozorovalo lineární korelaci mezi hodnotou pH a vnímanou kyselostí kávy (Sivetz a Desrosier, 1979, Griffin a Blauch, 1999).



Obrázek 11: pH v nálevech testovaných vzorků kávy (1 – první stupeň pražení, 2 – druhý stupeň pražení, 3 – třetí stupeň pražení)

5.1.4 Stanovení obsahu kofeinu

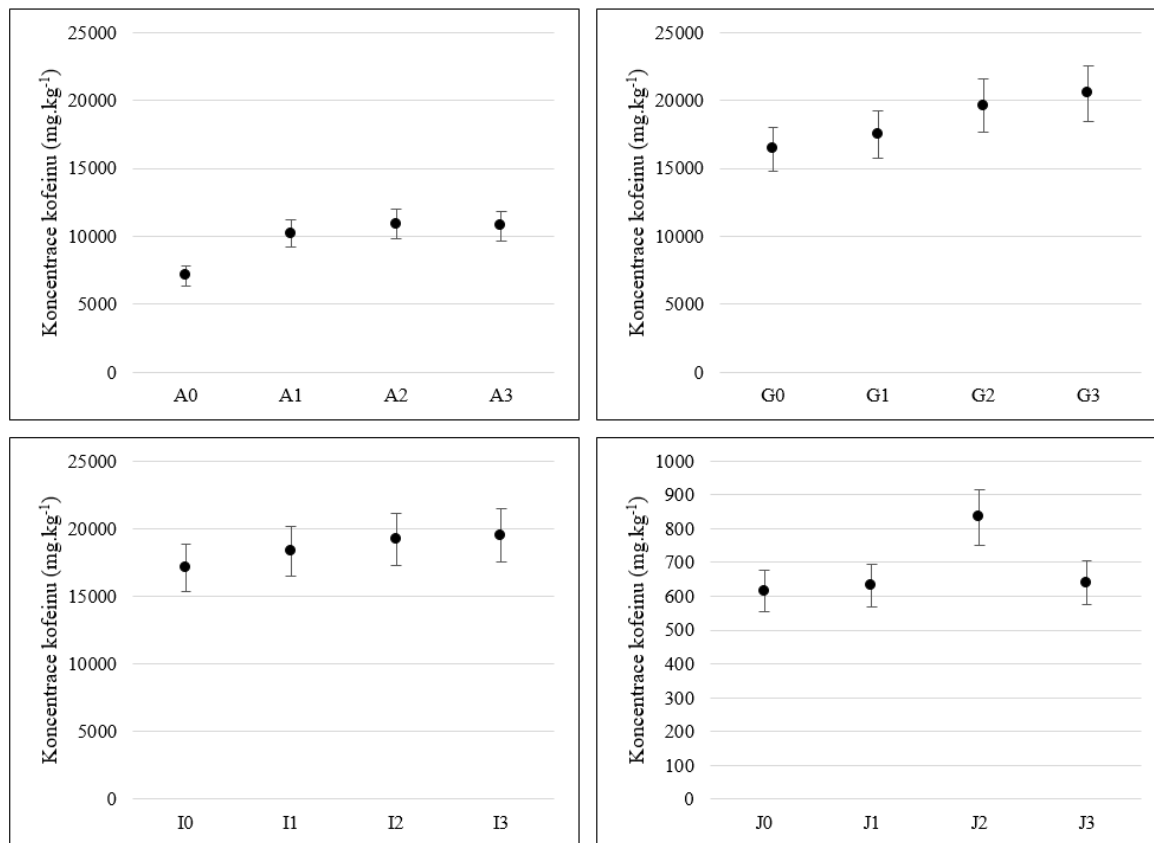
Koncentrace kofeinu analyzovaných vzorků jsou zobrazeny v grafech v Příloze II (Obrázek 1 – 10, Příloha II). Kofein je alkaloidní sloučenina xanthinu (purinová báze), která se přirozeně vyskytuje v kávě (Fajara a Susanti, 2017). Stanovení koncentrací kofeinu v kávových zrnech je pro kávový průmysl důležité, protože tyto sloučeniny určují chuť a i kvalitu konečného kávového nápoje. Kofein je spojován s hořkostí kávy a zároveň je spojen s řadou fyziologických účinků na lidský organismus (Belay *et al.*, 2008, Hagos *et al.*, 2018, Navara *et al.*, 2017). Koncentrace kofeinu v zelených kávových zrnech se obecně pohybuje v rozmezí od 0,6 do 3 % (w/w), kdy nejvyšší množství je obsaženo v druzích Robusta. Ačkoli proces pražení probíhá nad teplotou sublimace kofeinu (160 – 170 °C), koncentrace kofeinu zůstává téměř nezměněna (Mehari *et al.*, 2016). Bylo potvrzeno, že koncentrace kofeinu se mění v rámci jednotlivých kávových zrn a rovněž, že hmotnost kávových zrn a obsah kofeinu jsou na sobě nezávislé (Fox *et al.*, 2013, Mehari *et al.*, 2016). Pražením klesá hmotnost kávových zrn, a ačkoli se z výsledků zdá, že koncentrace kofeinu roste, je nutné při výpočtu koncentrace brát zřetel na tento úbytek hmotnosti.

Koncentrace kofeinu v zelené kávě se pohybovala u vzorků A – F (Arabica) v rozmezí od 7078 mg.kg⁻¹ do 8447 mg.kg⁻¹ a pro vzorky G a H (Robusta) od 15541 mg.kg⁻¹ do 16402 mg.kg⁻¹. U vzorku I (Mild Steam) byla tato koncentrace 17102 mg.kg⁻¹ a pro vzorek dekofeinované kávy J (Decaff) 615 mg.kg⁻¹ (Obrázek 1 – 10, Příloha II).

Koncentrace kofeinu se u analyzovaných vzorků pražené kávy pohybovala u vzorků A – F (Arabika) v rozmezí od 10200 mg.kg⁻¹ do 12800 mg.kg⁻¹ a pro vzorky G a H (Robusta) od 16450 mg.kg⁻¹ do 20500 mg.kg⁻¹. U vzorku I (Mild Steam) byla tato koncentrace v rozmezí od 18300 mg.kg⁻¹ do 19500 mg.kg⁻¹ a pro vzorek dekofeinované kávy J (Decaff) v rozmezí od 631 mg.kg⁻¹ do 833 mg.kg⁻¹ (Obrázek 1 – 10, Příloha II). V rámci různých stupňů pražení nebyly pozorovány statisticky významné rozdíly v koncentraci kofeinu testovaných vzorků ($P > 0,05$).

Vzorky druhu Robusta obsahovaly přibližně dvojnásobné množství kofeinu než druh Arabika. Bylo také potvrzeno, že vysokotlaké napařování (vzorek I, Mild Steam) zelených kávových zrn významně nezměnilo obsah kofeinu (rozdíl 4,1 % mezi druhy G a I). Tyto výsledky koncentrací kofeinu jsou srovnatelné s výsledky získanými Jeszka – Skoworon *et al.*, 2016 a Alonso – Salces *et al.*, 2009. Zároveň bylo dokázáno, že bezkofeinová káva, byť v malém množství, obsahuje kofein. Maximální množství kofeinu pro kávu bez kofeinu

popisuje Vyhláška Ministerstva zemědělství 330/1997 Sb., která stanovuje maximální obsah kofeinu 0,1 % (w/w). Tuto hranici testovaný vzorek splňoval.



Obrázek 12: Srovnání koncentrace kofeinu testovaných vzorků (vlevo nahoře – vzorek A – Arabika; vpravo nahoře – vzorek G – Robusta; vlevo dole – vzorek I – Mild Steam Robusta; vpravo dole – vzorek J – Decaff; 0 – zelená káva, 1 – první stupeň pražení, 2 – druhý stupeň pražení, 3 – třetí stupeň pražení)

5.1.5 Stanovení barvy

Hodnoty barvy analyzovaných vzorků jsou znázorněny na obrázcích 12 – 14. Změna barvy je jednou z nejdůležitějších modifikací kávových zrn během pražení (Illy a Viani, 2005, Eggers a Pietsch, 2001) způsobenou neenzymatickými hnědnutím při Maillardově reakci a karamelizací (Massini *et al.*, 1990, Parliment, 2000).

U prvního stupně pražení byly zaznamenány hodnoty v rozmezí od $14,2 \pm 0,1$ do $28,8 \pm 0,1$ (Dr. Lange) a od 101 ± 2 do 171 ± 0 (Colorette) a po přepočtu na jednotky světelnosti od $40,87 \pm 0,13$ do $44,85 \pm 0,08$. Byly sledovány statisticky významné rozdíly mezi naměřenými hodnotami vzorků ($P < 0,05$). Široký rozptyl hodnot barvy u prvního stupně

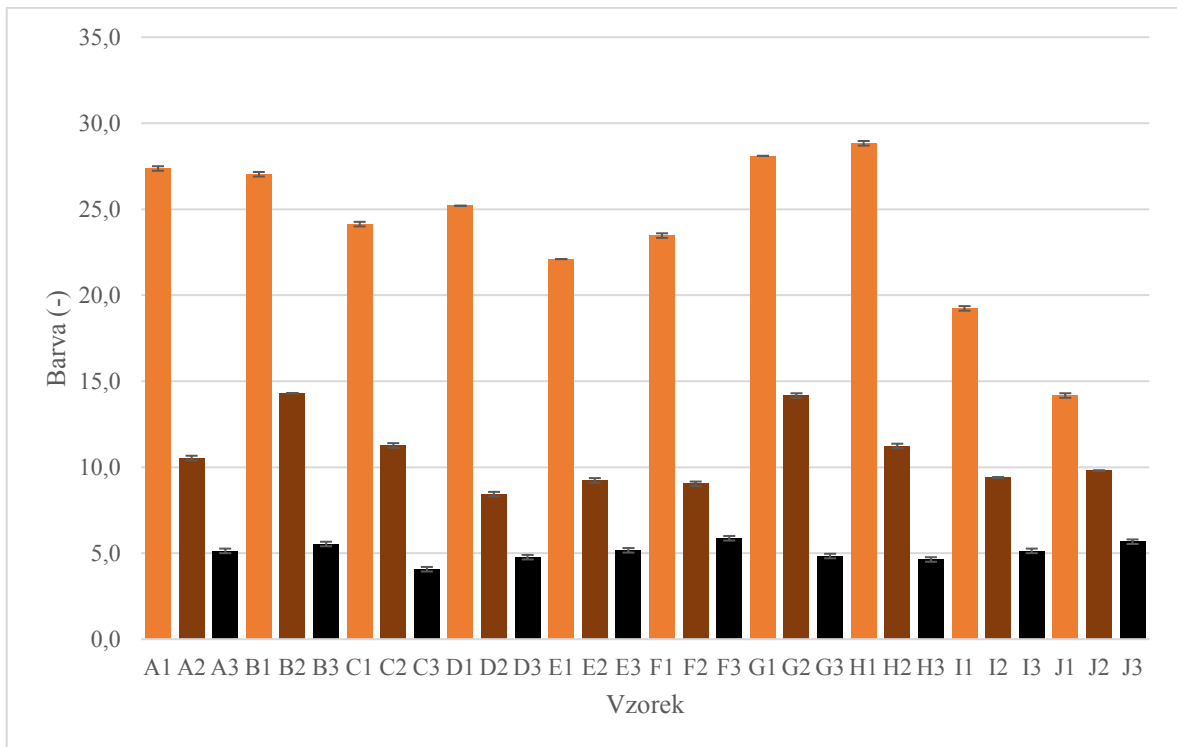
pražení je dán počátečním tmavým zabarvením zrn zelené kávy vzorků I a J. U vorku I (Decaff) bylo počáteční zabarvení zelené kávy způsobené extrakcí kofeinu dichlormetanem. U vzorku J (Mild Steam) bylo toto počáteční zabarvení způsobené vysokotlakým napařováním zrn zelené kávy.

U druhého stupně pražení byly naměřeny hodnoty v rozmezí od $8,4 \pm 0,1$ do $14,3 \pm 0,0$ (Dr. Lange) a od 73 ± 1 do 103 ± 3 (Colorette). Po přepočtu na jednotky světelnosti (L^*) se tyto hodnoty pohybovaly v rozmezí od $39,27 \pm 0,08$ do $41,01 \pm 0,15$.

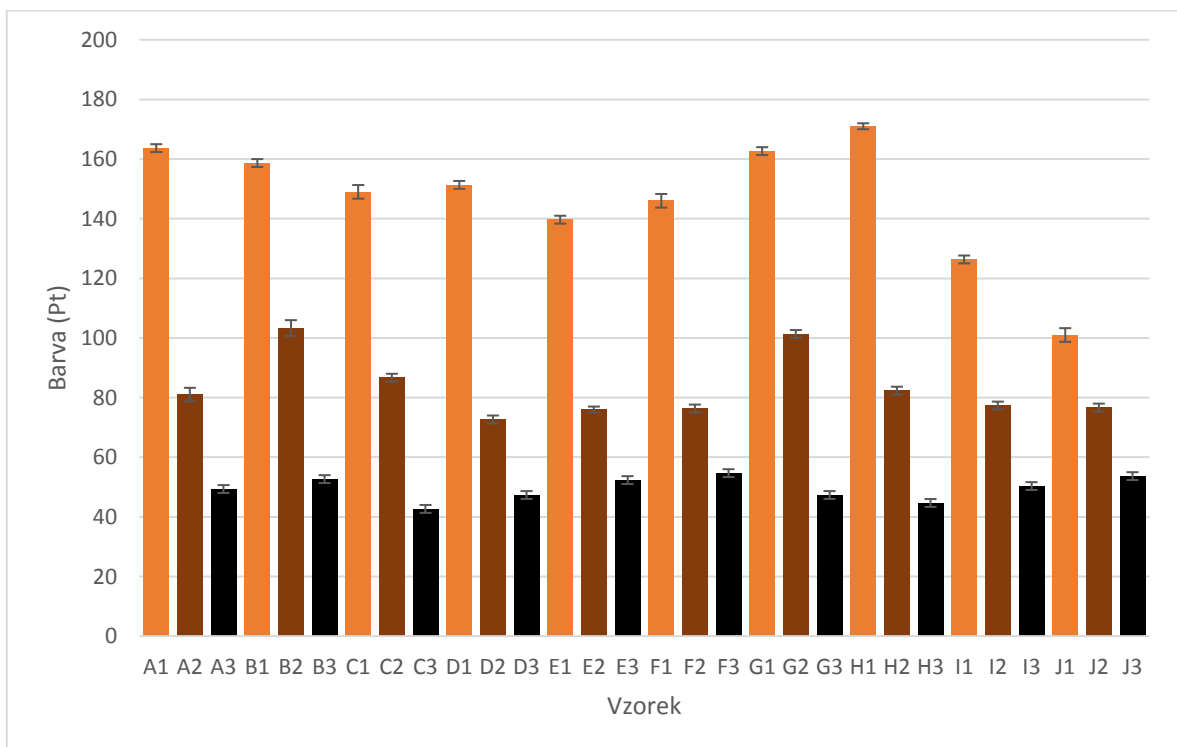
U třetího stupně pražení byly zaznamenány hodnoty v rozmezí od $4,1 \pm 0,1$ do $5,9 \pm 0,1$ (Dr. Lange), od 43 ± 1 do 55 ± 1 (Colorette) a po přepočtu na hodnoty světelnosti (L^*) od $37,56 \pm 0,08$ do $38,25 \pm 0,08$.

V odborných publikacích se nejčastěji setkáme se stanovením stupně pražení dle barvy na základě měření hodnoty světelnosti (L^*). Hodnoty se pohybují, v závislosti na podmínkách pražení, od 21,00 do 41,40 (Baggenstoss *et al.*, 2007, Baggenstoss *et al.*, 2008, Purdon a McCamey, 1987, Schenker *et al.*, 2002, Wieland *et al.*, 2011). Také je časté použití zařízení Colorette, kde uvádějí autoři rozptyl hodnot barvy dle stupně pražení od 53 – 131 Pt (Gloess *et al.*, 2014, Opitz *et al.*, 2017, Smrke *et al.*, 2018).

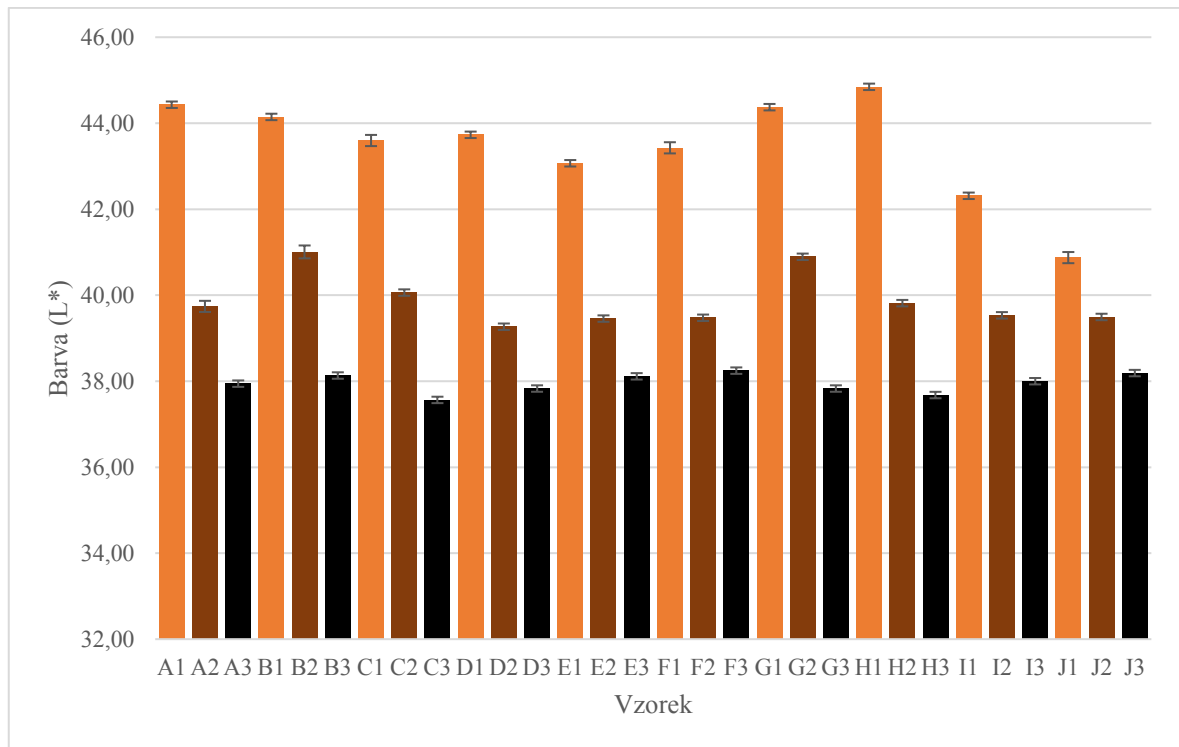
Z výsledných hodnot analyzovaných vzorků je zjevná závislost barvy na stupni pražení. Mezi vzorky v různém stupni pražení byly pozorovány statisticky významné rozdíly ($P < 0,05$). Rovněž je patrné, že výsledná barva při použití různých pražících stupňů je do značné míry ovlivněna kvalitou vstupní suroviny. S postupujícím stupněm pražení se také snižují rozdíly v hodnotách barvy mezi jednotlivými vzorky. Srovnání jednotlivých metod měření barvy je znázorněno v tabulce 1 (Tabulka 1, Příloha III).



Obrázek 13: Hodnoty barvy testovaných vzorků získané přístrojem Dr. Lange (1 – první stupeň pražení, 2 – druhý stupeň pražení, 3 – třetí stupeň pražení)



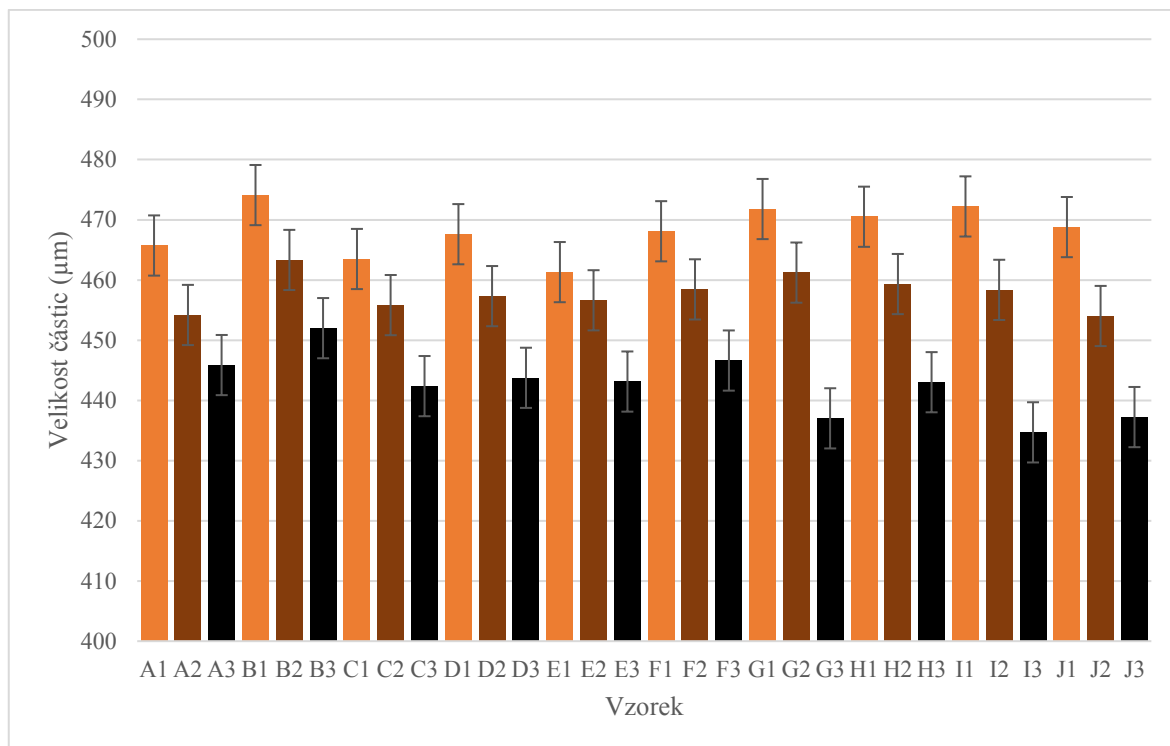
Obrázek 14: Hodnoty barvy testovaných vzorků získané přístrojem Colorette (1 – první stupeň pražení, 2 – druhý stupeň pražení, 3 – třetí stupeň pražení).



Obrázek 15: Hodnoty světelnosti testovaných vzorků (1 – první stupeň pražení, 2 – druhý stupeň pražení, 3 – třetí stupeň pražení).

5.1.6 Stanovení velikosti částic

Hodnoty velikosti částic analyzovaných vzorků zobrazuje obrázek 15. Kávové nápoje se připravují extrakcí a dispergováním látek z pražených kávových zrn do vody. Předpokladem pro řízenou extrakci a disperzi je zmenšení velikosti pražených kávových zrn mletím. Tvorba malých částic s velkým povrchem je nezbytná pro rychlé uvolňování oxidu uhličitého, zmenšení difúzní vzdálenosti pro rozpustné látky během extrakce a zlepšený přenos koloidních látek do kapalně fáze (Baggenstoss *et al.*, 2008, Sivetz a Desrosier, 1979). Velikost částic kávových zrn závisí na obsahu vody po pražení. Vyšší obsah vody v pražené kávě vede k menší křehkosti kávových zrn, a proto je k jejich rozmělnění zapotřebí více energie. Výsledná mletá káva je tedy se zvyšujícím se obsahem vody hrubší (Baggenstoss *et al.*, 2007). Z výsledků měření velikosti částic testovaných vzorků je patrné, že při stejné nastavené hrubosti mletí, je velikost částic závislá na obsahu vody v kávě. Hodnoty velikosti částic, se v závislosti na stupni pražení, pohybovaly v rozmezí od 434,69 μm do 474,11 μm . Nejvyšší hodnoty byly naměřeny u prvního stupně pražení, kde byl obsah vody nejvyšší. U druhého a třetího stupně pražení pak hodnoty dále klesaly, kdy rozdíl mezi jednotlivými stupni činil 10 – 20 μm . V rámci různých stupňů pražení byly pozorovány statisticky významné rozdíly ve velikosti částic testovaných vzorků ($P < 0,05$).

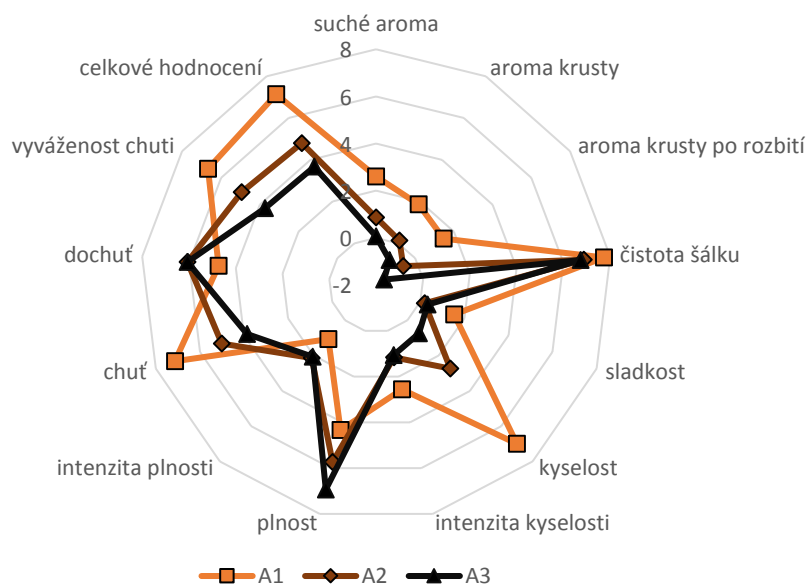


Obrázek 16: Hodnoty velikosti částic testovaných vzorků (1 – první stupeň pražení, 2 – druhý stupeň pražení, 3 – třetí stupeň pražení).

5.2 Senzorická analýza

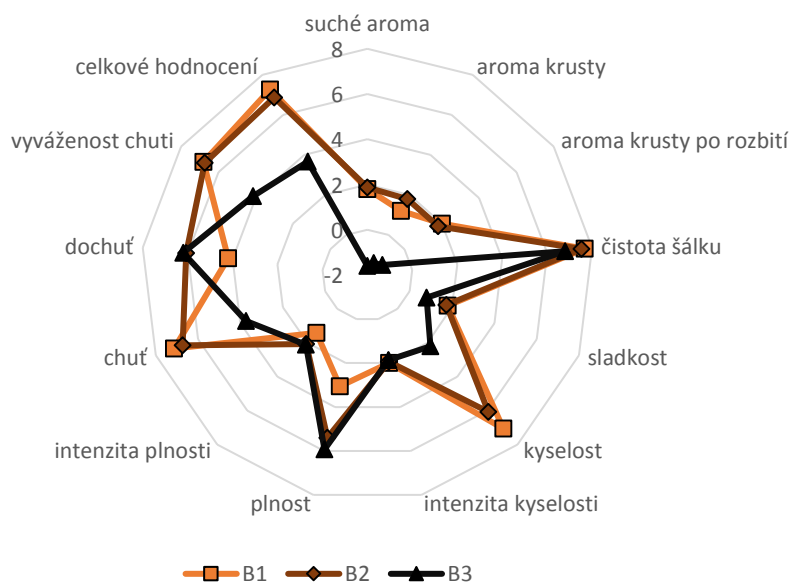
Výsledky sensorické analýzy jsou graficky znázorněny na obrázcích 17 – 26. Celkové vyjádření sensorického hodnocení poté shrnuje tabulka 1 (Tabulka 1, Příloha IV).

Kvalita kávy je určována řadou faktorů, jako je původ, posklizňový proces a pražení kávových zrn, způsob mletí, příprava a podmínky podávání (Agresti *et al.*, 2008, Baggenstoss *et al.*, 2008, Brown a Diller, 2008, Lee a O'Mahony, 2002, Steen *et al.*, 2017). V kávovém průmyslu je používána řada klasifikačních systémů kvality kávy souvisejících s druhem kávy, původem, zpracováním, velikostí zrn či počtem vad (Ribeiro *et al.*, 2009). Tyto metody však do značné míry nemusí korelovat se sensorickými vlastnostmi kávy. Proto je sensorická analýza rozhodujícím nástrojem pro stanovení kvality finálního kávového nápoje (Giacalone *et al.*, 2019).



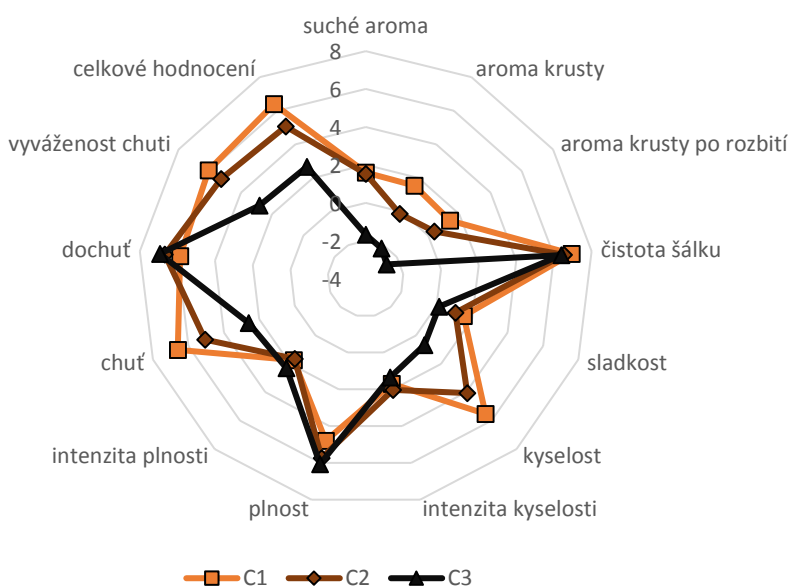
Obrázek 17: Sensorické hodnocení vzorků A1 – A3 (1 – první stupeň pražení, 2 – druhý stupeň pražení, 3 – třetí stupeň pražení).

Vzorek A byl nejlépe hodnocen při prvním stupni pražení. Vzorek A1 vynikal svým ovocným aroma a příjemnou kyselostí. Vzorek byl kladně hodnocen především pro svou komplexnost a chuť vyznačující se bobulovitým ovocem. V suchém aroma byl nejlépe hodnocen mezi všemi testovanými vzorky. Při dalších stupních pražení tyto charakteristiky postupně odeznívaly, kdy u vzorku A2 bylo horší hodnocení způsobeno převládající hořkostí a mírným kouřovým aroma a chutí. Nejhůře byl hodnocen vzorek A3, u kterého převládala kouřová až spálená chuť a aroma a rovněž výrazná hořkost.



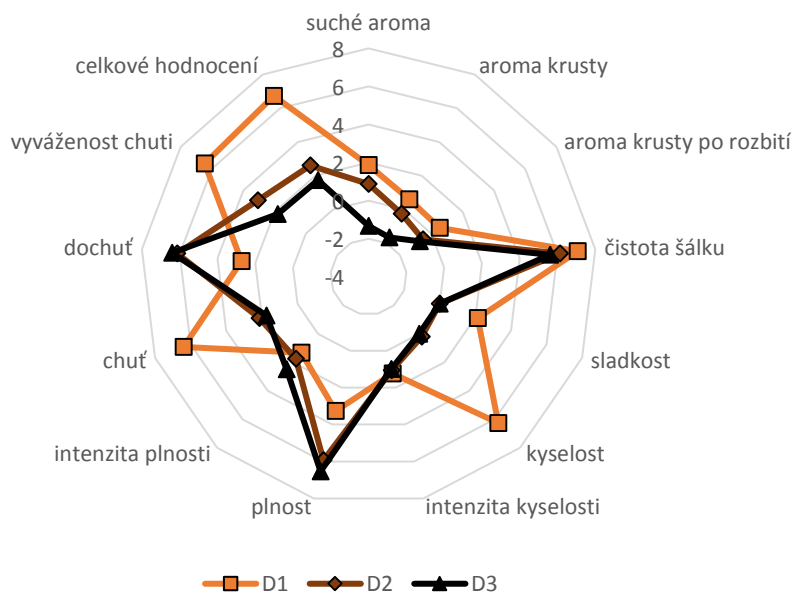
Obrázek 18: Sensorické hodnocení vzorků B1 – B3 (1 – první stupeň pražení, 2 – druhý stupeň pražení, 3 – třetí stupeň pražení).

U vzorku B byly kladně hodnoceny první dva stupně pražení. Tyto dva vzorky se lišily ve své plnosti a dochuti. Vzorek B1 dosáhl nejlepšího hodnocení mezi všemi testovanými vzorky, kdy byl kladně hodnocen za svou příjemně ovocnou chuť a aroma vyznačující se tóny lesního ovoce. U vzorku B3 byly tyto charakteristiky potlačeny mírnou hořkostí a kouřovým aroma.



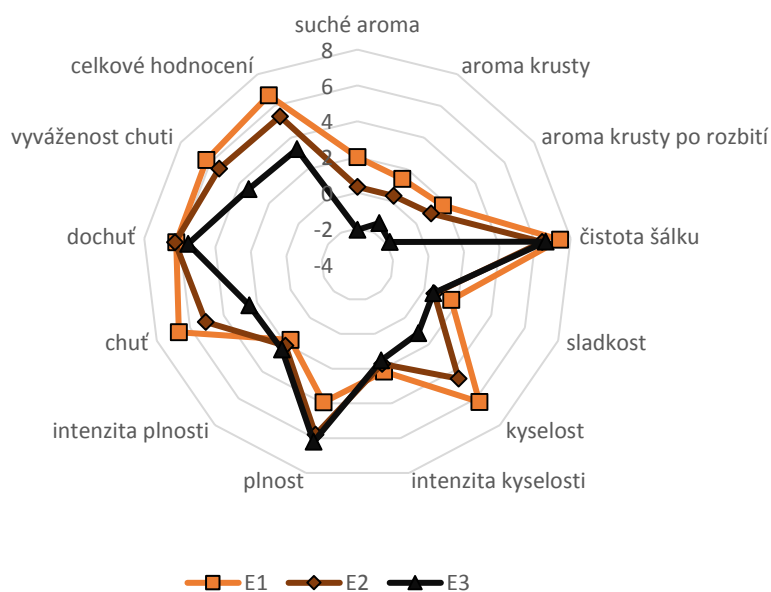
Obrázek 19: Sensorické hodnocení vzorků C1 – C3 (1 – první stupeň pražení, 2 – druhý stupeň pražení, 3 – třetí stupeň pražení).

Vzorek C1 byl kladně hodnocen pro svou ovocnou chuť a aroma s květinovými tóny. U vzorku C2 byla popsána kořenitá, mírně hořká chuť. Za vzorkem C1 zaostával díky nevýraznému aroma krusty a celkovou vyvážeností chutí. Vzorek C3 byl negativně hodnocen především kvůli spálenému aroma a chuti. Mezi vzorky Arabiky (A – F) byl v této charakteristice nejhůře hodnoceným.



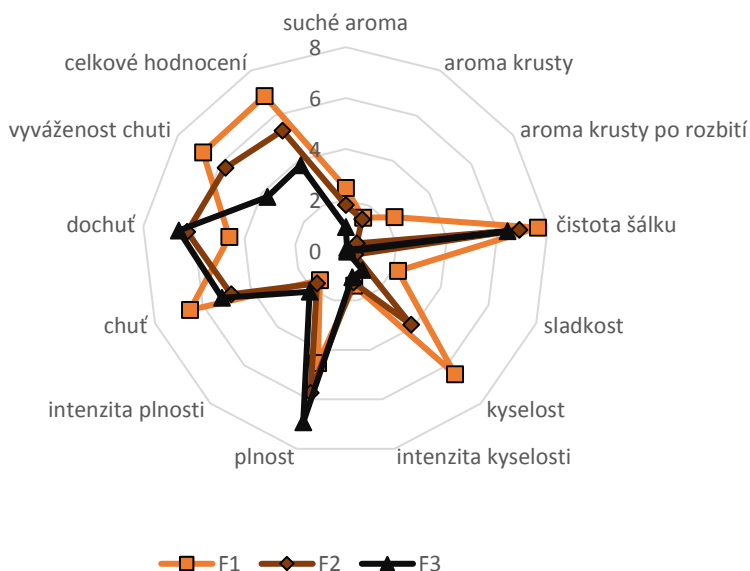
Obrázek 20: Senzorické hodnocení vzorků D1 – D3 (1 – první stupeň pražení, 2 – druhý stupeň pražení, 3 – třetí stupeň pražení).

Vzorek D1 se vyznačoval oříškovou a čokoládovou chutí a suchým aroma, ale poměrně nevýraznou vůní krusty. U vzorku D byl v rámci testovaných vzorků zaznamenán největší rozdíl v hodnocení mezi prvním a druhým stupněm pražení. Vzorky D2 a D3 se vyznačovaly kouřovým aroma a spálenou chutí, a poměrně výraznou hořkostí, která zastínila další sensorické charakteristiky.



Obrázek 21: Senzorické hodnocení vzorků E1 – E3 (1 – první stupeň pražení, 2 – druhý stupeň pražení, 3 – třetí stupeň pražení).

Vzorek E1 byl kladně hodnocen pro svou ovocnou chuť a aroma. U vzorku E2 byly tyto deskriptory méně intenzivní a naopak byla zaznamenána mírná hořkost v chuti. Nejhorší byl hodnocen vzorek E3 kvůli spálené chuti i aroma a rovněž výrazné hořkosti.



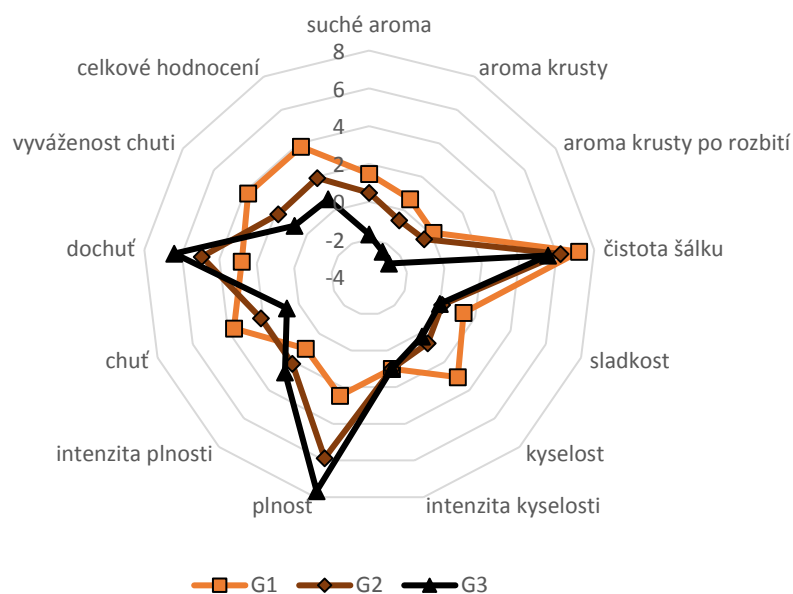
Obrázek 22: Senzorické hodnocení vzorků F1 – F3 (1 – první stupeň pražení, 2 – druhý stupeň pražení, 3 – třetí stupeň pražení).

Vzorek F1 se vyznačoval velmi příjemným květinovým aroma a chutí. Kladně hodnocen byl především pro svou příjemnou kyselost, mírnou nasládllost a celkovou vyváženost chutí. U vzorku F2 bylo hodnocení sníženo především kvůli větší hořkosti, která potlačila charakteristiky vzorku F1. Vzorek F3 byl hodnocen nejhůře kvůli spálené chuti a aroma, která potlačila zbylé senzoričké deskriptory.

Celkové hodnocení se u vzorků druhu Arabika (A – F) pohybovalo u prvního stupně pražení v rozmezí od 6,4 do 7,3 bodů. Tyto vzorky byly charakteristické svou kyselostí, ovocným a květinovým aroma a chutí a rovněž vykazovaly nejvyšší vyváženost chutí. Naopak byly charakteristické nižší plností a dochutí, které se zvyšovaly se stupněm pražení.

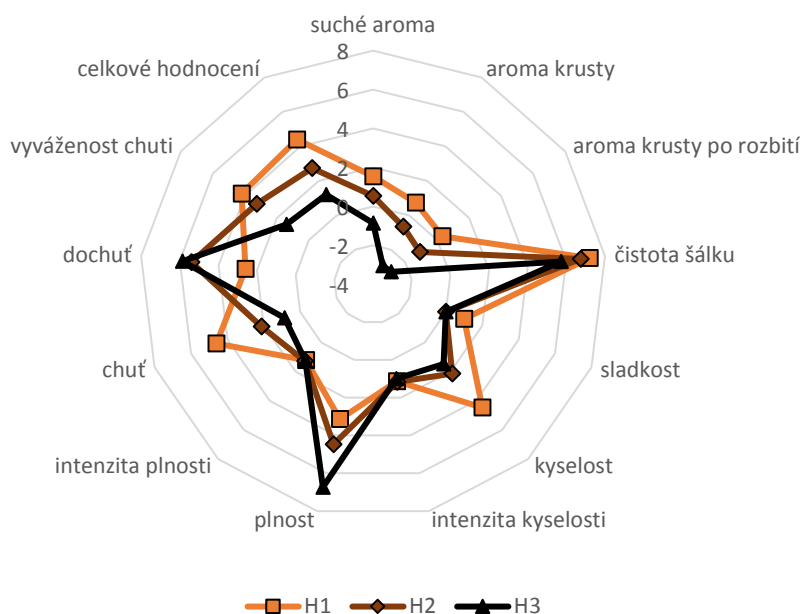
U druhého stupně pražení byla zaznamenána mírná hořkost a u některých vzorků rovněž známky kouřové chuti a aroma. Hodnocení těchto vzorků se pohybovalo v rozmezí od 2,6 do 6,9 bodů.

Nejhůře hodnoceny byly vzorky při třetím stupni pražení, které vykazovaly výraznou hořkost a kouřové až spálené aroma a chuť. Vzorky byly hodnoceny v rozmezí od 1,7 do 3,8 bodů. U těchto vzorků byla zaznamenána nejvyšší plnost a dochuť. Stupeň pražení se rovněž projevil v hodnocení čistoty šálku.



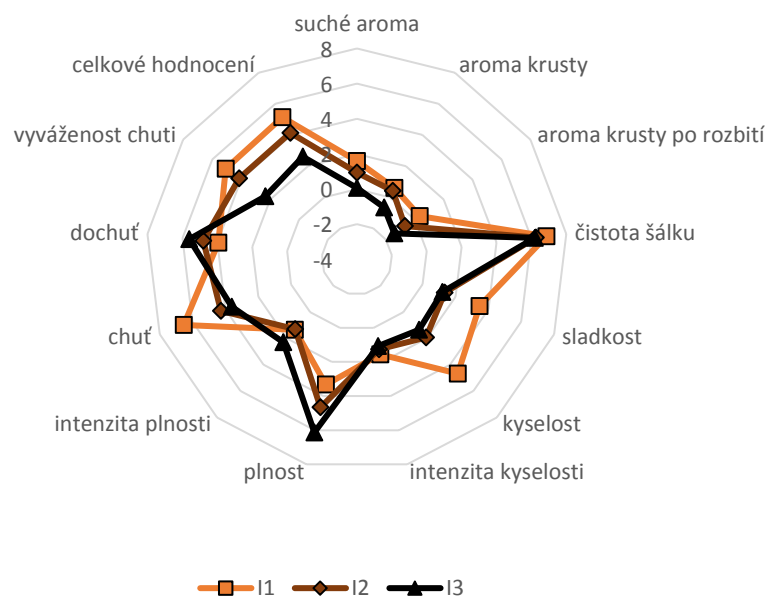
Obrázek 23: Senzorické hodnocení vzorků G1 – G3 (1 – první stupeň pražení, 2 – druhý stupeň pražení, 3 – třetí stupeň pražení).

U vzorku G byl nejlépe hodnocen první stupeň pražení, nejhůře poté vzorek G3. V chuti a aroma vzorků G1 a G2 byla popisována dřevitost a zemitost, u vzorku G3 poté spálenost. Vzorky G1 až G3 byly charakteristické svou hořkostí, která se se stupněm pražení zvyšovala a byla tak negativním přispěvatelem v hodnocení vyváženosti chuti. Vzorek G3 byl mezi všemi testovanými vzorky v celkovém hodnocení posouzen jako nejhorší.



Obrázek 24: Senzorické hodnocení vzorků H1 – H3 (1 – první stupeň pražení, 2 – druhý stupeň pražení, 3 – třetí stupeň pražení).

Vzorek H1 se vyznačoval oříškovou až dřevitou chutí a aroma. Vzorky H2 a H3 naopak vykazovaly kouřové až spálené aroma a chuť. Také vzorky H1 až H3 vynikaly svou hořkostí zvyšující se se stupněm pražení. Tyto charakteristiky se nejvíce odrazily v celkovém hodnocení vzorku.



Obrázek 25: Senzorické hodnocení vzorků I1 – I3 (1 – první stupeň pražení, 2 – druhý stupeň pražení, 3 – třetí stupeň pražení).

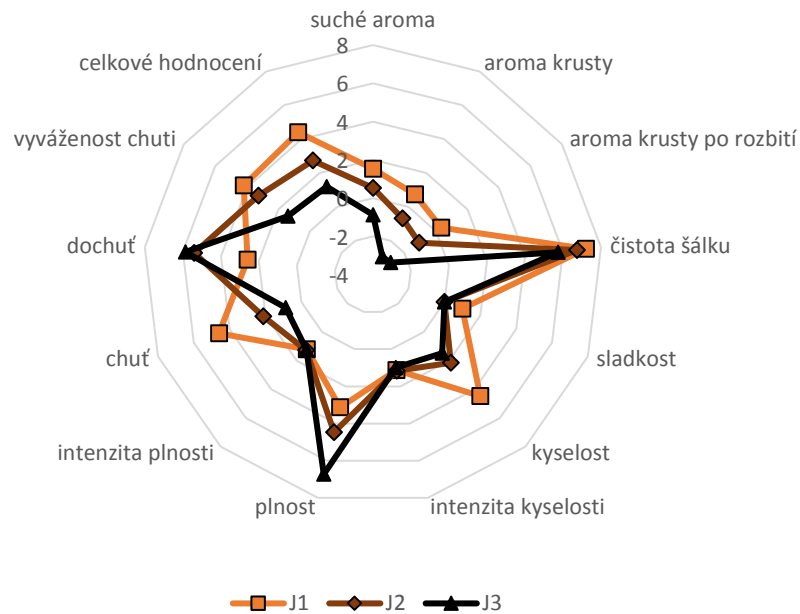
Nejlépe hodnoceným byl u vzorku I první stupeň pražení, u kterého bylo popsáno nasládlé aroma a chuť a po sušených švestkách. Tato vůně a chuť byly znatelné v menší míře i u vzorku I2. Třetí stupeň pražení byl však charakterizován pouze spáleným aroma a chutí, což se negativně odrazilo v celkovém hodnocení. U vzorku I1 byla zaznamenána nejvyšší sladkost v rámci všech testovaných vzorků.

Celkové hodnocení se u vzorků druhu Robusta (G – I) pohybovalo u prvního stupně pražení v rozmezí od 3,8 do 5,1 bodů. Tyto vzorky byly charakteristické svou dřevitostí a mírnými oříškovými tóny v chuti, v případě vzorku I poté aroma a chutí po sušených švestkách. U těchto vzorků byla rozpoznána vedle hořké chuti i mírná kyselost.

U druhého stupně pražení byla pro vzorky G2 a H2 zaznamenána výrazná hořkost, u vzorku byla hořkost jen mírná. Ve vzorcích byly patrné známky kouřové chuti a aroma. Hodnocení těchto vzorků se pohybovalo v rozmezí od 1,9 do 4,1 bodů.

Nejhůře hodnoceny byly vzorky při třetím stupni pražení, které vykazovaly výraznou hořkost a spálené aroma a chuť. Vzorky byly hodnoceny v rozmezí od 0,7 do 2,6 bodů.

S postupujícím stupněm pražením bylo pozorováno nižší hodnocení v chuti i aroma, zatímco tyto vzorky nabývaly na plnosti a dochuti.



Obrázek 26: Sensorické hodnocení vzorků J1 – J3 (1 – první stupeň pražení, 2 – druhý stupeň pražení, 3 – třetí stupeň pražení).

Samostatnou skupinu tvoří vzorek J (Decaff). Jednalo se o blend, neboli směs druhů Arabika a Robusta, které byly zároveň podrobeny procesu odstranění kofeinu za pomoci dichlormetanu. Vzorek J1 byl v rámci sledovaných stupňů pražení hodnocen nejlépe. V chuti a aroma byly popsány tóny sušeného ovoce. U vzorku J2 bylo znatelné kouřové aroma a chuť. Kyselost tohoto vzorku byla potlačena celkovou hořkostí. Nejhorší byl hodnocen vzorek J3 charakteristický spálenou chutí a aroma a rovněž výraznou hořkostí. Hodnocení tohoto vzorku se pohybovalo v rozmezí od 1,2 bodů (J3) do 4,4 bodů (J1).

Z výše popsaných hodnocení jednotlivých vzorků je patrný vliv stupně pražení na sensorický profil vzorku. Výsledky analýzy koreluje s těmi, které publikovali Bhumiratana *et al.*, 2011, kteří popsali u světlého způsobu pražení sladké, kakaové a ořechové aroma, zatímco u pražení tmavého uvádějí spálené, kouřové či štiplavé aroma a chuť. Řada dalších autorů přiřazuje pražení kávy nejvýznamnější vliv na chuť kávy (Buffo a Cardellini-Freire, 2004, Eggers a Pietsch, 2001, Esquivel a Jiménez, 2012).

Druhy kávy Arabika a Robusta se výrazně liší v sensorickém profilu (Bicho *et al.*, 2013). Robusta je charakteristická pro svou kořenitou, zemitou a více hořkou chuť (Blank *et al.*, 1991, Czerny *et al.*, 1996, Illy, 2002). Některými autory byla kořenitá vůně definována jako kouřová, která souvisí s vůní vnímanou pro určité těkavé fenoly, mezi které řadíme guajakoly (Czerny *et al.*, 2008). Bylo rovněž publikováno, že pro druh Robusta je

charakteristické dřevité aroma (Maeztu *et al.*, 2001). Tyto deskriptory byly popsány během sensorického hodnocení testovaných vzorků druhu Robusta. V rámci sensorické analýzy se ve svém profilu výrazněji lišil, od zbylých dvou vzorků druhu Robusta (vzorky G a H), vzorek I zpracovaný metodou vysokotlakého napařování. Tento technologický krok při zpracování kávy měl zásadní vliv na výsledný chuťový projev, kdy byla významně potlačena hořkost a naopak vyzvednuta sladkost vzorku. Pozitivní vliv tohoto zpracování na sensorický profil přibližující se druhu Arabika byl rovněž popsán Jeszka – Skoworon *et al.*, 2016. U testovaných vzorků byl také patrný vliv stupně pražení na vnímanou kyselost vzorků. Tento jev byl popsán i dalšími autory (Clifford, 1985, Sunarharum *et al.*, 2014), kteří uvádí, že tmavé pražení je nejúčinnějším způsobem snížení obsahu kyselin a vnímané kyselosti v kávě. Kyselost byla vnímaná především u vzorků druhu Arabika. Tento jev je spojen, jak bylo rovněž prokázáno analýzou pH testovaných vzorků, s vyšší kyselostí druhu Arabika. Právě kyseliny, společně s dalšími organickými látkami včetně esterů kyselin, jsou zodpovědné za typickou ovocnou vůni a aroma druhů Arabika (Sunarharum *et al.*, 2014, Czerny a Grosch, 2000).

Senzorickou odlišnost mezi druhy Arabika a Robusta uvedenou v této práci rovněž popisuje studie zabývající se aroma kávy obou těchto druhů pražených ve třech různých stupních pražení, jež poukazuje, že právě charakteristické aroma, tělo, hořká chuť a také ovocná chuť a aroma představují hlavní sensorické rozdíly mezi těmito dvěma druhy (Bicho *et al.*, 2013).

ZÁVĚR

Tato práce se zabývala vlivem stupně pražení na vybrané fyzikálně – chemické parametry kávy. Za účelem posouzení vlivu stupně pražení na sensorický profil káv byla rovněž provedena sensorická analýza takto připravených vzorků. Na základě výsledků experimentální části diplomové práce lze konstatovat následující:

- Vlhkost kávových zrn závisí na stupni pražení, kdy nejvyšší pokles vlhkosti byl zaznamenán mezi počátkem pražení a prvním prasknutím.
- Úbytek hmotnosti koreluje se stupněm pražení. Analýzou propražku byl prokázán dvojnásobný úbytek hmotnosti mezi prvním a třetím stupněm pražení a zároveň, že tento úbytek hmotnosti, v závislosti na stupni pražení, tvoří až pětinu původní hmotnosti kávy.
- Nálevy připravené z kávy druhu Arabika vykazují nižší pH než nálevy připravené z druhu Robusta.
- Vzorky druhu Robusta obsahují přibližně dvojnásobné množství kofeinu než druh Arabika. Bylo také potvrzeno, že vysokotlaké napařování zelených kávových zrn druhu Robusta významně nemění obsah kofeinu. Zároveň byl potvrzen již známý fakt, že bezkofeinová káva, byť v malém množství, obsahuje kofein.
- Barva testovaných vzorků je závislá na stupni pražení. Rovněž bylo zjištěno, že výsledná barva při použití různých pražicích stupňů je do značné míry ovlivněna kvalitou vstupní suroviny.
- Velikost částic kávových zrn závisí na obsahu vody po pražení. Při stejně nastavené hrubosti mletí se velikost částic snižuje s klesajícím obsahem vody v kávových zrnech.
- Stupeň pražení zásadně ovlivňuje jednotlivé sensorické deskriptory. V závislosti na stupni pražení byly pozorovány očekávané změny v aroma a chuti. Se zvyšujícím se stupněm pražení byl pozorován pokles celkového hodnocení testovaných vzorků. Byly potvrzeny sensorické rozdíly mezi druhy Arabika a Robusta a také potvrzen vliv vysokotlakého napařování na sensorický profil druhu Robusta.

V dostupné literatuře doposud neexistovala odborná studie, která by komplexně popisovala vliv tří stupňů pražení u 10 různých vzorků Arabiky a Robusty, lišících se původem a způsobem úpravy zelené kávy. Tato práce mezeru v literatuře doplňuje.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- ALONSO-SALCES, R., M., SERRA, F., RENIERO, F., HÉBERGER, K. Botanical and Geographical Characterization of Green Coffee (*Coffea arabica* and *Coffea canephora*): Chemometric Evaluation of Phenolic and Methylxanthine Contents. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2009, **57**(10), 4224-4235.
- ALVES, G., E., EDER, P., I., BORÉM, F., M., SIQUIERA, V., C., OLIVEIRA, P., D., ANDRADE, E., T. Drying kinetics of natural coffee for different temperatures and low relative humidity. *Coffee Science*. 2013, **8**(2):238-247.
- AGRESTI, P., D., M., FRANCA, A., S., OLIVEIRA, L., S., AUGUSTI, R. Discrimination between defective and non-defective Brazilian coffee beans by their volatile profile. *Food Chemistry*. 2008, **106**(2), 787-796.
- ARYA, M., L., RAO, J., M. An Impression of Coffee Carbohydrates. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2007, **47**(1), 51-67.
- BAGGENSTOSS, J., POISSON, L., LUETHI, R., PERREN, R., ESCHER, F. Influence of Water Quench Cooling on Degassing and Aroma Stability of Roasted Coffee. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2007, **55**(16), 6685-6691.
- BAGGENSTOSS, J., POISSON, L., KAEGI, R., PERREN, R., ESCHER, F. Roasting and Aroma Formation: Effect of Initial Moisture Content and Steam Treatment. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2008, **56**(14), 5847-5851.
- BALZER, H., H. Chemistry I: non-volatile compounds (acids in coffee). In: *Coffee: recent developments*. Clarke RJ, Vitzhum OG, editors. 1st ed. Malden, MA: Blackwell Science Ltd. 2001. 90-107.
- BELAY, A., TURE, K., REDI, M., ASFAW, A. Measurement of caffeine in coffee beans with UV/vis spectrometer. *Food Chemistry*. 2008, **108**(1), 310-315.
- BELITZ, H.-D., GROSCH, W., SCHIEBERLE, P. *Food chemistry*. 4th, rev. and extended ed. Berlin: Springer, 2009. ISBN 978-3-540-69933-0.
- BHUMIRATANA, N., ADHIKARI, K., CHAMBERS, E. Evolution of sensory aroma attributes from coffee beans to brewed coffee. *LWT - Food Science and Technology*. 2011, **44**(10), 2185-2192.
- BICHO, N., C., LEITÃO, A., E., RAMALHO, J., C., DE ALVARENGA, N., B., LIDON, F., C. Impact of Roasting Time on the Sensory Profile of Arabica and Robusta Coffee. *Ecology of Food and Nutrition*. 2013, **52**(2), 163-177.

BLANK, I., SEN, A., GROSCH, W. Aroma impact compounds of Arabica and Robusta coffee. Qualitative and quantitative investigations. 14th ASIC Colloquium. San Francisco: ASIC. 1991.

BORRELLI, R., C., VISCONTI, A., MENNELLA, C., ANESE, M., FOGLIANO, V. Chemical Characterization and Antioxidant Properties of Coffee Melanoidins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2002, **50**(22), 6527-6533.

BORÉM, F., M., ISQUIERDO, E., P., TAVEIRA, J., H., S. Coffee processing. In: BORÉM, F., M. Handbook of coffee post-harvest technology. Norcross, Georgia: Gin Press, 2014. p. 49-68.

BRADBURY, A., G., W. Chemistry I: non-volatile compounds (carbohydrates). In: *Coffee: recent developments*. Clarke RJ, Vitzhum OG, editors. 1st ed. Malden, MA: Blackwell Science Ltd. 2001. 90-107.

BROWN, F., DILLER, K., R. Calculating the optimum temperature for serving hot beverages. *Burns*. 2008, **34**(5), 648-654.

BRZOŇOVÁ, L. *Svět kávy*. Praha: Sdružení českých spotřebitelů pro Českou technologickou platformu pro potraviny, 2012. Jak poznáme kvalitu?. ISBN 978-80-87719-00-8.

BUFFO, R., A., CARDELLI-FREIRE, C. Coffee flavour: an overview. *Flavour and Fragrance Journal*. 2004, **19**(2), 99-104.

BURDA, A. *O kávě, čaji a dalších nápojích*. Opava [i.e. Praha]: Carter eproplus, 2013. ISBN 978-80-87613-00-9.

CLARKE, R., J., MACRAE, R. *Coffee*. Dordrecht: Springer Netherlands, 1985. ISBN 978-94-010-8693-6.

CLEMENTE, J., M., MARTINEZ, H., E., P., ALVES, L., C., FINGER, F., L., CECON, P., R. Effects of nitrogen and potassium on the chemical composition of coffee beans and on beverage quality. *Acta Scientiarum. Agronomy*. 2015, **37**(3):297-305.

CLIFFORD, M., N., WILLSON, K., C. ed. *Coffee: Botany, Biochemistry and Production of Beans and Beverage*. Boston, MA: Springer US, 1985. ISBN 978-1-4615-6659-5.

CZERNY, M., WAGNER, R., GROSCH, W. Detection of Odor-Active Ethenylalkylpyrazines in Roasted Coffee. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1996, **44**(10), 3268-3272.

CZERNY, M., GROSCH, W. Potent Odorants of Raw Arabica Coffee. Their Changes during Roasting. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2000, **48**(3), 868-872.

CZERNY, M., CHRISTLBAUER, M., CHRISTLBAUER, M., FISCHER, A., GRANVOGL, M., HAMMER, M., HARTL, C., HERNANDEZ, N., M., SCHIEBERLE, P. Re-investigation on odour thresholds of key food aroma compounds and development of an aroma language based on odour qualities of defined aqueous odorant solutions. *European Food Research and Technology*. 2008, **228**(2), 265-273.

ČSN ISO 11294: 1998. Pražená mletá káva - Stanovení obsahu vlhkosti - Metoda stanovení ztráty hmotnosti při 103 °C (Běžná metoda).

DAVIDS, K. *Home coffee roasting*. 2nd ed. New York: St. Martin's Press, 2003. ISBN 9780312312190.

DAVIS, A., P., RAKOTNASOLO, F. Two new species of *Coffea* L. (Rubiaceae) from northern Madagascar. *Adansonia*. 2001, **23**(2), 337-345.

DIEU PHAN, T., T., BITTOVÁ, M., MIKULÁŠEK, K., KRÁČMAR, S., KUBÁŇ, V., VALÁŠEK, P., SVOBODOVÁ, B. Content of 4(5)-methylimidazole, caffeine and chlorogenic acid in commercial coffee brands. *Potravinářstvo*. 2015, **9**(1), 31-38.

DUTRA, E., R., OLIVEIRA, L., S., FRANCA, A., S., FERRAZ, V., P., AFONSO, R., J., C., F. A preliminary study on the feasibility of using the composition of coffee roasting exhaust gas for the determination of the degree of roast. *Journal of Food Engineering*. 2001, **47**(3), 241-246.

EGGERS, R., PIETSCH, A. Technology I: roasting. In: *Coffee: recent developments*. Clarke RJ, Vitzhum OG, editors. 1st ed. Malden, MA: Blackwell Science Ltd. 2001. 90-107.

ESQUIVEL, P., JIMÉNEZ, V., M. Functional properties of coffee and coffee by-products. *Food Research International*. 2012, **46**(2), 488-495.

FAJARA, B., E., P., SUSANTI, H. HPLC determination of caffeine in coffee beverage. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2017, 259.

FARAH, A., DE PAULIS, T., TRUGO, L., C., MARTIN, P., R. Effect of Roasting on the Formation of Chlorogenic Acid Lactones in Coffee. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2005, **53**(5), 1505-1513.

FARAH, A., MONTEIRO, M., C., CALADO, V., FRANCA, A., S., TRUGO, L., C. Correlation between cup quality and chemical attributes of Brazilian coffee. *Food Chemistry*. 2006, **98**(2), 373-380.

FELDMAN, R., S., RYDER, W., S., KUNG, J., T. Importance of nonvolatile compounds to the flavor of coffee. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1969, **17**(4), 733-739.

- FOX, G., P., WU, A., YIRAN, L., FORCE, L. Variation in Caffeine Concentration in Single Coffee Beans. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2013, **61**(45), 10772-10778.
- FRANCA, A., S., OLIVEIRA, L., S., OLIVEIRA, R., C., S., AGRESTI, P., C., M., AUGUSTI, R. A preliminary evaluation of the effect of processing temperature on coffee roasting degree assessment. *Journal of Food Engineering*. 2009, **92**(3), 345-352.
- GHOSH, P., VENKATACHALAPATHY, N. Processing and Drying of Coffee – A Review. *International Journal of Engineering Research and Technology*. 2014, 3.
- GIACALONE, D., DEGN, T., K., YANG, N., LIU, CH., FISK, I., MÜNCHOW, M. Common roasting defects in coffee: Aroma composition, sensory characterization and consumer perception. *Food Quality and Preference*. 2019, 71, 463-474.
- GINZ, M., BALZER, H., H., BRADBURY, A., G., W., MAIER, H., G. Formation of aliphatic acids by carbohydrate degradation during roasting of coffee. *European Food Research and Technology*. 2000, **211**(6), 404-410.
- GLOESS, A., N., VIETRI, A., WIELAND, F., SMRKE, S., SCHÖNBÄCHLER, B., SÁNCHEZ LÓPEZ, J., A., PETROZZI, S., BONGERS, S., KOZIOROWSKI, T., YERETZIAN, CH. Evidence of different flavour formation dynamics by roasting coffee from different origins: On-line analysis with PTR-ToF-MS. *International Journal of Mass Spectrometry*. 2014, **365-366**, 324-337.
- GRIFFIN, M., J., BLAUCH, D., N. Determination of the relationship between phosphate concentration and perceived acidity in coffee. In *18th International Scientific Colloquium on Coffee*. Helsinki, Finland: Association for Science and Information on Coffee. 1999, 118-126.
- HAGOS, M., REDI-ABSHIRO, M., CHANDRAVANSI, B., S., ELE, E., MOHAMMED, A., M., MAMO, H. Correlation between caffeine contents of green coffee beans and altitudes of the coffee plants grown in southwest Ethiopia. *Bulletin of the Chemical Society of Ethiopia*. 2018, **32**(1), 13-25.
- HAILE, M., HEE KANG, W. The Harvest and Post-Harvest Management Practices' Impact on Coffee Quality. *Coffee*. IntechOpen, 2019.
- HERNÁNDEZ, J., A., HEYD, B., IRLES, C., VALDOVINOS, B., TRYSTRAM, G. Analysis of the heat and mass transfer during coffee batch roasting. *Journal of Food Engineering*. 2007, **78**(4), 1141-1148
- CHALFOUN, S., M., FERNANDES, A., P. Efeitos da fermentação na qualidade da bebida do café. *Visão Agrícola*. 2013, USP, 105-108.
- ILLY, E. The Complexity of Coffee. *Scientific American*. 2002, **286**(6), 86-91.

ILLY, A., VIANI, V. *Espresso coffee: the science of quality*. 2nd ed. Boston: Elsevier Academic, 2005. ISBN 9780123703712.

ISO 20481:2008. Coffee and coffee products — Determination of the caffeine content using high performance liquid chromatography (HPLC) — Reference method.

ISO 8586-1:1993. Sensory analysis — General guidance for the selection, training and monitoring of assessors — Part 1: Selected assessors.

ISO 8586:2012. Sensory analysis — General guidelines for the selection, training and monitoring of selected assessors and expert sensory assessors.

JACKELS, S., C., JACKELS, CH., F. Characterization of the Coffee Mucilage Fermentation Process Using Chemical Indicators: A Field Study in Nicaragua. *Journal of Food Science*. 2005, **70**(5), C321-C325.

JESZKA-SKOWRON, M., SENTKOWSKA, A., PYRZYŃSKA, K., DE PEÑA, M., P. Chlorogenic acids, caffeine content and antioxidant properties of green coffee extracts: influence of green coffee bean preparation. *European Food Research and Technology*. 2016, **242**(8), 1403-1409.

JOKANOVIC, M., DZINIC, N., CVETKOVIC, B., GRUJIC, S., ODZAKOVIC, B. Changes of physical properties of coffee beans during roasting. *Acta periodica technologica*. 2012, (43), 21-31.

KLEINWÄCHTER, M., SELMAR, D. Influence of drying on the content of sugars in wet processed green Arabica coffees. *Food Chemistry*. 2010, **119**(2), 500-504.

KNOPP, S., BYTOF, G., SELMAR, D. Influence of processing on the content of sugars in green Arabica coffee beans. *European Food Research and Technology*. 2006, **223**(2), 195-201.

KREJČÍ, I. *O kávě a čaji, aneb, Víme, proč je pijeme?*. Praha: Grada, 2000. Zdraví (Grada). ISBN 80-7169-535-1.

LEE, H., S., O'MAHONY, M. At What Temperatures Do Consumers Like to Drink Coffee?: Mixing Methods. *Journal of Food Science*. 2002, **67**(7), 2774-2777.

MAEZTU, L., SANZ, C., ANDUEZA, S., PAZ DE PEÑA, M., BELLO, J., CID, C. Characterization of Espresso Coffee Aroma by Static Headspace GC-MS and Sensory Flavor Profile. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2001, **49**(11), 5437-5444.

MALTA, M., R. Processamento e qualidade do café. *Informe Agropecuário*. 2011, **32**(261):66-75.

MASSINI, R., NICOLI, M., C., CASSARÀ, A., LERICI, C., R. Physico-chemical changes of coffee beans during roasting. *Italian Journal of Food Science*. 1990, **2**, 123-130.

MEHARI, B., REDI-ABSHIRO, M., CHANDRAVANSI, B., S., ATLABACHEW, M., COMBRINCK, S., MCCRINDLE, R. Simultaneous Determination of Alkaloids in Green Coffee Beans from Ethiopia: Chemometric Evaluation of Geographical Origin. *Food Analytical Methods*. 2016, **9**(6), 1627-1637.

MERRITT, M., C., PROCTOR, B., E. Effect of temperature during the roasting cycle on selected components of different types of whole bean coffee. *Journal of Food Science*. 1959, **24**(6), 672-680.

MLADÁ, J. *Atlas cizokrajných rostlin*. Ilustroval František PROCHÁZKA. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1987.

MOLDVAER, A. *Kávové opojení*. Přeložil Miroslava LÁNSKÁ. Praha: Euromedia, 2016. Esence. ISBN 978-80-7549-111-4.

MONTAVON, P., MAURON, A.-F., DURUZ, E. Changes in Green Coffee Protein Profiles during Roasting. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2003, **51**(8), 2335-2343.

MURKOVIC, M., DERLER, K. Analysis of amino acids and carbohydrates in green coffee. *Journal of Biochemical and Biophysical Methods*. 2006, **69**(1-2), 25-32.

MUTUA, J. Post Harvest Handling and Processing of Green Coffee in African Countries. *FAO Corporate Document Repository*. 2000.

MWITHIGA, G., JINDAL, V., K. Physical changes during coffee roasting in rotary conduction-type heating units. *Journal of Food Process Engineering*. 2003, **26**(6), 543-558.

NAGARAJU, V., D., MURTHY, C., T., RAMALAKSHMI, K., SRINIVASA RAO, P., N. Studies on roasting of coffee beans in a spouted bed. *Journal of Food Engineering*. 1997, **31**(2), 263-270.

NAGARAJU, V., D., BHATTACHARYA, S. Roasting green coffee beans using spouted bed roaster: changes in physical characteristics. *Journal of Food Science and Technology*. 2010, **47**(6), 674-677.

NAVARRA, G., MOSCHETTI, M., GUARRASI, V., MANGIONE, M., R., MILITELLO, V., LEONE, M. Simultaneous Determination of Caffeine and Chlorogenic Acids in Green Coffee by UV/Vis Spectroscopy. *Journal of Chemistry*. 2017, 1-8.

NEBESNY, E., BUDRYN, G., KULA, J., MAJDA, T. The Effect of Roasting Method on Headspace Composition of Robusta Coffee Bean Aroma. *Journal of Institute of Fundamentals of Food Chemistry*, 2006, 225, 9-19.

NTCDB. Organic Coffee Production and Processing: Guide Book. Kathmandu, Nepal: National Tea and Coffee Development Board; 2009.

OLIVEIRA, S., D., FRANCA, A., S., GLÓRIA, M., B., A., BORGES, M., L., A. The effect of roasting on the presence of bioactive amines in coffees of different qualities. *Food Chemistry*. 2005, **90**(1-2), 287-291.

OPITZ, S., E., W., GOODMAN, B., A., KELLER, M., SMRKE, S., WELLINGER, M., SCHENKER, S., YERETZIAN, CH. Understanding the Effects of Roasting on Antioxidant Components of Coffee Brews by Coupling On-line ABTS Assay to High Performance Size Exclusion Chromatography. *Phytochemical Analysis*. 2017, **28**(2), 106-114.

ORTOLÁ, M., D., LONDOÑO, L., GUTIÉRREZ, C., L., CHIRALT, A. Influence of roasting temperature on physicochemical properties of different coffees. *Food Science and Technology International*. 1998, **4**(1), 59-66.

PARLIMENT, T., H. An Overview of Coffee Roasting. PARLIMENT, T., H., HO, CH. - T., SCHIEBERLE, P. ed. *Caffeinated Beverages*. Washington, DC: American Chemical Society, 2000, 188-201.

PARRAS, P., MARTINEZTOME, M., JIMENEZ, A., MURCIA, M. Antioxidant capacity of coffees of several origins brewed following three different procedures. *Food Chemistry*. 2007, **102**(3), 582-592.

PIMENTA, C., J., ANGÉLICO, C., L., CHALFOUN, S., M. Challenges in coffee quality: Cultural, chemical and microbiological aspects. *Ciência e Agrotecnologia*. 2018, **42**(4), 337-349.

PITTIA, P., DALLA ROSA, M., LERICI, C., R. Textural Changes of Coffee Beans as Affected by Roasting Conditions. *LWT - Food Science and Technology*. 2001, **34**(3), 168-175.

POLTRONIERI, P., ROSSI, F. Challenges in Specialty Coffee Processing and Quality Assurance. *Challenges*. 2016, **7**(2).

POSPÍŠIL, F., HRACHOVÁ, B. *Užitkové rostliny jižních zemí*. Praha: Academia, 1989. Živou přírodou.

PÖSSL, M. *Káva jako životní styl*. Praha: Grada, 2010. Zdraví & životní styl. ISBN 978-80-247-2822-3.

PURDON, M., P., MCCAMEY, D., A. Use of a 5-caffeoylquinic Acid/Caffeine Ratio to Monitor the Coffee Roasting Process. *Journal of Food Science*. 1987, **52**(6), 1680-1683.

- RAEMY, A., LAMBELET, P. A calorimetric study of self-heating in coffee and chicory. *International Journal of Food Science & Technology*. 1982, **17**(4), 451-460.
- RAO, N., Z., FULLER, M. Acidity and Antioxidant Activity of Cold Brew Coffee. *Scientific Reports*. 2018, **8**(1).
- REINATO, C., H., BORÉM, F., M., CIRILLO, M., Â., OLIVEIRA, E., C. Quality of the coffee dried on grounds with different surfaces and thickness layers. *Coffee Science*. 2012;7(3):223-237.
- RIBEIRO, J., S., AUGUSTO, F., SALVA, T., J., G., THOMAZIELLO, R., A., FERREIRA, M., M., C. Prediction of sensory properties of Brazilian Arabica roasted coffees by headspace solid phase microextraction-gas chromatography and partial least squares. *Analytica Chimica Acta*. 2009, **634**(2), 172-179.
- RIBEIRO, L., S., MIGUEL, M., G., C., P., EVANGELISTA, S., R., MARTINS, P., M., M., VAN MULLEM, J., BELIZARIO, M., H., SCHWAN, R., F. Behavior of yeast inoculated during semi-dry coffee fermentation and the effect on chemical and sensorial properties of the final beverage. *Food Research International*. 2017, **92**, 26-32.
- ROLZ, C., MENCHU, J., F., ARIMANY, E. The fluidized bed drying of coffee: 4e Colloque International sur la chimie des cafés. Amsterdam, ASIC, Paris; 1969. pp. 166-173.
- ROMANI, S., CEVOLI, Ch., FABBRI, A., ALESSANDRINI, L., DALLA ROSA, M. Evaluation of Coffee Roasting Degree by Using Electronic Nose and Artificial Neural Network for Off-line Quality Control. *Journal of Food Science*. 2012, **77**(9), C960-C965.
- RUBAYIZA, A., B., MEURENS, M. Chemical Discrimination of Arabica and Robusta Coffees by Fourier Transform Raman Spectroscopy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2005, **53**(12), 4654-4659.
- SCAA. SCAA Protocols – Cupping for specialty coffee. Specialty Coffee Association of America, 2020.
- SCHENKER, S. Investigations on the Hot Air Roasting of Coffee Beans. Dissertation No. 13620, Eidgenoessische Technische Hochschule Zuerich (ETH), Switzerland, 2000.
- SCHENKER, S., HANDSCHIN, S., FREY, B., PERREN, R., ESCHER, F. Pore Structure of Coffee Beans Affected by Roasting Conditions. *Journal of Food Science*. 2000, **65**(3), 452-457.
- SCHENKER, S., HEINEMANN, C., HUBER, M., POMPIZZI, R., PERREN, R., ESCHER., R. Impact of Roasting Conditions on the Formation of Aroma Compounds in Coffee Beans. *Journal of Food Science*. 2002, **67**(1), 60-66.

SILVA, C., F., BATISTA, L., R., ABREU, L., M., DIAS, E., S., SCHWAN, R., F. Succession of bacterial and fungal communities during natural coffee (*Coffea arabica*) fermentation. *Food Microbiology*. 2008, **25**(8), 951-957.

SIVETZ, M., DESROSIER, N., W. *Coffee Technology*. Westport: AVI Publishing Company. 1979. ISBN 0870552694.

SMRKE, S., WELLINGER, M., SUZUKI, T., BALSIGER, F., OPITZ, S., E., W., YERETZIAN, CH. Time-Resolved Gravimetric Method To Assess Degassing of Roasted Coffee. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2018, **66**(21), 5293-5300.

SREENIVASAN, B., RAGHAVAN, V., R. Hydrodynamics of a swirling fluidised bed. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*. 2002, **41**(2), 99-106.

STEEN, I., WAEHRENS, S., S., PETERSEN, M., A., MÜNCHOW, M., BREDIE, W., L., P. Influence of serving temperature on flavour perception and release of Bourbon Caturra coffee. *Food Chemistry*. 2017, **219**, 61-68.

SUNARHARUM, W., B., David J. WILLIAMS a Heather E. SMYTH. Complexity of coffee flavor: A compositional and sensory perspective. *Food Research International*. 2014, **62**, 315-325.

TAUFEROVÁ A. *Technologie a hygiena potravin rostlinného původu I., II*. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2014 s. 168. ISBN 978-80-7305-692-6.

TAVEIRA, J., H., D., S., BORÉM, F., M., DA ROSA, S., D., V., F., OLIVEIRA P., D., GIOMO, G., S., EDER, P., ISQUIERDO E., P., FORTUNATO V., A. Post-harvest effects on beverage quality and physiological performance of coffee beans. *African Journal of Agricultural Research*. 2015, **10**(12), 1457-1466.

THORN, J. *Káva*. Praha: Fortuna Print, 2000. Příručka pro labužníky. ISBN 80-86144-64-x.

TRUGO, L., C., MACRAE, R. A study of the effect of roasting on the chlorogenic acid composition of coffee using HPLC. *Food Chemistry*. 1984, **15**(3), 219-227.

VENTURELI, I. R. et al. Comparação de custos entre colheita mecanizada e semi-mecanizada de café: Um estudo de caso em uma propriedade no município de Andradas – MG. *Revista de Administração*, **16**(20):93-104, 2016.

VINÍCIUS DE MELO PEREIRA, G., SOCCOL, V., T., BRAR, S., K., NETO, E., SOCCOL, C., R. Microbial ecology and starter culture technology in coffee processing. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2015, **57**(13), 2775-2788.

VESELÁ, P. *Kniha o kávě: průvodce světem kávy s recepty na její přípravu*. Praha: Smart Press, 2010. ISBN 978-80-87049-34-1.

Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 330/1997 Sb., zákona č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů, pro čaj, kávu a kávoviny.

WASSERMAN, G., S., BRADBURY, A., CRUZ, T., PENSON, S. *Coffee*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc. 2000, 22 p.

WIELAND, F., GLOESS, A., N., KELLER, M., WETZEL, A., SCHENKER, S., YERETZIAN, CH. Online monitoring of coffee roasting by proton transfer reaction time-of-flight mass spectrometry (PTR-ToF-MS): towards a real-time process control for a consistent roast profile. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 2012, **402**(8), 2531-2543.

WINTGENS, J., N. *Coffee: growing, processing, sustainable production : a guidebook for growers, processors, traders and researchers*. Great Britain: Wiley-VCH, c2004. ISBN 3527307311.

YERETZIAN, CH., JORDAN, A., BADOUD, R., LINDINGER, W. From the green bean to the cup of coffee: investigating coffee roasting by on-line monitoring of volatiles. *European Food Research and Technology*. 2002, **214**(2), 92-104.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

5 – CQA	Kyselina 5 – caffeoylchinová
CGA	Kyselina chlorogenová
CQA	Kyselina caffeoylchinová
DAD	Detektor s diodovým polem
diCQA	Kyselina dicaffeoylchinová
FQA	Kyselina feruloylchinová
HPLC	Vysokoúčinná kapalinová chromatografie
HTST	Pražení kávy za podmínek vysoké teploty a krátkého času
LTLT	Pražení kávy za podmínek nízké teploty a dlouhého času
MTMT	Pražení kávy za podmínek střední teploty a středního času
NIR	Spektrometrie v blízké infračervené oblasti
pH	Záporný dekadický logaritmus koncentrace oxoniových kationtů
SCAA	Americká asociace výběrové kávy
UV/VIS	Ultrafialová a viditelná oblast elektromagnetického spektra

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Příčný a podélný řez kávovou třešní (Wintgens, 2004)	14
Obrázek 2: Zrna <i>C. arabica</i> (a), <i>C. liberica</i> (b) a <i>C. canephora</i> (c) (Wintgens, 2004)	15
Obrázek 3: Obecné schéma zpracování kávy (Ghosh a Venkatachalapathy, 2014).....	17
Obrázek 4: Metody zpracování kávových třešní v závislosti na klimatických podmínkách (Poltronieri a Rossi, 2016)	19
Obrázek 5: Schémata pražících zařízení (Illy a Viani, 2005, Nagaraju <i>et al.</i> , 1997)	28
Obrázek 6: Hodnocení aroma kávy (vlevo bodové hodnocení aroma: unpleasant – nepříjemná, pleasant – příjemná, very – velmi, slightly – mírně; vpravo stupnice hodnocení aroma) (SCAA, 2020).....	40
Obrázek 7: Hodnocení kvality chuti kávy (vlevo bodové hodnocení kvality chuti: Unacceptable – nepříjemná, Poor – špatná, Ordinary – obyčejná, Fine – dobrá, Great – vynikající; vpravo stupnice hodnocení kvality kávy) (SCAA, 2020).....	41
Obrázek 8: Stupnice pro hodnocení intenzity (H – high – vysoká, M – medium – střední, 41	
Obrázek 9: Obsah vlhkosti v % (w/w) testovaných vzorků kávy (0 – zelená káva, 1 – první stupeň pražení, 2 – druhý stupeň pražení, 3 – třetí stupeň pražení).....	43
Obrázek 10: Úbytek hmotnosti v % (w/w) testovaných vzorků kávy (1 – první stupeň pražení, 2 – druhý stupeň pražení, 3 – třetí stupeň pražení).....	44
Obrázek 11: pH v nálevech testovaných vzorků kávy (1 – první stupeň pražení, 2 – druhý stupeň pražení, 3 – třetí stupeň pražení)	45
Obrázek 12: Srovnání koncentrace kofeinu testovaných vzorků (vlevo nahoře – vzorek A – Arabika; vpravo nahoře – vzorek G – Robusta; vlevo dole – vzorek I – Mild Steam Robusta; vpravo dole – vzorek J – Decaff; 0 – zelená káva, 1 – první stupeň pražení, 2 – druhý stupeň pražení, 3 – třetí stupeň pražení).....	47
Obrázek 13: Hodnoty barvy testovaných vzorků získané přístrojem Dr. Lange (1 – první stupeň pražení, 2 – druhý stupeň pražení, 3 – třetí stupeň pražení).....	49
Obrázek 14: Hodnoty barvy testovaných vzorků získané přístrojem Colorette (1 – první stupeň pražení, 2 – druhý stupeň pražení, 3 – třetí stupeň pražení).....	49
Obrázek 15: Hodnoty světelnosti testovaných vzorků (1 – první stupeň pražení, 2 – druhý stupeň pražení, 3 – třetí stupeň pražení).....	50
Obrázek 16: Hodnoty velikosti částic testovaných vzorků (1 – první stupeň pražení, 2 – druhý stupeň pražení, 3 – třetí stupeň pražení).....	51
Obrázek 17: Senzorické hodnocení vzorků A1 – A3 (1 – první stupeň pražení, 2 – druhý stupeň pražení, 3 – třetí stupeň pražení).....	52
Obrázek 18: Senzorické hodnocení vzorků B1 – B3 (1 – první stupeň pražení, 2 – druhý stupeň pražení, 3 – třetí stupeň pražení).....	53
Obrázek 19: Senzorické hodnocení vzorků C1 – C3 (1 – první stupeň pražení, 2 – druhý stupeň pražení, 3 – třetí stupeň pražení).....	53
Obrázek 20: Senzorické hodnocení vzorků D1 – D3 (1 – první stupeň pražení, 2 – druhý stupeň pražení, 3 – třetí stupeň pražení).....	54

Obrázek 21: Sensorické hodnocení vzorků E1 – E3 (1 – první stupeň pražení, 2 – druhý stupeň pražení, 3 – třetí stupeň pražení).	55
Obrázek 22: Sensorické hodnocení vzorků F1 – F3 (1 – první stupeň pražení, 2 – druhý stupeň pražení, 3 – třetí stupeň pražení).	55
Obrázek 23: Sensorické hodnocení vzorků G1 – G3 (1 – první stupeň pražení, 2 – druhý stupeň pražení, 3 – třetí stupeň pražení).	56
Obrázek 24: Sensorické hodnocení vzorků H1 – H3 (1 – první stupeň pražení, 2 – druhý stupeň pražení, 3 – třetí stupeň pražení).	57
Obrázek 25: Sensorické hodnocení vzorků I1 – I3 (1 – první stupeň pražení, 2 – druhý stupeň pražení, 3 – třetí stupeň pražení).....	58
Obrázek 26: Sensorické hodnocení vzorků J1 – J3 (1 – první stupeň pražení, 2 – druhý stupeň pražení, 3 – třetí stupeň pražení).....	59

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Taxonomické zařazení kávovníku (Clifford a Wilson, 1985, Moldvaerová, 2016)	12
Tabulka 2: Oblasti pěstování jednotlivých druhů kávovníků (Wintgens, 2004)	16
Tabulka 3: Rozdíly mezi Arabikou a Robustou ve složení zelené kávy, v % (w/w) sušiny (Belitz <i>et al.</i> , 2004)	25
Tabulka 4: Stupně pražení kávových zrn (Davids, 2003).....	30
Tabulka 5: Chemické složení pražené kávy v % (w/w) sušiny (Belitz <i>et al.</i> , 2004)	33
Tabulka 6: Charakteristika použitých vzorků	36
Tabulka 7: Program gradientové eluce pro HPLC.....	39

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha I: Formulář sensorické analýzy SCAA

Příloha II: Koncentrace kofeinu v testovaných vzorcích kávy

Příloha III: Srovnání metod stanovujících hodnotu barvy analyzovaných vzorků

Příloha IV: Sensorické hodnocení testovaných vzorků

PŘÍLOHA I

Cup of Excellence® Cupping Form

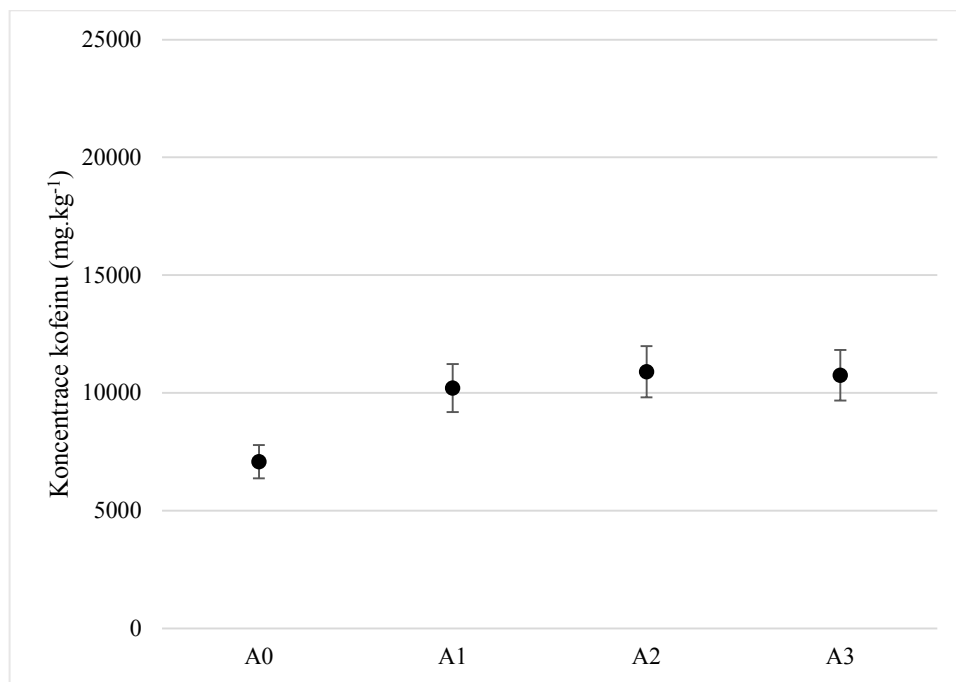
Name: _____ Round 1 2 3 Session 1 2 3 4 5 Brazil Cup of Excellence® 2002 Coffee Competition

© G H Howell Co 2001, 2002

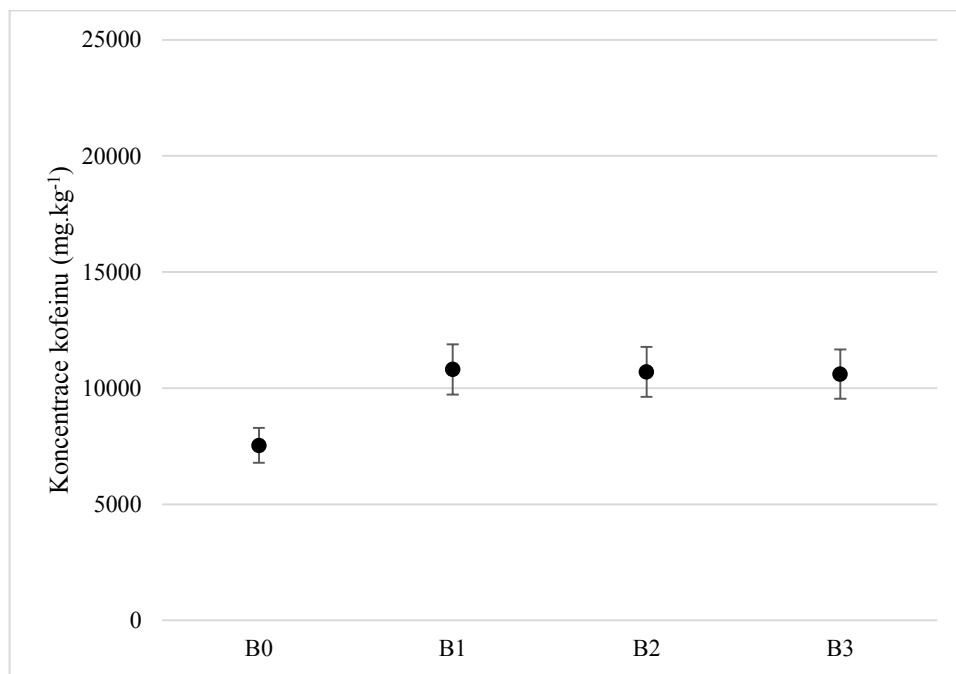
SAMPLE	ROAST	AROMA			PURITY	CLEAN CUP	SWEETNESS	ACIDITY	MOUTH FEEL	FLAVOUR	AFTER-TASTE	BALANCE	OVERALL	TOTAL
	COLOR DEVIATION	DRY	CRUST	BREAK										
_____					_____									36 <input type="text"/>
_____					_____									36 <input type="text"/>
_____					_____									36 <input type="text"/>
_____					_____									36 <input type="text"/>
_____					_____									36 <input type="text"/>
_____					_____									36 <input type="text"/>
_____					_____									36 <input type="text"/>
_____					_____									36 <input type="text"/>
_____					_____									36 <input type="text"/>

Obrázek 1: Formulář senzorné analýzy SCAA (SCAA, 2020)

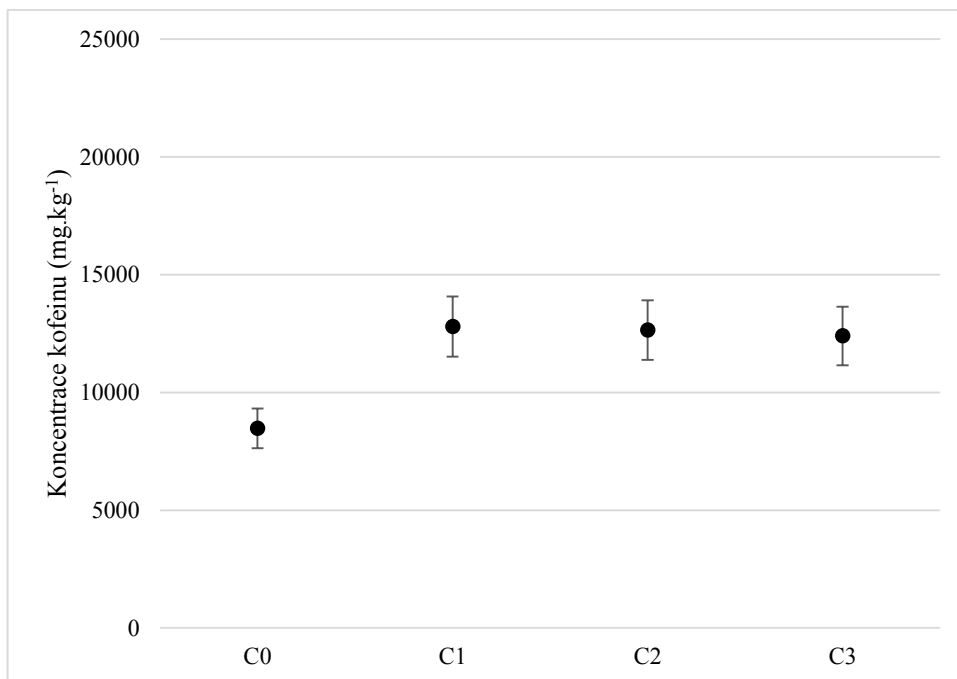
PŘÍLOHA II



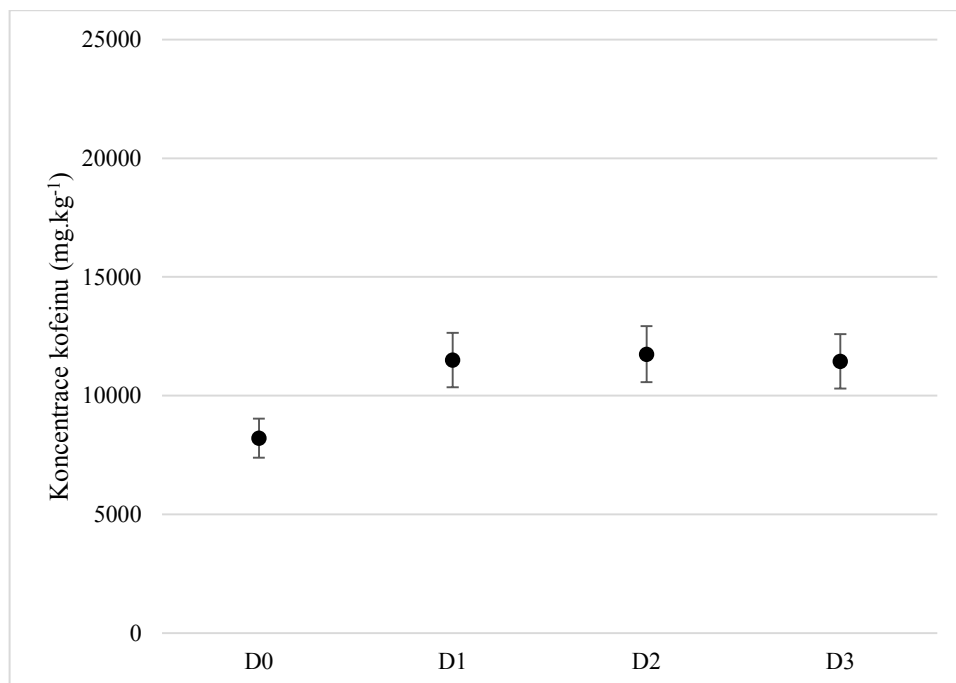
Obrázek 1: Koncentrace kofeinu ve vzorku A (0 – zelená káva, 1 – první stupeň pražení, 2 – druhý stupeň pražení, 3 – třetí stupeň pražení)



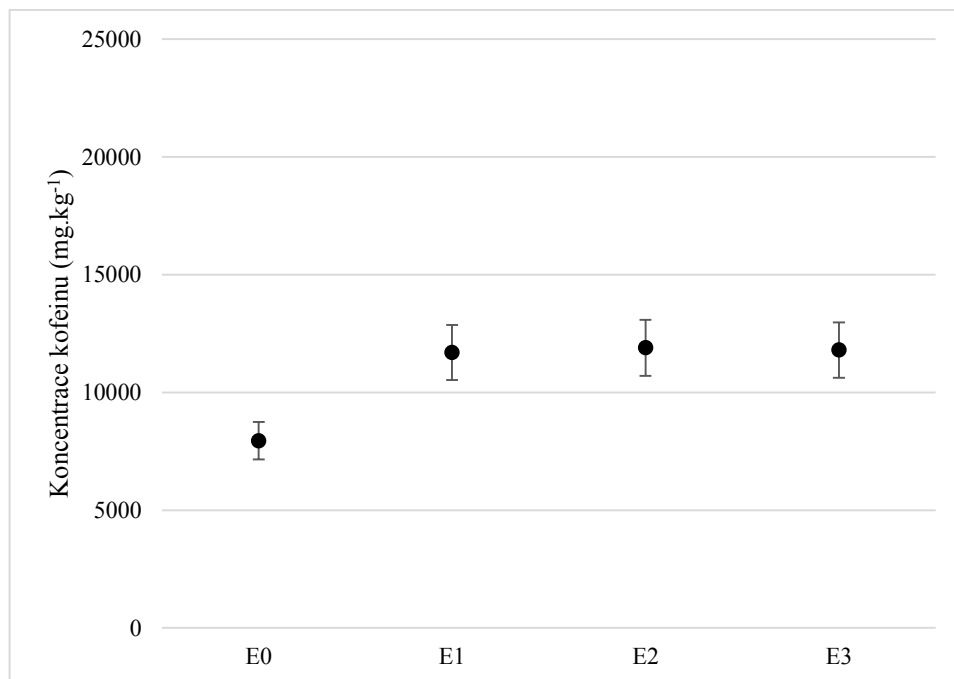
Obrázek 2: Koncentrace kofeinu ve vzorku B (0 – zelená káva, 1 – první stupeň pražení, 2 – druhý stupeň pražení, 3 – třetí stupeň pražení)



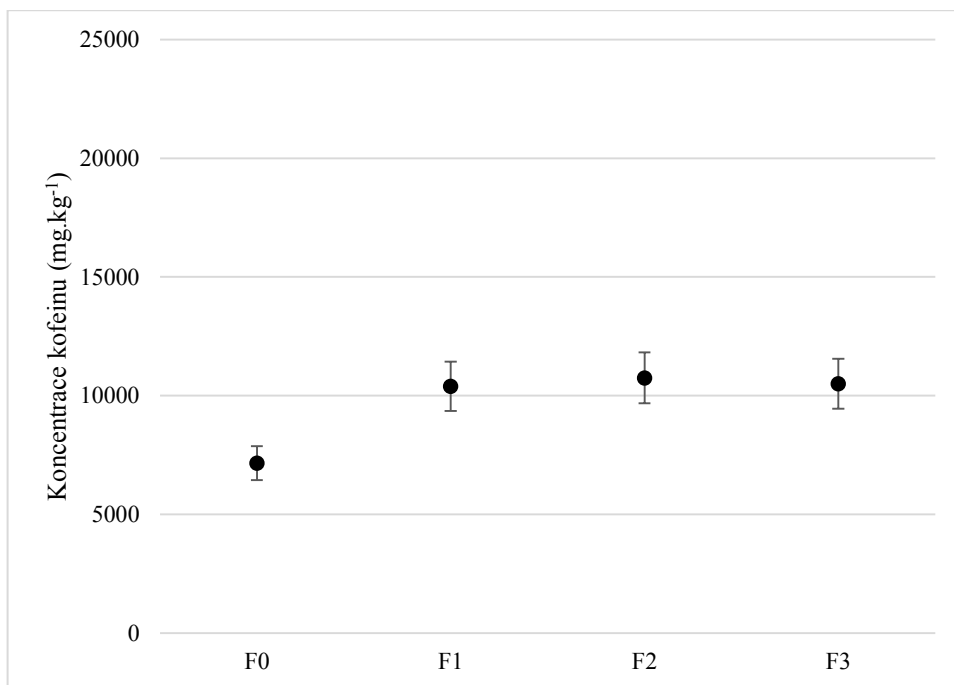
Obrázek 3: Koncentrace kofeinu ve vzorku C (0 – zelená káva, 1 – první stupeň pražení, 2 – druhý stupeň pražení, 3 – třetí stupeň pražení)



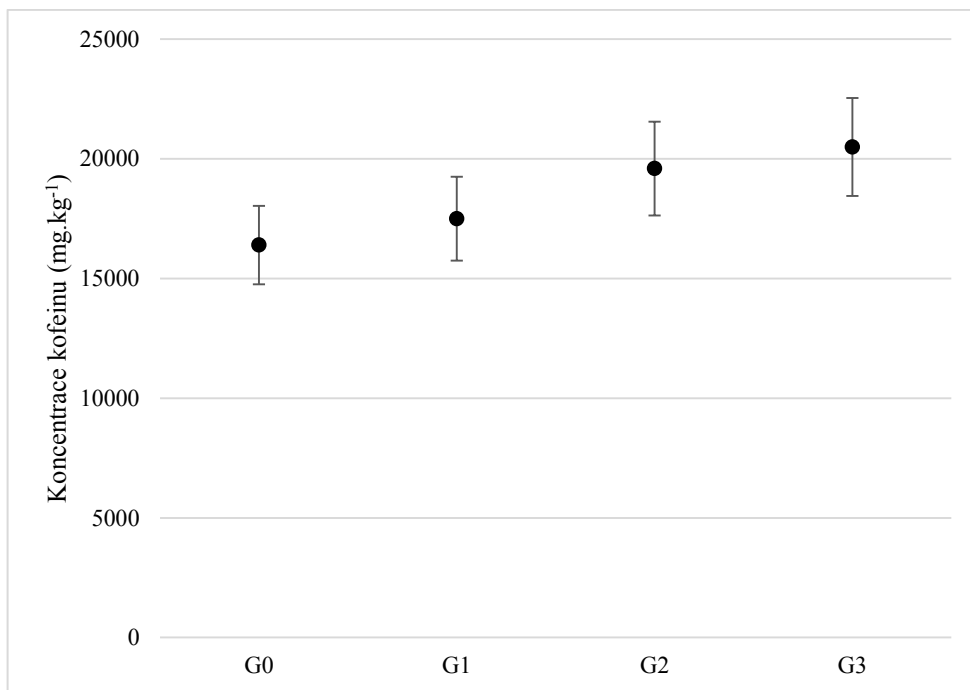
Obrázek 4: Koncentrace kofeinu ve vzorku D (0 – zelená káva, 1 – první stupeň pražení, 2 – druhý stupeň pražení, 3 – třetí stupeň pražení)



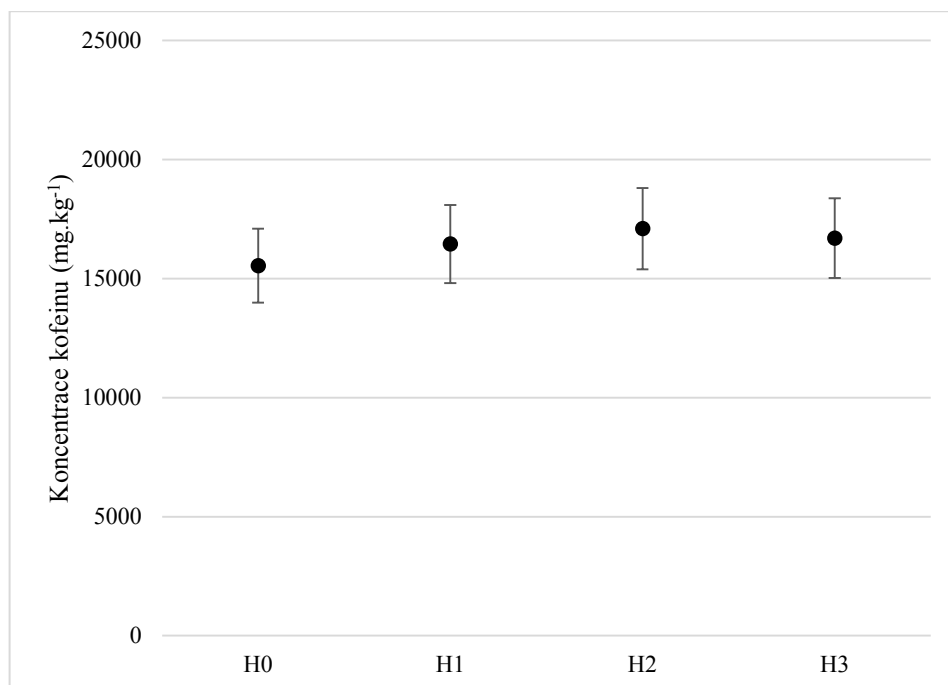
Obrázek 5: Koncentrace kofeinu ve vzorku E (0 – zelená káva, 1 – první stupeň pražení, 2 – druhý stupeň pražení, 3 – třetí stupeň pražení)



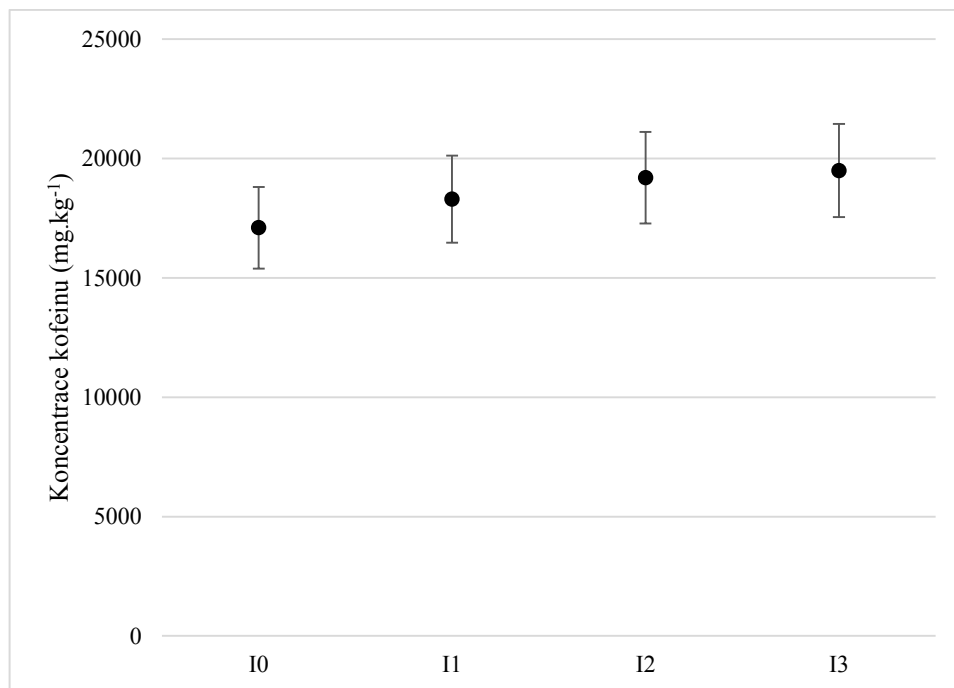
Obrázek 6: Koncentrace kofeinu ve vzorku F (0 – zelená káva, 1 – první stupeň pražení, 2 – druhý stupeň pražení, 3 – třetí stupeň pražení)



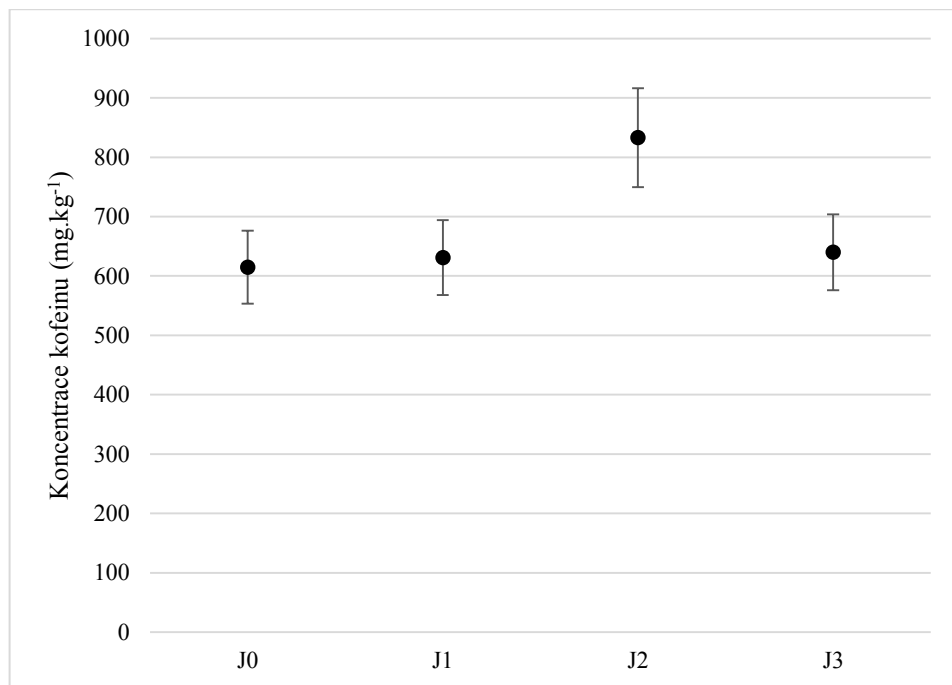
Obrázek 7: Koncentrace kofeinu ve vzorku G (0 – zelená káva, 1 – první stupeň pražení, 2 – druhý stupeň pražení, 3 – třetí stupeň pražení)



Obrázek 8: Koncentrace kofeinu ve vzorku H (0 – zelená káva, 1 – první stupeň pražení, 2 – druhý stupeň pražení, 3 – třetí stupeň pražení)



Obrázek 9: Koncentrace kofeinu ve vzorku I (0 – zelená káva, 1 – první stupeň pražení, 2 – druhý stupeň pražení, 3 – třetí stupeň pražení)



Obrázek 10: Koncentrace kofeinu ve vzorku J (0 – zelená káva, 1 – první stupeň pražení, 2 – druhý stupeň pražení, 3 – třetí stupeň pražení)

PŘÍLOHA III

Tabulka 1: Srovnání metod stanovujících hodnotu barvy analyzovaných vzorků (1 – první stupeň pražení, 2 – druhý stupeň pražení, 3 – třetí stupeň pražení)

Vzorek	Dr. Lange (bez jednotky)	Colorette (Pt)	Světelnost (L*)
A1	27,4 ± 0,1	164 ± 1	44,43 ± 0,08
A2	10,5 ± 0,1	81 ± 2	39,74 ± 0,13
A3	5,1 ± 0,1	49 ± 1	37,94 ± 0,08
B1	27,0 ± 0,1	159 ± 1	44,15 ± 0,08
B2	14,3 ± 0,0	103 ± 3	41,01 ± 0,15
B3	5,5 ± 0,1	53 ± 1	38,13 ± 0,08
C1	24,1 ± 0,1	149 ± 2	43,60 ± 0,13
C2	11,3 ± 0,1	87 ± 1	40,06 ± 0,08
C3	4,1 ± 0,1	43 ± 1	37,56 ± 0,08
D1	25,2 ± 0,0	151 ± 1	43,73 ± 0,08
D2	8,4 ± 0,1	73 ± 1	39,27 ± 0,08
D3	4,8 ± 0,1	47 ± 1	37,83 ± 0,08
E1	22,1 ± 0,0	140 ± 1	43,07 ± 0,08
E2	9,2 ± 0,1	76 ± 1	39,46 ± 0,08
E3	5,2 ± 0,1	52 ± 1	38,11 ± 0,08
F1	23,5 ± 0,1	146 ± 2	43,43 ± 0,13
F2	9,0 ± 0,1	76 ± 1	39,47 ± 0,08
F3	5,9 ± 0,1	55 ± 1	38,25 ± 0,08
G1	28,1 ± 0,1	163 ± 1	44,37 ± 0,08
G2	14,2 ± 0,1	101 ± 1	40,89 ± 0,08
G3	4,8 ± 0,1	47 ± 1	37,83 ± 0,08
H1	28,8 ± 0,1	171 ± 1	44,85 ± 0,08
H2	11,2 ± 0,1	82 ± 1	39,82 ± 0,08
H3	4,6 ± 0,1	45 ± 1	37,68 ± 0,08
I1	19,2 ± 0,1	126 ± 1	42,31 ± 0,08
I2	9,4 ± 0,0	77 ± 1	39,53 ± 0,08
I3	5,1 ± 0,1	50 ± 1	38,00 ± 0,08
J1	14,2 ± 0,1	101 ± 2	40,87 ± 0,13
J2	9,8 ± 0,0	77 ± 1	39,49 ± 0,08
J3	5,7 ± 0,1	54 ± 1	38,19 ± 0,08

PŘÍLOHA IV

Tabulka 1: Senzorické hodnocení testovaných vzorků

Stupeň pražení	Vzorek	suché aroma	aroma krusty	aroma krusty po rozbití	čistota šálku	sladkost	kyselost	intenzita kyselosti	plnost	intenzita plnosti	chut'	dochut'	vyváženost chuti	celkové hodnocení
1	A1	2,6	1,9	1,5	7,7	1,5	7,0	2,6	4,3	1,1	7,1	4,7	6,7	7,1
2	A2	0,9	0,1	-0,6	6,9	0,2	2,7	1,2	5,7	2,1	5,0	6,1	4,9	4,8
3	A3	0,1	-0,8	-1,6	6,7	0,3	0,7	1,1	6,9	2,1	3,9	6,1	3,7	3,7
1	B1	1,8	1,2	2,0	7,7	1,8	7,1	2,0	3,1	1,4	7,1	4,2	6,8	7,3
2	B2	1,9	1,8	1,8	7,5	1,7	6,1	1,9	5,4	2,1	6,7	6,1	6,7	6,9
3	B3	-1,6	-1,4	-1,2	6,8	0,8	2,2	1,9	5,9	2,1	3,7	6,2	4,1	3,7
1	C1	1,6	1,5	1,4	6,9	1,5	5,5	1,7	4,8	1,7	6,6	5,9	6,1	6,4
2	C2	1,5	-0,1	0,4	6,5	1,1	4,1	2,0	5,7	1,6	5,1	6,7	5,3	5,1
3	C3	-1,7	-2,2	-2,7	6,4	0,1	0,7	1,4	6,1	2,3	2,6	6,9	2,8	2,7
1	D1	1,9	0,6	0,5	7,1	2,1	6,3	1,2	3,3	1,3	6,4	2,7	6,5	6,7
2	D2	0,9	-0,3	-0,5	6,1	0,0	0,2	1,1	5,9	1,8	2,1	6,1	3,1	2,6
3	D3	-1,3	-1,7	-0,7	5,6	0,0	0,0	1,0	6,5	2,5	1,7	6,4	1,8	1,7
1	E1	2,0	1,4	1,8	7,4	1,6	6,3	2,2	3,9	1,6	6,7	6,2	6,3	6,7
2	E2	0,3	0,3	1,0	6,4	0,6	4,5	1,7	5,8	2,1	5,1	6,3	5,4	5,3
3	E3	-2,1	-1,4	-1,8	6,6	0,5	1,1	1,5	6,2	2,4	2,5	5,5	3,4	3,3
1	F1	2,5	1,5	2,3	7,6	2,2	6,5	1,4	4,5	1,5	6,5	4,6	6,8	6,9
2	F2	1,8	1,4	0,5	6,9	0,4	3,9	1,3	5,7	1,7	4,8	6,3	5,7	5,3
3	F3	0,9	0,1	0,1	6,4	0,1	1,0	1,1	6,9	2,1	5,2	6,6	3,7	3,8
1	G1	1,5	0,7	0,1	7,2	1,3	3,1	1,0	2,5	1,1	3,7	2,8	3,8	3,8
2	G2	0,5	-0,6	-0,5	6,2	0,1	0,7	1,0	5,9	2,1	2,1	4,9	1,9	1,9
3	G3	-1,7	-2,5	-2,7	5,5	0,0	0,2	1,0	7,7	2,7	0,7	6,4	0,8	0,7
1	H1	1,5	0,7	0,3	7,2	1,0	4,5	1,1	3,1	1,2	4,6	2,6	4,2	4,4
2	H2	0,5	-0,7	-1,1	6,7	0,0	2,1	1,2	4,5	1,3	2,1	5,4	3,3	2,7
3	H3	-0,9	-2,9	-2,9	5,7	0,0	1,5	1,0	6,7	1,2	0,9	5,9	1,4	1,2
1	I1	1,6	0,6	0,3	6,9	3,5	4,7	1,6	3,3	1,3	6,5	3,9	5,1	5,1
2	I2	0,9	0,4	-0,7	6,3	1,3	1,9	1,3	4,7	1,3	4,3	4,8	4,1	4,1
3	I3	0,1	-0,7	-1,4	6,2	1,2	1,3	1,1	6,1	2,3	3,6	5,6	2,3	2,6
1	J1	1,5	0,7	0,3	7,2	1,0	4,5	1,1	3,1	1,2	4,6	2,6	4,2	4,4
2	J2	0,5	-0,7	-1,1	6,7	0,0	2,1	1,2	4,5	1,3	2,1	5,4	3,3	2,7
3	J3	-0,9	-2,9	-2,9	5,7	0,0	1,5	1,0	6,7	1,2	0,9	5,9	1,4	1,2