

UNIVERZITA PARDUBICE

Fakulta chemicko-technologická

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2021

Monika Pulchartová

Univerzita Pardubice  
Fakulta chemicko-technologická

Barevnost a antioxidační charakteristika kávy připravené za studena  
Bakalářská práce

2021

Monika Pulchartová

Univerzita Pardubice  
Fakulta chemicko-technologická  
Akademický rok: 2020/2021

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Monika Pulchartová**  
Osobní číslo: **C18103**  
Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**  
Studijní obor: **Hodnocení a analýza potravin**  
Téma práce: **Barevnost a antioxidační charakteristika kávy připravené za studena**  
Zadávající katedra: **Katedra analytické chemie**

### Zásady pro vypracování

1. Zpracovat teoretickou rešerši o chemických vlastnostech kávových nápojů, resp. kávových bobů. Popište jednotlivé technologické postupy při přípravě kávy. Použijte dostupné databáze odborných a recenzovaných periodik (knih). Popište také základní principy chemických a fyzikálních metod použitých během experimentu.
2. V experimentální části porovnejte barvu a antioxidační vlastnosti kávových nápojů připravených za studena.
3. Porovnejte výsledky a diskutujte s dostupnou odbornou literaturou.

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

Seznam doporučené literatury:

Podle pokynů vedoucího práce.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Libor Červenka, Ph.D.**  
Katedra analytické chemie

Datum zadání bakalářské práce: **5. února 2021**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **2. července 2021**

L.S.

---

**prof. Ing. Petr Kalenda, CSc.**  
děkan

---

**prof. Ing. Karel Ventura, CSc.**  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 20. února 2021

Prohlašuji:

Práci s názvem Barevnost a antioxidační charakteristika kávy připravené za studena jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

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

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

V Pardubicích dne 2. 7. 2021

---

Monika Pulchartová

## **PODĚKOVÁNÍ**

Ráda bych poděkovala panu doc. Ing. Liborovi Červenkovi, Ph.D. za jeho cenné rady, které mi ukazovali směr psaní mé bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat rodině za psychickou i finanční podporu. Další můj dík patří rodinnému podniku Volkafe Trutnov s. r. o., jehož členové mi poskytli vzorky na můj výzkum.

## **ANOTACE**

Bakalářská práce shrnuje obecné informace o zpracování kávy, o jejím chemickém složení a o přípravě nápojů z kávových zrn. Zaměřuje se na měření antioxidační aktivity a barevnosti kávy, která byla připravena pomocí studené vody. Každý vzorek byl připraven dvěma způsoby. Poprvé byly pomletá kávová zrna macerována ve studené vodě po dobu 24 hodin (5°C). Podruhé byla pomletá káva přefiltrována pomocí studené vody a filtru V60. Kávový nápoj připravený macerací měl vyšší antioxidační aktivitu, byl tmavší, výrazně červenější a žlutější.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Káva, macerace za studena, barevnost, antioxidační aktivita

## **TITLE**

Color and antioxidant characteristics of coffee prepared cold

## **ANNOTATION**

The bachelor's thesis summarizes general information about coffee processing, its chemical composition and the preparation of beverages from coffee beans. It focuses on measuring antioxidant activity and color of coffee, which was prepared using cold water. Each sample was prepared in two ways. For the first time, ground coffee beans macerated in distilled water for 24 hours (5°C). For the second time, the ground coffee was filtered using cold water and a V60 filter. Coffee brew prepared by cold maceration exhibited higher antioxidant activity, darker and more red and yellow in color.

## **KEYWORDS**

Coffee, cold maceration, color, antioxidant activity

## OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK .....	10
SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK .....	11
ÚVOD .....	12
1. Teoretická část .....	13
1.1 Kde se káva pěstuje.....	13
1.2 Sběr kávových třešní.....	15
1.3 Zpracování kávových třešní.....	15
1.4 Složení zelené kávy .....	16
1.5 Pražení kávových zrn.....	17
1.6 Složení upražené kávy .....	18
1.6.1 Niacin a trigonelline.....	19
1.6.2 Alkaloidy .....	19
1.6.2.1 Kofein .....	20
1.6.3 Dusíkaté látky .....	22
1.6.4 Bílkoviny .....	22
1.6.5 Minerály.....	23
1.6.6 Lipidy.....	24
1.6.7 Antioxidanty .....	25
1.6.7.1 Měření antioxidantů metodou DPPH.....	26
1.6.8 Sacharidy .....	27
1.6.9 Aromatické sloučeniny .....	27
1.7 Mletí.....	29
1.8 Balení kávy .....	30
1.9 Příprava kávy .....	31
1.9.1 Přípravy teplé kávy .....	32
1.9.2 Přípravy studené kávy.....	34
1.10 Kávový lógr .....	36
1.11 Cupping.....	36
1.12 Instantní káva.....	37
1.13 Bezkofeinová káva.....	38
1.14 Kávoviny.....	38
1.15 Měření barevnosti .....	39



1.16 Spetrofotometrie .....	41
2. Praktická část .....	42
2.1 Měření antioxidační aktivity .....	42
2.1.1 Použité přístroje .....	42
2.1.2 Použité chemikálie .....	42
2.1.3 Vzorky .....	42
2.1.4 Pracovní postup.....	43
2.2 Měření barevnosti kávy .....	45
2.2.1 Postup práce .....	45
2.2 Výsledky a diskuze .....	47
2.2.1 Antioxidační aktivita.....	47
2.2.3 Barevnost kávy .....	47
ZÁVĚR .....	49
POUŽITÁ LITERATURA .....	50

## SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Tabulka 1: Exportní měsíční statistika (září 2019 i 2020, říjen/září–2018/19 i 2019/2020) <sup>[2]</sup>	13
Obrázek 1: Struktura zrna .....	14
Tabulka 2: Složení zelených zrn arabiky a robusty <sup>[6]</sup> .....	16
Tabulka 3: chemické látky v pražené kávě <sup>[1]</sup> .....	18
Obrázek 2: Chemická struktura kofeinu <sup>[10]</sup> .....	20
Tabulka 4: Obsah kofeinu v nápojích <sup>[1]</sup> .....	21
Obrázek 3: Koncentrace Ca (a), Mg (b), Mn (c), a Cr (d) v kávě připravené různými metodami <sup>[15]</sup> .....	24
Obrázek 4: Chemická struktura charakteristických diterpenů v kávě: (a) cafestol; (b) kahweol <sup>[5]</sup> .....	24
Obrázek 5: Hvězdicový diagram pro určení vůně <sup>[6]</sup> .....	29
Obrázek 6: Způsoby mletí kávy .....	30
Tabulka 5: druhy espressa <sup>[1]</sup> .....	34
Obrázek 7: Ukázka možných vůní a chutí kávy <sup>[4]</sup> .....	37
Obrázek 8: Sielab color space .....	41
Obrázek 9: Sáček na uchování mleté kávy s jednocestným vzduchovým ventilem .....	43
Obrázek 10: Ukázka přípravy překapávaného vzorku .....	44
Tabulka 6: Antioxidační aktivita vzorků výluhů mletých kávových zrn připravených za studena pomocí metody DPPH radikálem .....	45
Tabulka 7: Barevnost vzorků připravených za studena a měřeno pomocí přístroje HunterLab ColorQuest XE .....	46

## **SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK**

Ala –alanin

Arg – arginin

Asp – kyselina asparagová

CIE/CIELAB - Internationale de l'E' clairage – barevný systém, kde je barva definována pomocí os L, a, b

Cys – cystein

DPPH – 2,2–difenyl–1–pikrylhydrazyl

DPPH-H – 2,2–difenyl–1–pikrylhydrazin

Glu –kyselina glutamová

His – histidin

I<sub>50</sub> - inhibiční koncentrace

J Sci Food Agric – The Journal of the Science of Food and Agriculture

Leu – leucin

Lys – lysin

Met –methionin

NAD – nikotinadenindinukleotid

NADP – nikotinadenindinukleotidfosfát

NMR – jaderná magnetická rezonance

Ser – serine

Thr –threonin

USA – Spojené státy Americké

## ÚVOD

Káva je všeobecně známý nápoj po celém světě. Je to významná expediční komodita mnoha zemí. Lidé si ji oblíbili pro její chuť i vůni. Proslavila se především díky svým povzbuzujícím účinkům na organismus. Mnoho studií prokazuje její pozitivní i negativní dopady na naše tělo. Přestože jsou k dispozici moderní techniky světa, některé látky v kávě jsou stále tajemstvím. Její cesta z kávového keře až do našich šálků je velice zajímavá.

V této bakalářské práci budu měřit barevnost a antioxidační aktivitu kávy připravené za studena. Vybrala jsem 4 vzorky, dva světle pražené a dva tmavě pražené vzorky.

Úvod bych uzavřela citátem, spíše básní, kterou napsal anglický básník Alexandra Pope:

*„Dokud šťastný keř kávovníku bude růst,  
dokud jeho zrnka budou pukát a mlýny budou mlít,  
dokud lesk pozlaceného dýmu bude na zrnkách rozkvétat,  
dokud mořský příliv bude čínské břehy omývat,  
dokud káva bude britským nymfám lahodit,  
dokud proudy slasti hlavu skleslou budou ovívat  
a sladká hořkost plamen chuti zjemňovat,  
tak bude její jméno a sláva dlouho žít.“<sup>[1]</sup>*

# 1. Teoretická část

## 1.1 Kde se káva pěstuje

Káva se pěstuje skoro po celém světě, nejčastěji v oblastech kolem rovníku. Pravidelně ji najdeme na předních příčkách obchodovaných komodit, jak ukazuje Tabulka 1.

Tabulka 1: Exportní měsíční statistika (září 2019 i 2020, říjen/září–2018/19 i 2019/20)<sup>[2]</sup>

Monthly export statistics (Members & Non-Members) - September 2020						
In thousand 60kg bags						
	September 2019	September 2020	% change	October - September 2018/19	October - September 2019/20	% change
<b>TOTAL</b>	<b>10 076</b>	<b>10 162</b>	<b>0.9%</b>	<b>133 448</b>	<b>126 898</b>	<b>-4.9%</b>
Arabicas	6 428	6 165	-4.1%	84 072	78 210	-7.0%
Colombian Milds	1 089	953	-12.5%	14 961	13 879	-7.2%
Other Milds	1 952	1 817	-6.9%	27 896	25 148	-9.8%
Brazilian Naturals	3 386	3 394	0.2%	41 216	39 183	-4.9%
Robustas	3 649	3 997	9.6%	49 375	48 688	-1.4%
Angola	1	1	8.7%	18	17	-9.9%
Bolivia (Plurinational State of)	3	3	-9.0%	23	22	-3.9%
Brazil	3 495	3 795	8.6%	42 519	40 434	-4.9%
Burundi	18	15	-14.8%	266	239	-10.5%
Cameroon	17	20	14.6%	227	227	0.0%
Central African Republic	1	0		17	35	105.1%
Colombia	1 009	888	-11.9%	13 502	12 639	-6.4%
Costa Rica	61	131	115.6%	1 092	1 104	1.1%
Côte d'Ivoire	314	152	-51.4%	2 108	1 662	-21.2%
Cuba	0	1		27	14	-47.3%
Democratic Republic of Congo	23	15	-34.7%	197	183	-7.4%
Dominican Republic	2	1	-49.0%	26	23	-13.3%
Ecuador	58	45	-23.0%	485	448	-7.6%
El Salvador	26	11	-58.7%	560	364	-35.0%
Ethiopia	362	300	-17.1%	3 801	3 849	1.3%
Gabon	0	0		0	0	
Ghana	0	1		13	7	-47.7%
Guatemala	215	200	-6.8%	3 607	3 274	-9.2%
Honduras	246	140	-43.2%	6 812	5 508	-19.1%
India	415	400	-3.7%	6 022	5 314	-11.8%
Indonesia	703	740	5.3%	5 530	6 796	22.9%
Jamaica	2	1	-9.4%	9	14	56.8%
Kenya	69	57	-17.1%	843	772	-8.4%
Liberia	0	0		1	1	-9.3%
Madagascar	0	0		1	22	1956.0%
Malawi	1	1	-12.2%	14	15	12.0%
Mexico	145	150	3.6%	2 677	2 892	8.0%
Nepal	0	0		1	1	-52.1%
Nicaragua	128	100	-22.1%	2 794	2 752	-1.5%
Panama	6	7	0.2%	60	48	-19.0%
Papua New Guinea	95	94	-1.2%	864	661	-23.5%
Paraguay	0	0		0	0	
Peru	616	588	-4.5%	4 015	3 631	-9.6%
Philippines	1	1	-21.7%	7	5	-24.3%
Rwanda	36	30	-16.7%	379	278	-26.7%
Sierra Leone	4	3	-31.7%	42	35	-16.2%
Tanzania	33	30	-11.0%	1 073	783	-27.0%
Thailand	17	14	-17.1%	180	209	15.9%
Timor-Leste	14	4	-67.6%	132	46	-65.2%
Togo	0	10		59	40	-31.6%
Uganda	362	506	39.8%	4 454	5 355	20.2%
Venezuela	0	0		53	0	
Viet Nam	1 518	1 650	8.7%	28 283	26 537	-6.2%
Yemen	1	1	-3.2%	21	27	33.3%
Zambia	2	2	-16.4%	31	14	-54.4%
Zimbabwe	0	0		10	3	-71.8%
Others	56	55	-0.1%	594	601	1.2%

**Note:** Group sub-totals take into account the corresponding share of each type of coffee exported by countries that produce and export both Arabica and Robusta in significant volumes. It should be noted that, where applicable, an Arabica/Robusta ratio of 50/50 has been used to convert processed coffee into Green Bean Equivalent (GBE).

A figure of 0 in the table can mean a volume of less than 500 bags, due to rounding.

Full data in Excel format are available to paid subscribers.

**Next update: 1 December 2020**

© International Coffee Organization

Další státy, kde se pěstuje káva, jsou: Latinská a Jižní Amerika, ostrovní státy (Martinik, Kuba, Jamajka atd.), Afrika (Angola, Burundi, Benin, Etiopie, Gabon, Guinea, Keňa, Kamerun, Kongo, Malawi, Libérie, Rwanda, Mosambik, Tanzanie, Togo, Uganda, atd.) Asie (Jemen, Čína, Filipíny, Indie, Indonésie, Srí Lanka, atd.), Austrálie a Oceánie (Austrálie, Havaj, Nová Kaledonie, Papua Nová Guinea, Tahiti).<sup>[2]</sup>

Káva je lahodný nápoj, který se připravuje ze semen rostliny kávovníku. Tato rostlina se řadí do čeledi mořenovitých. Do rodu kávovníku (*coffea*) patří kolem 60 keřů, nebo i 5 až 8 metrů vysokých stromů. Nejčastěji pěstovaný druh je *Coffea arabica*<sup>[3]</sup> (roste v nadmořských výškách 600–2000 m. n. m.). Jako druhý nejčastější kávovník se pěstuje *Coffea canephora* neboli *robusta* (roste ve výškách 200–600 m. n. m.).<sup>[4]</sup> Etiopie se stala centrem genetické diverzity kávovníku arabika. Odtud se kávovník rozšířil do zemí celého světa. Vědečtí pracovníci také zkoušeli křížení obou druhů. Výsledkem se stala *Coffea Arabusta*. Cílem bylo využít vynikající chuťové vlastnosti arabiky a klimatickou odolnost robusty. Tento druh však nenašel široké uplatnění.<sup>[3]</sup>

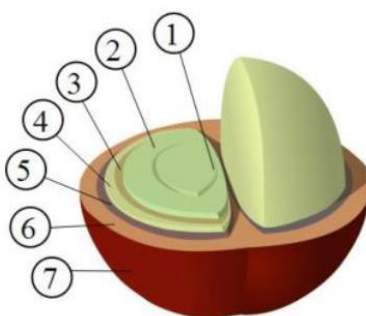
Plody kávovníku připomínají třešně. Uvnitř třešní se nachází dvě zelená semena, která se po dozrání plodu dále zpracovávají. Výslednou chuť nápoje ovlivňuje mnoho věcí – nadmořská výška, druh kávovníku, složení půdy, způsob zpracování i metoda přípravy nápoje.<sup>[1]</sup>

Plod se skládá z několika částí, které jsou přehledně ukázány na Obrázku 1. Na povrchu je hrubá vrstva, která se nazývá exokarp. Pod ní se nachází vlhká, gelovitá část, nazývaná mezokarp. Z mezokarpu je možné vyrobit sladký kávový likér sakka – z dužiny se připraví kvas na výrobu likéru. Vnitřní obal kávových zrn je označován jako pergamen. Kávová zrna jsou pokryta tenkou stříbrnou blankou. Všechny obaly kávových zrn se mohou použít jako příměs do krmiva, nebo na hnojení půdy.

*Obrázek 1: Struktura zrna*

## Plod kávy

1. Centrum - řez
2. Semínko
3. Stříbrná vrstva
4. Pergamen (tenká kožovitá vrstva)
5. Obal semínka
6. Dužina
7. Exocarp (venkovní vrstva)



Zdroj: Coffee Bean Structure. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2007 [cit. 2020–12–09]. Dostupné z: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Coffee\\_Bean\\_Structure.svg?uselang=cs](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Coffee_Bean_Structure.svg?uselang=cs)

### 1.2 Sběr kávových třešní

Doba sklizně se určuje podle podnebí a podle druhu kávovníku. V oblastech kolem rovníku se káva sklízí celoročně. První sběrači začnou v nižších nadmořských výškách a poté postupují do těch vyšších nadmořských výšek (do 2000 m. n. m.). Ručně sbíraná káva je kvalitnější a dražší. Sběrači poznají, které zrno mají utrhnout, a které se naopak pro sběr ještě nehodí. Nahnilé plody ze země i z větví se musí sebrat a zlikvidovat, aby nebyly napadeny škůdci. <sup>[4]</sup>

V Brazílii se velice často používá metoda zvaná stripping. Sběrači strhnou všechny plody směrem od kmene ke špičce, plody tak padají do předem připravených košů. Následně se plody přebírají a třídí, aby se odstranili zelené či nahnilé plody. <sup>[5]</sup>

Kávové třešně lze sbírat i pomocí strojů, avšak je to možné pouze v nižších nadmořských výškách s rovnou půdou.

### 1.3 Zpracování kávových třešní

Zpracování třešní se provádí několika způsoby. Suchá metoda, mokrá nebo polosuchá. Při zpracování suchou metodou se zrna rozprostřou rovnoměrně na zemi, aby k nim mohly sluneční paprsky i vzduch. Proti vlhkosti se chrání plachtou. Zrnka se často prohrabávají, aby se usušila rovnoměrně. Nakonec je loupací stroj zbaví slupky. Poté se zrna roztřídí podle velikosti. Po odležení (2 měsíce) se rozešlou do celého světa. Mokré zpracování spočívá v promývání vodou, kdy těžké zralé třešně klesnou ke dnu a nečistoty a suché plody plavou na hladině. Poté se odstraní vrchní slupka a část dužiny. Zrna putují do kvasných kádí, kde se nechají fermentovat po dobu až 36 hodin. Po fermentaci se zrna vysuší na slunci nebo v sušičkách. Zrna je nutné míchat, aby byla sušena rovnoměrně. Polosuchá metoda využívá

vodního třídění zralých a špatných plodů. Poté zrna zbaví vnější slupky a části dužiny. Zrna se nechají uschnout a poté se zbaví pergamenové slupky. <sup>[4]</sup>

## 1.4 Složení zelené kávy

Největší část zelených zrn tvoří uhlohydráty a polymery. Zbytek se skládá z nízkomolekulárních sloučenin – lipidů, cukrů, vody i kyselin. Složení závisí na druhu kávovníku, na místě, kde roste, na manipulaci se zrny a na metodě zpracování kávových zrn. Přehled všech látek v zrnu ukazuje Tabulka 2.

Tabulka 2: Složení zelených zrn arabiky a robusty <sup>[6]</sup>

Složky	Druh [% hmotnosti sušiny]	
	Robusta	Arabika
Lipidy	11,5 (9–13)	16 (15–18)
Popel	5,0 (4,5–5,3)	4,7 (4,2 – 5,2)
Kofein	2,3 (1,8–2,8)	1,3 (1,2–1,5)
Chlorgenové kyseliny	10,5 (9–11)	9 (8–10)
Jiné kyseliny	3,0 (2,7 – 3,3)	3,5 (3,2–3,8)
Trigonelin	1,0 (0,7–1,2)	1,3 (1,1–1,5)
Protein	12 (11–14)	11 (10–13)
Volné aminokyseliny	0,2	0,2
Sacharóza	4 (2–5)	7 (5–8,5)
Jiné cukry	0,5 (0,2–1,0)	0,5 (0,1–0,8)
Polymerní:		
Sacharidy	–	–
Mannan	22	22
Arabinogalaktan	17	14
Celulóza	8	8
Jiná		
Jiné složky	2,0	2,0



\*Robusta obvykle má nižší hladinu lipidů, trigonelinu, sacharózy a kyseliny fytové. Naopak má robusta vyšší obsah kofeinu, chlorgenových kyselin (hlavně kyseliny 5–caffeolquinové) a arabinogalaktanu, než arabika.

## 1.5 Pražení kávových zrn

Zelená zrna jsou vystavena vysokým teplotám a prochází chemickými i fyzikálními změnami. Každé zrno má specifickou teplotu i délku pražení. Teplota může být pozměněna i během pražení. Pražič odebírá vzorky během pražení a z každého si připraví nápoj, tu nejlepší variantu si poté vybere a praží ji i nadále. Cílem je najít správný čas i teplotu, aby konečná chuť kávy byla ideální. Praží se do několika stupňů. Světlým pražením získáme kyselější a ovocnější kávy, tmavé pražení způsobí, že káva je více olejnatá a hořká. <sup>[5]</sup>

Nejprve zelená káva ztratí vodu (asi 12 % zelených fazolí), poté následuje dehydratační, fragmentační, rekombinační i depolymerizační reakce. Většina reakcí je přiřazeno typu Maillardových reakcí. Jsou to reakce neenzymatického hnědnutí potravin. Například reakce mezi redukcujícími cukry a bílkovinami, přeměna škrobu na jednoduché monosacharidy, které z části zkaramelizují. <sup>[1]</sup> Zároveň tyto reakce vedou k tvorbě molekul s nižší molekulovou hmotností (voda, oxid uhličitý) a také k tvorbě látek, které jsou spojeny s chutí a s vůní kávy. Dochází i ke vzniku hnědého zbarvení kávových zrn, za které jsou zodpovědné melanoidy. <sup>[7]</sup> Lipidy existují v oleosomech v endospermu zeleného zrna, během pražení jsou oleosomy narušeny a lipidy migrují na povrch zrna. Čím tmavší pražení kávových zrn, tím více oleje na povrchu zrna najdeme. <sup>[8]</sup>

Během pražení vznikají aromatické těkavé látky, polymerní hnědé pigmenty a další. Za charakteristickou hořkou chuť kávy odpovídá vznikající karamel, kofein, melanoidy a několik aromatických složek. Mohou vzniknout i nežádoucí látky, např. akrylamid, potenciální karcinogen.

Kromě barevných variací pražení se mohou měnit i různé parametry jako je množství kávy v pražičce, čas, teplota a rychlost cirkulace horkého vzduchu. Rychlost ztmavnutí fazole ovlivní mnoho fyzikálně-chemických parametrů a tím i chuť nápoje. Káva pražená při vyšších teplotách a při kratší době vykazuje vyšší kyselost, vyšší obsah rozpustných pevných látek a jiný profil těkavých látek než káva pražená delší dobu při nižší teplotě. <sup>[5]</sup>

Čerstvě upraženou kávu není možno použít, musí se nechat odpočinout. Je žádoucí, aby proběhl proces odplynění a zároveň pokračující vývoj aroma kávy. Malé pražírny ji nechávají

odpočinout v barelech, velké pražírny na to mají speciální síla. Káva může být hned zabalena, pokud ji čeká dlouhá cesta na místo určení. Odplynění je nezbytné, jelikož čerstvě upražená zrna mohou produkovat krému, která obsahuje velký podíl oxidu uhličitého, a má houbovitý vzhled a malou trvanlivost.

## 1.6 Složení upražené kávy

V kávě se nachází mnoho látek, některé ještě nejsou specifikované. Obsah stanovených látek v kávě udává Tabulka 3.

Tabulka 3: chemické látky v pražené kávě<sup>[1]</sup>

Přítomná látka	<i>Coffea arabica</i> [%]	<i>Coffea robusta</i> [%]	Sloučeniny
Rozpustné sacharidy	9,0–12,5	6,0–11,5	Glukóza, arabinóza, galaktóza, sacharóza
Nerozpustné sacharidy	46,0–53,0	34,0–44,0	Polymery manózy, galaktózy, arabinózy; celuloza a hemiceluloza
Kyseliny a fenoly	8,8–12,4	8,4–14,4	
Těkavé kyseliny	0,1	0,1	Kyselina propionová, máslová, valerová, octová
Netěkavé kyseliny	2,0–2,9	1,2–2,2	Kyselina citrónová, malonová, chinová, kávová
Chlorgenové kyseliny	6,7–9,4	7,1–12,0	
Lipidové sloučeniny	15,0–18	8,0–12,0	Kafestol, kahweol
Vosky	0,2–0,3	0,2–0,3	
Oleje	7,6–19,8	7,6–17,8	Převážně estery

			kyseliny palmitové a linolové
Dusíkaté sloučeniny	11,0–15,0	11,0–15	
Volné aminokyseliny	0,2–0,8	0,1–0,8	Kyselina glutamová, asparagová, asparagin
Bílkoviny	8,5–12,0	8,4–12,0	
Kofein	0,8–1,4	1,3–4,0	
Trigonelin	0,6–1,2	0,3–0,9	
Minerální látky	3,0–5,4	3,0–5,4	Draslík, vápník, fosfor, železo, hořčík

### 1.6.1 Niacin a trigonelline

Trigonelline patří do skupiny alkaloidů. Nachází se v mnoha rostlinách, například v kávě. Trigonelin dokáže snížit obsah kofeinu v krvi. <sup>[9]</sup> Degradací trigonelinu vzniká kyselina nikotinová, jinak nazývaná niacin. <sup>[6]</sup> Niacin patří do skupiny B vitamínů, je znám jako vitamín B3. Je rozpustný ve vodě a vzniká během pražení kávových zrn kolem 230 °C. <sup>[1]</sup> 4–5 šálků denně pokryje dospělému člověku denní potřebu vitamínu B3. Pití kávy nás tedy může ochránit před pelagrou.<sup>[9]</sup> Niacin můžeme najít v koenzymech NAD (nikotinadenindinukleotid) a NADP (nikotinadenindinukleotidfosfát). Tyto látky jsou důležité pro metabolismus tuků, sacharidů i cholesterolu. Pomáhají ke snížení množství cholesterolu v krvi, při správné srdeční činnosti. Jsou důležité i při tvorbě energie. Tento vitamín najdeme mimo jiné i v játrech, tuňáku a luštěninách. Tento vitamín působí proti předčasnému stárnutí a má vliv na pokožku. Pokud nám tento vitamín chybí, způsobuje to průjmy, anemické stavy a v krajních případech i demenci. <sup>[1]</sup>

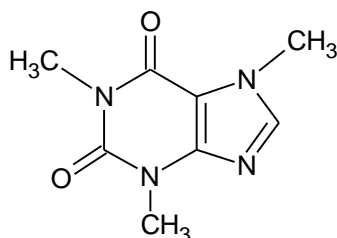
### 1.6.2 Alkaloidy

Alkaloidy nalezneme většinou v rostlinách. Řadí se mezi dusíkaté a zásadité látky, které vznikají přeměnou aminokyselin. Nejznámější zástupce je kofein. <sup>[7]</sup> Další zástupci, které najdeme v kávě: theobromin, theofylin, trigonellin. Posledně zmíněný, nebo jinak nazývaný methyl-betain je biologicky odvozený z enzymatické methylace kyseliny nikotinové.

Trigonellin přispívá k hořkosti kávy a je předzvěstí různých těkavých látek, vznikajících během pražení. Některé těkavé látky odvozené od trigonellinu mohou mít nepříjemnou příchuť. [5]

### 1.6.2.1 Kofein

Obrázek 2: Chemická struktura kofeinu [10]



Kofein je purinový alkaloid, viz Obrázek 2. Jeho koncentrace v kávových zrnech závisí na hnojení dusíkem použitým při kultivaci, jakož i na koncentraci dusíkatého floému. Za přirozených podmínek, kdy je dusík snadno dostupný (konvenční zemědělství), rostliny primárně vytvářejí sloučeniny s vysokou koncentrací dusíku (proteiny; aminokyseliny pro růst; a sekundární metabolity obsahující N, jako jsou alkaloidy). V důsledku toho, produkuje rostlina zrna s vysokým obsahem kofeinu. [11] Tato hořká, bílá krystalická látka stimuluje nervovou a kardiovaskulární soustavu. [10] Část kofeinu je přítomna jako volná krystalická báze, část je v buněčné stěně, kde může být vázána jako komplex s chlorogenáty draslíku (ovšem tento komplex může vznikat až během extrakce. Kofein je tepelně stabilní, malá část je ztracena během pražení. Okolo 85 % kofeinu přejde do kávy při domácím vaření. Při průmyslové extrakci je to 100 %. [6]

Pomáhá zlepšit paměť a zvyšuje pozornost i soustředěnost člověka, který má po kávě objektivnější a bystřejší úsudky. [1] Zvyšuje i fyzickou výkonost, ale ne tolik, aby byl zařazen do seznamu pro dopingové prostředky. [6] Nalezneme ho v seznamu tolerovaných návykových látek. Vědecké studie prokázali, že si člověk může na kofeinu vypěstovat psychickou závislost. Optimální denní dávka je 200–400 mg, což odpovídá 4 šálkům espressa. Při prvním požití kávy vzroste tlak a teprve po několika dnech se vrací do normálu. Postupem času si každý jedinec zvýší toleranci na kávu potažmo na kofein. Zdravý člověk by s kávou neměl mít žádný problém. Ovšem těhotné a kojící ženy, by měli pít kávu prokonzultovat s lékařem. Lidé, kteří trpí nemocemi typu – vyšší krevní tlak, kardiovaskulární choroby, nemoci žlučníku a slinivky břišní), by měli pít minimum kávy. Kofein nám může pomoci při některých typech migrén, kdy pomůže zúžení cév. Ovšem vysoké dávky mohou bolest hlavy sami vyvolat. [1] Předpokládá se, že vysoká spotřeba kávy vede k odbourávání zásobních tuků a glykogenu. Rovněž vede k vyvolání stresového stavu. [9]

Průzkumníci prokázali, že pití kávy snižuje pravděpodobnost Parkinsonovy choroby. Káva může snížit riziko nemocí diabetes 2. typu a Alzheimerovy chorob. Kofein má na naše tělo močopudné účinky, takže je důležité doplňovat ostatní tekutiny a minerály, zvláště to platí pro ženy v menopauze, a pro starší lidi. <sup>[5]</sup> Obsah kofeinu v nápojích ukazuje Tabulka 4.

Tabulka 4: Obsah kofeinu v nápojích <sup>[1]</sup>

Název výrobku	Obsah kofeinu v nápoji [mg]
Překapávaná káva	115–175
Klasické espresso (7 g)	100,0
Turecká káva zalévaná	80,0–135,0
Instantní káva rozpustná	60,0–100,0
Dekofeinovaná turecká káva, zalévaná	0,1–0,4
Dekofeinovaná káva instantní káva	0,2–0,3
Obyčejná káva (zalévaná)	120–150
espresso	75,0
Káva s mlékem	70,0
Cappuccino	70,0
Ledový čajový nápoj	70,0
Pravý čaj, čerstvě vyluhovaný	60,0–70,0
Nápoj Coca Cola	45,6
Nápoj Cola light s umělým sladidlem	44,0–45,6
Nápoj Dr. Pepper	39,6
Nápoj Pepsi Cola	37,2
Nápoj pepsi cola light	35,4
Sycený nealkoholický nápoj „NESPI“ (kofein, voda. oxid uhličitý)	36,0
Kakao	6,0

### 1.6.3 Dusíkaté látky

Tyto látky můžeme najít i v aroma kávy, kde společně s mnoha dalšími látkami tvoří komplexní vjem – vůni kávy. <sup>[12]</sup> Vyskytují se v ní ve formě aminokyselin, peptidů, proteinů, purinových bází i nukleových kyselin. Odhadovaný součet volných a vázaných aminokyselin se určí podle Kjeldahlovy metody, která je založená na obsahu celkového dusíku. Hodnota se pohybuje kolem 8,7–12,2 % ze sušiny. Aminokyseliny jsou tepelně nestabilní a po pražení zůstanou v kávě pouze stopové důkazy. <sup>[6]</sup>

Aminokyseliny podléhají Maillardovým reakcím s redukujícími cukry, uvolňují těžké složky a tvoří melanoidy. Tyto látky in vitro prokázali antioxidační ochranné účinky na lipidy a lidské lymfocyty. Melanoidiny jsou považovány za důležité při prevenci oxidačního poškození a nemocí souvisejících s volnými radikály. Bylo prokázáno, že tyto látky mohou zachytit různé reaktivní formy kyslíku. Některé výzkumy se zabývaly studiem antimikrobiálních účinků melanoidinů, ukázalo se, že potraviny, které byly tmavěji zbarvené, vykazovaly vyšší antimikrobiální aktivitu. <sup>[13]</sup>

Několik purinů bylo izolováno ze surového zrna, mezi nimi pouze kofein ve větším zastoupení. Dále zde můžeme najít stopy betainu i cholinu. V robustě je zastoupeno více purinových bází než v arabice. Mezi purinové báze řadíme kofein, theobromin, theofyline, adenin, guanin a hypoxantin. V surových fazolích byly dále identifikované stopy diaminů, putrescinu, sperminu a spermidinu, tyto látky se snadno rozkládají během pražení. <sup>[6]</sup>

### 1.6.4 Bílkoviny

Bílkoviny i volné aminokyseliny jsou zastoupeny v zelené kávě asi o 30 % více než v kávě pražené. <sup>[9]</sup> Obsah bílkovin je vyšší v robustě než v arabice. <sup>[7]</sup> Bílkoviny v kávě se řadí mezi zásobní bílkoviny a obsahují podobný počet rozpustných i nerozpustných frakcí ve vodě. Zástupci ve vodě rozpustných bílkovin jsou globuliny a albuminy. Bílkoviny se fragmentují a vznikají melanoidy, které vznikají při reakcích neenzymatického hnědnutí. Melanoidy můžeme označit za složité komplexy hnědých barev. Změny bílkovin během pražení zvyšují senzoryckou hodnotu kávy. <sup>[9]</sup>

Jako volné aminokyseliny se v kávě vyskytují kyselina glutamová, prolín, alanin, asparagin a kyselina asparagová. Po procesu pražení najdeme v kávě malé množství aminokyselin. Reaktivní kyseliny (Lys, Ser, Thr, Arg, Asp, Cys, His a Met) mizí rychleji než tepelně stabilní aminokyseliny (Ala, Glu, Leu). Proběhne izomerizace části L – aminokyselin na D – aminokyseliny. <sup>[9]</sup>

### 1.6.5 Minerály

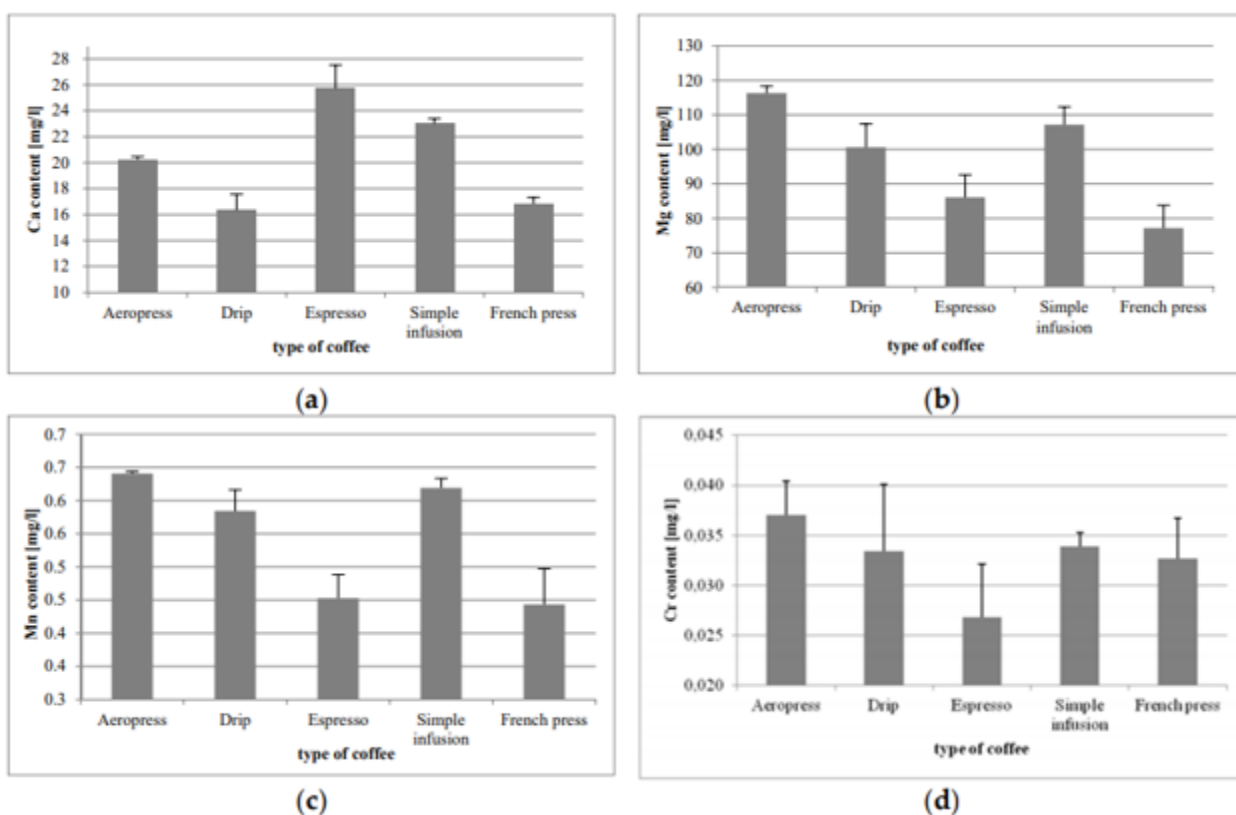
Pražená káva je zdrojem minerálních látek. Nejvíce se v kávě vyskytuje draslík, hořčík, vápník, mangan i chrom. Můžeme zde najít i anionty fosforečnany a sírany. <sup>[9]</sup> Bylo prokázáno, že způsob vaření kávy a druh vzorku ovlivní i její minerální složení. Nejvyšší zastoupení fluoridů je v zelené kávě, to může naznačovat, že během pražení dochází k tvorbě málo rozpustných fluoridových sloučenin, které mají malou schopnost přecházet do roztoku. Výzkumy prokázaly, že káva bez kofeinu nemá žádný vliv na metabolismus fluoridů. <sup>[14]</sup>

Obsah minerálů závisí i na přípravě kávy. Nejvyšší koncentraci vápníku můžeme najít v šálku espressa, nejnižší naopak v překapávané kávě. Nejvyšší koncentrace manganu, chromu, draslíku, fosforu a hořčíku byla nalezena v kávě vařené pomocí aeropressu. Nejnižší koncentrace hořčíku a manganu nalezneme v kávě vařené pomocí french pressu. Nejméně chromu obsahovala káva vařená v kávovaru – espresso. V espresso bylo také nalezeno nejvyšší množství zinku (0,235 mg/l), mědi (0,085 mg/l). Káva, která je bohatá na sodík a kobalt, byla připravena jednoduchou infuzí. Nejvíce železa najdeme v kávě připravené ve french pressu. V překapávané kávě můžeme najít nejvyšší hladinu křemíku (3,44 mg/l).

Předmětem výzkumu byly i toxické prvky, jako například nikl, stroncium a hliník. Hliník a nikl byly nalezeny v nejvyšší koncentraci v překapávané kávě. Naopak espresso obsahovalo vysokou hladinu stroncia.

Tyto výsledky se vztahují ke vzorkům kávy, 100% arabiky z prodejny ve Štětíně v Polsku. Na Obrázku 3 jsou znázorněny výsledky studie v podobě grafů. <sup>[15]</sup>

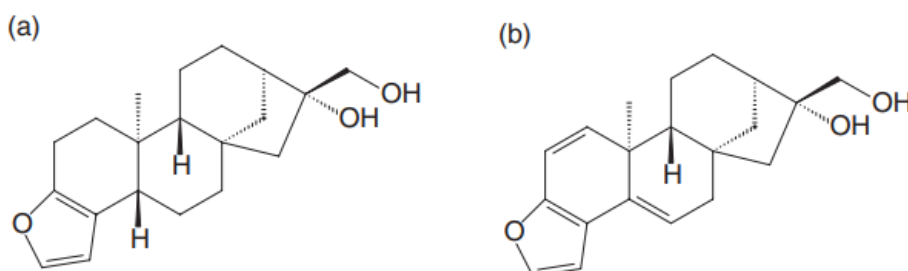
Obrázek 3: Koncentrace Ca (a), Mg (b), Mn (c), a Cr (d) v kávě připravené různými metodami <sup>[15]</sup>



### 1.6.6 Lipidy

Lipidy obsahují 15–18 % z pražených fazolí. Obsah látek, které nejdou zmýdelnit je relativně vysoký, jejich hlavní složkou je cafestol, který představuje asi 0,2-0,6 % hmotnosti kávy. <sup>[5]</sup> Cafestol zvyšuje hladinu cholesterolu, je extrahován horkou vodou a jeho obsah v kávě závisí na kávových zrnech a na metodě přípravy kávy. Nejvyšší hladina byla nalezena ve vařených kávách a nejnižší naopak ve filtrovaných nebo instantních kávách. <sup>[16]</sup> Kahweol je citlivější na teplo, kyslík, světlo a kyseliny, a proto se v kávě vyskytuje méně. <sup>[5]</sup> Struktura obou látek je znázorněna na Obrázku 4.

Obrázek 4: Chemická struktura charakteristických diterpenů v kávě: (a) cafestol; (b) kahweol <sup>[5]</sup>





Nejdůležitějšími složkami, které lze kvantifikovat pomocí NMR, jsou kyselina olejová, kyselina linolová, kyselina linolenová, nasycené mastné kyseliny, kahweol, cafestol, kofein, diglyceridy, volné mastné kyseliny a různé steroly. Pražení má vliv na oxidační profil produktu, protože dochází k tvorbě aldehydů při degradaci hydroperoxidů a jiných nenasyčených řetězců. Tyto aldehydy byly spojovány s charakteristickou vůní pražené kávy.

Pražení urychluje hydrolyzu triacylglycerolů v kávovém oleji. Během pražení dochází ke zvýšení volných mastných kyselin i ke zvýšení kyseliny linolové. Hladina nasycených mastných kyselin se během procesu výrazně nezměnila. Obsah olejové kyseliny se také významně nezměnil, ovšem podle obsahu této kyseliny lze od sebe rozlišit druhy kávy například kávu z Etiopie a kávu vypěstovanou ve státu Kenya. [8]

### **1.6.7 Antioxidanty**

Tyto látky hrají důležitou roli v rámci ochrany potravin. Jednou z nejdůležitějších funkcí je inhibice oxidačních procesů. Snižují tak riziko onemocnění a podporují lidské zdraví. Během reakce antioxidantů s volnými radikály, které vznikly autooxidací mastných kyselin, vzniká hydroperoxid nebo jiný neradikálový lipidový produkt. Antioxidant ve formě radikálu nepokračuje v autooxidační reakci, jelikož je sám o sobě dost stabilní. [17]

Mezi nejznámější antioxidanty v potravinách patří například vitamíny A, E, C, B<sub>3</sub> (niacin), karotenoidy, flavonoidy (rostlinná barviva), polyfenoly, některé sloučeniny selenu, zinku, manganu a antioxidanty na bázi aminokyselin (taurin).

Stabilitu antioxidantů ovlivňuje složení (záleží na obsahu mastných kyselin, popřípadě na kontaminaci kovovými ionty), zpracování, balení i skladování suroviny. [18]

Kvalita kávy je dána mnoha faktory: lokací plantáže, agrotechnickými podmínkami, kroky během zpracování, pražením a v neposlední řadě i přípravou výsledného nápoje. Obsah polyfenolových sloučenin je ovlivněn i přítomností dusíkatých látek v půdě. Pokud je jich hodně vytváří rostlina sloučeniny bohaté na dusík, jestli je jich málo, metabolismus se změní začleněním více flavonoidních sloučenin obsahujících uhlík. Dalším ovlivňujícím faktorem je vhodný výběr teploty a času pražení kávy má vliv na stabilitu polyfenolových sloučenin a jejich antioxidační aktivitu. Káva je bohatá na bioaktivní sloučeniny, nejen na kofein. Mezi fenolickými antioxidanty poskytuje káva vysoký obsah fenolových kyselin z rodiny hydroxykyselin (kyselina kávová, chlorogenová, p-kumarová a ferulová).

Antioxidační aktivita je hlavním faktorem odrážejícím obsah bioaktivních sloučenin v kávě. Bioaktivní sloučeniny jsou odpovědné za mnoho biologických účinků, jako jsou chemicky ochranné účinky, antioxidační a protizánětlivé vlastnosti a proti rakovinové účinky.

Pravidelná konzumace kávy chrání lidské tělo před mnoha chronickými nemocemi, včetně kardiovaskulárních chorob, obezity, některých druhů rakoviny a cukrovky 2. typu.

Délka přípravy kávy hraje významnou roli v koncentraci polyfenolu v kávových nápojích. V krátké době vaření jsme pozorovali významně vyšší koncentrace celkových polyfenolů a celkových fenolových kyselin než při delších dobách vaření. To lze vysvětlit tvorbou komplexů kofein – fenolová sloučenina.

Hlavní fenolovou kyselinou přítomnou v kávových zrnech je kyselina chlorogenová. Další kyseliny, které můžeme v kávě najít jsou například kyselina kávová a salicylová. Kyselina salicylová je jednou z nejdůležitějších fenolických sloučenin produkovaných rostlinami *Coffea arabica* jako obrana proti houbovému patogenu, který způsobuje onemocnění bobulí kávy. Obsah těchto kyselin ovlivnila doba pražení, v tmavě pražené kávě byl nalezen vyšší obsah těchto kyselin. Vyšší teploty také zvýšily obsah kyseliny salicylové v konečném produktu.

Koncentrace flavonoidů byla nejvyšší při pražení kávy do světlých odstínů. Při delší době (6 min) vaření byl zaznamenán vyšší obsah flavonoidů, než při kratší době (3 min).<sup>[11]</sup>

#### 1.6.7.1 Měření antioxidantů metodou DPPH

Tato metoda spočívá v redukci stabilního volného radikálu 2,2-difenyl-1-pikrylhydrazylu. Tento volný radikál poskytuje maximální absorbanci při 517 nm společně s nepárovým elektronem. Pokud jsou přítomny antioxidanty, dochází k reakci s tímto radikálem. Volný radikál je redukován na DPPH-H. Tím dojde ke snížení absorbance.

Roztok se pomalu odbarvuje z fialové na žlutou, což je způsobeno vznikem DPPH-H. Tento proces je dán počtem zachycených elektronů. Čím větší je intenzita odbarvení roztoku, tím větší redukční schopnosti daná látka má.<sup>[19]</sup>

Výsledky se vyjadřují jako procento inhibice roztoku a jsou vypočítány pomocí vzorce:

$$I(\%) = \frac{A_{sp} - A_{vz}}{A_{sp}} \cdot 100 \quad (1)$$

Koncentrace antioxidantů, která je nezbytná pro snížení počáteční koncentrace o 50 % se označuje jako inhibiční koncentrace  $I_{50}$ . Čím vyšší je inhibiční koncentrace tím větší má látka antioxidační kapacitu. [20]

### 1.6.8 Sacharidy

Sacharidy se transformují a / nebo degradují v důsledku procesu pražení. Organoleptické vlastnosti kávy espresso, zejména tělo této kávy, je ovlivněno obsahem a složením sacharidů, které působí jako látky zvyšující viskozitu, jenž zaručují stabilitu pěny. Obsah sacharidů ovlivňují i faktory jako jsou: stupeň pražení, způsob přípravy, objem vařené vody a teplota extrakce. Proces pražení kávových zrn vede k tvorbě tmavě zbarvených sloučenin, melanoidů, vytvořených Maillardovou reakcí mezi sacharidy a bílkovinami, zahrnující také fenolové sloučeniny. Frakce materiálu s vysokou molekulovou hmotností získaného z kávy je zodpovědná za charakteristickou barvu nápojů, což má také vliv na tělo, chuť a aroma kávy v důsledku interakce s jinými sloučeninami. Káva je složena ze sacharidů (52 %), bílkovin (10%), polyfenolů (5%) a také z velkého množství hnědých sloučenin, melanoidů. [21]

Kávová zrna jsou bohatým zdrojem polysacharidů, kterými jsou zejména galaktomanany, arabinogalaktany a celulóza. Galactomannany se skládají z (1–4) páteřního řetězce  $\beta$ -d-mannopyranózy s  $\alpha$ -d-galaktózou a arabinogalaktan se skládá z arabinózy a monosacharidů galaktózy, což jsou oba strukturní prvky. Během přípravy kávy jsou tyto polysacharidy v pražených kávových zrnech extrahovány spolu s prospěšnými látkami pro lidské zdraví při extrakci horkou vodou. Polysacharidy z kávy přispívají ke snížení hladiny cholesterolu v krvi a jejich netoxické vlastnosti uspokojují dostupnost využití v kosmetickém a potravinářském průmyslu. [22]

Manóza, následovaná galaktózou, je hlavní cukernou zbytkovou složkou polysacharidů v kávě espresso. Arabinóza, ramnóza a glukóza jsou přítomny v nižších množstvích. Manóza a malá část galaktózy jsou složkami zbytků cukru galaktomananů a galaktóza a arabinóza jsou složkami arabinogalaktanů. Směs bez kofeinu však představuje vyšší podíl galaktózy (42,0–47,8 %) ve srovnání s manózou (23,4–31,1 %), což je u složení kávových polysacharidů zcela neobvyklé. [21]

### 1.6.9 Aromatické sloučeniny

V aroma kávy je zastoupeno kolem 800 sloučenin, ale počet objevených aromatických sloučenin se zvyšuje. Je to komplexní vjem a všechny sloučeniny dohromady tvoří konečné

aroma kávy. <sup>[12]</sup> Chemické reakce odpovědné za generování typické vůně a chuti pražené kávy se spustí, když teplota zrn dosáhne přibližně 190 ° C. <sup>[5]</sup>

V aroma najdeme heterocyklické sloučeniny (furany, pyroly, indoly, a mnoho dalších). Za vznik těchto sloučenin odpovídají Maillardovy reakce a karamelizace. Například bych zde uvedla 2-furanmethanthiol, 5-methyl-2-furanmethanthiol, 2-methyl-3-furanthiol a 2-acetyl-4-methylthiazol a diterpen kahweolu. V aroma kávy můžeme najít i alifatické sloučeniny, jako například uhlovodíky, alkoholy, estery a mnoho dalších. Mezi konkrétní příklady bych zařadila methional, 3-methylbut-2-enthionol, 3-merkapt-3-methylbutanal-1-ol, 3-merkapt-3-methylbutyl-formiát, methanthiol, dimethyltrisulfid.

Další látky, které můžeme ve vůni kávy najít jsou furany a pyrany, zejména  $\gamma$ -laktony 3-hydroxy-4,5-dimethyl-(5H)-furan-2-on (sotolon), 5-ethyl-3-hydroxy-4-methyl-(5H)-furan-2-on (abhexon), furan-2-karbaldehyd a maltol. Mezi fenoly v aroma kávy řadíme vanillin, 4-vinylguajakol a 4-ethyl-guajakol. Pyridin a jeho alkyl deriváty nepříznivě ovlivňují aroma. <sup>[12]</sup>

Výsledné aroma ovlivňují i chlorgenové kyseliny. Typickými třídami těkavých sloučenin v pražené kávě jsou uhlovodíky: alkoholy, aldehydy, ketony, kyseliny a anhydridy, estery, laktony, fenoly, furany a pyrany, thiofeny, pyrroly, oxazoly, thiazoly, pyridiny, pyraziny, aminy a různé sloučeniny síry a dusíku. <sup>[5]</sup>

Chemické složení jednotlivých kávových produktů, doprovázející aroma kávy, závisí na několika faktorech, včetně druhů zelených kávových zrn (např. Odrůda Arabica vs. Robusta), zeměpisného původu a podmínek zpracování, zejména pražení, balení a skladování výrobků. Vnímání aroma kávy závisí na koncentraci sloučenin a jejich vůni. Záleží i na přípravě samotného nápoje, jak nám bude vonět.

Ze šesti alternativních těkavých látek v kávě bylo statistickým přístupem vybráno pouze šest markerů chuti: kyselina octová (1), 2-methylpyrazin (2), furfural (3), 2-furfurylalkohol (4), 2,6-dimethylpyrazin (5), 5-methylfurfural. Těchto šest sloučenin pokrývá více než 80 % průměrného relativního množství těkavých sloučenin zjištěných ve vzorcích kávy. Lze konstatovat, že tyto aromatické sloučeniny pozorované ve vzorcích kávy jsou významné pro rozlišení odrůdy kávy nebo zeměpisného původu. <sup>[23]</sup>

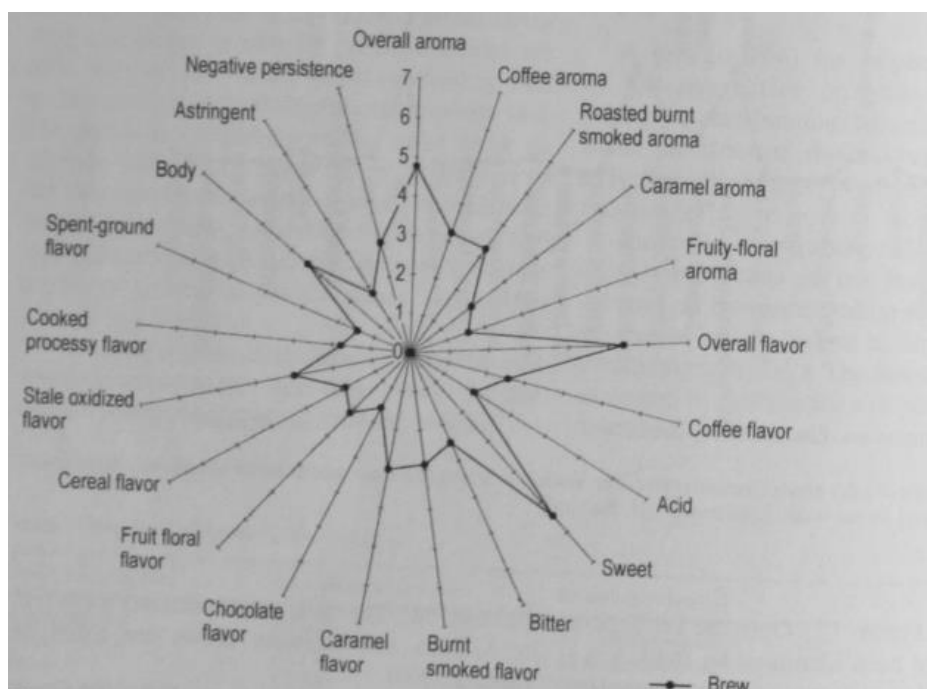
Během pražení dojde k rozkladu 50–80 % trigonellinu. Trigonelline je pravděpodobným zdrojem niacinu, ale také zdrojem některých aromatických dusíkatých sloučenin, jako jsou pyridiny, pyrroly a bicyklické sloučeniny nacházející se v kávové vůni. [6]

Sírné sloučeniny kávy na vzduchu snadno oxidují, a proto káva skladovaná na vzduchu ztrácí své aromatické vlastnosti. Doporučuje se skladování v uzavřených nádobách. [12]

Aromatické vůně z kávy mohou působit proti astmatickým chorobám, uvolňují svalovinu a povzbuzují dýchání. Aromatické vůně působí na horní část míchy a mohou vyvolat zvýšenou produkci oxidu uhličitého, což zvyšuje potřebu zbavit se tohoto plynu, tudíž více dýchat. [1]

Těkavé aromatické sloučeniny mohou být detekovány plynovou chromatografií a olfaktometrií hlavních vzorků. Po obohacení a identifikaci se stanoví hodnoty aromatické aktivity. [12] Při sensorickém hodnocení bývá stanoven relativní význam aromatických sloučenin. Určí se to tím způsobem, že se zjistí, jaký dopad bude mít vynechání dané látky na celkové aroma ze syntetické směsi všech sloučenin. Odborníkům slouží k vyhodnocení hvězdicový diagram, který je znázorněn na Obrázku 5. [6]

Obrázek 5: Hvězdicový diagram pro určení vůně [6]



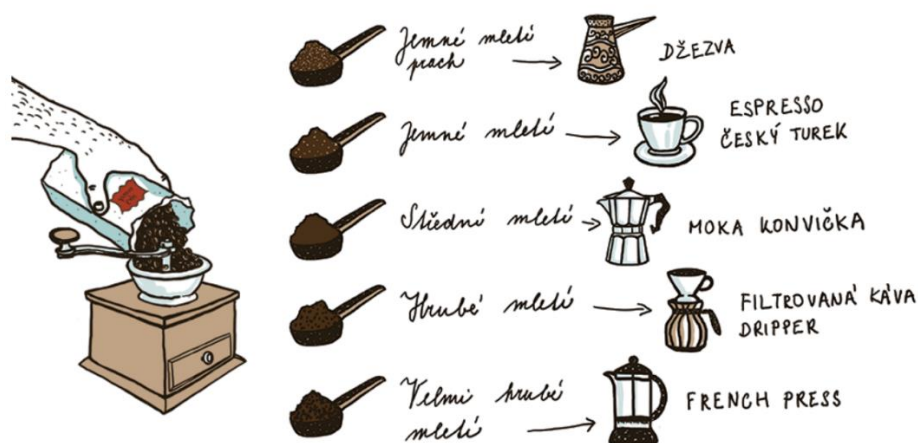
## 1.7 Mletí

Široká řada proměnných faktorů (např. mletí kávy, doba extrakce, poměr kávy k vodě, způsob přípravy) hraje roli v obsahu různých chemických sloučenin v šálku. Mezi sloučeniny patří různé aromatické látky, kofein a mnoho dalších. Jedním z těchto faktorů je mletí kávových

zrn. Velikost částic mleté kávy je při extrakci kávy životně důležitá, ovlivňuje tok tekutiny, tak kinetiku extrakce. Kávová zrna se melou podle následného zpracování. Každá metoda vaření a její podmínky extrakce rozhodně ovlivňují senzoričku kvalitu a množství zdravých sloučenin v šálku. [24]

Rozlišuje se několik stupňů hrubosti. Velice jemné částice kávy se pohybují kolem velikosti do 500  $\mu\text{m}$ , Naopak hrubě pomletá zrna mají velikost 1100  $\mu\text{m}$ . Jemné mletí umožní větší extrakci pevných látek a zpomalí proces vaření. [7] Pro každou metodu přípravy kávy se hodí jiná hrubost zrn, jak ukazuje Obrázek 6.

Obrázek 6: Způsoby mletí kávy



Zdroj: Coffee spot [online]. Babice: Coffee spot, 2019 [cit. 2020–12–09]

<https://www.coffeespot.cz/filtr-v60>

## 1.8 Balení kávy

Po upražení se káva nechá několik dnů odležet, aby si tzv. oddechla. Následně se balí do neprodyšných pytlů, které mají speciální ventil, aby mohly unikat různé plyny z kávy, např. oxid uhličitý. Ventil je jednosměrný, dovnitř nevnikne vzduch. Káva si tak zachová více aromatických látek a po otevření krásně voní. [4] Kávu je možné zabalit do sáčků různé gramáže – často 100 g, 200 g, 250 g, 500 g, 1000 g. Také jsou možné skleněné nebo plechové nádoby. Balit se může zrnková i mletá káva. Některé balíčky na kávu jsou vybaveny hliníkovou fólií, která poskytuje bariéru proti vlhkosti a kyslíku. Časté je i vakuové balení, kdy dojde k odstranění 80–90 % kyslíku, prodlouží se tím trvanlivost kávy a zachová se její kvalita. Zvláště balení instantní kávy vyžaduje balení pomocí inertního plynu, aby nedošlo ke zhoršení aroma. [7]

## 1.9 Příprava kávy

*„Je káva ideální nealkoholický nápoj? Je to jako s ideální ženou. Neexistuje. Nejlepší káva je ta, která Vám chutná, která ho nejvíce osloví a pohladí na duši.“*

*Jozef Augustín<sup>[1]</sup>*

Metoda vaření ovlivňuje složení konečného kávového nápoje: zejména se nacházejí značné rozdíly v extrakci polyfenolů, obsahu kofeinu, celkových sušinách, antioxidační aktivitě a těkavém profilu. Během extrakce jsou rozpustné sloučeniny rozpuštěny a v závislosti na metodách extrakce jsou nerozpustné sloučeniny promyty extrakční vodou a končí v extraktu jako rozpuštěné nebo suspendované pevné látky. Metody popsané v literatuře se navíc velmi liší, protože každá metoda má svůj vlastní recept. Teplota vody na vaření je však obvykle stejná. Horká voda se používá ke zvýšení výtěžku extrakce, zatímco několik studií chemické extrakce ukázalo, že různé aromatické sloučeniny se extrahují při různých teplotách.

V poslední době se v důsledku nových metod přípravy vyvíjí studená metoda, která zahrnuje delší dobu extrakce při nižších teplotách (tj. zchlazení na pokojovou teplotu nebo méně). Tato metoda studeného vaření označuje kávu vyrobenou extrakcí za studena a neměla by být zaměňována se studenou kávou, která se obvykle vyrábí horkým způsobem a nechá se vychladnout.

Bylo zjištěno, že teplota ovlivňuje pH výsledného nápoje. Teplota infuze je považována za důležitý faktor při přípravě kávového nápoje a nižší teploty obvykle snižují množství extrahovaného nápoje. V této studii měla teplota rozhodující vliv na měřené fyzikální parametry. Káva připravená při nižší teplotě (5 ° C) měla vyšší pH, bez ohledu na způsob extrakce (kapání nebo vaření). Teplota měla zvláště dominantní účinek na kyselou chuť při sensorickém hodnocení. Káva extrahovaná při teplotách 22 ° C byla hodnocena z hlediska intenzity kyselejší než ta, která byla získána při 5 ° C. Teplota zvyšuje koncentrace několika sloučenin. Při vyšší teplotě se zvyšuje obsah pevných látek, kofeinu, kyseliny kofeoylchinové a kyseliny chlorogenové. Index lomu a zbývající kyseliny jsou však zvýšeny pouze při teplotě 22°C ve srovnání s teplotou 5°C.

Každá příprava kávy je specifická v tom, jaké látky se během ní vyloučí. Kávu s vyšším obsahem kofeinu dostaneme při překapávací metodě se studenou vodou (voda o pokojové teplotě nebo o teplotě nižší, než je pokojová). U metody překapání byly vysoké intenzity hořkého atributu také potvrzeny vyšším obsahem kofeinu než u studeného vaření. Je známo, že koncentrace kofeinu ovlivňuje vnímanou sílu, tělo a hořkost uvařené kávy.

Metoda extrakce ovlivňuje intenzitu sladké chuti. Káva extrahovaná metodou studeného vaření byla ve skutečnosti sladší než káva získaná metodou překapávání. <sup>[25]</sup>

Na kvalitě vody záleží, ovlivňuje mnoho smyslových vlastností tohoto nápoje. Dalo by se říct, že je to indikátor grafického původu. Přítomnost chloru je prvek na ochranu lidského zdraví, ale neprospívá kvalitě nápoje v šálku. Tento prvek má silnou schopnost oxidace látek a má vliv na tvorbu krémy. Negativně ovlivňuje tvorbu krémy a překrývá různé tóny nápoje. Přítomnost anomálních pachů ve vodě způsobuje mnoho látek, hlavně sloučeniny síry. Tyto pachy překryjí ovocné a květinové tóny. Mohou snižovat aromatickou intenzitu, nebo vynést pachy, které bychom jinak necítili. Chlóru i anomálních pachů je možné se zbavit pomocí filtrů s aktivním uhlím.

Dalším aspektem na kvalitu je tvrdost vody. Káva z tvrdé vody je lepší, ale má to negativní vliv na kávovar. Tvrdost vody způsobují kationty vápník a hořčík. Vápník pomáhá z kávy získat tělo a stálou i elastickou krému. Kréma se skládá ze sítě proteinů, které na sebe navážou koloidní sacharidy. V důsledku působení reziduálního oxidu uhličitého stoupá na hladinu ve formě krémy. Je možné vodu změkčit náhradou vápníku za sodík. Sodík se ale chová jinak, při sníženém pH poněkud agresivně reaguje na kovy, ale také má tendenci produkovat kávu s nízkým tělem a s málo elastickou pěnou. Pro ochranu kávovarů a různých vybavení se používají různé filtry, které splňují požadavky ochrany přístroje i eliminaci nechtěných látek. <sup>[26]</sup>

### 1.9.1 Přípravy teplé kávy

- příprava kávy v džezvě – je to jedna z nejstarších a nejznámějších metod, jemně namletá káva se dá do džezvy a zalije studenou vodou, následně se vaří, káva vzkypí po okraj, nádoba se odstaví z plamene, pěna společně s rozemletou kávou začne klesat, poté co klesne na původní objem znovu postavíme nad plamen a ohříváme, káva musí vzkypět třikrát. Tako káva se často podává s různými bylinkami – skořice, kardamom, vanilka, chilli, čokoláda, safrán, káva má poté jedinečnou vůni a chuť.
- arabská káva – pití arabské kávy je obřad pro hostitele i návštěvníky, káva by se měla podávat bez cukru a bez mléka pouze s datlemi. Pro vaření kávy se používá speciální konvice zvaná dallah. Konvice se naplní vlahou vodou a těsně před varem se přidají upražená, namletá kávová zrna. Na mírném ohni se káva povaří asi 10 minut. Káva může být ochucena špetkou skořice či kardamomu. Měla by ji podávat nejmladší osoba. Káva se naleje do poloviny šálku a podává se hostům podle zasedacího pořádku, zprava doleva. <sup>[1]</sup>



- moka konvička – moka konvička se skládá ze spodní komory, kde se voda zahřívá, z trychtýřkovitého filtru uprostřed, do kterého se dává pomletá káva, a který se zasouvá do nádoby s vodou a z horní nádoby, do níž se sbírá káva centrálním komínkem, skrze který káva vyvěrá vzhůru. Využívá vysokého tlaku a vodní páry. Vařící voda vytvoří přetlak, následkem čeho uniká voda centrálním komínkem, přes namletou kávu do horní nádoby, jakmile se nahoru dostane i pára, konvička píská a tím nás upozorní na konec procesu. Z moka konvičky získám kávu s výrazným aroma a s plným tělem. <sup>[26]</sup>
- filtrační metoda – používá se hrubě pomleté zrno, skládá se z horní nádoby, kde se nahřívá voda, která pak přechází přes kávu na filtru, do připravené nádoby pod ním <sup>[1]</sup>
- metoda chemex – tato příprava kávy má mnohé podobné jako filtrace v laboratoři, velká skleněná nádoba, která se na přípravu kávy používá je pouze upravená Erlenmeyerova baňka z borosilikátového skla s trychtýřem, má tvar přesýpacích hodin, do horního kužele se vloží papírový filtr, proleje se vodou, kterou následně vylijeme, poté na filtr dáme mletou kávu a zalejeme horkou vodou krouživými pohyby, aby se promočil všechen prášek. Následně probíhá extrakce a káva překapává dolů pomocí gravitace. <sup>[26]</sup>
- French press – válcovitá skleněná nádoba s pístem, na kterém je filtr a víčko, dovnitř nasypeme pomletou kávu, zalejeme horkou vodou a necháme několik minut louhovat, poté stlačíme píst směrem dolů a můžeme podávat. Touto metodou můžeme připravit i studený nápoj, kdy pomletou kávu zalejeme studenou vodou a necháme odstát minimálně 12 hodin.
- metoda clever dripper – tato metoda používá pomůcku – trychtýř z plastu, na který se položí papírový filtr, nasype se pomletá káva a zaleje se horkou vodou. Dripper má na dně malou páčku, kterou se dá ovlivnit doba máčení kávy ve vodě. <sup>[1]</sup>
- V60 – do skleněného (porcelánového nebo plastového) trychtýře dáme filtr a na to nasypeme kávu, pomalým krouživým pohybem zalejeme horkou vodou, káva překapává do spodní nádoby <sup>[26]</sup>
- metoda otevřené konvice – neboli český turek – namletou kávu dáme do hrníčku a přidáme horkou vodu <sup>[1]</sup>
- aeropress – využívá vzduch k filtraci kávy, sestává se z válcovité nádoby s filtrem, na filtr nasypeme mletou kávu a zalejeme horkou vodou, necháme chvíli louhovat a poté stlačíme píst, káva proteče přímo do šálku pod aeropressem

- sifon – kávovar se skládá ze dvou skleněných nádob nad sebou spojených filtrem uprostřed, do spodní komory dám vodu a do horní komory nasypu pomletou kávu, jakmile voda začne vřít, pára stoupá přes filtr a nasákne ji kávový prášek, poté se kávovar odstaví ze zdroje tepla, v dolní komoře nastane podtlak a káva se nasaje z horní komory skrze filtr do spodní komory <sup>[26]</sup>
- espresso – 7–9 g namleté kávy se vloží do filtru (tzv. páky), utlačíme ji (nutné rovnoměrné rozprostření kávy, utlačení se provádí tlakem vyvolaným silou asi 20 kg, záleží na zkušenostech, na namletí kávy – dá se tím ovlivnit rychlost průtoku vody a potažmo vznik krémy). Následně kávu vložíme do kávovaru, děj probíhá při tlaku 8–10 barů, při teplotě 8–89 °C. Do nahřátého hrníčku nejdříve proteče černá káva, poté káva s karamelovým zbarvením a s krémou. Extrakce by měla probíhat 20–30 vteřin, pomocí 25–30 ml vody. Na získání espressa se používá přístroj zvaný kávovar, má mnoho typů, může být pákový, kapslový či plně automatický.
- druhy espressa – druhy espressa jsou znázorněny v následující Tabulce 5:

Tabulka 5: druhy espressa <sup>[1]</sup>

	espresso	ristretto	Lungo	doppio	Americano
Voda [ml]	20–30	10–15	40–60	40–60	180
Množství kávy [7]	6–8	6–8	6–8	12–16	6–8
Čas extrakce [20]	20–30	15–20	20–30	20–30	20–30

pozn. na lungo a americano se používá jedna dávka kávy (25–30 ml) a poté se doředí horkou vodou na potřebný objem <sup>[1]</sup>

- batch brew – ve velké nádobě je sítko i topná spirála, na sítko dáme filtr a pomletou kávu, zapneme a káva se přefiltruje, jakmile proces skončí topná spirála se vypne

### 1.9.2 Přípravy studené kávy

Bylo vyvinuto několik receptů na extrakci kávového prášku studenou vodou. Liší se z hlediska konfigurace zařízení, doby kontaktu mezi mletou kávou – vodou a z hlediska teploty vody, kdy lze přípravu kávy rozdělit do dvou širokých metod: studené vaření a studené

překapávání. U metody studeného vaření je kávový prášek po dlouhou dobu (6 hodin nebo více) máčen v objemu vody při pokojové teplotě (nebo chladnější) a poté oddělen filtrací, či pomocí pístu, který kávovou sedimentu stlačí na dno nádoby. U metody studeného překapávání voda o pokojové teplotě (nebo chladnější) pomalu kape na kávu ve filtru a nápoj překapává dolů, do připravené nádoby. Metoda studeného vaření byla charakterizována menší kyselostí, menší hořkostí a větší sladkostí nápoje, zatímco metoda studeného odkapávání byla charakterizována vyšší celkovou intenzitou vůně a hořkosti.<sup>[25]</sup>

Extrakce sloučenin závisí na velikosti mletí (Tabulka 2 a Obrázek 1). U studených nápojů připravovaných z kávy arabiky, hrubě namleté, při vaření s vyššími teplotami se přednostně extrahoval kofein.

Při extrakci z kávy robusty dochází k vyšší extrakci za jemnějšího mletí a nižších teplot, protože teplotní účinek je menší, než vliv interakce a velikosti částic. Významný vliv na extrakci chlorogenové kyseliny má velikost namletí kávy a teplota vody.

Během extrakce melanoidů (u robusty i arabiky) byl pozorován vliv velikosti částic a teploty vody. Jemnější mletí (které podporuje větší povrch) spojené s vyššími teplotami, umožňuje lepší extrakci těchto sloučenin. Ovšem extrakci těchto látek mohla omezit jejich velká molekulová hmotnost.

S ohledem na obsah bioaktivních sloučenin v pražených fazolích obou druhů bylo extrahováno přibližně 81–93 % kofeinu a kyseliny chlorogenové; extrakce melanoidů odpovídala asi 56–72 % původního obsahu fazolí, přičemž ve studovaných podmínkách vystupovala jako nejnáročnější sloučenina, která se má extrahovat.

Obecně platí, že pokud chcete získat studené nápoje s vyšší extrakcí bioaktivních sloučenin (kyselina chlorogenová, kofein a melanoidy) a vyšší antioxidační aktivitou a kyselostí, je třeba se vyhnout používání nízkých teplot vody a hrubšímu mletí kávy.<sup>[27]</sup>

- espresso na ledu – espresso z kávovaru nalejeme do skleničky s ledem a necháme odstát
- affogato – nalejeme espresso z kávovaru přímo na kopeček zmrzliny v hrnečku
- ledová káva – nalejeme espresso na led a doředíme vodou nebo mlékem, popřípadě přidáme kopeček zmrzliny

- studený výluh – pomletou kávu zalejeme studenou vodou a v uzavřené nádobě ji necháme v chladu či v chladničce odpočívat 6–24 hod., poté zfiltrujeme a můžeme podávat, výhodou je, že nepříjde do styku s horkou vodou, má nižší aciditu než klasické úpravy
- frappé – dávku espressa rozmixujeme s ledem a s mlékem
- ledový filtr – kávu filtrujeme přímo na led, nebo prudce zchladíme
- studená překapávaná káva – pomletou kávu na filtru zalejeme studenou vodou a necháme překapat <sup>[1]</sup>

## 1.10 Kávový lógr

Kávový lógr je odpad, který vzniká při vaření klasické české kávy (českého turka), při vaření kávy z kávovaru, nebo během přípravy překapávaných káv. Likvidace použité kávy je problémem, vzhledem k možnému uvolňování kontaminantů včetně kofeinu, taninu, polyfenolu atd. nebo vzhledem k vysoké spotřebě kyslíku během rozkladu. Konvenční studie prokázaly, že použitou kávovou sedlinu lze znovu použít jako kompost nebo peletu na palivo. Vývoj technologie přeměny energie navrhl úplné využití těchto materiálů k výrobě bionafty, biooleje a biouhli bez vedlejších produktů. V poslední době je předmětem výzkumu využití tohoto obrovského zdroje odpadu. <sup>[22]</sup> V neposlední řadě se dá použít i v obuvnickém průmyslu, kde je spolu s obuvnickou gumou použit do podrážek tenisek. <sup>[28]</sup>

## 1.11 Cupping

Cupping je metoda ochutnávání kávy. Ochutnávač by měl mít k dispozici zelená zrna, upražená zrna a středně hrubě namletá upražená zrna. <sup>[4]</sup> Nejprve ohodnotí jejich tvar, velikost i vůni. Namletý vzorek se zalije horkou vodou a očichá se. Nápoj se nechá pár minut zchladnout. Poté k němu degustátor opět přivoní, odhrne krému a ochutná. Na ochutnání se používají speciální lžičky. Káva se z nich srká, aby se rozprostřela po celém jazyku a degustátor mohl vnímat všechny chutě. Doušek kávy se poválí v ústech a následně vyplivne. Odborník hodnotí typ kávy (arabika, robusta), vzhled, barvu zrn pražených i nepražených, kyselost, chyby (příliš kyselé, travnaté, zatuchlé, chemická dochuť a další), chuť v šálku, celkové hodnocení chuti i vůně, chuťovou plnost – tělo kávy, pocit v ústech a další. <sup>[1]</sup> Obrázek 7 ukazuje jaké chutě můžeme v kávovém nápoji odhalit.

Obrázek 7: Ukázka možných vůní a chutí kávy [4]



## 1.12 Instantní káva

Instantní neboli rozpustná káva je vodní extrakt z upražených a pomletých kávových zrn. V minulosti sloužila jako příděl pro vojáky. Až po druhé světové válce se rozmohla do celého světa a do domácností. [7] Instantní káva se často připravuje ze směsi obou druhů – arabiky i robusty. [9] Zelené fazole pro instantní kávu jsou smíchány, opraženy a namlety. Často se na instantní kávu používají zrna nižší kvality než na espresso. Kávový extrakt se získá čerpáním horké vody skrze kávu, která se nachází v řadě válcovitých překapávacích kolon. Podle zvoleného překapávacího systému se zvolí i hrubost namletí. Extrakce probíhá za tlaku jedné atmosféry a za vyšší teploty, kdy se teplota vody blíží bodu varu. Pro vyšší výtěžek se káva smáčí nebo napařuje. Aby nedošlo ke ztrátě chuti a aroma, káva je chlazená v deskovém tepelném výměníku. Extrakt je dále koncentrován vakuovým odpařením, nebo zmražením.

Aromatické složky se sbírají během procesu a jsou přidány do kávy ke konci výrobního procesu.<sup>[7]</sup>

Sušení sprejováním probíhá pomocí souběžného proudění horkého vzduchu, který vysušuje kapičky extraktu, jenž jsou rozprášeny na ocelové desce. Pro jednu z nejlepších chutí se používá teplota 200–280 °C. Sušené částice jsou sbírány ze dna sušárny a dopraveny na balicí linku. Další způsob sušení se často používá v USA. Sušení pomocí nízké teploty minimalizuje ztráty chuti. Ledové krystalky sublimují do vodní páry pod velmi nízkým tlakem (67 Pa a níže). Sušení mrazem je časově náročnější a vyžaduje větší kapitálovou investici.<sup>[7]</sup> Po sušení se instantní káva upraví na požadovaný tvar, na prášek, granule, vločky nebo tablety.<sup>[9]</sup> Konečný produkt se balí do skla nebo do jiného vhodného materiálu. Musí se zabránit přístupu vlhkosti ke kávě, jelikož prášek je velmi hygroskopický a došlo by ke zhoršení chuti.

<sup>[7]</sup> Instantní kávu můžeme použít na přípravu ledové kávy. Po rozmíchání s vodou z ní vznikne tuhá hustá pěna, která se hodí pro letní osvěžení.

### **1.13 Bezkofeinová káva**

Bezkofeinová káva byla zbavena kofeinu na nejnižší možnou hranici. Podle norem Evropské unie se může být v bezkofeinové kávě pouze 0,1 % kofeinu z původního množství.<sup>[9]</sup> První bezkofeinová káva byla vyvinuta kolem roku 1990 v Evropě.<sup>[7]</sup> K výrobě se používají dvě metody. První metoda – zrna se namáčí ve vodě, uvolní se z nich kofein, poté jsou přefiltrována přes filtr s aktivním uhlím, který kofein absorbuje.<sup>[4]</sup> Výsledná káva z takto upravených zrn nemá typické aroma kávy.<sup>[9]</sup> Druhá metoda využívá organické rozpouštědlo – dichlormethan, ethylacetát, trichlorethylen petrolether a jiné. Ten odstraní kávu již ze zelených zrn. Poté se zrna promyjí vodou. Následně se napařují, aby odešlo všechno organické rozpouštědlo.<sup>[4]</sup> Tento proces ovlivňuje výslednou chuť kávy, v dochuti nápoje jsou cítit náznaky chemické příchutě.<sup>[9]</sup> Existují i kávovníky s nízkým obsahem kofeinu, ale jejich zrna nejsou vhodná pro výrobu kávy. Vědci se snaží vyšlechtit kávu bez kofeinu.<sup>[4]</sup>

### **1.14 Kávoviny**

Kávoviny jsou upražené části různých rostlin. Připraví se z nich vodný extrakt, který je podobný bezkofeinové kávě.<sup>[7]</sup> Tyto výrobky mohou nahrazovat kávové výrobky, jejich důležitou vlastností je, že neobsahují žádný kofein. Jejich přídavkem můžeme vylepšit chuť nekvalitní kávy.<sup>[1]</sup> Existují různé kávové náhražky jako je čekanka, cizrna, cereálie, kořen cukrové řepy, ječmen i mnoho dalších. Používají se jako levnější varianta.

Jedna z nejdůležitějších surovin, pro výrobu kávovin, je čekanka. Její masité kořeny se usuší, nakrájí na jednotnou velikost a upraží se. Během pražení vzniká podobné aroma kávovému aroma. <sup>[7]</sup> Čekanku nalezneme v meltě, což je jedna z nejnámějších kávovin. Vyrábí se z praženého kořene čekanky obecné. Během pražení klesá pH, roste obsah kyselin a odbourávají se škodlivé látky. Výluh čekanky má příjemnou chuť a tmavší barvu než káva. <sup>[9]</sup> Čekanka se využívala i ve starověku díky jejím léčivým účinkům. Zlepšuje trávicí ústrojí, pomáhá vyloučit škodlivé látky z těla a má protizánětlivé účinky. <sup>[29]</sup>

### 1.15 Měření barevnosti

První posouzení kvality potravin často bývá podle vzhledu: což je barva, struktura povrch a tvar. Barva je obzvláště důležitá, ale není tak snadné ji definovat. Celkově lze kvalitu potravin považovat z hlediska chuti, textury, pocitu v ústech a dalších sensorických atributů nebo z hlediska obsahu živin. Pro jakýkoli koncept vizuální kvality funguje barva jako velmi užitečný a intuitivní indikátor. Barvu lze posoudit v různých dobách během životnosti potravinářského produktu – od surovin (kvalita mouky na pečení), přes zpracování (monitorování pražení kávových zrn), a v koncovém bodě hotového výrobku musí být potvrzeno, že je vhodné pro zamýšlený účel (cukrovinky na ozdobu). V mnoha případech poskytuje měření barev prostředek charakterizace a kvantifikace pomocí metod, které jsou jednodušší a uživatelsky přívětivější než časově a pracovně náročné kompoziční analýzy nebo sensorické hodnocení. <sup>[30]</sup>

Vědecké studie mechanismu vidění a vnímání lidské barvy začaly v sedmnáctém století poznáním, že oční čočka musí nějak promítat obraz předmětu pozorovaného do zadní části oka. Newtonovy klasické experimenty s lomem světla ho vedly k závěru, že duha neměla barvu, ale byly to paprsky spektra, které tento pocit vytvořily. Experimenty v devatenáctém století při míchání barevných světél (MacAdam 1970) jasně ukázaly, že lidé s normálním barevným viděním musí mít v očích alespoň tři pigmenty sítnice, které detekují v krátké, střední a dlouhé vlnové oblasti viditelného spektra. Na konci 20. a počátku 30. let byla stanovena citlivost oka na světlo ve vztahu k vlnové délce a byl definován takzvaný „standardní pozorovatel“. To vedlo k prvnímu skutečně funkčnímu systému pro měření barvy, jak je specifikováno komisí Internationale de l'E' clairage (CIE), tzv. 2 ° systém zorného pole měření barev CIE 1931. Od té doby bylo do systému začleněno mnoho vylepšení a výzkum nadále pokračuje. S vývojem počítače se nyní rutinně používají komplexní měření a výpočty barev pro takové průmyslové procesy, jako je formulace barev, predikce shody barev a kontrola vzhledu obarvených textilií. V potravinářském průmyslu se nyní nástroje pro měření

barev běžně používají ve výzkumu a pro studie funkčnosti produktů, pro standardizaci přísad produktů a řízení procesů.

Barva je obvykle považována za nejdůležitější vlastnost vzhledu jakékoli potraviny, zvláště pokud je spojena s dalšími aspekty kvality potravin, například s dozráváním ovoce nebo viditelným zhoršením, ke kterému dochází, když se potravina zkazí. Téměř každý potravinářský výrobek má přijatelnou barevnou škálu, která závisí na mnoha faktorech. Struktura a pigmentace potravin interagují a ovlivňují jak barvu, tak průsvitnost nebo neprůhlednost, například malé změny v rozptylu mohou způsobit větší změny barevného vzhledu než jaké lze přičíst změně koncentrace pigmentu.

Potraviny mají nekonečné množství vzhledových vlastností. Jejich povrchy mohou být rozptýlené, lesklé, nepravidelné, porézní nebo ploché. Mohou být průhledné, zakalené, průsvitné nebo neprůhledné a jejich barva může být jednotná, nerovnoměrná nebo vícevrstvá. Proto musí být postupy měření barev pro potraviny často upraveny od postupů používaných při měření plochých neprůhledných povrchů, jako jsou barvy a papír, pro které je většina přístrojů pro měření barev navržena.

Systém měření barev CIE (ASTM 2000, CIE 1986) transformuje reflexní nebo transmisní spektrum objektu do trojrozměrného barevného prostoru pomocí spektrálního rozložení síly osvětlovače a funkcí porovnávání barev standardních pozorovatelů (CIE 1986). Matematické postupy jsou uvedeny v jakémkoli standardním barevném textu, například Wright (1980), Judd a Wyszecki (1975), Hunt (2001) a Berns (2000). Systém je založen na trichromatickém principu, ale místo toho, aby používal „skutečné“ červené, zelené a modré barvy, používá „imaginární“ barvy X, Y a Z. Primární Y, známé jako světelná odrazivost nebo propustnost, obsahuje celý světelný podnět. Každá barva může být jedinečně umístěna v barevném prostoru CIE 1931 pomocí Y a jejích barevných souřadnic

$$x = \frac{X}{(X + Y + Z)} \quad (2)$$

$$y = \frac{Y}{(X + Y + Z)} \quad (3)$$

za předpokladu, že jsou definovány pojmy osvětlovač a pozorovatel.

Úkolem CIE bylo již několik let vytvořit rovnici vyhovujícího / nevyhovujícího jediného čísla, která by zvažila tři složky, které tvoří celkový barevný rozdíl CIELAB E, tj. L, C a H

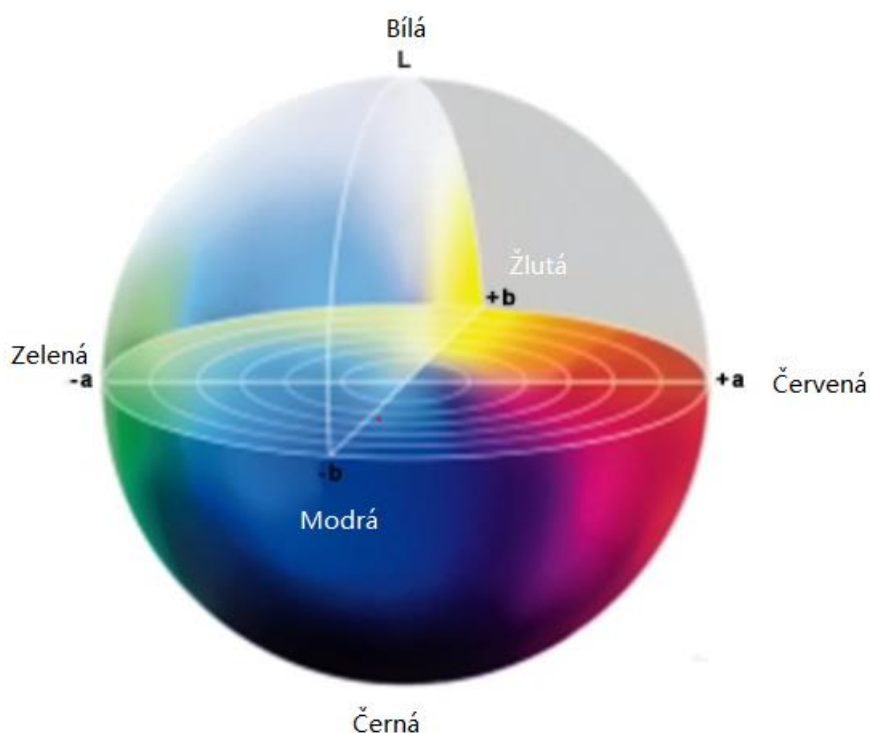


rozdíly světlosti, sytosti a barevného odstínu. Rovnice, které jsou v tomto ohledu výrazným zlepšením, navrhl CIELAB na velkém množství experimentálních důkazů.

Nejpřesnějším nástrojem pro měření barvy je spektrofotometr. Reflexní přístroje jsou obvykle vybaveny integrační koulí s možností zahrnutí nebo vyloučení zrcadlové složky odrazivosti.

Káva v šálku se obvykle nalévá černá, aby si piják upravil barvu přidáním horké vody, mléka nebo smetany. Piják používá kombinaci mléka a kávy jako indikaci své očekávané chuti, i když nemusí znát skutečnou koncentraci kávy v nápoji. Nejviditelnějším atributem vzhledu mléka v kávě je intenzita jeho barvy, ale bylo také prokázáno, že průsvitnost ovlivňuje vizuální odhad síly kávy. Na Obrázku 8 je vidět pozice hodnot určitých parametrů. Osa x odpovídá parametru  $a^*$ , osa y odpovídá parametru  $L^*$ . Osa z odpovídá parametru  $b^*$ .<sup>[30]</sup>

Obrázek 8: CIELab barevný prostor



## 1.16 Spektrofotometrie

Principem metody je měření absorbance analytu v závislosti na délce elektromagnetického záření. Každá látka je charakteristická tím, které vlnové délky absorbuje, záleží to na struktuře energetických hladin látky. Kvalitativním ukazatelem jsou tedy absorbované vlnové délky a kvantitativním údajem je velikost absorbance. Vztah mezi koncentrací a absorbancí látky

popisuje Lambert-Beerův zákon (Rovnice 1), kde  $A$  značí absorbanci,  $\epsilon$  molární absorpční koeficient v  $1 \text{ cm}^1 \cdot \text{mol}^{-1}$ ,  $c$  je látková koncentrace v  $\text{mol} \cdot \text{l}^{-1}$  a  $l$  je délka kyvety v  $\text{dm}^1$ .<sup>[31]</sup>

## 2. Praktická část

### 2.1 Měření antioxidační aktivity

#### 2.1.1 Použité přístroje

- mlýnek na kávu Mahlkönig EK43 (Hemro Group)
- váhy Kern 440-35 N
- keramický filtr V60 – Hario V60 Dripper
- Spektrofotometr GENESYS™ 50 UV-Vis (Thermo Scientific™)
- ColorQuest XE (HunterLab, VA, USA)

#### 2.1.2 Použité chemikálie

- destilovaná voda
- roztok DPPH (2,2'-difenyl-1-pikrylhydrazyl) radikálu v metanolu (12,5 mg v 500 ml)

#### 2.1.3 Vzorky

Připravila jsem si dva vzorky světle pražené arabiky a vzorky tmavě pražené arabiky. Světle upražená zrna jsem získala z brněnské pražírny MOTMOT coffee roasters. Naopak tmavě pražená zrnka byla zakoupena v rodinné pražírně VOLKAFE Trutnov s.r.o. Vzorek číslo 1 – Ethiopia Dambi Uddo, pochází z Etiopie (region Guji), odrůda heirloom. Zelená káva byla naturálně zpracována. Vzorek 2 – Kenya Kiranga, pochází ze státu Kenya, odrůda batain. Káva byla sklizena na farmě Kiranga Estate a zpracována promytou metodou. Třetí káva

pochází také z Etiopie, celý její název je Etiopia Djimah Jasmín. Zpracována naturální metodou. Zrna jsou směsí odrůd, které se pěstují v oblasti Djimmah. Posledním vzorkem jsou tmavě pražená zrna pocházející z Tanzánie. Káva se nazývá Tanzánie AA Tanga, odrůda bourbon, která byla zpracována mokrou metodou. Zelená zrna vzorku 3 a 4 byly zakoupeny u společnosti Sandalj.

#### **2.1.4 Pracovní postup**

Všechny vzorky jsem namlela pomocí mlýnku Mahlkönig EK43 na stupeň 15 (hrubé mletí) půl hodiny před přípravou nápoje. Po celou půl hodinu byly vzorky uzavřeny ve vzduchotěsném neprůhledném sáčku, s jednocestným ventilem, díky kterému byl odstraněn vzduch po uzavření sáčku (Obrázek 9).

*Obrázek 9: Sáček na uchování mleté kávy s jednocestným vzduchovým ventilem*



Studený nálev byl připraven následujícím postupem: 15 g nahrubo namleté kávy bylo zalito 250 ml destilované vody. Od každého vzorku byly připraveny 2 nálevy. Všechny nálevy byly umístěny na 24 hodin do termostatu a uchovány při teplotě 5°C.

Pro přípravu kávy pomocí filtru V60 bylo naváženo od každého vzorku 15 g nahrubo mleté kávy. Do filtru byl vložen filtrační papír, který byl smočen studenou destilovanou vodou, která byla poté vylita do umyvadla. Následně byl do filtru nasypán vzorek, smočen 50 ml destilované vody a po uplynutí 30 sekund byl do filtru dolit zbývající objem. Za občasného míchání se káva nechala překapat. Pro každý vzorek byl postup opakován dvakrát. Extrakce trvala 3–5,5 minut. Na Obrázku 10 je vidět keramický filtr V60.

Obrázek 10: Ukázka přípravy překapávaného vzorku



Z každého nálevu (ze studeného i z překapaného) bylo odebráno 0,5 ml, doplněno na objem 50 ml. Z tohoto roztoku bylo odebráno 0,5 ml a převedeno do zkumavky, kam bylo následně přidáno 5 ml roztoku DPPH. Slepý pokus byl připraven smícháním 0,5 ml destilované vody a 5 ml roztoku DPPH. Všechny zkumavky byly inkubovány ve tmě po dobu 20 minut.

Pomocí spektrofotometru Thermo Scientific™ GENESYS™ 50 UV-Vis Spectrophotometer jsem proměřila všechny vzorky při vlnové délce 517 nm. Jako standard jsem použila destilovanou vodu. Změřené hodnoty jsou uvedeny v Tabulce 6.

Tabulka 6: Antioxidační aktivita (%inhibice dle vzorce(1)) vzorků výluhů mletých kávových zrn připravených za studena pomocí metody DPPH radikálem

	Světle pražená káva		Tmavě pražená káva	
	Ethiopia Dambi Uddo	Kenya Kiranga	Ethiopia Djimah Jasmin	Tanzánie AA Tanga
Zalévaná káva	36,7±3,0	31,4±6,9	34,0±2,0	25,9±2,1
Filtrovaná káva	21,5±1,4	20,3±3,1	18,3±40,9	14,5±0,7

Výsledky jsou vyjádřeny jako aritmetický průměr ±standardní odchylka (N=2)

## 2.2 Měření barevnosti kávy

### 2.2.1 Postup práce

Pro měření barevnosti byly použity nálevy z předchozího kroku, z měření antioxidační aktivity. Každý nálev jsme proměřili pomocí přístroje HunterLab ColorQuest XE (d/8°, 400-700 nm, celková transmittance) v křemenné kyvetě s optickou dráhou 10 mm. Hodnoty jsou uvedeny v Tabulce 7.

Tabulka 7: Barevnost vzorků připravených za studena a měřeno pomocí přístroje HunterLab ColorQuest XE

	Světle pražená káva				Tmavě pražená káva			
	Ethiopia Dambi Uddo		Kenya Kiranga		Ethiopia Djimah Jasmin		Tanzánie AA Tanga	
	Zalévaná káva	Filtrovaná káva	Zalévaná káva	Filtrovaná káva	Zalévaná káva	Filtrovaná káva	Zalévaná káva	Filtrovaná káva
L*	67,46±0,32	79,03±1,64	72,83±0,08	82,77±0,62	67,95±0,43	82,5±1,85	68,63±0,09	82,12±0,78
a*	27,69±0,35	14,82±2,34	22,34±0,14	10,68±1,02	25,03±0,33	10,26±2,36	25,04±0,09	10,86±0,78
b*	94,28±0,34	87,73±2,79	93,24±0,19	82,02±1,91	86,43±0,45	70,56±4,04	87,51±0,01	73,2±1,54

Výsledky jsou vyjádřeny jako aritmetický průměr ±standardní odchylka (N=2)

## 2.2 Výsledky a diskuze

### 2.2.1 Antioxidační aktivita

Káva, která byla připravena zalitím studenou vodou a ponechána 24 hodin v termostatu, měla celkově vyšší antioxidační aktivitu než káva připravená za studena pomocí filtru V60. Největší antioxidační aktivitu ze všech nálevů měl vzorek číslo 1 – světle pražená Ethiopia Dambi Uddo. Naopak nejmenší antioxidační aktivitu měl vzorek číslo 4 - tmavě pražená káva Tanzánie AA Tanga. U tohoto vzorku došlo k výraznému propadu hodnot antioxidační aktivity a to skoro o 10 %. Mezi vzorky tmavě pražené kávy měla vyšší antioxidační aktivitu káva pocházející z Etiopie. Mezi světle praženými vzorky měla vyšší antioxidační aktivitu káva Ethiopia Dambi Uddo. Nižší obsah antioxidantů má světle pražená Kenya Kiranga. Zajímavé je, že tato Keňa má nižší obsah antioxidantů než tmavě pražená Ethiopia Djimmah Jasmin a to dokonce o 3 %.

Obsah antioxidantů v kávě závisí na mnoha faktorech, například na místě pěstování, na způsobu zpracování, pražení i přípravy.

Vzorky, které byly připraveny pomocí filtru V60 dopadly stejně, nejvyšší antioxidační aktivitu měl vzorek 1 a nejmenší vzorek 4. Vzorky světle pražené kávy se lišili o jednotky procent. Tmavě pražená káva připravená pomocí filtru V60 měla nižší antioxidační aktivitu o desítky procent.

### 2.2.3 Barevnost kávy

Při porovnání souřadnic  $L^*$ , kávy, která byla připravena macerací přes noc, byl nejsvětlejší vzorek č. 2, Kenya Kiranga. Naopak nejtmavší byl vzorek č. 1 Ethiopia Dambi Uddo. Relativně srovnatelné hodnoty měly vzorky č. 1 a 3 – světle pražená Ethiopia Dambi Uddo a tmavě pražená Ethiopia Djimmah Jasmin. Při přípravě kávy pomocí filtru V60 byly hodnoty tohoto parametru skoro o 10 jednotek vyšší, černější než u předchozí přípravy. Nejméně světlý byl vzorek kávy č. 1 Ethiopia Dambi Uddo. Ostatní vzorky měli srovnatelné hodnoty, které se lišily v řádu setin.

Vzorky připravené macerací měli nejvyšší hodnotu souřadnice  $a^*$  u vzorku 1 – Ethiopia Dambi Uddo. Tato káva byla nejčervenější. Nejméně červený byl vzorek 2 – Kenya Kiranga. Oba vzorky tmavě pražené kávy měli podobné hodnoty této souřadnice, byly podobně červené. V porovnání metod, byla metoda pomocí filtru V60 méně červenější, hodnota

parametru  $a^*$  klesla skoro o 10 jednotek. Nejvyšší hodnotu z káv připravených pomocí V60 měl vzorek 1. Ostatní vzorky kávy byly podobně červené, hodnoty se lišily v řádu setin.

Nejžlutější káva byla připravena pomocí macerace ve vodě – vzorek číslo 1. O stupeň nižší hodnotu parametru  $b^*$  měl vzorek č. 2. Tmavě pražené kávy byly méně žluté, hodnoty měli menší skoro o 5 jednotek. Káva připravená pomocí filtru V60 měla hodnoty tohoto parametru nižší skoro o 10 jednotek. Světle pražená káva měla vyšší hodnoty parametru  $b^*$ . Vzorek číslo 1 měl nejvyšší hodnotu ze všech. Nejnižší hodnotu ze všech měl vzorek číslo 3.



## ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zabývá měřením a porovnáním antioxidační aktivity a barevnosti kávy připravené za studena. Káva je jedním z nejvíce konzumovaných nápojů světa a stále nejsou odhaleny všechny látky, které se ukrývají v tomto nápoji.

V první části se zabývám všeobecnými informacemi o kávě. O tom, kde se káva pěstuje, jak se zpracovává a jak se praží. Zkoumala jsem i chemické složení kávy, před pražením i po pražení. Pražení je základní proces, kterým prochází většina kávy, která je určena pro děláni výluhu z kávy. Ovšem na obsahu látek, které se z kávy vylouhují má velkou zásluhu hrubost namletí, zvolená příprava, tvrdost i teplota vody a v neposlední řadě i ruce člověka, který kávu připravuje.

Ve druhé části jsem měřila barevnost kávy pomocí přístroje HunterLab ColorQuest XE. Barevnost může mít vliv na kvalitu nápoje. Je to důležitý ukazatel kvality potravin. Tento parametr ovlivňuje i očekávání zákazníka, jakou bude mít nápoj chuť nebo jestli mu naopak nebude chutnat. Zanalyzovala jsem všechny vzorky připravené oběma způsoby. Hodnoty parametru  $L^*$  byly výrazně vyšší u kávy připravené macerací, naopak parametr  $a^*$  měl vyšší hodnoty u kávy připravené pomocí V60. Poslední parametr  $b^*$  byl relativně podobný u obou příprav kávy.

Antioxidační aktivitu jsem měřila metodou DPPH. Toto měření ukázalo, že káva připravená louhováním přes noc, měla vyšší antioxidační aktivitu než káva připravena pomocí V60. Čím vyšší antioxidační účinky káva má, tím větší má vliv na příznivé účinky nápoje. Nejlépe dopadl vzorek číslo 1 – světle pražená Etiopie připravená macerací přes noc. Nejmenší antioxidační aktivitu měla tmavě pražená káva z Tanzánie připravena pomocí filtru V60.

## POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Augustín Jozef, U kávy o kávě a kávovinách, Přeložila Katarína Kašpárková Koišová a Ondřej Elbel, Brno, Jota, 2016. ISBN 978–80–7462–850–4
- [2] Exportní měsíční statistika (září 2019 i 2020, říjen/září – 2018/19 i 2019/2020)  
International Coffee Organization. In: International Coffee Organization [online].  
London: International Coffee Organization, 2020, [cit. 2020–12–09]. Dostupné z:  
<http://www.ico.org/prices/m1-exports.pdf>
- [3] Arabica and Robusta Coffee Plant. Coffeeresearch.org [online]. 2006, [cit. 2021-5-20].  
Dostupné z: <http://www.coffeeresearch.org/agriculture/coffeeplant.htm>
- [4] Davies Veselá Petra, Kniha o kávě: průvodce světem kávy s recepty na její přípravu, Praha, Smart Press, 2010. ISBN 978–80–87049–34–1.
- [5] A. Farah, 15 - Coffee as a speciality and functional beverage, Functional and Speciality Beverage Technology, 1. vydání, editor: Paul Paquin, Woodhead Publishing, 2009, 370–395, ISBN 9781845693428, Dostupné z: <https://doi.org/10.1533/9781845695569.3.370>
- [6] Rinantonio Viani, Coffee, Ulmann´s encyklopedia of industrial chemistry, Associatino Scientifique International du Café Asic, 1802, Corseaux, Switzerland, 7. vydání, E. Barbara Elvers, VCH: Weinheim, Germen 2011, sv. 9, str. 480–495, ISBN: 978–3–527–32943–4
- [7] Gerald S. Wasserman, Allan Bradbury, Theodore Cruz, Simon Penson, Kraft Foods Corporation; Coffee, Kirk – Othmer Encyklopedia of Chemical Technology, 5. vydání, Azra Seidel, John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, sv. 7, str.250–271, ISBN: 0–471–48516–0
- [8] Kathryn Williamson, Emmanuel Hatzakis, Evaluating the effect of roasting on coffee lipids using a hybrid targeted-untargeted NMR approach in combination with MRI, Food Chemistry, 299, 2019, 125039, ISSN 0308-8146, dostupné z:  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125039>.
- [9] Bujdošová Zuzana, Sobeková Anna, Süli Judit, Hrušková Tatiana, Zloženie potravín a potravinových surovín, Tuřany, Osveta, 2019. ISBN 978–80–8063–475–9

- [10] The merc index online, Royal Society of Chemistry 2015, záznam M2909. Dostupné z <https://www.rsc.org/Merck-Index/monograph/m2909/caffeine?q=authorize>.
- [11] Górecki M., Hallmann E., The Antioxidant content of coffee and its *in vitro* activity as an effect of its production method and roasting and brewing time Antioxidants, 9(4), 2020, 308,ISSN 2076-3921. dostupné z: <https://doi.org/10.3390/antiox9040308>
- [12] Velíšek Jan, Hajšlová Jana, Chemie potravin II., 3. vydání, 2009, Tábor: Osis, ISBN 978-80-86659-16-9
- [13] He-Ya Wang, He Qian, Wei-Rong Yao, Melanoidins produced by the Maillard reaction: Structure and biological activity, Food Chemistry, 128 (3), 2011, 573-584, ISSN 0308-8146, dostupné z:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.03.075>
- [14] Wolska J., Janda K., Jakubczyk K., Szymkowiak M., Chlubek D., Gutowska I., Levels of Antioxidant Activity and Fluoride Content in Coffee Infusions of Arabica, Robusta and Green Coffee Beans in According to their Brewing Methods. Biological Trace Element Research, 179, 2017, strany 327-333. ISSN 0163-4984. dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12011-017-0963-9>
- [15] Janda K., Jakubczyk K., Baranowska-Bosiacka I., Kapczuk P., Kochman J., Rebacz-Maron E., Gutowska I., Mineral Composition and Antioxidant Potential of Coffee Beverages Depending on the Brewing Method. Foods, 9(2), 2020, 327-333, ISSN 2304-8158, dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods9020121>
- [16] Zhou A., Hyppönen E., Habitual coffee intake and plasma lipid profile: Evidence from UK Biobank, Clinical Nutrition, 40 (6), 2021, 4404-4413, ISSN 0261-5614, dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2020.12.042>
- [17] Velíšek J., Hajšlová J., Chemie potravin I., 3. vydání, 2009, Tábor: Osis, 158-160; 183-184 s, ISBN: 978-80-86659-15-2
- [18] Khan I. T., Nadeem M., Antioxidant properties of milk and dairy products: a comprehensive review of the current knowledge, Lipids in Health and Disease,18, 2019, 41, dostupné z: <https://doi.org/10.1186/s12944-019-0969-8>

- [19] Praveen Kumar P., Kumaravel S., Lalith C., Screening of antioxidant activity, total phenolics and GC-MS study of *Vitex negundo*, African Journal of Biochemistry Research. 2010, 4 (7), 191-195.
- [20] Pyrzynska K., Pekal A., Application of free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) to estimate the antioxidant capacity of food samples. Analytical Methods, 5(17), 4288-4295. dostupné z <https://doi.org/10.1039/C3AY40367J>
- [21] Lopes G.R., Ferreira A.S., Pinto M., Passos C.P., Coelho E., Rodrigues C., Figueira C., Rocha S. M., Nunes F. M., Coimbra M. A., Carbohydrate content, dietary fibre and melanoidins: Composition of espresso from single-dose coffee capsules, Food Research International, 89 (2), 2016, 989-996, ISSN 0963-9969, dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.01.018>
- [22] Chun Y., Ko Y.G., Do T., Jung Y., Kim S. W., Choi U. S., Spent coffee grounds: Massively supplied carbohydrate polymer applicable to electrorheology, Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 562, 2019, 392-401, ISSN 0927-7757, dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2018.11.005>
- [23] M. Korhoňová, K. Hron, D. Klimčíková, L. Müller, P. Bednář, P. Barták, Coffee aroma—Statistical analysis of compositional data, Talanta, 80(2), 2009, 710-715, ISSN 0039-9140, dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2009.07.054>.
- [24] Derossi A, Ricci I, Caporizzi R, Fiore A, Severini C. How grinding level and brewing method (Espresso, American, Turkish) could affect the antioxidant activity and bioactive compounds in a coffee cup, Journal of the Science of Food and Agriculture, 98(8), 2018, 3198-3207, dostupné z: <https://doi.org/10.1002/jsfa.8826>
- [25] Angeloni G., Guerrini L., Masella P., Innocenti M., Bellumori M., Parenti A., Characterization and comparison of cold brew and cold drip coffee extraction methods, Journal of the Science of Food and Agriculture, 2018, 99(1), 391-399, ISSN 0022-5142, dostupné z: <https://doi.org/10.1002/jsfa.9200>

- [26] Odello L., Milovník kávy, přeložila Cardová K., Dobrovský s.r.o., Praha, 2020, ISBN 978-80-7642-053-3.
- [27] Portela C. da S., Almeida I. de F., Mori A. L. B., Yamashita F., Benassi M.de T., Brewing conditions impact on the composition and characteristics of cold brew Arabica and Robusta coffee beverages, LWT, 143, 2021, 111090, ISSN 0023-6438, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111090>
- [28] *Kave spolupráce: Espresso v každé botě aneb tenisky vyrobené z kávového lógru* [online]. Holešov: Kave, 2020 [cit. 2020-12-21], dostupné z: <https://www.kavefootwear.com/spoluprace/coffeespot/>
- [29] *Čekanka obecná – léčivka, kterou najdete takřka všude* [online]. 2019 [cit. 2020-11-25], dostupné z: <https://www.bylinkovo.cz/cekanka-obecna/>
- [30] D.B Macdougall, 13 - Colour measurement of food: principles and practice, Editor(s): M.L. Gulrajani, In Woodhead Publishing Series in Textiles, Colour Measurement, Woodhead Publishing, 2010, 34-60, 81-113, 312-342, ISBN 9781845695590
- [31] Opekar F., Jelínek I., Rychlovský P., Plzák Z.; *Základní analytická chemie*, Karolinum, 2010