

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra pedologie a ochrany půd



**Příjem kofeinu v závislosti na druhu kávy
a způsobu přípravy**

Diplomová práce

Ing. Anna Švecová

Výživa a potraviny (AMD)

doc. Ing. Ondřej Drábek, Ph.D.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Příjem kofeinu v závislosti na druhu kávy a způsobu přípravy" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 24. července _____

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala panu doc. Ing. Ondřeji Drábkovi, Ph.D. za jeho odborné vedení, cenné rady, vstřícnost při konzultacích, ochotu a trpělivost při zpracovávání této diplomové práce. Dále bych chtěla poděkovat svým rodičům za jejich neochvějnou podporu při studiu a v neposlední řadě Ing. Josefu Soukupovi a Tomáši Kombercovi.

Příjem kofeinu v závislosti na druhu kávy a způsobu přípravy

Souhrn

Káva je jedním z nejčastěji konzumovaných nápojů na světě. Účinky kávy, pro které si ji mnozí oblíbili, způsobují tři alkaloidy, z nichž nejznámější je určitě kofein. Kofein je nejrozšířenější psychostimulační drogou na světě a na jeho celkovém denním příjmu se káva podílí zhruba z 80 %.

Biochemické složení výsledného šálku ovlivňuje mnoho faktorů. Z teoretických poznatků vyvstaly jako nejdůležitější faktory ovlivňující množství extrahovaných sloučenin (včetně obsahu kofeinu) – způsob přípravy kávy, odrůdy kávovníku, výrobní postupy, velikosti částic podle stupně namletí, teplota, čas extrakce aj.

Právě káva a alternativní kávové nápoje byly hlavními zkoumanými zdroji kofeinu této diplomové práce. Byly vybrány nejoblíbenější způsoby přípravy kávy v kavárnách či domácnostech. Každý způsob přípravy kávy byl proveden pro ni typickým postupem, s nejběžnější navázkou, objemem použité vody a stupněm mletí zrn. Byl sledován obsah kofeinu u osmi způsobů příprav, na které byly použity tři komerčně dostupné druhy zrnkových káv o třech různých stupních pražení – světle, středně a tmavě. Dále byly analyzovány dva typy kávy z kapslových kávovarů, dva druhy instantní kávy a káva ze školního automatu. Pro zajímavost byly analyzovány i tři alternativní kávové nápoje s obsahem kofeinu, které se mohou podílet na celkovém denním příjmu kofeinu. Všechna testování proběhla v triplikátech.

Kofein byl stanoven pomocí vysokoúčinné kapalinové chromatografie. Hladiny kofeinu se statisticky významně lišily v závislosti na různých kombinacích variant způsobu přípravy a stupně pražení. Samostatný vliv stupně pražení na obsah kofeinu však u většiny způsobů příprav prokázán nebyl. Nejvýznamnějším zdrojem kofeinu se ukázala příprava espresso, a to z hlediska koncentrace i množství na jednu porci kávového nápoje. Průměrná koncentrace kofeinu v kávových nápojích (vyjma kávové alternativy Kombucha) byla 180 mg na 100 ml. Rozpětí koncentrací kofeinu bylo však 48,2–873 mg na 100 ml. Rozdíly v obsahu kofeinu na uvedené porce byly také významné, a to 51,4–262 mg.

Z teoretických východisek vyplynulo, že pH kávy koreluje s vnímanou kyselostí kávy. Právě pH bylo u každého kávového nápoje pro zajímavost zjištěno. Celkově lze hodnotit, že stupeň pražení má zřejmý vliv na pH, a to pokaždé s rostoucí tendencí pH se zvyšujícím se stupněm pražení. Z celkové škály vzorků byly výraznými extrémy alternativní nápoje Kombucha a Mazagrande, které mají pH téměř o tři stupně nižší než nejméně kyselý nápoj Mr. Brown se svými 6,20. Kávy připravené zbylými způsoby měly pH odpovídající hodnotám 5,03–5,80.

Klíčová slova: káva, kofein, metabolismus, příprava kávy, druhy kávy, pH

Caffeine intake depending on the type of coffee and method of preparation

Summary

Coffee is one of the most commonly consumed beverages in the world. The effects of coffee, for which many have liked it, are caused by three alkaloids, the most famous of which is certainly caffeine. Caffeine is the most widespread psychostimulant drug in the world and coffee accounts for about 80 % of its total daily intake.

The biochemical composition of the resulting cup is affected by many factors. From the theoretical knowledge emerged that the most important factors influencing the amount of extracted compounds (including caffeine content) are the method of coffee preparation, coffee tree varieties, production processes, particle sizes according to the degree of grinding, temperature, extraction time, etc.

It was coffee and alternative coffee drinks that were the main sources of caffeine researched in this thesis. The most popular ways of making coffee in cafes or households were selected. Each method of coffee preparation was carried out in a typical manner, with the most common weighing, the volume of water used and the degree of grinding of the grains. The caffeine content of eight preparation methods was monitored, using three commercially available types of coffee beans with three different degrees of roasting – light, medium and dark. Furthermore, two types of coffee from capsule coffee machines, two types of instant coffee and coffee from a school vending machine were analyzed. For a comparison, three alternative caffeinated coffee beverages were also analyzed, which may contribute to the total daily caffeine intake. All tests were performed in triplicate.

Caffeine was determined by high performance liquid chromatography. Caffeine levels varied statistically significantly depending on different combinations of preparation methods and degree of roasting. However, the separate effect of the degree of roasting on the caffeine content has not been demonstrated for most preparation methods. The most important source of caffeine was proved to be the preparation of espresso, both in terms of concentration and per serving of coffee beverage. The average concentration of caffeine in coffee beverages was 180 mg in 100 ml. However, the range of caffeine concentrations (excluding coffee alternatives) was 48,2–873 mg in 100 ml. Differences in caffeine content per serving were also significant, 51,4–262 mg.

Theoretical background showed that the pH of coffee correlates with the perceived acidity of coffee. The pH of each coffee beverage was measured as a matter of interest. Overall, it can be assessed that the degree of roasting has an obvious effect on the pH – the increasing tendency of the pH correlates with increasing degree of roasting. Of the total range of samples, significant extremes were the alternative drinks Kombucha and Mazagrande, which have a pH almost three degrees lower than the least acidic drink Mr. Brown with his value 6.20. The coffees prepared by the remaining methods had a pH corresponding to 5.03–5.80.

Keywords: coffee, caffeine, metabolism, coffee brewing, types of coffee, pH

Obsah

1 Úvod	1
2 Vědecké hypotézy, cíle práce a metodika	2
2.1 Hypotézy	2
2.2 Cíle práce	2
2.3 Metodika	2
3 Literární rešerše	3
3.1 Kávová kultura	3
3.2 Botanické zařazení kávovníků	4
3.3 Druhy kávovníků	4
3.3.1 Arabica	5
3.3.2 Robusta	6
3.4 Technologie zpracování kávovníkových bobulí	6
3.4.1 Izolace kávovníkových zrn	6
3.4.2 Pražení kávy	7
3.4.3 Mletí kávovníkových zrn a následná extrakce	9
3.5 Složení kávy	9
3.5.1 Akrylamid	10
3.5.2 Kofein	11
3.6 Senzorické vlastnosti kávy	12
3.7 pH kávy	13
3.8 Farmakologie, metabolismus a mechanismus účinku kofeinu	13
3.8.1 Shrnutí vlivu kofeinu na kognitivní výkon	15
3.8.2 Shrnutí vlivu kofeinu na fyzický výkon	15
3.8.3 Dávkování kofeinu	16
3.9 Vliv kávy na lidský organismus	16
3.9.1 Mýty o kávě	17
3.9.1.1 Káva a dehydratace	17
3.9.1.2 Káva a překyselení organismu	17
3.9.1.3 Káva a mléko	18
3.9.1.4 Káva/kofein a tolerance	18
3.10 Deionizovaná vs. kohoutková voda	18

3.11	Délka louhování a vliv na obsah kofeinu v kávě.....	19
3.12	Nejznámější způsoby přípravy kávy.....	19
3.12.1	Filtrovaná/překapávaná káva.....	20
3.12.2	French press.....	20
3.12.3	„Český turek“.....	21
3.12.4	Espresso v konvičce moka.....	21
3.12.5	Studená extrakce.....	22
3.12.6	Turecká káva.....	22
3.12.7	Espresso.....	23
3.12.8	Kapsle.....	25
3.12.9	Instantní káva.....	25
3.12.10	Dekofeinovaná káva.....	25
4	Materiál a metody.....	26
4.1	Testované kávy.....	26
4.1.1	Metody způsobu přípravy.....	27
4.1.1.1	French press.....	27
4.1.1.2	„Český turek“.....	28
4.1.1.3	Espresso v konvičce moka.....	28
4.1.1.4	Studená extrakce.....	28
4.1.1.5	Filtrovaná/ překapávaná káva.....	28
4.1.1.6	Turecká káva.....	28
4.1.1.7	Espresso.....	28
4.1.1.8	Kapsle.....	29
4.1.1.9	Instantní káva.....	29
4.1.1.10	Kávové nápoje.....	29
4.1.1.11	Školní automat.....	29
4.2	Analytické metody.....	29
4.2.1	Stanovení kofeinu.....	29
4.2.2	Stanovení pH.....	30
4.3	Statistické vyhodnocení.....	30
5	Výsledky.....	31
5.1	Obsah kofeinu.....	31
5.2	Hodnoty pH.....	34

5.3	Statistické vyhodnocení.....	36
5.3.1	Statistické vyhodnocení obsahu kofeinu	36
5.3.2	Statistické vyhodnocení pH.....	37
5.3.3	Shrnutí statického vyhodnocení.....	40
6	Diskuse	41
7	Závěr	47
8	Literatura.....	48
9	Seznam použitých zkratk a symbolů	60
10	Samostatné přílohy	I

1 Úvod

Kofein je nejrozšířenější psychostimulační drogou na světě a většinou se konzumuje ve formě kávy. Káva, respektive kávový nápoj připravený z plodů kávovníku, je synonymem nejrůznějších společenských událostí. Existují však rozporuplné závěry o tom, zda je její konzumace pro zdraví prospěšná či naopak škodlivá, a to nehledě na množství přijaté kávy nebo konkrétně přijatého kofeinu do organismu.

Denní příjem kofeinu a typ konzumovaných kofeinových produktů se po celém světě značně liší s pohlavím, věkovými skupinami, kulturními návyky i úrovní finančního příjmu domácností. V dnešní době si můžeme kávu připravit podle mnoha klasických či zcela netradičních návodů k přípravě, proto je hlavním cílem této práce zjištění obsahu kofeinu v závislosti na druhu kávy a způsobu přípravy kávového nápoje, a tím pro konzumenty zajištění možnosti přehlednějšího zjištění celkového denního příjmu kofeinu z nejrůznějších kávových nápojů. Dále pak porovnání odchylek v obsahu kofeinu u našich příprav a jiných proběhlých výzkumů, a také komparace s obecnými doporučeními příjmu kávy ve smyslu množství kofeinu.

2 Vědecké hypotézy, cíle práce a metodika

2.1 Hypotézy

- Obsah kofeinu se liší podle druhu kávy
- Způsob přípravy má vliv na obsah kofeinu v kávovém nápoji
- Příjem množství kofeinu za časovou jednotku závisí na zvycích konkrétního konzumenta kávy

2.2 Cíle práce

Cílem práce je zjištění obsahu kofeinu v závislosti na druhu kávy a způsobu přípravy kávového nápoje a následné vyhodnocení experimentálně zjištěných hodnot. Dále porovnání rozdílů příjmu kofeinu v závislosti na rozdílných zvycích konzumentů.

2.3 Metodika

Metodou vysokoúčinné kapalinové chromatografie budou analyzovány vzorky jednotlivých kávových nápojů. U stejných vzorků bude změřeno i pH. Statistickými metodami budou zhodnoceny rozdíly v obsahu kofeinu a pH v kávě v závislosti na druhu kávy a způsobu přípravy.

3 Literární rešerše

3.1 Kávová kultura

Slovo káva pochází z arabského „gahwah“, což v překladu znamená vzrušení a sílu. Jinak se také kávě říká „arabské víno“, jelikož se muslimové po celém světě věnují velké konzumaci tohoto nápoje, a to také z důvodu, že korán zakazuje alkohol. Na kávových plantážích neroste káva, nýbrž kávovník, který plodí červené ovocné plody (Garg 2016). Správně by tedy měl být za kávu považován pouze finální produkt, potravinářská pochutina v tekutém stavu připravena k okamžité konzumaci (ČTPP 2017).

Káva je synonymem různých společenských událostí doma či v zaměstnání. Je až neuvěřitelné, že spotřeba kávy například ve Francii je i větší než spotřeba vína (Augustín 2016). Spotřeba zrnkové kávy na území České republiky se dlouhodobě pohybuje okolo dvou kilogramů na osobu (ČSÚ 2019). V roce 2019 lidé ve věku 70 a více let denně vypili ve Spojených státech asi 2,37 šálků kávy na hlavu, což z nich činí věkovou skupinu, která v daném roce vypila nejvíce kávy. Ve stejném roce byla nejoblíbenější metodou přípravy překapávaná káva (Bedford 2020). Podle průzkumu auditorské společnosti KPMG (2017) o nákupním chování kupují Češi nejvíce kávu instantní, následuje káva mletá, po ní káva zrnková a pak kapsle. Výzkum se také zabýval ovlivněním nákupu konkrétních druhů kávy čistým osobním příjmem jednotlivce. Pro koupi instantní kávy se nejčastěji rozhodují lidé z nižších příjmových kategorií, u nejvyšších se pak jedná o nákup kapslí do kávovarů. Agentura zjistila i závislost na velikosti místa bydliště. Podle této analýzy mletou kávu kupuje každá druhá domácnost v městech do 4 999 obyvatel. Fair trade kávu nakupuje pouze sedm procent Čechů a znalost fair trade kávy významně negativně koreluje s věkem. Respondenti mezi 18–24 lety o ní mají tušení ze 70 % a v kategorii 55–64 let o ní slyšelo jen 43 %.

Za posledních 50 let se světová spotřeba kávy zvýšila na téměř 10,3 mil. tun (v roce 2019). Nejvyšší spotřeba kávy je v Americe, Evropě a Japonsku. Evropská unie je odpovědná za největší objem spotřeby (asi 28 % celkové světové spotřeby), ale USA jsou první spotřebitelskou zemí (asi 16 %). Vzhledem k těmto údajům není těžké připustit, že káva je hlavním přispěvatelem příjmu kofeinu ve většině zemí po celém světě (Depaula & Farah 2019; ICO 2020).

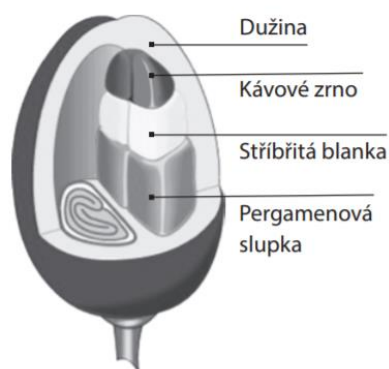
Denní příjem kofeinu a typ konzumovaných kofeinových produktů se po celém světě značně liší s pohlavím, věkovými skupinami, kulturními návyky a úrovní finančního příjmu domácností. V průzkumu příjmu kofeinu za den provedeném v roce 2015 (Mitchell et al. 2015) ve Spojených státech, dospělí konzumovali v průměru 152 mg kofeinu a starší 65 let až 207 mg kofeinu. Méně konzumovali dospívající (83,2 mg) a děti (30,3 mg). Americká populace (bez ohledu na věkové skupiny) spotřebuje 165 mg kofeinu za den, přičemž káva tvoří 64 % tohoto čísla. V roce 2015 byla Evropským úřadem pro bezpečnost potravin (EFSA 2015a) vypracována komplexní databáze spotřeby potravin. Součástí byl výpočet příjmu kofeinu, kde byla káva v průměru hlavním zdrojem celkového příjmu kofeinu pro dospělé (78 %) a starší osoby (84 %). Skandinávské země patřily mezi největší spotřebitele v EU (Mitchell et al. 2015; Depaula & Farah 2019).

3.2 Botanické zařazení kávovníků

Kávovníky patří mezi početnou skupinu nižších tropických rostlin. Byly popsány stovky druhů (např. *arabica*, *liberica*, *canephora*, *excelsa*, *stenophylla*, *affinis*, *congensis* apod.) a dalších regionálních odrůd, ale taxonomická klasifikace rodu *Coffea* spp. se stala velmi složitou a poněkud zmatenou (Charrier & Berthaud 1985). Klasifikace se často shodují pouze v zařazení kávovníku do čeledi *Rubiaceae* (mořenotvaré) (Charrier & Berthaud 1985; Heywood et al. 1993; Valíček 2002; Augustín 2016).

Kávovníková zrna jsou semena dřevnatých kávovníkových stromů nebo keřů mající malé bílé květy, červené plody (bobule) a sytě zelené listy. Jako jedna z mála rostlin může mít v jednom období květy i plody. Koloběh dozrávání se v průběhu roku neustále opakuje. Kávovníky se mohou rozmnožovat dvěma způsoby, a to vyséváním semen nejlepších rostlin nebo více preferovaným vegetativním způsobem – pomocí řízků, kde je každý jedinec s původní rostlinou geneticky identický. Další (méně častá) metoda klonování se používá při vědeckých výzkumech (Augustín 2016).

Výška rostlin rodu *Coffea* se pohybuje od nízkých keřů po patnácti metrové stromy. Mají paralelní párové boční větvení a pro spodní větve je typická tendence klonit se směrem k zemi. Tvary listů kávovníku bývají velice rozmanité, všechny však mají voskový povrch a bipolární listovou strukturu. Z vylouhovaných listů kávovníku lze připravit nápoj podobný zelenému čaji. Podle Ratanamarno & Surbkar (2017) listy obsahují až 1,8–3,2 mg.g⁻¹ kofeinu. Květy jsou bílé barvy a hvězdovitého tvaru a nacházejí se na rostlině v trsech. Rostliny kávovníku kvetou pouze několik dní a po odkvětu se zhruba po sedmi měsících postupně začínají vyvíjet plody. Rostliny jsou schopné plodit po třech až šesti letech od výsadby. Z oplozených květů kávovníků se vyvíjejí zelené bobule a dozrávají až do hnědých bobulí s fialovým nádechem. Každá bobule nejčastěji obsahuje dvě zrnka obrácená plochými stranami k sobě (Augustín 2016; Depaula & Farah 2019). Konkrétnější stavba bobule je přiblížena na Obrázku 1.



Obrázek 1: Složení plodu kávovníku (ČTPP 2017)

3.3 Druhy kávovníků

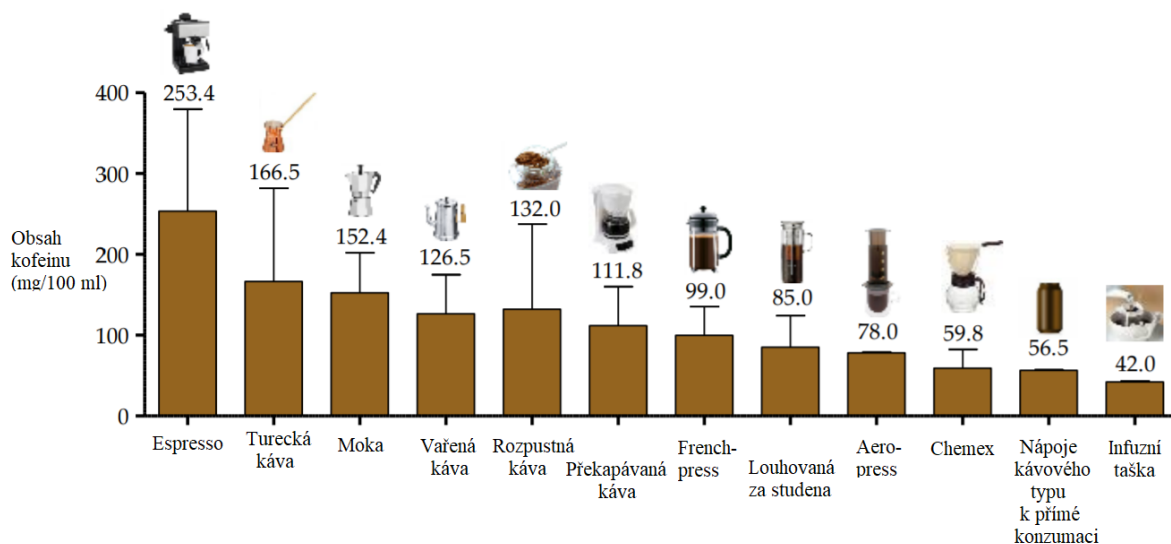
Ze všech rodů kávovníku, jejichž zrna jsou sbírána a následně zpracovávána, jsou nejdůležitějšími druhy *Coffea arabica* (arabica) a *Coffea canephora* (robusta). Oba druhy se

dlouhodobě šlechtí pro vyšší úrodnost, kvalitu a odolnost (Charrier & Berthaud 1985; Valíček 2002).

Podle Organizace spojených národů (OSN) je přibližně 60 % světové produkce kávy arabica, 30–35 % připadá levnější robustě (toto procento se však stále zvyšuje, jelikož je robusta výnosnější). Arabica je obecně považována za velice kvalitní, a tedy i dražší (FAO 2015).

Jednoduše lze říct, že jsou nejčastěji aplikované dva způsoby výběru kávy. Prvním je používání tzv. komoditních zrn kávovníku, jejichž výhodou je stabilita senzoričkových vlastností. Mimo předpoklad, že šálek bude chutnat stále stejně, je výhodou i nižší cena, tedy velká podpora ze strany dodavatele. Na každé šarži zrn však nemusí být podrobnější informace o původu apod., jako tomu je u druhého typu, tzv. výběrových kávovníkových zrn. V tomto případě je znám původ zrn, mnohdy i informace o zemi, plantáži a dokonce i jména farmáře. Taková zrna jsou však sezónním produktem nabízející k vyzkoušení něco nového a zajímavého (Ling et al. 2001; Augustín 2016).

Obsahy kofeinu se v různých kávových zrnech liší a pohybují se od jednoho do dvou procent. Druh arabica obsahuje 1,2–1,4 % a robusta o něco více – 1,2–3,3 % kofeinu. Existují i druhy kávovníků, které obsahují jen velmi malé množství kofeinu nebo jsou pro tento účel šlechtěny. Obsah kofeinu ve výsledném šálku se liší i podle způsobu přípravy kávy (Depaula & Farah 2019). Obrázek 2 ukazuje právě variabilitu obsahu kofeinu mezi různými způsoby přípravy kávy. Hodnoty jsou uvedeny na 100 ml a pro srovnání spotřeby na jednu porci je třeba vzít v úvahu různé existující velikosti šálků používaných pro různé typy káv.



Obrázek 2: Variabilita obsahu kofeinu v závislosti na způsobu přípravy (upraveno podle Depaula & Farah 2019)

3.3.1 Arabica

Coffea arabica je samosprašná rostlina, zrna má podlouhlá a úzká a je pro ni typický zaoblený profil ve tvaru písmene „S“. Bobule zrají od šesti do devíti měsíců a nejlépe se jim daří při teplotách mezi 15–24 °C. Má ovocnou chuť s kyselým náznakem a velmi malou

hořkostí. Na trhu se nejčastěji objevují její dvě nejznámější varianty *Coffea arabica varietata typica* a *Coffea arabica varietata bourbon* (Garg 2016; Depaula & Farah 2019).

3.3.2 Robusta

Coffea canephora není samosprašnou rostlinu. Zrna má okrouhlejší s typickým špičatým koncem a rovným řezem. Plody dozrávají 10–11 měsíců. Chuť je hořká, kořenitá, obsahuje více kofeinu a snáší vyšší teploty (až do 30 °C). Je vhodná k pěstování v nižších nadmořských výškách, je odolnější než *Coffea arabica*, výnosnější, levnější a méně kvalitní (Garg 2016; Depaula & Farah 2019).

3.4 Technologie zpracování kávovníkových bobulí

Produktivita rostlin se odhaduje na 30–40 let a životnost až na 100 a více let. Každý kávovníkový keř či strom vydá podle hrubého statistického odhadu v průměru 0,5–1,5 kg zrn ročně. Na jednom hektaru průměrných plantáží se nachází asi 1500 rostlin a jejich odhadovaná výnosnost je 0,55 t.ha⁻¹. Z 30 % se na světové produkci podílí Brazílie a z 20 % Vietnam. Dále jsou významnými producenty Kolumbie, Indonésie, státy Jižní a Střední Ameriky. Neméně významnými producenty jsou státy Afriky, například Etiopie, které se dokonce připisuje původ kávovníků, či Keňa. Kávovníky se pěstují na kyselých půdách. Ideální pH půdy se pohybuje mezi 4,2–5,1 a ideální vzdušná vlhkost se udává 90 %. Na úrodu má vliv i rozdíl v pěstování kávovníků ve stínu či na přímém slunci. Pěstování mezi stínícími rostlinami znamená sice nižší výnosy než na slunci, ale za to pravidelnější úrodu. Stínící rostliny totiž vyrovnávají teplotní změny mezi dnem a nocí, udržují stálější vlhkost, chrání kávovníky proti větru a zamezují růstu plevelu. Z půdy sice okolní rostliny odčerpávají minerální látky, ale zase je odpadem ze své organické hmoty vracejí zpět (Garg 2016; ČTPP 2017; Davídek 2018).

3.4.1 Izolace kávovníkových zrn

Kávovníkové bobule se zpracovávají bezprostředně po sklizni. Toto získávání zelených kávovníkových zrn je rozhodující výrobní etapou mající vliv na konečnou chuť a cenu zrn. Zelená zrna jsou na začátku procesu tříděna podle jejich velikosti a poté hustoty a odděleny jsou též cizí předměty. Obecně existují dvě základní izolace kávovníkových zrn – suchou a mokrou cestou. Suchý postup patří mezi nejlevnější a nejstarší. Bobule postupně vysychají na vzdušném místě, kam dopadají přímo sluneční paprsky. S občasným provzdušňováním, obvykle ručním, tento proces trvá zhruba měsíc a obsah vlhkosti v bobulích klesne až na 12 %. Vyšší vysušení znamená vyšší náchylnost zrna k poškození při dalších procesech, a naopak nedostatečné vysušení vede k ohrožení zrn různými infekcemi. Po vysušení následují procesy loupání, třídění, a nakonec odpočívání zrn v silech. „Odpočaté“ kávy jsou výraznější na chuti a mají takzvané silnější tělo (Augustín 2016). Při mokrému postupu zpracování kávových bobulí se velmi šetrným způsobem, proudem vody podle rozdílů hmotnosti, oddělí nezralé, jinak poškozené plody i jejich obaly. Tímto je dosaženo vyšší kvality, avšak s vyššími náklady. Dále zrna 12–72 hodin fermentují pomocí bakterií (např. rody *Lactobacillus*, *Leuconostoc* či *Lactococcus*) nejčastěji v betonových nádržích. Zrno je tak zbaveno slizkosti, je tuhé a obsahuje asi 50 % vody. Na požadovanou vlhkost se zrna suší zhruba 12–15 dní. Zrna

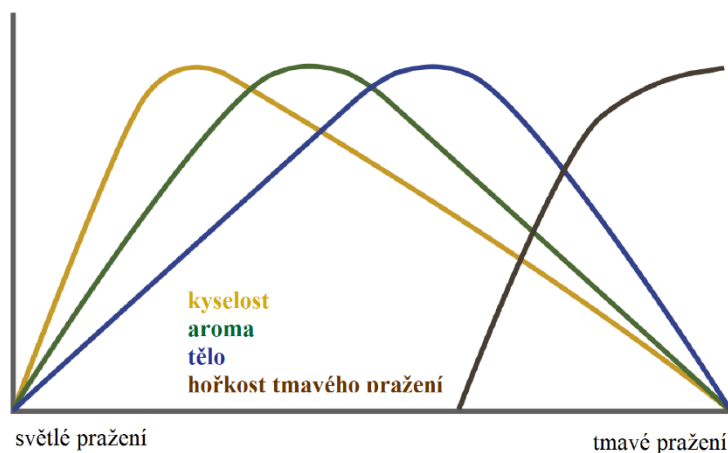
zpracovávaná mokrým způsobem jsou kyselé chuti, svěží až s ovocným nádechem (Zhang et al. 2019). Následujícím krokem je přebírání hnijících, barevně nevyrovnaných, příliš fermentovaných a nevyloupaných kávovníkových zrn. Tyto operace jsou zpravidla prováděny vizuálně a ručně. Poté jsou zrna přesunuta do takzvaných leštiček, kde jsou zrna zbavena stříbrné blanky a stávají se tak atraktivnějšími, avšak kvalitu zrn tento proces neovlivňuje (Augustín 2016; De Bruyn et al. 2016; Zhang et al. 2019).

Chuťové a aromatické vlastnosti, ale i celkový dojem, hodnotí experti v laboratořích. Zrno je očištěno a spařeno horkou vodou. Po takovémto dalším roztržení experty jsou zrna balena do jutových nebo sisalových pytlů (20–90 kg) a připravována k expedici. Pokud jsou zrna správně zpracována a uskladňována, mohou vydržet do pražení až deset let. Skladovány jsou v silech nebo žocích. Ideální uložení zrn je na dřevěných paletách nejméně deset centimetrů nad zemí, 15 cm od bočních zdí, v suchém, čistém, chladném a dobře větratelném prostoru. Měla by být chráněna před přímým slunečním svitem, teplota by neměla přesáhnout 20 °C a relativní vlhkost vzduchu 70 % (CDC 2017).

3.4.2 Pražení kávy

Charakteristické vlastnosti kávovníkových zrn jsou získávány klíčovým procesem – pražením. Jihoameričané používají horkovzdušná pražicí zařízení, v Evropě jsou spíše využívány speciální pražicí rotující bubny. Dnes jsou moderní plně automatizované pražírny. Každý druh kávovníkového zrna vyžaduje jinou teplotu i délku pražení. Během pražení zelená zrna pod teplotami 200–250 °C mění své chemické složení (ČTPP 2017). Zkušený pražič z každé šarže nejprve upraží malé zkušební množství. Tento proces trvá až 15 min a probíhá při teplotě 160–250 °C, poté je připraven extrakt horkou vodou, který je degustován odborníky (Chindapan et al. 2019). Neexistují přesné standardy ke klasifikaci pražení. Hlavním cílem této zkoušky je nalezení optimálního profilu pro daný druh kávovníkového zrna. Zrno reaguje na teplotu při pražení pronikáním olejů na jejich povrch, kde jejich rozkladem spolu s rozkladem sacharidů vznikají kávové esence. Jde o syntézu několika set těkavých látek rozpustných ve vodě, které jsou nositelkami chutě a vůně kávy (Davidek 2018). Při příliš prudkém pražení zoxidované oleje vyvolávají až nepříjemné aroma a taková zrna jsou méně trvanlivá. Naopak u příliš mírného pražení probíhá proces pouze uvnitř zrna. Dále je důležitý neustálý pohyb zrn při pražení, aby byla zrna pražena rovnoměrně a nedocházelo k připálením. Stupeň pražení ovlivňuje logicky i chuť zrn. Jemnějším pražením se získávají kyselejší zrna a naopak, čím vyšší je stupeň pražení, tím jsou zrna tmavší, více hořká a olejnatější. Univerzální terminologií stupňů pražení je nízké, střední a vysoké pražení anebo světlé, střední a tmavé pražení. Některé studie na základě chemického hodnocení uvádějí, že antioxidační kapacita kávových extraktů se snižuje s rostoucím stupněm pražení kávy (Choi et al. 2018). Zrna se vysokými teplotami zvětšují a začínají pukat, jelikož se uvolňuje oxid uhličitý. Při pražení zrn klesá jejich hmotnost až o 20 %, a to z důvodu úbytku vody a organické hmoty. Objem se však navyšuje v průměru o 40 % (Davidek 2018). Procesem pražení je zároveň mírně ovlivňován obsah kofeinu, který se uvolňuje a z části sublimuje, avšak výraznější změny by probíhaly až při pražení nad 300 °C, kdy kofein začíná degradovat (Baggenstoss et al. 2008; CoffeeChemistry.com 2020). Baggenstoss et al. (2008) ve své studii uvádí, že při nadměrném pražení se obecně stabilizuje množství většiny vzniklých těkavých látek, tedy při dalším

zvýšení teploty či doby pražení se množství těchto látek již nezvyšuje. Na Obrázku 3 je nastíněn vývoj kyselosti zrn, aromatu, těla a stupně hořkosti se zvyšující se úrovní pražení.



Obrázek 3: Zjednodušený vývoj daných proměnných během pražení (upraveno podle North Star Coffee Roasters 2017)

Mezi nejznámější reakci probíhající při pražicím procesu kávovníkových zrn patří tzv. Maillardova reakce, chemická reakce neenzymatického hnědnutí potravin za vzniku melanoidinů. Přesněji jde o celou sérii reakcí mezi aminokyselinami a redukujícími cukry, která začne probíhat, když jsou zrna vystavena teplotám nad 140 °C (podle EFSA již od 120 °C) (EFSA 2015b). Mimo důležité sensoricky aktivní sloučeniny vznikají i nežádoucí sloučeniny s mutagenními a karcinogenními vlastnostmi (např. akrylamid) (Stadler et al. 2002).

Po upražení se zrna prudce ochlazují chladným vzduchem. Takové zchlazení má velký vliv na zachování jejich sensorických vlastností. Vůně čerstvě upražených zrn se stabilizuje až po třech až pěti dnech. Dále se zrna nechají dva až čtyři dny odležet. Během pražení kávy i po jeho skončení se přirozeně vytváří i uvolňuje diacetyl 2,3-pentandion, ale i další těkavé organické sloučeniny a plyny, jako je oxid uhelnatý a oxid uhličitý. Prvně zmíněný plyn způsobuje rizika poškození respiračního systému vedoucím až k trvalým plicním onemocněním (Shannon et al. 2015). Proto je kvůli tomuto procesu odplyňování nutné dodržovat přípustné expoziční limity na pracovišti a také dobu odležení po pražicím procesu (CDC 2017).

Následně jsou zrna balena do vhodných obalů, které zabezpečí jejich kvalitu. Na spotřebitelském trhu se lze nejčastěji setkat s baleními naplněnými inertním plynem, vakuovými obaly či speciálními obaly zabraňujícími navlhnutí. V dnešní době se upouští od dvojitých obalů a přechází se k ekonomicky výhodnější variantě – jednorázovým laminátovým obalům. Díky menšímu objemu obalu se ušetří i na dopravě. Často jsou tyto obaly vybaveny ventilem zabraňujícím zpětnému přístupu vzduchu do balení. Jakostní požadavky na kávovníkové zrně jsou popsány v druhém díle kodexum Codex Alimentarius. Jde o nepostradatelného pomocníka na všech úrovních kontrolní činnosti (Augustín 2016). Na státní úrovni požadavky upravuje vyhláška Ministerstva zemědělství č. 330/1997 Sb., zákona o potravinách č. 110/1997 Sb. o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů, pro čaj, kávu a kávoviny.

3.4.3 Mletí kávovníkových zrn a následná extrakce

Dalším navazujícím důležitým technologickým krokem je mletí zrn. Pro zachování nejlepších vlastností kávy je stěžejní jejich namletí těsně před extrakcí a konzumací. Na trhu existuje velký výběr mlýnků různých kvalit. Velkokapacitní gastronomická zařízení používají mlýnky, které souběžně chladí obsah a nedochází k připalování zrn. Samozřejmostí je také nastavitelná hrubost mletí. Každá příprava si žádá jinou hrubost mletí. Při maximálním namletí až na pudr dochází ke ztrátě typické vůně a káva má nepřírodně černou barvu. Existuje obecné pravidlo, že jemnější mletí zrn vyžadují přípravy s kratší dobou extrakce a naopak. Při přípravě čerstvé kávy by nemělo být zrno mleto déle než sedm až osm dní od pražení, a ideálně ne déle než půl hodiny před extrakcí. Existují dva způsoby samotné extrakce zrn horkou vodou. Prvním je extrakce horkou vodou pomletých zrn do té doby, než se žádanou látku uvolní do roztoku. Dalším případem je infuze probíhající za nižších teplot, a to perkolací (opakovaným překapáváním) nebo filtrační směsí apod. (Augustín 2016; Fuller & Rao 2017).

3.5 Složení kávy

Ve skutečnosti je káva složitou chemickou směsí identifikovaných i neidentifikovaných látek, o které se uvádí, že obsahuje více než tisíc různých chemikálií, včetně sacharidů, lipidů, dusíkatých sloučenin, vitamínů, minerálních látek, alkaloidů a fenolických sloučenin (Severini et al. 2017). Konkrétně poskytuje významné množství kyseliny chlorogenové a jejích solí. Kyselina chlorogenová se nachází v mnoha rostlinách, ale kávovník je jejím hlavním zdrojem. Tato kyselina má prokázané antioxidační, protizánětlivé a antidiabetické vlastnosti (Hwang et al. 2014). Nefiltrovaná káva je významným zdrojem kavestolu a kahweolu, což jsou diterpeny, které zodpovídají za zvýšení cholesterolu (LDL i celkového) po pravidelné konzumaci nefiltrované kávy. Tyto diterpeny se extrahují z mleté kávy během vaření, ale u většiny příprav kávového nápoje jsou odstraňovány pomocí filtrů (Jee et al. 2001). Spolu s kofeinem, zástupcem purinových alkaloidů, jsou přítomné i další příbuzné látky theobromin a theofilin, avšak v mnohem menším množství. Dále lze v kávě nalézt třísloviny a pentozany. K příznivým zdravotním účinkům konzumace kávy může přispět několik mikroživin nalezených v kávě (zhruba 4 % sušiny), včetně hořčíku, draslíku, niacinu a vitamínu E (Depaula & Farah 2019). Podle databáze USDA Nutrient poskytuje 240 ml vařené kávy 7 mg hořčíku a 30 ml espressa 24 mg hořčíku. Jeden šálek kávy by tak mohl přispívat z 1–5 % výživové dávky hořčíku ($420 \text{ mg} \cdot \text{den}^{-1}$) u dospělých mužů. V kávě se vyskytuje také všudypřítomný hliník, který je považován za rizikový prvek. Koncentrace hliníku v kávě činí asi $0,2 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ a jeho denní příjem se u dospělého člověka pohybuje okolo 2,5–13 mg za den (Caballero et al. 2016). Přijatelný denní příjem (TDI) je uváděn v rozmezí od 0–0,5 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ tělesné hmotnosti (dále BW) za den (Aguilar 2008; Caballero et al. 2016). Množství obsahových látek v kávě však závisí na druhu a původu kávovníku, způsobu pražení, způsobu přípravy kávového nápoje, ale i heterogenitě vzorku. Průměrný obsah lipidů v pražených zrnech se pohybuje u arabiky okolo 16 %, u robusty 10 %, a to nejčastěji ve formě triacylglycerolů. Káva ve finálním šálku neobsahuje významné množství makroživin, a proto z hlediska energetické hodnoty 100 ml nápoje obsahuje pouze zhruba jeden až dvě kilokalorie (Severini et al. 2017; Depaula & Farah 2019).

Kai (2008) v průzkumu celkové úrovně chemických kontaminantů v kávě uvádí, že jsou obecně poměrně nízké. Průzkum zahrnoval analýzu pesticidů, polycyklických aromatických uhlovodíků, berylia, rtuti a ochratoxinu A. U některých káv bylo zjištěno malé množství rizikových prvků, furanu a akrylamidu, ale na velmi nízkých úrovních.

3.5.1 Akrylamid

Mezi nejčastější nežádoucí látku v kávě patří akrylamid a jeho metabolit glycidamid. Podle Mezinárodní agentury pro výzkum rakoviny (IARC) jde o potravinový jed, který vykazuje určité neurotoxické a karcinogenní účinky a je klasifikován do skupiny 2A jako pravděpodobný karcinogen (IARC, 2020). Can et al. (2014) metodou vysokoúčinné kapalinové chromatografie (HPLC) stanovovali akrylamid v některých tradičních a netradičních tureckých potravinách, které jsou při jejich přípravách často vystavovány velmi vysokým teplotám. Výsledky jejich studie ukazují, že množství akrylamidu je v mnoha potravinách relativně nízké. Autoři ve své studii uvádí údaj pro svět, že denní příjem akrylamidu dietou v roce 2014 byl 0,3–0,8 mg.kg⁻¹ BW. Senyuva & Gökmen (2005) zase analyzovali hladiny akrylamidu v závislosti na úrovni pražení v různých vzorcích kávy. Množství měřeného akrylamidu se na začátku pražení rychle zvyšovalo, dosahovalo zjevného maxima a poté exponenciálně klesalo, když rychlost degradace překročila rychlost tvorby při 200 a 225 °C. Nicméně, množství akrylamidu během pražení při 150 °C stále rostlo. Výsledky získané v této studii také odhalily, že tmavě pražená káva může obsahovat mnohem menší množství akrylamidu než káva světle pražená. Lantz et al. (2006) došli ke stejnému výsledku jako předchozí autoři a navíc dodávají, že obsah glukózy v pražené kávě či vlhkost nepražených zrn nevykazují s akrylamidem významnou korelaci. Zdroj EFSA (2015b) uvádí, že jakékoliv úrovně expozice akrylamidu jsou potenciálně genotoxické a odborníci tak dospěli k závěru, že nemohou stanovit TDI akrylamidu v potravě. Místo toho odhadli dávku, kdy akrylamid již prokazatelně negativně působí. Dolní mez této expozice se udává pod zkratkou BMDL₁₀ (Benchmark Dose Lower Confidence Limit) a pro negativní účinky akrylamidu je považována dávka již 0,43 mg.kg⁻¹ BW/den, ale pro možnost nádorového bujení je tato hodnota nižší a činí 0,17 mg.kg⁻¹ BW/den.

Hlavní faktory ovlivňující hladinu akrylamidu v pražené kávě jsou pravděpodobně poměr arabica/robusta, přičemž robusta dává vyšší úrovně (zřejmě kvůli vyšší hladině asparaginu) (Stadler et al. 2002). Mojska & Gielecińska (2013) zase zjistili nejvyšší průměrné koncentrace akrylamidu v kávových náhražkách (818 µg.kg⁻¹), následovala instantní káva (358 µg.kg⁻¹) a poté pražená káva (179 µg.kg⁻¹). Jeden šálek kávy (160 ml) podle této studie poskytuje v průměru od 0,45–3,21 µg akrylamidu v kávových náhražkách. Mezi jednotlivými druhy kávovníků nebyly zjištěny žádné významné rozdíly v hladině akrylamidu. Různé způsoby přípravy kávy také neukázaly žádné rozdíly v obsazích akrylamidu ve finálním nápoji. Byla však pozorována významná negativní korelace mezi hladinami akrylamidu a intenzitou barvy pražené kávy (to však neplatilo pro instantní kávu). S touto studií se neshoduje jiná novější studie (Soares et al. 2015), která udává, že hladiny akrylamidu klesají s nižšími koncentracemi asparaginu a se zvyšující se teplotou i dobou pražení. Při podobném stupni pražení robusta obsahuje vyšší hladiny akrylamidu než druhy arabica.

3.5.2 Kofein

Účinky kávy, pro které si ji mnozí oblíbili, způsobují tři alkaloidy (deriváty xantinu), z nichž nejznámější je kofein. Kofein je nejrozšířenější psychostimulační drogou na světě a většinou se konzumuje ve formě kávy. V jeho purifikovaném stavu je to bílý jedovatý prášek mírně hořké chuti, a tak přispívá k dotváření celkové chuti kávového nápoje. V USA konzumuje kofein přibližně 85 % dospělých (Fray et al. 2005; Fulgoni et al. 2015). Většina kofeinu se konzumuje pitím kávy, ale kofein je také přítomen v mnoha potravinách, drogách a nápojích (Tabulka 1) (Barone & Roberts 1996; McLellan et al. 2016). Kofein je psychoaktivní v dávkách nacházejících se v jednotlivých porcích mnoha nápojů (Lieberman et al. 1987a; Smith et al. 1999) a je aktivní složkou v relativně novém produktu – energetických nápojích (McLellan & Lieberman 2012). Kofein má celou řadu výhod a rizik, ale obecně se souhlasí s tím, že u zdravých dospělých osob denní spotřeba kofeinu do 400 mg ($5,5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ pro osobu s hmotností 75 kg) nepředstavuje zdravotní riziko (Nawrot et al. 2003; Higdon & Frei 2006; Doepker et al. 2016). EFSA (2015a) uvádí množství bezpečné jednorázové dávky kofeinu $3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Tabulka 1: Odhadovaný obsah kofeinu v nápojích, potravinách a doplňcích stravy (přepřacováno podle McLellan et al. 2016)

Položka	Obsah kofeinu (mg/100 ml)	Velikost porce (ml)	Obsah kofeinu (mg/porci)
Káva			
Překapávaná	60–100	150	90–150
Instantní	27–72	150	40–108
Bez kofeinu	1–3	150	2–5
Čaj			
1-min výluh	6–22	150	9–33
5-min výluh	13–33	150	20–50
Ledový čaj	6–10	350	22–36
Čokoládové produkty			
Horké kakao	1–5	175	2–8
Čokoládové mléko	1–3	235	2–7
Mléčná čokoláda	3–50	30	1–15
Čokoláda na vaření	115	30	35
Kolové nápoje			
Coca-Cola®	10	350	35
Diet Coke®	13	350	47

Položka	Obsah kofeinu (mg/100 ml)	Velikost porce (ml)	Obsah kofeinu (mg/porci)
Pepsi®	11	350	38
Diet Pepsi®	10	350	36
Další limonády			
Dr. Pepper®	11	350	40
Mountain Dew®	16	350	55
Barq's® Root Beer	7	350	23
Energetické nápoje			
Amp®	30	235	71
Cocaine®	120	235	280
Monster®	34	235	80
Red Bull®	34	235	80
Rockstar®	34	235	80
Energetické shoty			
5h Energy®	333	60	200
10h Time Release®	740	57	422

3.6 Senzorické vlastnosti kávy

Je velmi obtížné definovat pojem kvalita. Kvalita kávového nápoje závisí na mnoha faktorech a nejdůležitějšími jsou genetický původ, zeměpisná šířka, nadmořská výška, místní počasí, úroveň zemědělství, zdravotnictví, agronomické postupy, kultura kávy, kvalita plodin a kontrola probíhající během zpracovatelských procesů (Jaimes et al. 2015). Obecně je uváděno, že z větších zrn je chutnější káva. Po kvalitativní stránce se nejčastěji surová zrna klasifikují podle oblastních nebo národních kritérií. Nejčastějšími kritérii jsou velikost, přítomnost chybných zrn, nadmořská výška pěstování, odrůda či metoda zpracování (Augustín 2016). Nejvzácnějším a nejdražším kávovým nápojem na světě je údajně káva z cibetek (*Viverrinae*) Kopi Luwak (Jumhawan et al. 2016). K identifikaci jakýchkoliv závad v kávovém nápoji je využívána ochutnávka školenými degustátory, kteří při kontrole rozeznají různé cizí pachutě a aroma, které vznikaly již nevhodným sběrem či přebíráním. Hodnocení senzorické kvality kávy se řídí vlastnostmi různých deskriptorů, které lze vyjádřit na stupnici intenzity. Jde o smyslové vlastnosti kávy jako aroma, kyselost, hořkost, tělo, popražící pachutě, chuťový „dojezd“ a celkový dojem. Známou pachutí korku například způsobuje tzv. 2,4,6-trichloranisol (Jaimes et al. 2015).

Aromatické sloučeniny vznikají především při procesu pražení, a to například uhlovodíky (myrcen, toluen, styren), hydroxyderiváty (metanol, etanol, fenoly), ketony (aceton, tridekanon), organické kyseliny (mravenčí, octová, propionová, isovalerová, kapronová), sirné sloučeniny (thioly, sulfidy, sulfany), dále deriváty furanu, pyrrolu, tiazolu, pyraziny, pyridiny, i estery furfurylalkoholu s nižšími mastnými kyselinami. Největší podíl na kávovém aroma mají deriváty furanu. Z hlediska kávové chuti mají význam deriváty pyrazinu, pyridinu, thiofenu a pyrrolu. Podle stupně zbarvení lze posuzovat i vývoj chuti a aromatu. Akrylamid má na produkt jen relativně malý vliv v rámci přijatelných hranic chuťových profilů (Davidek 2018).

Analýzy podle Ribiero et al. (2011) potvrdily vztah mezi smyslovými charakteristikami nápoje a chemickým složením praženého zrna:

- lipidy a proteiny úzce souvisejí s tělem atributu;
- kofein, kyseliny chlorogenové a její deriváty souvisejí s hořkostí;
- isochlorogenové kyseliny souvisejí s kyselostí a chutí;
- čistota a celková kvalita souvisejí s kofeinem, trigonellinem, isochlorogenovými kyselinami, polysacharidy, sacharózou a bílkovinami.

3.7 pH kávy

Kyselost kávy je obvykle vysoce ceněná kvalita, zejména u středoamerických a některých východoafrických káv. Extrémní kyselost kávy lze však považovat za defekt. Kyselost u káv koreluje s pěstováním ve velmi vysokých nadmořských výškách a v minerálních vulkanických půdách (Griffin 2001). Bylo zjištěno, že pH kávy koreluje s vnímanou kyselostí kávy. Vnímaná kyselost kávy, jejíž zrna byla zpracována mokrou cestou, je také výrazně vyšší než kyselost zrn zpracovaných cestou suchou. To je pravděpodobně způsobeno nárůstem těla kávy připravené ze zrn zpracovaných suchou cestou ve srovnání s kávami připravenými ze zrn zpracovaných mokrou cestou, protože tělo maskuje kyselost v kávě (Griffin 2001). Zdá se, že podmínky pražení a způsob přípravy kávy také ovlivňují konečnou kyselost vařené kávy (Rodrigues et al. 2007).

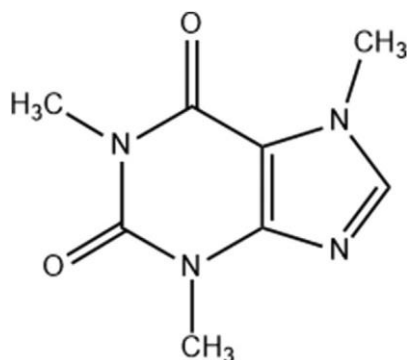
Kyseliny nacházející se v pražené kávě lze rozdělit do tří skupin – alifatické, isochlorogenové a fenolické kyseliny (Griffin 2001). Hlavní podíl na kyselosti generované při pražení kávy lze připsat tvorbě čtyř alifatických kyselin – mravenčí, octové, glykolové a mléčné (Ginz et al. 2000). Rao & Fuller (2018) uvádějí, že se hodnoty pH u různých druhů káv (podle země původu) pohybují mezi 4,96–5,63.

3.8 Farmakologie, metabolismus a mechanismus účinku kofeinu

Kofein (1,3,7-trimethylxanthin) se tvoří, když jsou na mateřské sloučenině xanthinu substituovány tři methylové skupiny (Obrázek 4). Po požití je kofein rychle absorbován a dosahuje maximální koncentrace v tělním oběhu během jedné hodiny (Robertson et al. 1981; Blanchard & Sawers 1983), nicméně existuje značná individuální variace (Desbrow et al. 2009; Skinner et al. 2013). Navíc je absorpce pomalejší, když je kofein konzumován s jídlem (Dews 1982; Fleischer et al. 1999), zatímco absorpce je rychlejší, když je konzumován ve žvýkačce.

Žvýkání žvýkaček obsahujících kofein umožňuje rychlou absorpci ústní sliznicí (Kamimori et al., 2002).

Kofein se rychle a téměř úplně vstřebává v žaludku a tenkém střevě a distribuuje se do všech tkání, včetně mozku. K metabolismu kofeinu dochází primárně v játrech, kde probíhá téměř 95 % primárního metabolismu kofeinu. Poločas rozpadu kofeinu v oběhu je obvykle 3–5 hodin, a proto dlouhodobě interaguje s mnoha tkáněmi (Fredholm 1995). Kromě toho kouření, určité způsoby stravování, onemocnění jater, těhotenství nebo užívání hormonální antikoncepce, mohou změnit poločas rozpadu kofeinu (Curatolo et Robertson 1983; Denaro et al. 1990; Collomp et al. 1991; Peterson et al. 2006; Peterson et al. 2009).



Obrázek 4: Chemická struktura kofeinu (1,3,7–trimethylxanthin)

Kofein je strukturně podobný adenosinu, neuromodulátoru, jehož tvorba je závislá na relativní rychlosti rozkladu a syntéze ATP (Fredholm 1995). Byly identifikovány čtyři odlišné adenosinové receptory A_1 , A_{2a} , A_{2b} a A_3 (Fredholm et al. 1994), každý s jedinečnou distribucí v tkáních a farmakologickým profilem (Fisone et al. 2004; Landolt 2008). Hustota a senzitivita adenosinového receptoru se mohou mezi jednotlivci lišit (Martin et al. 2006) a jejich aktivita je zvyšována s rostoucím příjmem kofeinu (Varani et al. 2000). Dříve se myslelo, že za účinky kofeinu je zodpovědná inhibice fosfodiesterázy nebo podpora uvolňování intracelulárního Ca^{2+} , ale tyto účinky nastávají až s velmi vysokými, nefyziologickými koncentracemi kofeinu. Později se zjistilo, že mikromolární tkáňové koncentrace kofeinu, které jsou výsledkem požití nízkých až středních dávek kofeinu, blokuje A_1 a A_{2a} adenosinové receptory (Fredholm 1979). Existují určité důkazy, že účinky kofeinu na fyzickou výkonnost by mohly souviset s uvolňováním vápníku ze sarkoplazmatického retikula a inhibicí jeho zpětného vychytávání, což následně zvyšuje oxid dusnatý v cévách (Cappelletti et al. 2015). Tyto účinky mohou být spojeny se změnami nervosvalové funkce a zvýšenou kontrakční silou v kosterních svalech, které by mohly být ergogenní (Tarnopolsky 2008).

Přestože se předpokládá, že adenosinové receptory A_1 a A_{2a} jsou zodpovědné za behaviorální účinky kofeinu, jejich relativní přispění nebylo stanoveno. Oba podtypy receptorů jsou exprimovány v mozku a na periférii. Vysoké hladiny receptorů A_1 se nacházejí v hippocampu, kůře, mozečku a hypotalamu (Landolt 2008). Zdá se, že adenosin inhibuje uvolňování mnoha neurotransmiterů v centrálním nervovém systému (Nehlig et al. 1992). Ve zvířecích modelech bylo prokázáno, že agonisté adenosinového A_1 receptoru inhibují uvolňování glutamátu (Flagmeyer et al. 1997; Marchi et al. 2002; Ciruela et al. 2006; Yang et al. 2013), serotoninu (Okada et al. 1999), acetylcholinu (Brown et al. 1990; Rainnie et al. 1994),

noradrenalinu (Fredholm 1979) a dopaminu. Antagonisté receptoru adenosinu, jako je kofein, by proto podporovaly uvolňování těchto různých neurotransmiterů. Například kofein byl spojen s modulací agresivního chování prostřednictvím svých inhibičních účinků na uvolňování serotoninu (Mahoney et al. 2011) a methylxanthiny, jako je theofylin a kofein, byly zapojeny do snižování prahu epileptického záchvatu působením na glutamátové receptory (Dunwiddie 1980; Fukuda et al. 2010; Boison 2011).

Zdá se, že polymorfismy genu ADORA2A, který kóduje receptor A_{2a} , ovlivňují reakci jedince na stimulační účinky kofeinu (Childs et al. 2008; Yang et al. 2010; Bodenmann et al. 2012).

Stručně řečeno, cirkulující hladiny kofeinu, které jsou výsledkem požití nápojů nebo potravin obsahujících kofein, vedou k antagonismu adenosinových A_1 a A_{2a} receptorů v centrální nervové soustavě a periferních tkáních. Odbourávání kofeinu je ovlivněno stravou a genetikou. Životní styl a genetika ovlivňují počet a citlivost receptorů adenosinu a mohou mít vliv na to, jak jednatlivec reaguje na danou dávku kofeinu (McLellan et al. 2016).

3.8.1 Shrnutí vlivu kofeinu na kognitivní výkon

Kofein zvyšuje bdělost u jednotlivců unavených i odpočatých a jeho účinky jsou závislé na dávce. Střední dávky (100–300 mg nebo $\sim 1,5\text{--}3,0 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) jsou obvykle prospěšné, zatímco vyšší dávky (nad 400 mg nebo $\sim 5,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) povedou s větší pravděpodobností k úzkosti a mohou u jedinců, kteří nejsou nevyspalí nebo pravidelně neužívají kofein, zhoršit výkon (McLellan et al. 2016).

Kofein má mimo nejspolehlivější příznivé účinky na ostražitost či bdělost také vliv na zvyšování základních kognitivních procesů, které jsou základem všech typů výkonů, jako je reakční doba a pozornost. Akutní účinky kofeinu na paměť jsou méně konzistentní a zdá se, že jsou ovlivněny mimo jiné tím, zda je úkol nudný nebo poutavý/zajímavý. Chronické účinky příjmu kofeinu na paměť mohou být pozitivní (Hameleers et al. 2000), pravděpodobně kvůli neuroprotektivním účinkům (Fredholm 1995). Důkazy však nejsou definitivní a byly zpochybněny jinými studiemi (Boxtel et al. 2003; Killgore 2011). Účinky kofeinu na výkonné funkce vyššího řádu jsou nejasné, protože takové funkce je zvláště obtížné posoudit. Proto je opodstatněný další výzkum u odpočatých i spánkem deprivovaných jedinců (McLellan et al. 2016).

3.8.2 Shrnutí vlivu kofeinu na fyzický výkon

Antagonismus adenosinových receptorů v CNS a výsledná interakce s dopaminovými receptory se nyní považují za základní mechanismus účinku kofeinu. Je také zřejmé, že kofein má ergogenní účinky, které mohou ovlivnit výkon během mnoha různých typů cvičení. Z příspěvků přezkoumaných v práci McLellan et al. (2016) vychází, že téměř 80 % výzkumů vykazuje pozitivní účinky během vytrvalostního cvičení, zatímco dvě třetiny prací uváděly ergogenní účinky při měření síly svalů a související testy svalové vytrvalosti nebo cvičení s vysokou intenzitou. S výjimkou anaerobního cvičení velmi krátkého trvání bylo v těchto studiích také zjištěno (bez ohledu na typ cvičení), že kofein snižuje vnímání úsilí a snižuje

pocity bolesti. Kromě toho je zřejmé, že ergogenní účinky drogy se liší a existují značné individuální rozdíly v reakci na kofein. Navíc velmi vysoké dávky (6 nebo více $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ BW/den nebo vyšší než ~ 450 mg/den) mohou zhoršovat fyzickou a kognitivní výkonnost. Tyto individuální rozdíly v reakci na drogu naznačují, že by sportovci měli testovat účinky kofeinu vždy již před soutěží, aby se optimalizovala dávka, načasování a období abstinence před soutěží (McLellan et al. 2016).

3.8.3 Dávkování kofeinu

Jelikož je kofein snadno dostupným a často využívaným stimulantem, je třeba dbát zvýšené opatrnosti při jeho konzumaci, protože může snadno dojít k překročení bezpečných dávek (Ishikawa 2015). Běžně se udává rozmezí bezpečné dávky 4–6 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ BW/den. Po náhlém přerušení přívodu kofeinu u pravidelných konzumentů, může nastat v běžném životě limitující tzv. kofeinový abstinenci syndrom (Caballero 2005). Je charakterizován individuálními symptomy jako únava, spavost, bolesti hlavy, podrážděnost, depresivní nálada až silná deprese či zhoršená koncentrace (Caballero 2005; Stolerman 2010). Toxický efekt kofeinu udává Fredholm et al. (1999) při plazmatických koncentracích vyšších než 200 μM a fatální otrava obvykle nastává s koncentracemi vyššími než 500 μM . Při předpokladu, že 1 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ BW zvýší plazmatickou koncentraci o 5–10 μM po jedné hodině od požití kofeinu, tak by za těchto okolností toxická dávka kofeinu odpovídala rozmezí 20–40 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ BW. Objevují se symptomy jako zarudnutí obličeje, zvýšená potřeba močení, gastrointestinální poruchy, záškuby svalů a nepravidelný srdeční rytmus (Examine.com 2019). Ishikawa (2015) uvádí letální dávku (LD_{50}) 10 g kofeinu, což koresponduje s příjmem 150–200 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ BW. Jiný zdroj udává letální dávku hladiny kofeinu v krvi jako množství větší než 80 $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ (Smith 2006). Ishikawa et al. (2015) popisuje případ fatální kofeinové intoxikace u mladé ženy (měřila 152 cm, vážila 51 kg), která spáchala sebevraždu pomocí kofeinových tablet. Koncentrace v krvi ženy byla naměřena 154,2 $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ a téměř dvojnásobně přesahuje hranici letální dávky uváděnou Smithem (2006). Toxikologické vyšetření prokázalo nejvyšší přítomnost kofeinu ve žluči, která obsahovala 852,3 $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$.

3.9 Vliv kávy na lidský organismus

Káva je jedním z nejčastěji konzumovaných nápojů na světě, proto by mohly být v populačním měřítku důležité i malé individuální účinky na zdraví (Poole et al. 2017). Existují rozpolupné závěry o tom, zda je konzumace kávy pro zdraví prospěšná nebo škodlivá (Cano-Marquina et al. 2013). Některé v kávě obsažené látky mají potenciálně terapeutické účinky – antioxidantní, protizánětlivé, antifibrotické nebo protirakovinné. Klíčové aktivní sloučeniny zahrnují kofein, isochlorogenové kyseliny, diterpeny (cafestol a kahweol) a melanoidiny, produkty Maillardovy reakce. Biochemie kávy byla rozsáhle zdokumentována v jiných pracích (např. Ludwig et al. 2014a). Káva podléhá chemické metamorfóze z nepražených zelených zrn. Stupeň pražení, metoda přípravy včetně nastavení mletí kávy a způsob přípravy, má vždy vliv na biochemické složení finálního šálku (Casal et al. 2000; Parras et al. 2007; Gloess et al. 2013). Genotyp jednotlivce a střevní mikrobiom pak určí biologickou dostupnost a typ metabolitů kávy, kterým je tento jedinec vystaven (Guertin et al. 2015).

Stávající výzkum již zkoumal souvislosti mezi expozicí kávou a řadou výsledků nejčastějších příčin úmrtí. Výsledky z pozorovacích studií mohou naznačovat asociaci, avšak nejsou schopny uvádět příčiny. Je třeba dalších výzkumů provedených na lidech, ideálně ve formě randomizovaných kontrolovaných pokusů (Poole et al. 2017). Aby asimilovali obrovské množství dostupných informací o spotřebě kávy a zdravotních výsledcích, provedli Poole et al. (2017) zastřešující přehled existujících metaanalýz. Současný výzkum poskytuje pozitivní asociaci mezi konzumací kávy a jaterními nálezy (fibróza, cirhóza, chronické onemocnění jater a rakovina jater). Spotřeba kávy je také dávana do souvislostí s řadou dalších zdravotních výsledků a zdá se, že vyjma těhotenství, nemá žádné negativní účinky. Souvislost mezi konzumací kávy a rizikem osteoporózy u žen zůstává nejasná a vyžaduje další výzkum. Stejná studie také ujišťuje, že množství tři až čtyři šálky denně pravděpodobně nebudou mít negativní účinky.

3.9.1 Mýty o kávě

3.9.1.1 Káva a dehydratace

Často se můžeme setkat s názorem, aby člověk snížil příjem kávy, pokud chce předejít dehydrataci a udržet si rovnováhu tekutin. Cílem studie Killera et al. (2014) bylo přímo porovnat účinky pití kávy oproti požití vody, napříč celou řadou validovaných technik hodnocení hydratace. V této studii se 50 mužů pijících kávu (obvykle konzumujících 3–6 šálků denně) zúčastnilo dvou pokusů, z nichž každý trval tři po sobě následující dny. Kromě kontrolované fyzické aktivity, příjmu potravy a tekutin, účastníci konzumovali buď 4 × 200 ml kávy (což odpovídá příjmu kofeinu 4 mg.kg⁻¹ BW) nebo 4 × 200 ml vody. Celková tělesná voda byla stanovena před a po pokusu a denně byla zaznamenávána celková tělesná hmotnost, močové a hematologické hydratační markery. Nebyly zaznamenány žádné významné změny v množství celkové tělesné vody od začátku do konce žádného z pokusů ani žádné rozdíly mezi experimenty při požití kávy s kofeinem nebo při požití vody (51,5 ± 1,4 kg vs. 51,4 ± 1,3 kg, pro kofein a vodu). Nebyly pozorovány ani žádné rozdíly mezi experimenty napříč hematologickými markery nebo v objemu moči za 24 h (2409 ± 660 vs. 2428 ± 669 ml moči, pro kofein a vodu). To znamená, že káva konzumovaná v přiměřeném množství muži zvyklými konzumovat kofein, poskytuje podobné hydratační účinky jako voda. Ganio et al. (2007) souhlasí s tvrzeními předchozích autorů, a navíc také zmiňují hranici 300 mg (odpovídající zhruba čtyřem šálkům kávy) neovlivňuje diurézu a stav hydratace v klidu ani při cvičení.

3.9.1.2 Káva a překyselení organismu

Káva je často řazena mezi tzv. kyselinotvorné potraviny v populární alkalické dietě založené na změně pH v těle. Podle této diety nadbytek kyselinotvorných potravin překyseluje krev, a to následně zvyšuje riziko celé škály onemocnění (Leech 2019). Podle této diety se potraviny dělí na ty, které obsahují kyselý (P a S) nebo alkalický (Ca, Mg, K) „reagující“ minerální látky. Některé potraviny opravdu mohou ovlivnit pH moči, nicméně to není indikátorem celkového zdraví. Rozhodně nelze změnit těmito potravinami pH naší krve. pH krve i tělesných tekutin je přísně regulováno pufracním systémem těla. Hodnota pH extracelulárních tekutin (rovněž krve) je za fyziologických podmínek v rozmezí 7,4±0,04 (Kellum 2000).

3.9.1.3 Káva a mléko

Ještě stále se můžeme setkat s tvrzením, že káva s mlékem je škodlivá kombinace a může způsobovat rakovinu slinivky a některé další obtíže. Žádný výzkum z metaanalýzy zahrnující necelých 700 tisíc jedinců od autorů Dong et al. (2011) toto tvrzení však nepotvrdil, a pokud člověk nemá problém při konzumaci kávy či mléka samostatně, nepředstavuje kombinace pravděpodobně žádné riziko. Autoři Dong et al. (2011) dokonce poznamenali, že pití kávy bylo spojeno se sníženým rizikem rakoviny pankreatu u mužů (zatímco u žen potvrzeno nebylo). Záleží však na mnoha faktorech jako jsou typ mléka (alergie na mléčnou bílkovinu), množství laktózy (laktózová intolerance), celkové množství, typu kávy, množství kofeinu a čas podání nápoje (někteří lidé mohou špatně snášet ráno nalačno) (Duarte & Farah 2011). Jediný prokázaný rozdíl byl ve studii prováděné právě Duarte & Farah (2011), kde se zjistilo, že při kombinaci s větším množstvím mléka (bylo použito 200 ml) se sníží obsah kyseliny chlorogenové a jejích metabolitů v moči, a to o 28 %. Tato studie však byla provedena pouze na pěti jedincích s rozdílnou schopností metabolizovat tyto sloučeniny.

3.9.1.4 Káva/kofein a tolerance

Ergogenní účinek akutního požití kofeinu byl široce zdokumentován, nicméně vědecké studie o toleranci na účinky kofeinu při jeho každodenním užívání jsou vzácné. Tomu se věnoval Lara et al. (2019) a cílem jejich výzkumu bylo stanovit časový průběh tolerance vůči ergogenním účinkům střední dávky kofeinu. Jedenáct zdravých aktivních účastníků se účastnilo placebem kontrolovaného experimentu. Při jednom pokusu požili po dobu 20 po sobě jdoucích dnů $3 \text{ mg.kg}^{-1} \text{ BW/den}$ kofeinu, zatímco v druhém požili pouze placebo po stejnou dobu. Ve srovnání s placebem zvýšilo požití kofeinu maximální cyklickou sílu v přírůstkovém zátěžovém testu (pomocí inkrementálního testu na volní únavu, tj. maximální doba výdrže při dané zátěži) o $\sim 4,0 \pm 1,3 \%$ během prvních 15 dnů ($p < 0,05$), ale poté se tento ergogenní účinek snížil. Kofein také zvýšil špičkovou cyklickou sílu (pomocí tzv. Wingate testu, tj. dosažení maximálního možného výkonu) v den 1., 4., 15. a 18. požití o $\sim 4,9 \pm 0,9 \%$ ($p < 0,05$). Tyto výsledky tedy ukazují pokračující ergogenní účinek s denním požitím kofeinu po dobu 15–18 dnů. Změny ve velikosti tohoto účinku však naznačují progresivní toleranci.

Jediným způsobem, jak omezit toleranci, je snížení spotřeby kofeinu na krátkou dobu buď pomalým snižováním v průběhu několika týdnů, nebo kompletním vyřazením kofeinu ze dne na den. Odborník v oblasti výzkumu kávy Joseph Rivera, zakladatel společnosti Coffee Chemistry, navrhuje snížit příjem na polovinu na několik dní, poté opět snížit na polovinu atd. „Asi po týdnu byste se měli vrátit k tomu, jak jste na tom byli bez příjmu kofeinu,“ říká (CoffeeChemistry 2019). Prof. MUDr. Libor Vitek, PhD, MBA (2017) na jedné ze svých přednášek zmiňuje, že citlivost na kofein se obnovuje okolo 14 dní po vyřazení jeho zdrojů. Lara et al. (2019) došli k podobnému závěru.

3.10 Deionizovaná vs. kohoutková voda

Výsledný kávový nápoj je z převážné části tvořen vodou, a proto má i voda velký podíl na jeho celkové chuti. Voda, která je přirozeně měkká, je nejlepší variantou. Deionizovaná voda způsobuje kyselost šálku kávy (Brown 2008). Kohoutková voda má nekonzistentní minerální

rovnováhu mezi regiony i v čase. „Tvrdá“ voda má vysoký obsah minerálů, jako je vápník a hořčík. Franks (2019) tvrdí, že hladiny extrahovaných polyfenolů i kofeinu klesají s vysokými hladinami vápníku (Franks 2019). Huang (2013) souhlasí, že se zvýšením extrakce polyfenolů při použití destilované vody se zvyšuje antioxidační aktivita nápoje (pravděpodobně také díky menší fixaci vápníku).

3.11 Délka louhování a vliv na obsah kofeinu v kávě

Množství kofeinu ve finálním produktu závisí na řadě faktorů, včetně odrůdy kávovníku, výrobním postupu, velikosti částic podle stupně namletí i metody a času extrakce. Difúze kofeinu z mleté kávy je ovlivňována také teplotou vody a pro získání koncentrovanějšího extraktu je zvýšená teplota účinnější než prodloužená doba extrakce (Davidek 2018).

Rozpustnost kofeinu v ethanolu je zhruba 15 mg.ml^{-1} . Kofein je dobře rozpustný i ve vodě $\sim 16 \text{ mg.ml}^{-1}$ při pokojové teplotě, $\sim 200 \text{ mg.ml}^{-1}$ při $80 \text{ }^\circ\text{C}$ nebo $\sim 666 \text{ mg.ml}^{-1}$ ve vroucí vodě (Sigma–Aldrich 1999). Fuller & Rao (2017) ve své studii uvádí, že časy extrakce delší než 400 minut již jen málo zvýší koncentraci kofeinu výsledné kávy připravované za studena a u horké extrakce byl zjištěný čas šest minut. U hrubého namletí bylo zjištěno, že káva připravovaná za studena má vyšší koncentraci kofeinu. Rychlejší extrakce horké vody byla omezena difúzí a pravděpodobně neumožnila úplnou extrakci kofeinu přes částice s větším poloměrem. Trvá tedy déle, než extrakční proces dosáhne rovnováhy se zvyšující se velikostí mletí. Jemně a středně mletá zrna prošla u obou typů téměř úplnou extrakcí během příslušných časů máčení.

V různých zemích mohou být různé typy namletí zrn označovány stejným názvem, jako v případě Evropy a USA, kde má hrubě mletá káva průměrnou velikost 850, respektive 1130 μm . Vyluhování kofeinu do kávového nápoje ovlivňuje perkolace vody uvnitř kapilár, smáčivost každé částice a difúze do vody. Použití hrubě namletých zrn vede k celkovému snížení extrakce látek. Na druhé straně jemná káva se může přiblížit perkolačnímu nasycení a doba extrakce se tak výrazně prodlouží. Proto musí být typ namletí přizpůsoben způsobu přípravy kávy (Severini et al. 2017).

3.12 Nejznámější způsoby přípravy kávy

Za posledních 20 let vzniklo široké množství literatury zabývající se obsahy kofeinu v kávě, ale často je obtížné srovnávat publikovaná data kvůli rozdílům v podmínkách přípravy kávových nápojů (McLellan & Lieberman 2012). Na druhé straně autoři odhalili, že neexistuje „nejlepší způsob přípravy kávy“, ale každá extrakce má své zvláštní vlastnosti. V závislosti na zeměpisném původu a kulturních tradicích se pro výrobu šálku kávy na světě běžně používají různé techniky vaření. Z fyzikálního hlediska mohou být přípravy kávy klasifikovány do tří hlavních metodik: (1) „původní italská metoda“ pod vysokým tlakem (tj. espresso a moka konvička); (2) infuze nalitím horké vody na mletou kávu s následnou filtrací (tj. překapávaná káva, french press, český turek); (3) metody odvarování (tj. turecká káva). Všechny tyto metody znatelně ovlivňují typ a množství extrahovaných chemických sloučenin, včetně obsahu kofeinu (Severini et al. 2017).

3.12.1 Filtrovaná/překapávaná káva

Nejčastějším způsobem přípravy kávy na světě je pravděpodobně filtrovaná neboli překapávaná či americká káva. Klasický přístroj na překapávanou kávu má dvě části. Horká voda (94–97 °C) ohřátá v horní části prochází pře namleté zrna umístěné na filtru. Výhodou této metody je nejen výborná chuť, ale i možnost většího množství připraveného nápoje. Konvice je navíc neustále nahřívána, tudíž nevystydně. Pro filtrovanou kávu je nejvhodnější světle pražené zrna, aby získala lehkou vůni bohatou na kyselé tóny (Angeloni et al. 2019).

Další alternativní metodou filtrované kávy je chemex. Je to vlastně upravená skleněná Erlenmeyerova baňka s trychtýřem ve tvaru přesýpacích hodin. Dřevěný korzet ovázaný koženým páskem uprostřed dodává celému přístroji moderní vzhled. Do papírového filtru je nasypáno kávovníkové zrna a následně opatrně zalito vodou o teplotě 93–96 °C. Nejprve káva začne bublat, jelikož uniká oxid uhličitý a poté se dolije krouživými pohyby zbytek vody. Přepad kávy do dekanteru trvá zhruba čtyři minuty (Augustín 2016; Essense 2020).

Vietnamská káva je také druh filtrované kávy, kdy jeho intenzivní chuť vytváří již samotné pražení. Tradiční příprava zahrnuje pražení na rýžovém víně, másle či špetce soli. Některé pražírny přidávají čokoládu nebo karamel. Hrubě namletá zrna (asi 15 g) jsou umístěna do filtrační nádoby zvané phin, která je posazena na vrchu šálku. Po přidání horké vody (asi 60 ml) se zrna vylouhuje do šálku. Tato operace by měla být opakována nejméně dvakrát. Většina lidí přidává na dno šálku kondenzované mléko na oslazení či led (Fraňková et al. 2009; Lonely Planet 2020).

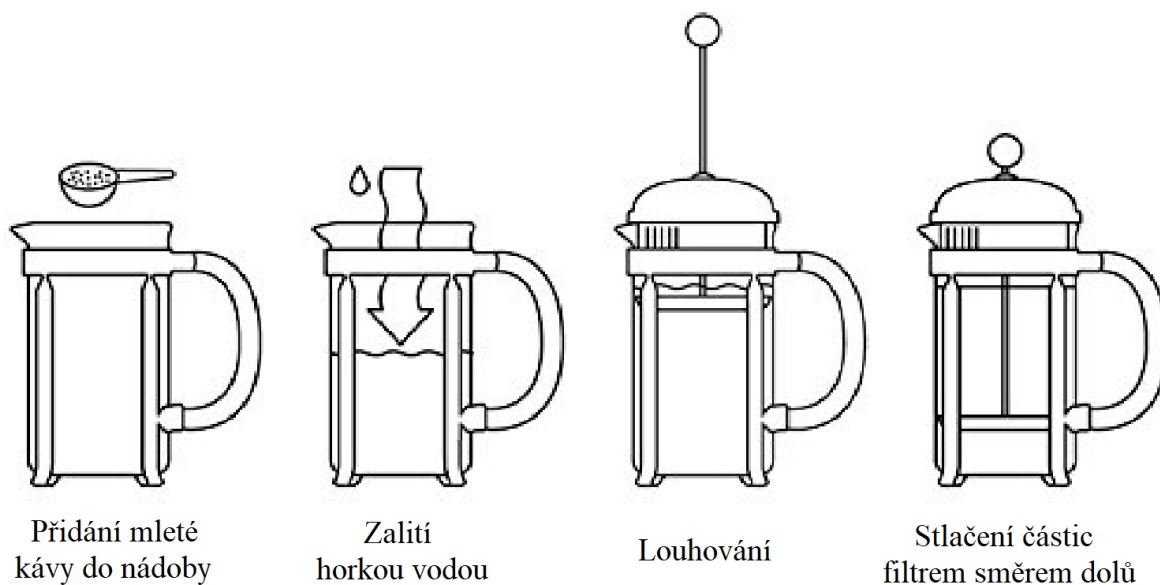
Aeropress je jednou z nejmladších metod, jenž byla patentována až v roce 2005. Káva je připravena také pomocí filtrování zrna stlačeným vzduchem přes papírový filtr (funguje na podobném principu jako injekční stříkačka) (Angeloni et al. 2019; Essense 2020).

Další, již méně známý typ kávovaru Vacuum pot, označovaný též sifon, zažívá renesanci v tzv. kavárnách třetí vlny. Princip metody je založen na postupném zahřívání vody v dolní části. Voda přechází v podobě páry skrz filtr do horní nádoby, kde se nachází namleté zrna. Odstavením přístroje z topného tělesa je pomocí podtlaku káva přepuštěna zpět do spodní nádoby jako vyextrahovaná káva (Essense 2020).

3.12.2 French press

French press patří také mezi modifikovanou metodu filtrační kávy. Přístroj je složen z nádoby, nejčastěji skleněné, v níž je píst s filtrem, a víka. Nасыpané zrna v nádobce se zalije vodou o teplotě v rozmezí 92–96 °C. Po třech až čtyřech minutách se kávová sedlina stlačí pístem dolů. Tento duální způsob přípravy kávy extrakcí a tlakem pístu zaručuje vynikající chuť (Augustín 2016). Pro přípravu kávy v tomto kávovaru se uvádí jako nejvhodnější velmi hrubé mletí připomínající krystalový cukr, aby se dosáhlo pomalejší difúze a zabránilo extrakci hořkých sloučenin (Severini et al. 2017).

Na Obrázku 5 je schematicky znázorněn proces metody french press. V tomto zařízení je ideálně tmavě pražená káva louhována v horké vodě po dobu dvou až pět minut, pak je provedeno oddělení mleté kávy, která je tlačena dolů filtrem s drátěným pletivem směrem ke dnu nádrže. Nakonec je takto vyluhovaná káva připravena ke snadnému nalití do šálku.



Obrázek 5: Schéma procesu metody French press (upraveno podle Nice Shop Coffee 2016)

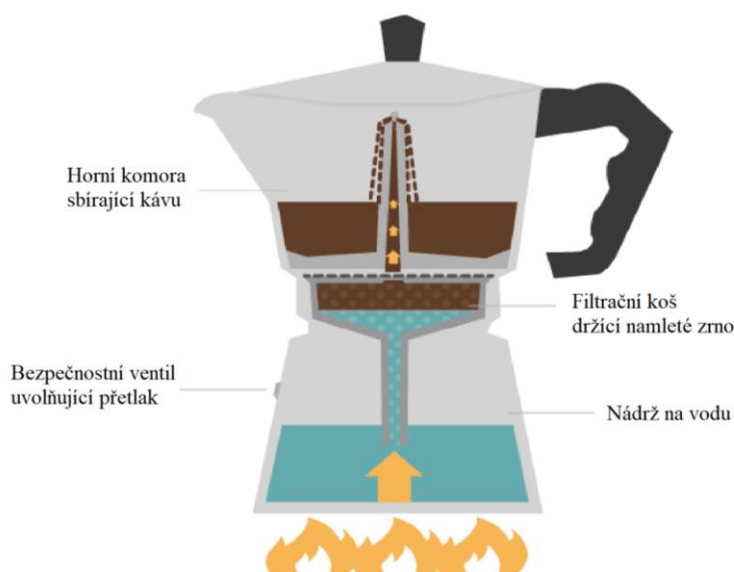
3.12.3 „Český turek“

Tato metoda otevřené konvice je jednou z nejzákladnějších příprav kávy. Středně namleté kávovníkové zrno je nasypáno na dno konvice či hrnečku a je jednoduše zalito horkou vodou. Podává se s neodstraněnou sedlinou (lógrem) nebo se nápoj přefiltruje či scedí. Při metodě, kdy není sedlina scezena, dochází k nekontrolovatelnému vyluhování dalších, někdy i pro někoho škodlivých látek (ČTPP 2017).

3.12.4 Espresso v konvičce moka

Nejoblíbenější metodou vaření kávy v Itálii je moka, jinak nazývána caffettiera. Metoda je založena na principu vysokého tlaku vodní páry. Moka konvička je složena ze tří dílů a malá konvička se nazývá také jinak bialетка. Pro přípravu kávy v moka konvičce je žádoucí středně hrubé mletí a tmavší pražení zrn. Do spodní části je nalita voda a na sítko je lehce navrstveno zrno. Horní část je opatrně zašroubována a celý přístroj je vložen na vařič. Káva je pod tlakem vzdouvána přes trychtýřovité sítko a přechází tak bez sedimentu. Tato metoda je však k zrnu nešetrná a chuť může být lehce připálená (ČTPP 2017).

Na Obrázku 6 je znázorněno moka zařízení, které sestává z kovové základny nádrže používané jako vodní kotel, kovového filtru pro uložení kávového prášku a válcové nádrže v horní části, ve které se káva vaří.



Obrázek 6: Jak funguje moka konvička (upraveno podle Brewminate 2017)

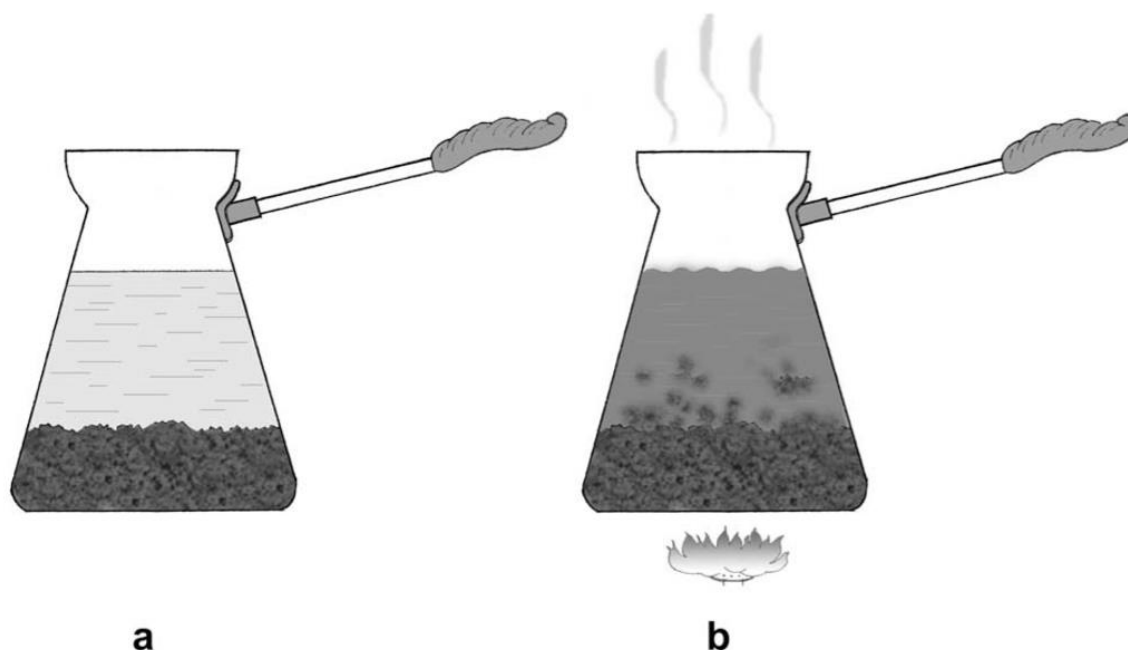
3.12.5 Studená extrakce

Vyhledávaným způsobem přípravy kávy obzvláště v letních měsících, je studená extrakce. Při této metodě jsou zalita jemně namletá zrna zalita litrem pramenité vody a jsou extrahována 12–48 hodin. Tekutina je následně přefiltrována a skladována v ledničce či mrazničce. Taková káva je lépe stravitelná z důvodu obsahu nižšího množství olejnatých látek (Augustín 2016). Jak již bylo zmíněno, Fuller & Rao (2017) uvádí, že po 400 min se již obsah kofeinu téměř nemění. Delší doba louhování však ovlivňuje ostatní extrahované látky v nápoji.

3.12.6 Turecká káva

Dvě kávové lžičky jemně namletých kávovníkových zrn (pět až deset gramů), lžička cukru a voda, přesně v tomto pořadí, se vloží do malé mosazné nebo měděné konvice s delší ručkou. Této nádobě se říká džezva nebo ibrik. Množství vody potřebné k vaření se měří pomocí šálků kávy, obvykle se však pohybuje v rozmezí mezi 60–90 ml (ČTPP 2017). Fraňková et al. (2009) ve své studii postupují podle generálně doporučeného poměru káva / voda 8 %. Směs se pomalu zahřívá, dokud se nezačne vařit (viz Obrázek 7a a b). Poté se proces na několik sekund přerušuje a pak se var opakuje, aby se usnadnilo vysrážení nerozpustných sloučenin.

Tato vskutku nejstarší příprava kávy se často na závěr dochucuje špetkou mletého kardamomu. Alternativou může být přidavek čokolády, chilli, skořice, vanilky, alkoholu nebo šafránu (Augustín 2016).



Obrázek 7 (7a a b): Proces přípravy turecké kávy (Fraňková et al. 2009)

3.12.7 Espresso

Italská káva espresso je jeden z nejkvalitnějších způsobů spaření kávovníkového zrna. Touto metodou jsou převážně připravována zrna arabiky. Pro přípravu espressa je vhodné tmavší pražení zrn, jelikož nabírají plnější tělo a pro takto rychlou extrakci je vhodnější také jemnější mletí. Na jeden šálek espressa se zpravidla udává vhodná dávka sedm až devět gramů jemně namletého lehce stlačeného zrna, což jsou jedna a půl až dvě lžičky, zalité 20–30 ml vody. Pokud bude směs stlačena příliš, zrno se stane těžko propustným a finálním produkt bude mít příliš hořkou chuť. V opačném případě neproběhne dostatečná extrakce. Ideálně se udává doba extrakce 20–30 sekund pod tlakem 9 ± 2 bary (Mestdagh et al. 2017). Právě tlak vytvoří na nápoji tzv. pěnovou čepici neboli cremu, která by měla v šálku dosahovat výšky až pěti milimetrů. Po upíjení by měla zůstat na bocích šálku její tenká vrstva (Severini et al. 2017). Severini et al. (2017) také zmiňuje, že tlak nemá vliv na obsah kofeinu ve výsledném kávovém nápoji.

Existují různé druhy espressa a nejčastěji připravované jsou přibliženy na Obrázku 8, avšak kvalita kávy espresso v šálku (i obsah kofeinu) je ovlivněna několika proměnnými, typem kávovaru, a především zkušenostmi baristy (Severini et al. 2017; Angeloni et al. 2019).



Obrázek 8: Nejčastější druhy kávových nápojů s využitím espressa (Rutteová 2020)

U přípravy ristretta je kávovar vypnut dříve než při klasické přípravě espressa, má tedy menší objem (maximálně 20 ml), je hutnější a aromatictější. Tzv. doppio je v podstatě dvojitě espresso. Obsahuje tedy dvojnásobnou navážku praženého mletého zrna v 50–70 ml vody. Do espressa correta je zpravidla přidáván koňak. Espresso Americano je zase naředěno až 150 ml horké vody. Caffè Americano tvoří sedm gramů pomletých zrn a 40–80 ml horké vody. Caffè lungo obsahuje osm gramů namletých zrn a 80 ml vody (Augustín 2016).

Často se do espressa přidává našlehaná pěna a vznikají tak další typy připravených kávových nápojů. Nejznámějším je pravděpodobně cappuccino. Ideální cappuccino by mělo být tvořeno z jedné třetiny espressem, z druhé mlékem (smetanou) a ze třetí třetiny vyšlehanou pěnou a ideální teplota by se měla pohybovat okolo 70 °C. Do caffè latte se přidává mléko o teplotě 65–76 °C a na povrchu je asi půlcentimetrová vrstva zpěněného mléka. Do espressa macchiata je typické potřísnění espressa pouze několika lžičkami napěněného mléka. Opakem espressa macchiata je latte macchiato, kdy je do vysoké sklenice s horkým napěněným mlékem přidáno malé množství espressa. Jedna lžička vychlazené smetany je přidávána do espressa Con panna. Do moccacino caffè je ke klasickému espressu přidáváno 150 ml vody a dva mililitry čokoládového sirupu. Caffè Mocha se skládá z jedné třetiny espressa, z druhé třetiny z horké čokolády a z poslední třetiny horkým mlékem. Do Irish coffee se přidávají dvě velké lžice vysokoprocentní smetany, dvě lžičky třtinového cukru a čtyři lžice pravé irské whisky (Augustín 2016; Rutteová 2020).

3.12.8 Kapsle

Dalším formou kávovarů jsou i moderní tzv. kapslové kávovary. Více než kvalitou přístroje zaujmou jejich moderním vzhledem, a hlavně jednoduchostí přípravy a stálostí chuti. Na trhu existuje široká paleta kapslí o různých kvalitách, síle a druhů zrn. Pomocí zabudovaného vibračního čerpadla je káva spíše překapána než protlačena. Pražené kávové zrno se dávkuje, stlačuje a hermeticky balí dvěma způsoby: (1) tobolky, získané utěsněním mleté kávy mezi dvěma vrstvami filtračního papíru; (2) tobolky různé velikosti a tvaru, ale v zásadě z plastu nebo hliníku. Použití kapslí však vykazuje velké rozdíly a každá značka kávy vyvinula stroje se specifickými vlastnostmi, jako je tlak, doba průniku, teplota vody, průtok vody atd. (Severini et al. 2017).

3.12.9 Instantní káva

Své konzumenty si získává především díky jednoduchosti a rychlosti přípravy, absenci sedimentu nebo díky delší době skladovatelnosti. Obsahuje také méně kofeinu a tuků než klasická čerstvě namletá káva z pražených zrn, chuť je však se zrnkovou kávou nesrovnatelná. Základním principem výroby instantního prášku nebo granulí je sušení vyextrahovaných mletých pražených zrn. Nejprve se připraví koncentrovaný extrakt při teplotě bodu varu. Před samotným sušením následuje fáze prudkého ochlazení až na čtyři stupně Celsia. Silný extrakt lze sušit rozprašováním sedliny na stěny vyhřívaných bubnů, odkud odpadávají na dno. Mohou se ještě dále upravovat do jiných forem (např. granulí) nebo se rovnou balí do plechovek či sklenic apod. Instantní káva připravena touto metodou se objevuje nejčastěji v různých automatech. Dalším způsobem sušení je známá lyofilizace neboli vakuové vymražení. Při této metodě dochází k minimálním ztrátám původních vlastností kávovníkového zrna (Huang & Zhang 2013).

3.12.10 Dekofeinovaná káva

Své milovníky si najde také káva bez kofeinu. Mezi metody odstraňování kofeinu z kávovníkových zrn se řadí metoda nepřímá, založená na navázání organických rozpouštědel (chloroform, ethylacetát apod.) na kofein. Další metoda, Švýcarská, je založena na vyluhování kofeinu mokrou cestou. Metoda pomocí superkritických plynů využívá kritického bodu daného plynu a zvýšeného tlaku. Zrna se napařují vodní parou a kofein navázaný na plynnou složku je odstraněn pomocí absorpce s recirkulací plynu. Množství povoleného obsahu stanovuje Evropské spotřebitelské centrum až na maximální množství kofeinu 0,1 % v zeleném zrně a 0,3 % v suchých instantních přípravcích). Šálek dekofeinizované kávy tak obsahuje jeden až pět miligramů kofeinu (Augustín 2016). Existují snahy o speciální metody genetického šlechtění přímo kávovníkových odrůd pro nízký obsah kofeinu. Tvorbu kofeinu v rostlinách ovlivňují tři enzymy. Výzkumníci se zaměřují na gen syntetázy theobrominu, označovaný jako CaMXMT1, ale ještě neexistují relevantní výsledky z pokusů (Ogita et al. 2003).

4 Materiál a metody

4.1 Testované kávy

Tři druhy zrnkové kávy vybrány podle různého stupně pražení – světle pražená Privat Kaffee Brazil Mild 100% Arabica¹ (Tchibo, Německo), středně pražená Espresso Classico 100% Arabica² (Illy, Itálie), tmavě pražená Bellarom Espresso Extra Dark Roast 100% Arabica³ (Lidl, Německo) byly využity k osmi různým způsobům přípravy kávy. Dále byly analyzovány dva typy kávy z kapslového kávovaru – Dolce Gusto Espresso⁴ (Nescafé, Švýcarsko) a Krups Nespresso Essenza Mini Ristretto⁵ (Nestlé, Švýcarsko), dvě instantní kávy – Original rich roast & full flavoured⁶ (robusta 75 %, arabica 25 %; Tesco, Velká Británie) a GOLD Original⁷ (arabica 100 %, rozpustná sušená káva 97 %, 3 % mletá pražená káva; Nescafé, Švýcarsko) a káva ze školního automatu – Černá káva bez cukru 80 ml⁸ (café+co DELIKOMAT, Rakousko). Pro zajímavost byly analyzovány i tři komerčně dostupné alternativní nápoje s obsahem kofeinu, které se mohou podílet na celkovém denním příjmu kofeinu – BIO Kombucha Coffee 0,25 ml⁹ (STEVIKOM, Česká republika), Mazagrande Forte 250 ml¹⁰ (Tchibo, Německo) a Mr. Brown Black Coffee 240 ml¹¹ (King Car, Taiwan).



Obrázek 9: Ilustrační fotografie použitých vzorků, vlastní zpracování

Byly vybrány nejvíce praktikované způsoby přípravy kávy v kavárnách či domácnostech. Každý způsob přípravy kávy byl proveden pro ni typickým postupem, s nejběžnější navázkou, objemem použité vody a stupněm mletí zrn. Byl dodržen obecně doporučený poměr zrno/voda 40–60 % (s přihlédnutím na hodnoty použité již v práci dříve zmíněných studiích; Lantz et al. 2006, Fraňková et al. 2009, Poole et al. 2017, Severini et al. 2017, Davidek 2018, Angeloni et al. 2019). Zvolené parametry jsou přehledně uvedeny v Tabulce 2.

Tabulka 2: Souhrnný přehled zvolených parametrů

Položka	Velikost jedné porce (ml)	Poměr navážka kávy (g) /objem vody (ml)	Stupeň mletí (1–9)
French press	200	25/500	8
Český turek	200	10/200	3
Moca konvička (hliník)	60	7/80	5
Moca konvička (nerez)	60	12/95	5
Studená káva	200	10/200	3
Překapávaná káva	200	10/200	4
Turecká káva	150	12/150	2
Espresso	20–30	9 ⁽¹⁾	jemné mletí ²
Kapsle Dolce Gusto	50	6/50	–
Kapsle Nespresso	40	5,9/40	–
Instant Tesco	200	4/200	–
Instant Nescafé	200	4/200	–
Kombucha	250	–	–
Mazagrande	250	–	–
Mr. Brown	240	–	–
Automat	80	–	–

4.1.1 Metody způsobu přípravy

Pro mletí kávovníkových zrn byl využit mlýnek GVX 242 (Krups, Německo) s devíti stupni mletí. U příprav vyžadujících následnou filtraci byl použit papírový filtr No. 390 (průměr 12,5 cm; FILTRAK, Německo). Pro zajištění kvality analytických dat byly všechny přípravy prováděny v triplikátech.

4.1.1.1 French press

K přípravě kávy metodou French press byla využita Konvice na čaj a kávu TEO 0,6 l (Tescoma, Česká republika). Použito bylo 25 g velmi hrubě namleté kávy (stupeň 8/9), které byly nasypány do nádoby. Posléze byly zality 500 ml horké vody (95 °C) a nechány louhovat

¹ Průtok byl nastaven univerzálně na 25 sekund a objem se pohyboval mezi 20–30 ml.

² Speciální jemné mletí na espresso speciálně vytvořené u jednotlivých typů káv baristou podle času průtoku.

4 minuty. Těsně před stlačením síta směrem dolů byl extrakt promíchán. Předpokládaná finální porce činí 200 ml. Metoda byla provedena vždy ve třech opakováních, a to ze světle, středně a tmavě pražené kávy.

4.1.1.2 „Český turek“

Deset gramů jemně namleté kávy (stupeň 3/9) bylo zalito 200 ml horké vody (95 °C) a okamžitě lehce promícháno. Po 5 minutách louhování byl nápoj přefiltrován přes papírový filtr. Předpokládaná finální porce činí 200 ml. Metoda byla provedena vždy ve třech opakováních, a to ze světle, středně a tmavě pražené kávy.

4.1.1.3 Espresso v konvičce moka

Byly použity dva typy moka konviček (hliník a nerez) a v důsledku toho se lišilo i množství použité vody a kávy. U hliníkové konvičky – Paloma 1 šálek (Tescoma, Česká republika) bylo množství kávy středně hrubě namleté kávy (5/9) 7 g a 80 ml vody. Do nerezové konvičky Bialetti Venus 2 šálky 100 ml (Bialetti, Itálie) bylo přidáno 12 g namleté kávy a 95 ml vody. Předpokládaná porce je 60 ml výsledného nápoje. Metoda byla provedena vždy ve třech opakováních, a to ze světle, středně a tmavě pražené kávy.

4.1.1.4 Studená extrakce

Deset gramů jemně namleté kávy (stupeň 3/9) bylo zalito 200 ml horké vody (95 °C) a okamžitě lehce promícháno. Takto připravená směs byla ponechána 20 hodin k louhování při pokojové teplotě. Poté byla přefiltrována přes papírový filtr. Předpokládaná finální porce činí 200 ml. Metoda byla provedena vždy ve třech opakováních, a to ze světle, středně a tmavě pražené kávy.

4.1.1.5 Filtrovaná/ překapávaná káva

K přípravě kávy filtrační metodou byl využit přístroj KF 1000 (AEG, Německo). Bylo použito 10 g jemně namleté kávy (stupeň 4/9), které byly nasypány do filtru. K přefiltrování bylo použito 250 ml horké vody po dobu tři minuty. Předpokládaná finální porce činí 200 ml. Metoda byla provedena vždy ve třech opakováních, a to ze světle, středně a tmavě pražené kávy.

4.1.1.6 Turecká káva

Byl dodržen generálně doporučený poměr káva/voda 8 % (12 g /150 ml). Velmi jemně mletá káva (2/9) byla vložena do tzv. džezvy (též ibriku) a zalita studenou vodou. Ibrik byl zahříván do doby, než se na povrchu objevila pěna a následně byl odstraněn z plamene. Tento krok byl opakován celkem třikrát. Nakonec byla infuze filtrována přes papírový filtr. Předpokládaná finální porce činí 150 ml. Metoda byla provedena vždy ve třech opakováních, a to ze světle, středně a tmavě pražené kávy.

4.1.1.7 Espresso

Espresso bylo připraveno profesionálním baristou na dvoupákovém kávovaru Aurelia (Nuova Dimonelli, Itálie). Byla zvolena univerzální navážka 9 g a objem se pohyboval podle

průtoku (25 s) mezi 20–30 ml. Bylo použito jemné mletí zrn na espresso. Pro srovnání byla použita i směs s robustou (70 % arabica, 30 % robusta) ze středně pražené kávy.

4.1.1.8 Kapsle

Byly otestovány dva druhy kávy z moderních kapslových kávovarů. V Nespresso kávovaru (Nestlé, Švýcarsko) byla připravena kapsle Ristretto. Kapsle má podle návodu 5,9 g a je k přípravě použito 40 ml vody. Dolce Gusto Espresso (Nescafé, Švýcarsko) uvádí u svých kapslí navážku 6 g a objem použité vody 50 ml. Oba typy nápojů byly provedeny ve třech opakováních.

4.1.1.9 Instantní káva

Dvě lžičky (4 g) instantní kávy byly zality 200 ml vody a okamžitě promíchány. Stejný postup byl proveden i u dalšího typu rozpustné kávy. Předpokládaná finální porce činí 200 ml.

4.1.1.10 Kávové nápoje

K porovnání byly vybrány tři moderní druhy alternativních kávových nápojů. BIO Kombucha Coffee (STEVIKOM, Česká republika) je lehce perlivý fermentovaný nápoj z oslazeného odvaru pražené kávy. Výrobce množství kofeinu nedeklaruje. Mazagrande Forte (Tchibo, Německo) je nealkoholický sycený nápoj s kávovou složkou. Deklarovaný obsah kofeinu je zde 32–36 mg. 100 ml⁻¹. Mr. Brown Black Coffee (King Car, Taiwan). je nápoj s kávovým nálevem a cukrem. Výrobce deklaruje obsah kofeinu 66 mg. 100 ml⁻¹.

4.1.1.11 Školní automat

Byly vybrány tři vzorky černé kávy bez cukru z automatu (café+co DELIKOMAT, Rakousko) a součástí směsi je instantní káva s obsahem kofeinu o objemu 80 ml.

4.2 Analytické metody

4.2.1 Stanovení kofeinu

Na základě studia literatury byla ke stanovení kofeinu zvolena metoda HPLC s DAD (detekce diodovým polem, též označována jako PAD) detekcí. Jde o rychlou a citlivou metodu ideální pro stanovení kofeinu, nevyžadující drahá rozpouštědla a činidla (Alpdogan et al. 2000; Bispo et al. 2002; Muhtadi et al. 2006).

Nejprve byly vytvořeny kalibrační standardy kofeinu (čistota <99,0 %, Sigma-Aldrich, Švýcarsko) pro vytvoření kalibrační křivky o koncentracích 5 mg.l⁻¹, 10 mg.l⁻¹, 20 mg.l⁻¹, 50 mg.l⁻¹, 100 mg.l⁻¹ a 250 mg.l⁻¹. K ředění byla použita deionizovaná voda (Crystal Adrona, Lotyšsko) s konduktivitou 0,055 μS.

Při přípravách kávových nápojů byla využita kohoutková voda o konduktivitě 243 μS.cm⁻¹ (Konduktometr CM 113, Snail Instruments, Česká republika). Prvkové složení použité kohoutkové vody je zobrazeno v Tabulce 3. Desetkrát zředěné extrakty finálních kávových nápojů (s výjimkou nápoje BIO Kombucha Coffee – neředěno, přípravy Espresso – 21krát ředěno a přípravy Espresso ve směsi s robustou – 41krát ředěno) byly vstříknuty

stříkačkou Injekt® Luer Solo 10 ml (BBraun, Německo) přes injekční filtr Nylon66 0,45 µm (Sigma-Aldrich, Švýcarsko) do vialky pro stanovení koncentrace kofeinu pomocí HPLC.

Tabulka 3: Prvkové složení vody (mg.l⁻¹) měřené na přístroji iCAP 7000 Duo (Thermo, USA)

Položka	Ca	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	P	S	Si	Zn
Použitá voda	29,3	0,01	0,04	5,04	7,34	0,01	15,2	0,01	15,1	1,77	0,04

Obsah kofeinu ve vzorcích byl stanoven pomocí přístroje HPLC Summit (Dionex, USA; s příslušenstvím – termostat typu TCC 100, dávkovač ASI 100, pumpa P680, detektor PDA 100). Jako mobilní fáze byl použit roztok – 20 % acetonitril pro HPLC gradient (Lach-ner, ČR), 0,5 % tetrahydrofuran pro HPLC gradient (Lach-ner, ČR) a 79,5 % deionizovaná voda (0,055 µS Crystal Adrona, Lotyšsko). Byla využita kolona typu C–18 s velikostmi částic 5 µm a rozměry 250 x 4 mm (WATREX, ČR). Průtok byl nastaven na 0,8 ml.min⁻¹ a vlnová délka, při které byla měřena absorbance, byla 273 nm. Obsahy kofeinu byly vyhodnoceny pomocí kvadratické kalibrační křivky.

4.2.2 Stanovení pH

Ke změření hodnot pH byl použit pH metr UltraBasic (Denver Instrument, USA) s pufrů o hodnotách pH 4 a 7 (WTW, Německo). Měření probíhalo přímo v neředěných finálních kávových nápojích a vždy po ochlazení nápojů na pokojovou teplotu.

4.3 Statistické vyhodnocení

K vyhodnocení závislosti obsahu kofeinu a pH kávy na způsobu přípravy kávového nápoje a stupni pražení zrn byl použit program Statistica 13 (TIBCO Soft. Inc., USA). V rámci programu byly za vhodné zvoleny metody dvoufaktorové analýzy rozptylu a post-hoc Tukeyho testu na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

5 Výsledky

5.1 Obsah kofeinu

V následující tabulce (Tabulka 4) jsou seřazena surová data naměřených hodnot kofeinu do dvou sloupců, a to podle obsahu kofeinu v jednom litru kávového nápoje a na jeho danou (běžnou) porci. Z tabulky lze vyčíst, že Espresso je nejkonzentrovanejším zdrojem kofeinu, naopak nejméně kofeinu lze najít v analyzovaných alternativách, jako jsou nápoje Kombucha a Mazagrande.

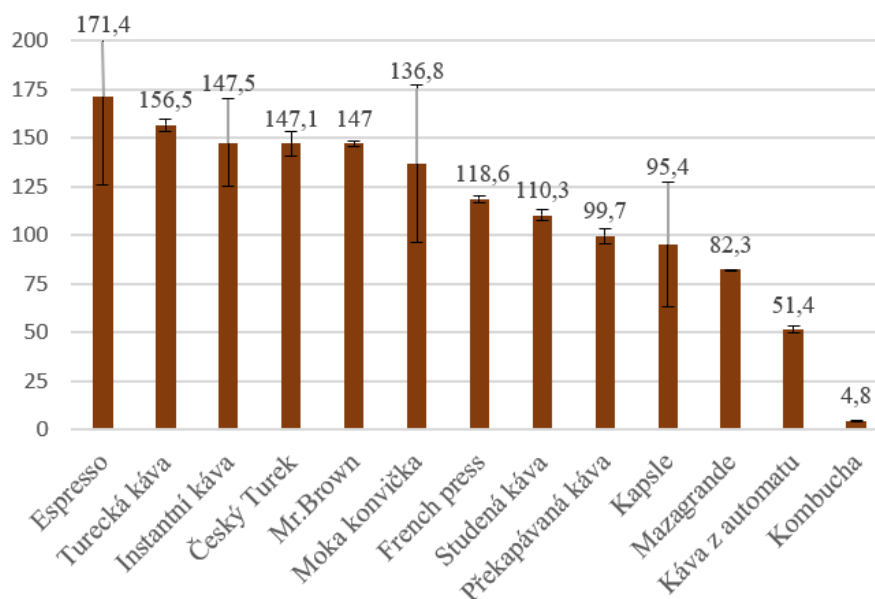
Tabulka 4: Souhrn naměřených hodnot kofeinu (mg) přepočtených na jeden litr nápoje (včetně směrodatných odchylek při trojím opakování měření) a na jeho jednu porci v sestupném pořadí

Položka	Obsah kofeinu (mg.l ⁻¹)	Položka	Obsah kofeinu (mg / porci)
Espresso – směs s robustou	8734 ± 1365	Espresso – směs s robustou	175–262
Espresso – tmavě pražená	6957 ± 438	Espresso – tmavě pražená	139–209
Espresso – středně pražená	6120 ± 96,4	Espresso – středně pražená	122–184
Espresso – světle pražená	5612 ± 161	Espresso – světle pražená	112–168
Kapsle Nespresso	3181 ± 96,6	Moka konvička (nerez) – středně pražená	182
Moka konvička (nerez) – středně pražená	3027 ± 147	Moka konvička (nerez) – tmavě pražená	181
Moka konvička (nerez) – tmavě pražená	3021 ± 57,5	Instantní káva Tesco	170
Moka konvička (nerez) – světle pražená	2777 ± 33,0	Moka konvička (nerez) – světle pražená	167
Moka konvička (hliník) – tmavě pražená	1744 ± 143	Turecká káva – středně pražená	159
Moka konvička (hliník) – středně pražená	1657 ± 93,0	Turecká káva – světle pražená	158
Moka konvička (hliník) – světle pražená	1457 ± 75,2	Český turek – středně pražená	155
Kapsle Dolce Gusto	1269 ± 44,6	Turecká káva – tmavě pražená	152

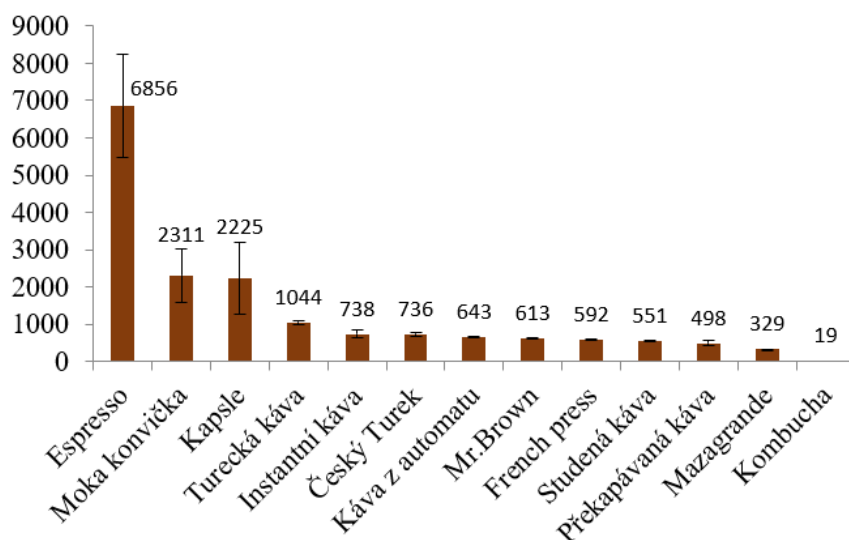
Položka	Obsah kofeinu (mg.l⁻¹)	Položka	Obsah kofeinu (mg / porci)
Turecká káva – středně pražená	1062 ± 41,6	Český turek – tmavě pražená	148
Turecká káva – světle pražená	1055 ± 48,7	Mr. Brown	147
Turecká káva – tmavě pražená	1014 ± 40,5	Český turek – světle pražená	139
Instantní káva Tesco	850 ± 25,3	Kapsle Nespresso	127
Český turek – středně pražená	773 ± 50,6	Instantní káva Nescafé	125
Český turek – tmavě pražená	738 ± 44,4	French press – světle pražená	120
Český turek – světle pražená	696 ± 17,6	French press – středně pražená	120
Káva z automatu	643 ± 17,5	French press – tmavě pražená	116
Instantní káva Nescafé	625 ± 3,08	Studená káva – světle pražená	113
Mr. Brown	613 ± 10,7	Studená káva – tmavě pražená	112
French press – středně pražená	599 ± 9,84	Studená káva – středně pražená	106
French press – světle pražená	596 ± 10,4	Překapávaná káva – tmavě pražená	105
French press – tmavě pražená	581 ± 3,25	Moka konvička (hliník) – tmavě pražená	105
Studená káva – světle pražená	564 ± 22,7	Moka konvička (hliník) – středně pražená	99,4
Studená káva – tmavě pražená	558 ± 1,18	Překapávaná káva – světle pražená	98,7
Studená káva – středně pražená	532 ± 4,36	Překapávaná káva – středně pražená	95,6
Překapávaná káva – tmavě pražená	524 ± 31,3	Moka konvička (hliník) – světle pražená	87,4
Překapávaná káva – světle pražená	494 ± 77,9	Mazagrande	82,3

Položka	Obsah kofeinu (mg.l ⁻¹)	Položka	Obsah kofeinu (mg / porci)
Překapávaná káva – středně pražená	478 ± 71,5	Kapsle Dolce Gusto	63,5
Mazagrande	329 ± 3,67	Káva z automatu	51,4
Kombucha	19,3 ± 0,32	Kombucha	4,82

V následujících grafech jsou přehledněji zpracovány hodnoty kofeinu v jednotlivých nápojích včetně chybových úseček. U nápojů vyžadujících speciální způsob přípravy byly výsledky ze všech třech typů pražení zprůměrovány (u přípravy v moka konvičce byly hodnoty zprůměrovány dohromady pro nerez i hliník). Obrázek 10a vyjadřuje množství kofeinu (v mg) na jednu porci. Opět je nejvýznamnějším zdrojem kofeinu příprava espresso a nejméně kofeinu najdeme v nápoji Kombucha a v kávě z automatu. Podle Obrázku 10b je také ve vedoucí pozici espresso jako nejkonzentrovanejší zdroj kofeinu. V závěsu za espressem jsou moka konvička a kapsle. Na opačném konci je opět Kombucha, Mazagrande a překapávaná káva.



Obrázek 10a: Obsah kofeinu (mg) v jedné porci kávového nápoje včetně chybových úseček



Obrázek 10b: Koncentrace kofeinu (mg) v jednom litru kávového nápoje včetně chybových úseček

5.2 Hodnoty pH

Následující tabulka (Tabulka 5) obsahuje data naměřených hodnot pH (vždy průměry třech měření) od nejkyselějších po nejméně kyselé nápoje. Výraznými extrémy jsou opět nápoje Kombucha a Mazagrande, které mají pH až téměř o tři stupně nižší než nejméně kyselý nápoj Mr. Brown se svými 6,20.

Tabulka 5: Souhrn naměřených hodnot pH (ve vzestupném pořadí)

Položka	Ø pH
Kombucha	3,26
Mazagrande	3,66
Káva z automatu	5,03
Espresso – světle pražená	5,05
Instantní káva Tesco	5,11
Turecká káva – světle pražená	5,15
Moka konvička (hliník) – světle pražená	5,19
Instantní káva Nescafé	5,19
Český turek – světle pražená	5,21

Položka	Ø pH
French press – světle pražená	5,22
Překapávaná káva – světle pražená	5,22
Moka konvička (nerez) – světle pražená	5,26
Espresso – středně pražená	5,27
Kapsle Nespresso	5,28
Studená káva – světle pražená	5,30
Kapsle Dolce Gusto	5,37
Český turek – středně pražená	5,42
Turecká káva – středně pražená	5,42
Moka konvička (hliník) – středně pražená	5,45
Moka konvička (nerez) – středně pražená	5,47
Espresso – směs s robustou	5,48
French press – středně pražená	5,49
Překapávaná káva – středně pražená	5,53
Espresso – tmavě pražená	5,55
Studená káva – středně pražená	5,61
Český turek – tmavě pražená	5,63
Turecká káva – tmavě pražená	5,65

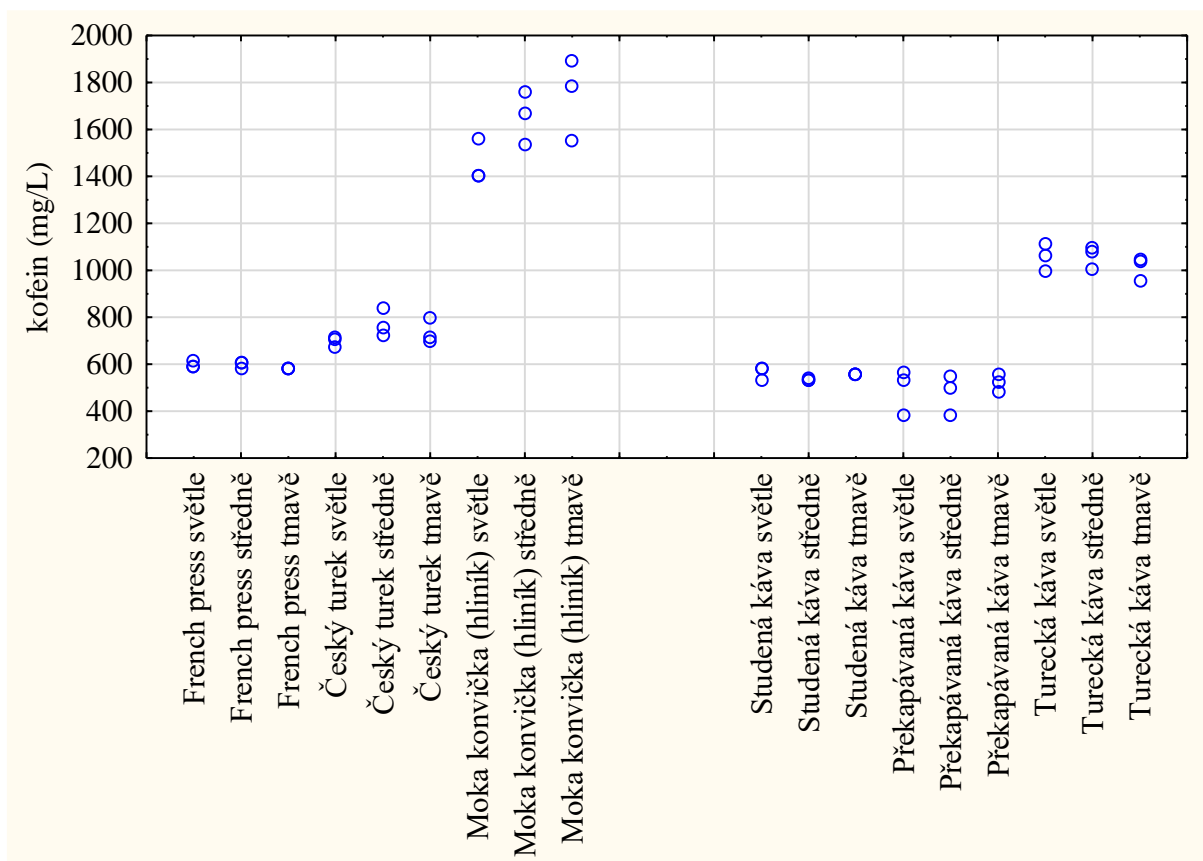
Položka	Ø pH
French press – tmavě pražená	5,67
Překapávaná káva – tmavě pražená	5,69
Moka konvička (hliník) – tmavě pražená	5,72
Moka konvička (nerez) – tmavě pražená	5,74
Studená káva – tmavě pražená	5,80
Mr. Brown	6,20

5.3 Statistické vyhodnocení

Faktor způsobu přípravy při vyhodnocení pomocí dvoufaktorové analýzy rozptylu měl 8 variant – french press, český turek, moka konvička – hliník, moka konvička – nerez, studená káva, překapávaná káva, turecká káva a espresso. Faktor stupně pražení měl 3 varianty – světle, středně a tmavě pražená. Bylo použito 72 vzorků kávy (tj. ty, kde byl stupeň pražení specifikován).

5.3.1 Statistické vyhodnocení obsahu kofeinu

Vzhledem k tomu, že espresso a moka konvička se z hlediska extrémních hodnot a variability dat vymykají, byly z výpočtu dvoufaktorové analýzy rozptylu vyřazeny. Do analýzy tedy vstoupily skupiny obsažené v následujícím grafu (Obrázek 11).



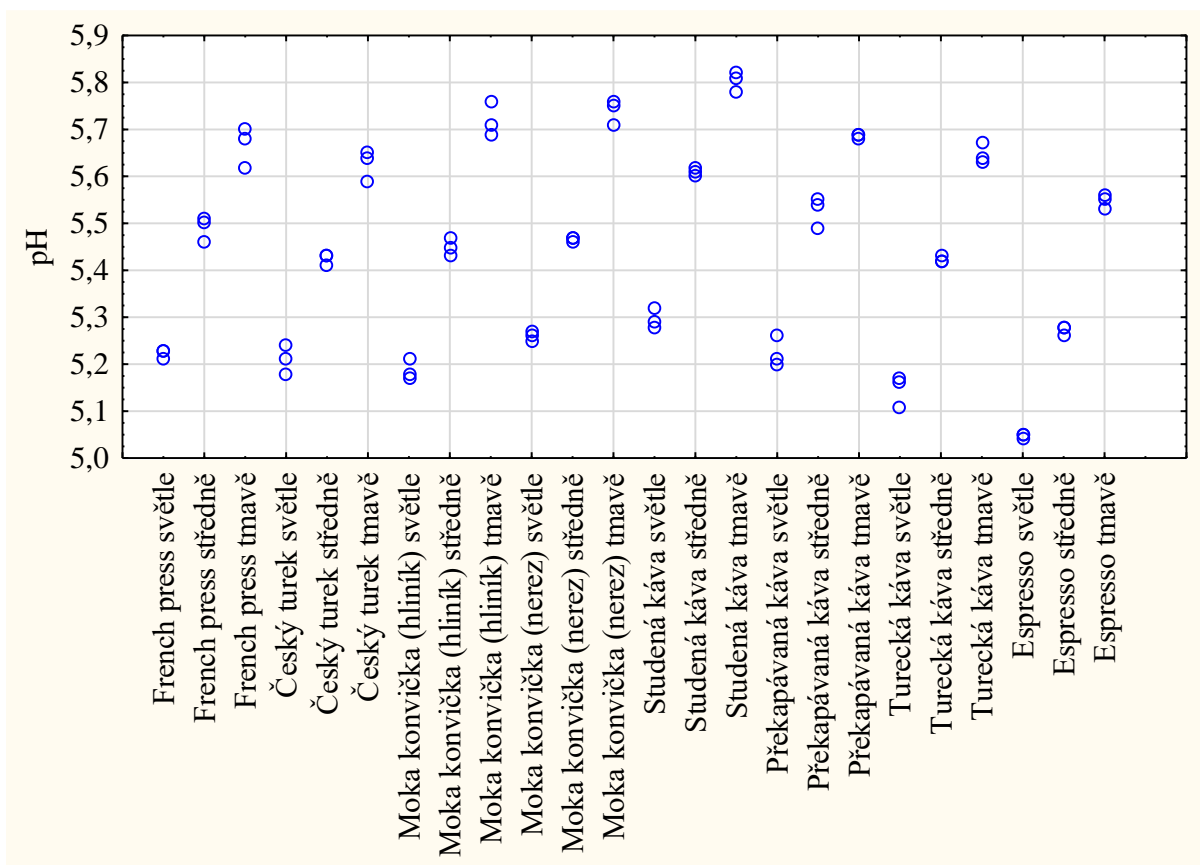
Obrázek 11: Statistické vyhodnocení závislosti obsahu kofeinu na způsobu přípravy a stupni pražení (bez vyražených hodnot)

Graf pro kofein je výrazně odlišný od grafu pro pH. Nejsou v něm patrné tendence vzhledem ke stupni pražení. Proto byl použit plně faktorový model, kdy byly hodnoty kofeinu modelovány v závislosti na stupni pražení, způsobu přípravy i interakci těchto dvou faktorů. p -hodnota interakce je 0,019, je zde tedy patrný statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$). Hladiny kofeinu se tedy statisticky významně liší v závislosti na různých kombinacích variant způsobu přípravy a stupně pražení. Konkrétně které kombinace se od sebe liší, bylo testováno pomocí post-hoc Tukeyho testu (matice Příloha 3 v kapitole Samostatné přílohy, str. II).

Na základě Tukeyho testu bylo zjištěno, že pro způsoby přípravy french press, český turek, studená káva, překapávaná káva a turecká káva nebyla na hladině významnosti 0,05 prokázána závislost hodnot kofeinu na stupni pražení, ale pro moka konvičku hliník bylo na hladině významnosti 0,05 prokázáno, že tmavé pražení má statisticky významně vyšší hodnoty kofeinu než pražení světlé.

5.3.2 Statistické vyhodnocení pH

Hodnoty pH pro jednotlivé způsoby přípravy a stupně pražení byly zobrazeny pomocí bodového grafu (viz Obrázek 12). Pro každou skupinu se jedná o tři hodnoty. Všechny hodnoty naměřených pH jsou v kapitole Samostatné přílohy (Příloha 2, str. I).



Obrázek 12: Závislost hladiny pH na způsobu přípravy a stupni pražení

Z grafu je patrné, že v rámci každého způsobu přípravy je nejnižší pH pro světle praženou, vyšší pH pro středně praženou a nejvyšší pH pro tmavě praženou kávu. Jelikož v rámci každého způsobu přípravy roste pH se stupněm pražení stejným způsobem, nebylo potřeba v modelu dvoufaktorové analýzy rozptylu uvažovat interakce a odhadnuty tedy byly pouze hlavní efekty obou faktorů.

Vzhledem k tomu, že v rámci modelu dvoufaktorové analýzy rozptylu vyšla p–hodnota pro faktor způsobu přípravy a faktor stupně pražení s ohledem na tři desetinná místa nulová ($p < 0,0001$), mají tyto faktory na hladině významnosti 0,05 statisticky významný vliv na hodnoty hladiny pH. Porovnání jednotlivých dvojic variant těchto faktorů bylo provedeno pomocí post–hoc Tukeyho testu a statisticky významný rozdíl byl tak prokázán mezi všemi dvojicemi stupně pražení. Hodnoty pH byly pro tmavé pražení statisticky významně vyšší než pro střední a světlé pražení. Hodnoty pH pro střední pražení byly statisticky významně vyšší než pro světlé pražení.

Tabulka 6: Tukeyho post-hoc test pro způsob přípravy (tabulka p-hodnot)

Položka	1	2	3	4	5	6	7	8
French press (1)	–	0,140	1,000	0,520	0,000	0,904	0,011	0,000
Český turek (2)	0,140	–	0,378	0,001	0,000	0,004	0,976	0,000
Moca konvička (hliník) (3)	1,000	0,378	–	0,223	0,000	0,620	0,047	0,000
Moca konvička (nerez) (4)	0,520	0,001	0,223	–	0,000	0,997	0,000	0,000
Studená káva (5)	0,000	0,000	0,000	0,000	–	0,000	0,000	0,000
Překapávaná káva (6)	0,904	0,004	0,620	0,997	0,000	–	0,000	0,000
Turecká káva (7)	0,011	0,976	0,047	0,000	0,000	0,000	–	0,000
Espresso (8)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	–

Tabulka 6 obsahuje p-hodnoty pro porovnání všech dvojic variant způsobu přípravy. Hodnota $p < 0,05$ indikuje statisticky významný rozdíl. Vzhledem k velkému množství p-hodnot bylo provedeno zhodnocení výstupu ve formě tzv. homogenních skupin, tedy skupin, jejich pH se od sebe statisticky významně neliší.

Tabulka 7: Tukeyho post-hoc test homogenních skupin

Způsob přípravy	Ø pH	1	2	3	4	5
Espresso	5,29				****	
Turecká káva	5,41			****		
Český turek	5,42		****	****		
Moca konvička (hliník)	5,45	****	****			
French press	5,46	****	****			
Překapávaná káva	5,48	****				
Moca konvička (nerez)	5,49	****				
Studená káva	5,57					****

Podle Tukeyho post-hoc testu je tedy pět homogenních skupin. Na základě Tabulky 7 lze interpretovat, že studená káva má statisticky významně vyšší hodnoty pH než všechny ostatní způsoby přípravy. Moka konvička nerez a překapávaná káva mají statisticky významně vyšší hodnoty pH než český turek, turecká káva a espresso. French press a moka konvička hliník mají statisticky významně vyšší hodnoty pH než turecká káva a espresso. Český turek a turecká káva má statisticky významně vyšší hodnoty pH než espresso a espresso má statisticky významně nižší hodnoty pH než všechny ostatní způsoby přípravy.

5.3.3 Shrnutí statického vyhodnocení

Celkově lze tedy zhodnotit, že stupeň pražení má zřejmý vliv na pH. Vliv stupně pražení nemá pravděpodobně tak velký vliv na obsah kofeinu a nebyl tedy u většiny způsobů příprav prokázán (prokázání statistické významnosti u moka konvičky – hliník bude spíše výjimkou), ale hladiny kofeinu se statisticky významně liší v závislosti na různých kombinacích variant způsobu přípravy.

6 Diskuse

Kofein, zejména obsažený v kávě, je jedním z nejméně konzumovaných stimulantů na světě (Frances et al. 2018; ICO 2020). Káva si svoji popularitu získala nejen pro svoji specifickou chuť, ale zejména kvůli svým psychoaktivním a ergogenním účinkům, které způsobují zejména tři obsažené alkaloidy, deriváty xantinu, z nichž nejznámější je kofein (Fray et al. 2005; McLellan et al. 2016; Poole et al. 2017). Pro většinou lidí je káva hlavním zdrojem kofeinu, avšak jeho příjem závisí na mnoha faktorech. Historicky byl kofein demonizován a přičítala se mu zodpovědnost za vznik mnoha onemocnění. I proto bylo množství kofeinu, které denně v kávě přijmeme, široce zkoumáno, ale často je obtížné srovnávat publikovaná data kvůli rozdílům v podmínkách přípravy kávových nápojů (Lieberman et al. 1987a; Barone & Roberts 1996; Smith et al. 1999; Nawrot et al. 2003; Higdon & Frei 2006; Doepker et al. 2016; Severini et al. 2017; aj.).

Právě káva a alternativní kávové nápoje byly hlavními zkoumanými zdroji kofeinu této diplomové práce. Byly vybrány nejoblíbenější způsoby přípravy kávy v kavárnách či domácnostech. Každý způsob přípravy kávy byl proveden pro ni typickým postupem, s nejběžnější navázkou, objemem použité vody a stupněm mletí zrn. Naměřené hodnoty pro jednotlivé způsoby příprav kávy podle množství kofeinu na jednu porci a koncentrace jsou přehledně zobrazeny na Obrázcích 10a a b.

Stejně jako u jiných způsobů přípravy ovlivňuje obsah kofeinu v kávě z přístroje French press několik faktorů. Touto metodou bylo dosaženo průměrného výsledku $0,59 \text{ mg.ml}^{-1}$ (tj. 118,6 mg na porci 200 ml) při použití 20 g mleté kávy a 500 ml vody. Gloess et al. (2013) při stejné přípravě udávají velice podobnou výslednou koncentraci $0,49 \text{ mg.ml}^{-1}$ při použití 27,5 g mleté kávy a 500 ml horké vody po stejnou dobu extrakce – tj. 4 minuty. Naopak López–Galilea et al. (2007) k přípravě využili 40 g mleté kávy a 500 ml horké vody. V takto připraveném výsledném nápoji byla koncentrace kofeinu $0,20 \text{ mg.ml}^{-1}$. Takový výsledek je od ostatních velice odlišný a může být způsoben příliš krátkým časem extrakce či příliš hrubým namletím zrn (Gloess et al. 2013; Depaula & Farah 2019).

Pro obsah kofeinu v tzv. českém turkovi chybí vhodná data, avšak nyní můžeme tvrdit, že obsah kofeinu v jednom šálku (200 ml) je 147,1 mg (při koncentraci $0,74 \text{ mg.ml}^{-1}$). Za optimální čas louhování bylo považováno 5 minut, který se v praxi může snadno prodloužit a pak se dá předpokládat ještě vyšší množství vyextrahovaného kofeinu. Takový nápoj by se pak zařadil mezi největší zdroje kofeinu na jednu porci. Tuto teorii potvrzuje výzkum provedený autorem Dieu (2012), který naměřil hodnotu koncentrace $2,1 \text{ mg.ml}^{-1}$ po jedné hodině louhování.

Při vyhodnocení kofeinu u přípravy kávy v moka konvičce byly naměřeny výsledné hodnoty $1,6 \text{ mg.ml}^{-1}$ u moka konvičky – hliník (7 g použité mleté kávy a 80 ml vody) a $2,9 \text{ mg.ml}^{-1}$ u moka konvičky – nerez (12 g použité mleté kávy a 95 ml vody). Severini et al. (2017) ve své studii odkazuje na mnoho již proběhlých testů obsahů kofeinu za použití moka konvičky v různých poměrech množství použité kávy a obsahu vody v nápojích. Průměrné hodnoty činily 15 g použité namleté kávy, 160 ml vody a 2 mg.ml^{-1} výsledné koncentrace kofeinu, což se s našimi výše zmíněnými hodnotami relativně shoduje. Shoda byla nalezena

ve výsledcích studie od autorů Depaula & Farah (2019, Obrázek 2), kteří uvádějí koncentraci kofeinu $1,52 \text{ mg.ml}^{-1}$.

Porce studené kávy (200 ml) podle výsledků této práce obsahuje 110,3 mg, to znamená koncentraci $0,55 \text{ mg.ml}^{-1}$. V porovnání s výsledky dostupné literatury nebyla nalezena odchylka, jelikož autoři uvádějí koncentrace mezi $0,43\text{--}0,67 \text{ mg.ml}^{-1}$ (Lane et al. 2017; Eske 2019).

Pro filtrovanou kávu byla v této práci stanovena hodnota koncentrace $0,5 \text{ mg.ml}^{-1}$. V porovnání s ostatními autory se jedná většinou o hodnoty nižší. Například Tfouni et al. (2014) ve své studii vyhodnotili, že koncentrace kofeinu ve filtrované kávě se pohybuje od $0,92\text{--}0,99 \text{ mg.ml}^{-1}$ pro arabicu a $1,23\text{--}1,65 \text{ mg.ml}^{-1}$ pro robustu. Rozdíl v porovnání s nižšími hodnotami této práce mohl být způsoben naší kratší dobou filtrace, a to o polovinu oproti výzkumu Tfouniho et al. (2014). McLellan et al. (2016, viz Tabulka 1) uvádí průměrné hodnoty $0,6\text{--}1 \text{ mg.ml}^{-1}$, což jsou také vyšší hodnoty koncentrace, avšak při přepočtu na jednu porci se již naše výsledky shodují (100 mg). Depaula & Farah (2019, viz Obrázek 2) ve své studii uvádějí u filtrované kávy průměrnou koncentraci $1,12 \text{ mg.ml}^{-1}$, zde však autoři používali vyšší navážku namleté kávy, kdy bude logicky i koncentrovanější obsah kofeinu v nápoji.

Naměřené hodnoty obsahu kofeinu v turecké kávě se v této práci pohybovaly okolo $1,04 \text{ mg.ml}^{-1}$ při použití 12 g mleté kávy a 150 ml vody ($156,5 \text{ mg}$ kofeinu na porci 150 ml). Obsah kofeinu při stejné přípravě podle autorů Niseteo et al. (2012), za využití 7 g a 50 ml vody, se pohyboval mezi $2\text{--}2,8 \text{ mg.ml}^{-1}$. Podobné výsledky uvádějí Santini et al. (2011), kteří zjistili, že obsah kofeinu je $1,9 \text{ mg.ml}^{-1}$ (při poměru 10 g mleté kávy na 100 ml vody). Opět můžeme tvrdit, že jsou hodnoty téměř totožné, když vezmeme v potaz navážku kávy a objem vody.

V závislosti na tradicích má šálek kávy espresso v Itálii 20–25 ml, ve Španělsku 40–60 ml a ve Skotsku asi 30–50 ml. Z těchto údajů byly poměry pražené kávy/vody 7 g / 20 ml, 9 g / 60 ml a 11 g / 30 ml a obsah kofeinu měl tedy v průměru $5,4$, $1,8$ a $3,9 \text{ mg.ml}^{-1}$ (Ludwig et al. 2014b). Opět můžeme pozorovat významné ovlivnění obsahu kofeinu ve výsledném šálku různorodostí vstupního materiálu. Pro přípravu espressa byl využit dvoupákový kávovar, u kterého jsou obvykle koncentrace kofeinu vyšší. Naměřené rozpětí hodnot koncentrací v této práci $5,61\text{--}8,73 \text{ mg.ml}^{-1}$ odpovídají množství 112–262 mg kofeinu na porci (20–30 ml). Horní hranice odpovídají hodnotám obsahu kofeinu v nápojích za použití kávové směsi s 30% robustou. Albanese et al. (2009) studovali obsah kofeinu v extraktech v různých poměrech směsi podle druhu kávovníku (7 g mletého zrna a 25 ml vody). Rostoucím poměrem robusty ve směsi se zvyšoval i výsledný obsah kofeinu. Studie od Severini et al. (2016) se zabývá rozdíly v koncentracích kofeinu ve výsledném nápoji a uvádí i srovnání mezi druhy pákových kávovarů. Hodnoty u dvoupákového přístroje autoři uvádějí $4,5 \text{ mg.ml}^{-1}$ a $3,5 \text{ mg.ml}^{-1}$ u jednopákového, a to v důsledku dvojnásobného množství navážky. Andueza et al. (2003) se ještě zaobírali rozdíly v množství extrahované kofeinu podle navážky namleté kávy. U 6,5, 7,5 a 8,5 g naměřili hodnoty $1,8$, $1,9$ respektive $2,2 \text{ mg.ml}^{-1}$, a potvrdili tak, že tato variabilita má významný vliv na obsah kofeinu ve výsledném nápoji. Další autoři zase řeší vliv hrubosti mleté zrn na obsah kofeinu v šálku espressa. V šálku s navážkou z jemně mleté kávy se obsah kofeinu pohybuje mezi $2,1\text{--}4,2 \text{ mg.ml}^{-1}$, zatímco při použití hrubého kávového prášku

se koncentrace kofeinu pohybovala mezi 0,5–3,2 mg.ml⁻¹ (Andueza et al. 2003; Gloess et al. 2013; Severini et al. 2016).

Analyzováním extraktů kávy z kapslových kávovarů bylo dosaženo výsledků 1,27 mg.ml⁻¹ u výrobce Dolce Gusto (6 g navážky, 50 ml vody) a dokonce 3,18 mg.ml⁻¹ u výrobce Nespresso (5,9 g, 40 ml vody), který tuto kapsli deklaruje jako jednu z nejsilnějších. Obecně lze tvrdit, že jedna průměrná porce 45 ml obsahuje 95,4 mg kofeinu. Několik studií uvádělo použití kapslí pro přípravu kávového šálku espresso. Gloess et al. (2013) naměřili při použití 5,5 g kávy a 30 ml vody výslednou koncentraci kofeinu v nápoji 1,4 mg.ml⁻¹. Severini et al. (2017) ve svém srovnání studií, které se zabývaly obsahy kofeinu v kávě z kapslí, udává průměrnou hodnotu 2,22 mg.ml⁻¹. Informační webový server kofeinu (Caffeineinformer.com 2020) umožňuje zkoumat obsah kofeinu ve stovkách kapslových káv prodaných různými značkami a konkrétně u kapslí firmy Nespresso uvádí hodnotu 1,50 mg.ml⁻¹ (nejsou však známy informace o konkrétní kapsli).

S naměřenými hodnotami ostatních autorů lze najít shodu i v obsazích kofeinu při přípravě instantní kávy. Výsledky této práce jsou blízké hodnotám okolo 0,74 mg.ml⁻¹ při využití 4 g navážky mleté kávy a 200 ml vody (tj. 147,5 mg v jedné porci). Ludwig et al. (2014) studoval osm různých značek instantní kávy. Autoři zdůraznili, že obsah kofeinu v nápojích připravených ze dvou gramů instantní kávy rozpuštěné ve 125 ml vroucí vody se pohyboval od 0,38–0,70 mg.ml⁻¹, s průměrnou hodnotou 0,46 mg.ml⁻¹. McLellan et al. (2016, Tabulka 1) naměřili hodnoty 0,27–0,70 mg.ml⁻¹ a Caffeineinformer.com (2020) uvádí průměrnou hodnotu 0,24 mg.ml⁻¹.

Při srovnání v práci sledovaných kávových nápojů s deklarovanými hodnotami na obale, také lze najít dobrou shodu. Produkt Mr. Brown deklaruje 0,66 mg.ml⁻¹ a průměr naměřených hodnot je 0,62 mg.ml⁻¹. Pokud zkonsumujeme celé balení o 240 ml, přijmeme 147,0 mg kofeinu. Nápoj Mazagrande Forte deklaruje rozpětí 0,32–0,36 mg.ml⁻¹, jehož správnost byla hodnotou 0,33 mg.ml⁻¹ také potvrzena. Balení o obsahu 250 ml tedy obsahuje 82,3 mg kofeinu. Informaci „vysoký obsah kofeinu“ musí uvádět podle platné legislativy výrobce na obalu produktu, který disponuje koncentrací kofeinu vyšší než 0,15 mg.ml⁻¹ a to výrobci splňují. BIO Kombucha bohužel nedeklaruje množství kofeinu na obale, avšak při srovnání naměřené hodnoty 0,19 mg.ml⁻¹ (4,8 mg na porci 250 ml) se studií od Crum & LaGory (2016) uvádějící naměřené rozpětí kofeinu v nápojích Kombucha 0,04–0,51 mg.ml⁻¹, také existuje shoda.

Společnost café+co DELIKOMAT s.r.o. nezveřejňuje množství kofeinu v jednotlivých druzích jimi nabízené kávy z automatu už jen proto, že si konzument volí sílu kávy (v tomto případě množství navážky) libovolně, avšak nyní vyšlo najevo, že se koncentrace kofeinu konkrétně v černé kávě bez cukru s přednastavenou střední hodnotou síly pohybuje kolem hodnoty 0,64 mg.ml⁻¹. V porovnání s ostatními v práci zmíněnými koncentracemi jednotlivých druhů kávy podle příprav se pohybuje tento typ kávy zhruba uprostřed, ale vezme se-li v potaz přepočtu na jednu porci (tj. 51,4 mg. 80 ml⁻¹), jedná se o hodnotu (po nápoji Kombucha) nejnižší.

Kvůli vysoké celosvětové spotřebě kávy EFSA (2015a) zhodnotila účinky na aspekty bezpečnosti jeho příjmu a vytvořila expoziční limity kofeinu pro různé kategorie obyvatel. Hodnoty přijatelného denního příjmu (ADI) jsou pro mnoho světových oblastí odlišné. Pro EU jsou hodnoty uvedeny v Tabulce 8. V posledních letech se ukazuje, že káva v množství 4–6 šálků denně má spíše pozitivně účinky a téměř jediným závažnějším problémem je narušení spánku, pokud je konzumována v pozdějších denních hodinách (Drake et al. 2013; McLellan et al. 2016; Frances et al. 2018; Depaula & Farah 2019). Obecně se souhlasí s tím, že u zdravých dospělých osob denní spotřeba kofeinu až 400 mg ($5,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ pro osobu s hmotností 75 kg) nepředstavuje zdravotní riziko (Nawrot et al. 2003; Higdon & Frei 2006; Doepker et al. 2016).

Tabulka 8: Hodnoty přijatelného denního příjmu kofeinu pro různé kategorie obyvatel EU (EFSA 2015a)

	Doporučená ADI	Hrubý odhad ADI v příkladech
Dospělí	Jednotlivé dávky < 200 mg	3 šálky 100 ml překapávané kávy nebo 1 šálek 100 ml rozpustné kávy + 1 šálek 100 ml studené vařené kávy nebo 2 šálky 100 ml kávy aero press + 1 šálek 100 ml kávy z infuzního kávového sáčku
Ženy v reprodukčním věku	< $5\text{--}6 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (odhadované množství pro ženu s hmotností 70 kg)	100 ml espressa + 100 ml french press nebo 2 šálky 100 ml kávy moka
Ženy kojící a těhotné	< 200 mg	1 šálek 100 ml rozpustné kávy + 1 šálek 100 ml studené vařené kávy nebo 2 šálky 100 ml kávy aero press + 1 šálek 100 ml kávy z infuzního kávového sáčku
Děti	< $3 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (odhadované množství pro 5–8 leté dítě s hmotností 22 kg)	100 ml překapávané kávy nebo 100 ml kávového nápoje určeného k okamžité spotřebě

Při takto odlišných koncentracích a dávkách v jednotlivých kávových nápojích různé přípravy se obtížně určuje akceptovatelný počet šálků káv. Není jednoduché srovnat příjem kofeinu člověka, který vypije za den čtyři espressa s jiným, který si dá capuccino, kávu z kapslového kávovaru a dvě překapávané kávy. Podle výsledků této práce by byl takový rozdíl v množství přijatého kofeinu zhruba 686 mg versus 466 mg za den, přitom stále oba vypijí 4 šálky kávy. Přepočteme-li doporučení z Tabulky 8 (EFSA 2015a) pro dospělého člověka

podle námi zjištěných hodnot, dané příklady se pohybují mezi 130–200 mg. Zde lze vidět tendence Evropského úřadu pro bezpečnost potravin raději uvádět nižší hodnoty, jelikož by ani dvojnásobné množství přijatého kofeinu nemělo způsobit zdravotní komplikace (Nawrot et al. 2003; Higdon & Frei 2006; Doepker et al. 2016).

Všechna výše uvedená data naznačují dva hlavní aspekty: (1) velmi vysokou variabilitu obsahu kofeinu v šálku (i při stejných podmínkách přípravy kávy) a (2) obtížnost kriticky porovnat literární údaje, protože jsou získány za různých provozních podmínek. Zejména v případě druhého jmenovaného by měli vědci, kteří chtějí poskytnout informace o příjmu kofeinu, jakož i o ostatních chemických sloučeninách, vždy vzít v úvahu kinetiku extrakce kofeinu, protože ta nemá lineární časovou závislost (Severini et al., 2017).

Jak lze již s jistotou tvrdit, hladiny kofeinu se statisticky významně liší v závislosti na různých kombinacích variant způsobu přípravy. Mezi další nejdůležitější proměnné ovlivňující obsah kofeinu patří odrůda kávovníku, výrobní postup, množství navážky, zkušenosti baristy, velikost částic podle stupně namletí, teplota, doba extrakce či konečný objem nápoje (Fuller & Rao 2017; Davidek 2018; Angeloni et al. 2019; Depaula & Farah 2019). McCusker a kol. (2003) dokonce zjistili, že se obsah kofeinu může lišit den ode dne i ve stejném nápoji, stejného typu přípravy a ze stejné kávy. Samotný vliv stupně pražení však na obsah kofeinu u většiny způsobů příprav prokázán nebyl. Lze tedy vyvrátit názor, že tmavě pražená káva chutnající „silněji“ je silnější, kdy je tím obvykle myšleno, že obsahuje více kofeinu. Autoři Baggenstoss et al. (2008) ve své studii uvádí, že kofein při pražení z části sublimuje. Množství kofeinu se při pražení lehce mění, jelikož se mění hmotnost a objem zrn. Čím déle je zrno praženo, tím tmavší má barvu, nižší hmotnost a větší velikost zrn. Tím roste obsah kofeinu podle hmotnosti, avšak obsah kofeinu klesá podle objemu (Kornman 2017; Severini et al. 2017; Ott 2019). V praxi jsou však tyto rozdíly zanedbatelné a fakt, že pražení nemá vliv na obsah kofeinu ve výsledném nápoji, potvrzuje většina studií zabývající se touto problematikou (Bicho et al. 2011; Dieu 2012; Severini et al. 2017).

Dalším ze zajímavých ukazatelů kávy je pH. Bylo zjištěno, že pH kávy koreluje s vnímanou kyselostí kávy. Rao & Fuller (2018) uvádějí, že se hodnoty pH u různých druhů káv (podle země původu) se pohybují mezi 4,96–5,63. U běžných káv byly v této práci zjištěny výsledky v rozmezí 5,03–6,20. Výraznými extrémy jsou opět nápoje Kombucha a Mazagrande, které mají pH až téměř o tři stupně nižší (3,26 a 3,66) než nejméně kyselý nápoj Mr. Brown se svými 6,20. Jak je z Obrázku 12 patrné, v rámci každého způsobu přípravy je nejnižší pH pro světle praženou, vyšší pH pro středně praženou a nejvyšší pH pro tmavě praženou kávu. Celkově lze tedy zhodnotit, že stupeň pražení má zřejmý vliv na pH.

Hodnoty pH kávy souvisí s obsahem nízkomolekulárních organických kyselin (LMMOA), které je možné stanovit pomocí iontově výměnné chromatografie (Schnute & Wang 2008) a v budoucnu se nabízí možnost zkoumání vlivu způsobu přípravy na obsah vybraných LMMOA.

V návaznosti na tento výzkum by bylo také vhodné rozšíření o další méně známé přípravy či alternativy kávy a aplikování těchto dat na široké spektrum konzumentů kávy získaných formou kohortové studie (např. napříč různými povoláními). Zajímavé by také bylo

stanovení množství kofeinu cirkulujícího v krvi v závislosti na různé koncentraci přijatého nápoje a v neposlední řadě zkoumání vlivu jednotlivých faktorů, které se podílejí na ovlivnění obsahu kofeinu.

7 Závěr

- Bylo zjištěno, že existuje velmi vysoká variabilita množství kofeinu v šálku, a to i za předpokladu, že se jedná o stejný typ přípravy, stejný druh kávy, množství (poměr) kávy a vody a je tedy velice obtížné vydávat jakákoliv doporučení k příjmu kofeinu vzhledem k počtu konzumovaných šálků kávy denně. Denní množství kofeinu, které jedinec přijme v závislosti na konzumaci různých typů káv, je bohužel značně nepřesné.
- Zároveň byly potvrzeny všechny formulované hypotézy, že 1) se obsah kofeinu liší podle druhu kávy, 2) způsob přípravy ovlivňuje obsah kofeinu ve výsledném kávovém nápoji a také, že 3) příjem množství kofeinu za časovou jednotku závisí na zvycích konkrétního konzumenta kávy, nicméně v hrubých rysech monitorovatelné.
- Na základě zjištěných hodnot lze ale tvrdit, že espresso je nejkonzentrovanejším i na jednu porci největším zdrojem kofeinu. Dalším nejkonzentrovanejším zdrojem je pak káva z moka konvičky a některých kapslí, zatímco největší množství vzhledem k porci přijmeme (po espresso) tureckou kávou, v těsném závěsu instantní kávou, českým turkem, kávou Mr. Brown a moka konvičkou, které mají v porci velmi podobné množství kofeinu.
- Nejméně kofeinu lze najít v analyzovaných alternativách, jako jsou nápoje Kombucha a Mazagrande. Pokud chce tedy člověk snižovat množství kofeinu ve stravě, a přesto si užít chuť kávy, měl by dávat přednost těmto alternativám, případně volit studenou kávu, překapávanou kávu a kávu z automatu, které mají v případě dodržení tradičních postupů přípravy obsah nižší.

8 Literatura

- Aguilar F et al. 2008. Safety of aluminium from dietary intake. *The EFSA Journal* **754**: 1-34.
- Albanese D, Matteo M, Poiana M, Spagnamusso S. 2009. Espresso coffee (EC) by POD: Study of thermal profile during extraction process and influence of water temperature on chemical-physical and sensorial properties. *Food Research International* **42**: 727-732.
- Alpdogan G, Karabina K, Sungur S. 2002. Derivate Spectrophotometric Determination of Caffeine in Some Beverages. *Turkish Journal of Chemistry*. 295-302.
- Andueza S, de Peña MP, Cid C. 2003. Chemical and sensorial characteristics of espresso coffee as affected by grinding and torrefacto roast. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **51**: 7034-7039.
- Angeloni G, Guerrini L, Masella P, Bellumori M, Daluiso S, Parenti A, Innocenti M. 2019. What kind of coffee do you drink? An investigation on effects of eight different extraction methods. *Food Research International* **116**: 1327-1335.
- Augustín J. 2016. *U kávy o kávě a kávovinách*. Jota. Brno.
- Baggenstoss J, Pisson L, Kaegi R, Perren R, Escher F. 2008. Roasting and aroma formation: application of different time-temperature conditions. *J Agric Food Chem* **56** (14): 5836-46.
- Barone JJ, Roberts HR. 1996. Caffeine consumption. *Food and Chemical Toxicology*. **34** (1): 119-129.
- Bedford E. 2020. Statista: Total coffee per capita consumption in the United States in 2019, by age group. Available from <https://www.statista.com/statistics/456366/total-us-coffee-per-capita-consumption-by-age-group/> (accessed January 2020).
- Bicho NC, Leitão AE, Ramalho JC, De Alvarenga NB, Lidon FC. 2011. Identification of Nutritional Descriptors of Roasting Intensity in Beverages of Arabica and Robusta Coffee Beans. *International journal of food sciences and nutrition* **62** (8): 865-71.
- Bispo MS, Veloso MC, Pinheiro HL, Reis JO, Andrade JB. 2002. Simultaneous determination of caffeine, theobromine and theophylline by high-performance liquid chromatography. *Journal of Chromatographic Science* **40**: 170-290.
- Blanchard J, Sawers SJ. 1983. The absolute bioavailability of caffeine in man. *European Journal of Clinical Pharmacology* **24** (1): 93-98.
- Bodenmann S, Hohoff C, Freitag C, Deckert J, Rétey JV, Bachmann V, Landolt HP. 2012. Polymorphisms of ADORA2A modulate psychomotor vigilance and the effects of caffeine on neurobehavioural performance and sleep EEG after sleep deprivation. *British Journal of Pharmacology* **165** (6): 1904-1913.
- Boison D. 2011. Methylxanthines, seizures, and excitotoxicity. *Handbook of Experimental Pharmacology* **200** (2011): 251-266.

- Boxtel MPJ, Schmidtt JAJ, Bosma H, Jolles J. 2003. The effects of habitual caffeine use on cognitive change: a longitudinal perspective. *Pharmacology Biochemistry and Behavior* **75** (2003): 921-927.
- Brewminate. 2017. How to Use a Moka Pot. Available from <https://brewminate.com/how-to-use-a-moka-pot/> (accessed January 2020).
- Brown A. 2008. *Understanding Food: Principles and Preparation*. Thomson Learning.
- Brown SJ, James S, Reddington M, Richardson PJ. 1990. Both A1 and A2a receptors regulate striatal acetylcholine release. *Journal of Neurochemistry* **55** (1): 31-38.
- Caballero B, Allen L, Prentice A. 2005. *Encyclopedia of human nutrition*. Academic Press, Elsevier. Amsterdam.
- Caballero B, Finglas PM, Toldrá F. 2016. *Encyclopedia of food and health*. Academic Press, Elsevier. Boston.
- Caffeine Informer. 2020. Available from <https://www.caffeineinformer.com> (accessed June 2020).
- Can NO, Arli G. 2014. Analysis of acrylamide in traditional and nontraditional foods in Turkey using HPLC-DAD with SPE cleanup. *Journal of liquid chromatography & Related Technologies* **37**(6): 850-863.
- Cano-Marquina A, Tarín JJ, Cano A. 2013. The impact of coffee on health. *Maturitas* **75** (1): 7-21.
- Cappelletti S, Daria P, Sani G, Aromatario M. 2015. Caffeine: cognitive and physical performance enhancer or psychoactive drug. *Current Neuropharmacology* **13** (1): 71-88.
- Casal S, Oliviera MBPP, Alves MR, Ferreira MA. 2000. Discriminate Analysis of Roasted Coffee Varieties for Trigonelline, Nicotinic Acid, and Caffeine Content. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **48** (8): 3420-3424. *Cellular and Molecular Life Sciences*. **61** (7-8): 857-872.
- CDC: Centers for Disease Control and Prevention. Flavorings-related lung disease. Available from <https://www.cdc.gov/niosh/topics/flavorings/processing.html> (accessed February 2020).
- Charrier A, Berthaud J. 1985. *Botanical Classification of Coffee*. Springer US.
- Chindapan N, Soydok S, Devahastin S. 2019. Roasting Kinetics and Chemical Composition Changes of Robusta Coffee Beans During Hot Air and Superheated Steam Roasting. *Journal of Food Science* **84** (2): 292-302.
- Ciruela F et al. 2006. Presynaptic control of striatal glutamatergic neurotransmission by adenosine A1 – A2A receptor heteromers. *Journal of Neuroscience* **26** (7): 2080-2087.
- CoffeeChemistry.com. 2020. Coffee Science Certificate (CSC). Los Angeles. Available from <https://www.coffeechemistry.com/blog/joseph-rivera> (accessed February 2020).

- Collomp K, Anselme F, Audran M, Gay JP, Chanal JL, Prefaut C. 1991. Effects of moderate exercise on the pharmacokinetics of caffeine. *European Journal of Clinical Pharmacology* **40** (3): 279-282.
- Crum H, LaGory A. 2016. *The Big Book of Kombucha: Brewing, Flavoring, and Enjoying the Helath Benefits of Fermented Tea and Coffee*. Storey Publishing. North Adams, USA.
- Curatolo PW, Robertson D. 1983. The health consequences of caffeine. *Annals of Internal Medicine* **98** (5): 641-653.
- ČSÚ: Český statistický úřad. Spotřeba potravin – 2018. Available from <https://www.czso.cz/documents/10180/91232993/2701391901.pdf/23d4ddc7-23d6-4b1c-98fb-4c7ae458846f?version=1.1> (accessed February 2020).
- ČTPP. 2017. Česká technologická platforma pro potraviny. Svět kávy. Available from http://ctpp.cz/data/files/kava_final_3_WEB.pdf (accessed March 2020).
- Davídek J. 2018. *Natural Toxic Compounds of Foods*. Boca Raton, FL: CRC Press. Available from https://books.google.cz/books?id=iLxHDwAAQBAJ&pg=PT82&lpg=PT82&dq=degree+of+coffee+roasting+toxic+compounds&source=bl&ots=hcFFWZFtzO&sig=ACfU3U1FtGxh5pQGkJ3KXUhzBalcq1g-Ww&hl=cs&sa=X&ved=2ahUKEwiR5sOzqeznAhUJa8AKHdLZB_s4ChDoATAGegQICBAB#v=onepage&q&f=false (accessed January 2020).
- De Bruyn F, Zhang SJ, Pothakos V, Torres J, Lambot C, Moroni AV, Callanan M, Sybesma W, Weeks S, De Vuyst L. 2016. Exploring the Impacts of Postharvest Processing on the Microbiota and Metabolite Profiles during Green Coffee Bean Production. *Applied and Environmental Microbiology* **83** (1).
- Denaro CP, Brown CR, Wilson M, Jacob P3rd, Benowitz NL. 1990. Dose-dependency of caffeine metabolism with repeated dosing. *Clinical Pharmacology and Therapeutics* **48** (3): 277-285.
- Depaula J, Farah A. 2019. Caffeine Consumption through Coffee: Content in the Beverage, Metabolism, Health Benefits and Risks. *Beverages* **5** (2): 37.
- Desbrow B, Barrett CM, Minahan CL, Grant GD, Leveritt MD. 2009. Caffeine, cycling performance, and exogenous CHO oxidation: a dose-response study. *Medicine and Science in Sports and Exercise* **41** (9): 1744-1751.
- Dews PB. 1982. Caffeine. *Annual Review of Nutrition* **2** (1982): 323-341.
- Dieu PTT. 2012. *The influence of the coffee roasting process and coffee preparation on human physiology [Dissertation thesis]*. Tomas Bata University in Zlin, Zlin.
- Doepker C, Lieberman HR, Smith AP, Peck JD, El-Sohemy A, Welsh BT. 2016. Caffeine: friend or foe? *Annual Review of Food Science and Technology* **7** (2016): 117-137.

- Dong J, Zou J, Xiao-Feng Y. 2011. Coffee drinking and pancreatic cancer risk: A meta-analysis of cohort studies. *World Journal of Gastroenterology* **17** (9): 1204-1210.
- Drake Ch, Roehrs T, Shambroon J, Roth T. 2013. Caffeine Effects on Sleep Taken 0, 3, or 6 Hours before Going to Bed. *Journal of Clinical Sleep Medicine* **9** (11).
- Duarte GS, Farah A. 2011. Effect of Simultaneous Consumption of Milk and Coffee on Chlorogenic Acids' Bioavailability in Humans. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* **59** (14): 7925-7931.
- Dunwiddie TV. 1980. Endogenously released adenosine regulates excitability in the in vitro hippocampus. *Epilepsia* **21** (5): 541-548.
- EFSA. 2015a. European Food Safety Authority. Scientific Opinion on the safety of caffeine. *EFSA Journal* **13** (5): 4102.
- EFSA. 2015b. European Food Safety Authority. EFSA explains risk assesment. Acrylamid in food. EFSA, Parma, Italy. Available from <https://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/acrylamide> (accessed March 2020).
- Eske J. 2019. Caffeine content of different types of coffee. Brighton, UK. Available from <https://www.medicalnewstoday.com/articles/324986> (accessed July 2020).
- Essense. 2020. Coffee brewing. Cuneo, Italy. Available from <https://essense.coffee/en/> (accessed March 2020).
- Examine.com. 2019. Summary of Caffeine. Available from <https://examine.com/supplements/caffeine/> (accessed February 2020).
- FAO. 2015. Statistical Pocketbook: Coffee 2015. FAO, Rome. Available from <http://www.fao.org/3/a-i4985e.pdf> (accessed February 2020).
- Ferré S. 2010. Role of the central ascending neurotransmitter systems in the psychostimulant effects of caffeine. *Journal of Alzheimer's Disease* **20** (1): 35-49.
- Ferré S. 2016. Mechanisms of the psychostimulant effects of caffeine: implications for substance use disorder. *Psychopharmacology* **233** (10): 1963–1979.
- Fisone G, Borgkvist A, Usiello A. 2004. Caffeine as a psychomotor stimulant: mechanism of action **61** (7-8): 857-72.
- Flagmeyer I, Haas HL, Stevens DR. 1997. Adenosine A1 receptor-mediated depression of corticostriatal and thalmostratial glutamatergic synaptic potentials in vitro. *Brain Research* **778** (1): 178-185.
- Fleischer D, Li C, Zhou Y, Pao LH, Karim A. 1999. Drug, meal and formulation interactions influencing drug absorption after oral administration: clinical implications. *Clinical Pharmacokinetics* **36** (1999): 233-254.
- Frances OC, Muurling O, Reid N. 2018. Effects of caffeine on sleep quality and daytime functioning. *Risk Management and Healthcare Policy*. **11**: 263-271.

- Fraňková A, Drábek O, Havlík J, Száková J, Vaňek A. 2009. The effect of beverage preparation method on aluminium content in coffee infusions. *Journal of Inorganic Biochemistry* **103** (11): 1480-1485.
- Franks M, Lawrence P, Abbaspourrad A, Dando R. 2019. The Influence of Water Composition on Flavor and Nutrient Extraction in Green and Black Tea. *Nutrients* **11**(1): 80.
- Fray SD, Johnson RK, Wang MQ. 2005. Food sources and intakes of caffeine in the diets of persons in the United States. *Journal of the American Dietetic Association* **105** (1): 110-113.
- Fredholm BB. 1979. Are methylxanthine effects due to antagonism of endogenous adenosine? *Trends in Pharmacological Sciences* **1** (1): 129-132.
- Fredholm BB. 1995. Adenosine, adenosine receptors and the actions of caffeine. *Pharmacology & Toxicology* **76** (2): 93-101.
- Fredholm BB, Abbracchio MP, Burnstock G, Daly JW, Harden TK, Jacobson KA, Leff P, Williams M. 1994. Nomenclature and classification of purinoceptors. *Pharmacological Reviews* **46** (2): 143-156.
- Fredholm BB, Bättig K, Holmén J, Nehlig A, Zvartau EE. 1999. Actions of caffeine in the brain with special reference to factors that contribute to its widespread use. *Pharmacological Reviews* **51** (1): 83–133.
- Fukuda M, Suzuki Y, Hino H, Kuzume K, Morimoto T, Ishii E. 2010. Adenosine A1 receptor blockage mediates theophylline-associated seizures. *Epilepsia* **51** (3): 483-487.
- Fulgoni VL 3rd, Keast DR, Lieberman HR. 2015. Trends in intake and sources of caffeine in the diets of US adults: 2001–2010. *American Journal of Clinical Nutrition* **101** (5): 1081-1087.
- Fuller M, Rao NZ. 2017. The Effect of Time, Roasting Temperature, and Grind Size on Caffeine and Chlorogenic Acid Concentrations in Cold Brew Coffee. *Scientific Reports* **7** (1).
- Fuxe K et al. 2005. Adenosine A2A and dopamine D2 heteromeric receptor complexes and their function. *Journal of Molecular Neuroscience* **26** (2005): 209-220.
- Ganio MS, Casa DJ, Armstrong LE, Maresh CM. 2007. Evidence-based approach to lingering hydration questions. *Clinics in Sports Medicine* **26** (1): 1-16.
- Garg SK. 2016. Green Coffee Bean. *Nutraceuticals*. 653-667.
- Ginz M, Balzer HH, Bradbury AGW, Maier HG. 2000. Formation of aliphatic acids by carbohydrate degradation during roasting of coffee. *European Food Research and Technology* **211**: 404-410.
- Gloess AN, Schönbächler B, Klopprogge B, D'Ambrosio L, Chatelain K, Bongartz A, Strittmatter A, Rast M, Yeretian CH. 2013. Comparison of nine common coffee extraction

- methods: instrumental and sensory analysis. *European Food Research and Technology* **236** (4): 607-627.
- Guertin KA et al. 2015. Serum biomarkers of habitual coffee consumption may provide insight into the mechanism underlying the association between coffee consumption and colorectal cancer. *The American Journal of Clinical Nutrition* **101** (5): 1000-1011.
- Griffin MJ. 2001. *Coffee Chemistry: Coffee Acidity*. Coffee Research Institute, Austin. Available from <http://www.coffeeresearch.org/science/sourmain.htm> (accessed March 2020).
- Hameleers PA, VanBoxtel MP, Hogervorst W, Riedel WJ, Houx PJ, Buntinx F, Jolles J. 2000. Habitual caffeine consumption and its relation to memory, attention, planning capacity and psychomotor performance across multiple age groups. *Human Psychopharmacology* **15** (2000): 573-581.
- Heywood V et al. 1993. *Flowering plants of the world*. Oxford University Press. New York.
- Higdon JV, Frei B. 2006. Coffee and health: a review of recent human research. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **46** (2): 101-123.
- Huang M, Zhang M. 2013. *Handbook of Food Powders: Tea and coffee powders*. Food Science, Technology and Nutrition 513-531.
- Huang WY, Lin YR, Ho RF, Liu HY, Lin YS. 2013. Effects of Water Solutions on Extracting Green Tea Leaves. *The Scientific World Journal* **2013**: 1-6.
- Hwang SJ, Kim YW, Park Y, Lee HJ, Kim KW. 2014. Anti-inflammatory effects of chlorogenic acid in lipopolysaccharide-stimulated RAW 264.7 cells. *Inflammation Research* **63** (1): 81-90.
- Childs E, Hohoff C, Deckert J, Xu K, Badner J, deWit H. 2008. Association between ADORA2A and DRD2 polymorphisms and caffeine-induced anxiety. *Neuropsychopharmacology* **33** (12): 2791-2800.
- Choi S, Jung S, Ko K. 2018. Effects of Coffee Extracts with Different Roasting Degrees on Antioxidant and Anti-Inflammatory Systems in Mice. *Nutrients* **10** (3): 363.
- IARC: International Agency for research on Cancer. 2020. EPIC, Barcelona. Available from <https://epic.iarc.fr/research/acrylamide.php> (accessed February 2020).
- ICO: International Coffee Organization. 2020. World Coffee Consumption. Available from <http://www.ico.org> (accessed February 2020).
- Ishikawa T, Yuasa I, Endoh M. 2015. Non specific drug distribution in an autopsy case report of fatal caffeine intoxication. *Legal Medicine* **17** (6): 535-538.
- Jaimes EMS, Torres IB, Pérez-Villarreal HH. 2015. Sensory evaluation of commercial coffee brands in Colombia. *Business and Systems Research* **9** (3): 195-213.

- Jee SH, He J, Appel LJ, Whelton PK, Suh I, Klag MJ. 2001. Coffee consumption and serum lipids: a meta-analysis of randomized controlled clinical trials. *Journal Epidemiology* **153** (4): 353-362.
- Jumhawan U, Putri SP, Yusianto, Bamba T, Fukusaki E. 2016. Quantification of coffee blends for authentication of Asian palm civet coffee (Kopi Luwak) via metabolomics: A proof of concept. *Journal of Bioscience and Bioengineering* **122** (1): 79-84.
- Kai TMK. 2008. Survey of chemical contaminants and residues in espresso, instant and ground coffee. *Food Standards 2*. Nový Zéland.
- Kamimori GH, Karyekar CS, Otterstetter R, Cox DS, Balkin TJ, Belenky GL, Eddington ND. 2002. The rate of absorption and relative bioavailability of caffeine administered in chewing gum versus capsules to normal healthy volunteers. *International Journal of Pharmaceutics* **234** (1-2): 159-167.
- Kellum JA. 2000. Determinants of blood pH in health and disease. *Critical Care* **4** (1): 6-14.
- Killgore WD. 2011. Asleep at the trigger: warfighter judgment and decision making during prolonged wakefulness. *The 71F Advantage: Applying Army Research Psychology for Health and Performance Gains*, National Defense University Press, Washington, D.C.
- Killer SC, Blannin AK, Jeukendrup AE. 2014. No Evidence of Dehydration with Moderate Daily Coffee Intake: A Counterbalanced Cross-Over Study in a Free-Living Population. *PLoS One* **9** (1): e84154.
- Kornman Ch. 2017. How Might Roasting Affect Drip Extraction: A Detailed Analysis. *Daily Coffee News*. Available from <https://dailycoffeenews.com/2017/06/26/how-might-roasting-affect-drip-extraction-a-detailed-analysis/> (accessed July 2020).
- KPMG. 2017. Čechům nejvíce chutná instantní káva, u bohatších vedou kapsle. Available from <https://home.kpmg/cz/cs/home/pro-media/tiskove-zpravy/2017/04/nakupni-zvyklosti-2017.html> (accessed January 2020).
- Landolt HP. 2008. Sleep homeostasis: a role for adenosine in humans? *Biochemical Pharmacology* **75** (11): 2070-2079.
- Lane JD., Phillips-Bute BG. 1998. Caffeine deprivation affects vigilance performance and mood. *Physiology & Behavior* **65** (1): 171-175.
- Lane S, Palmer J, Dr. Christie BR, Ehling J, Le CH. 2017. Can Cold Brew Coffee be Convenient? A Pilot Study for Caffeine Content in Cold Brew Coffee Concentrate Using High Performance Liquid Chromatography. *The Arbutus review* **8** (1).
- Lantz I., Ternité R, Wilkens J, Hoenicke K, Guenther H, Van der Stegen GHD. 2006. Studies on acrylamide levels in roasting, storage and brewing of coffee. *Molecular nutrition & Food Research* **50** (11): 1039-1046.
- Lara B, Ruiz-Moreno C, Salinero JJ, Coso JD. 2019. Time course of tolerance to the performance benefits of caffeine. *PLoS One* **14** (1): e0210275.

- Leech J. 2019. The Alkaline Diet: An Evidence-Based Review. Healthline. Available from <https://www.healthline.com/nutrition/the-alkaline-diet-myth#ph> (accessed March 2020).
- Lieberman HR, Wurtman RJ, Emde GG, Roberts C, Coviella ILG. 1987. The effects of low doses of caffeine on human performance and mood. *Psychopharmacology* **92** (3): 308-312.
- Ling LS, Daud NIN, Hassan O. Determination Of Coffee Content In Coffee Mixtures. *Malaysian Journal of Analytical Sciences* **2** (2001): 327-332.
- Lonely Planet. 2020. A guide to Vietnamese coffee. Available from <https://www.lonelyplanet.com/articles/a-guide-to-vietnamese-coffee> (accessed February 2020).
- López-Galilea I, de Peña MP, Cid C. 2007. Correlation of selected constituents with the total antioxidant capacity of coffee beverages: Influence of the brewing procedure. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **55**: 6110-6117.
- Ludwig IA, Clifford MN, Lean MEJ, Ashiharad H, Crozier A. 2014a. Coffee: biochemistry and potential impact on health. *Food and Function* **8**: 1695-1717.
- Ludwig IA, Mena P, Calani L, Cid C, Del Rio D, Lean MEJ, Crozier A. 2014b. Variations in caffeine and chlorogenic acid contents of coffees: What are we drinking? *Food & Function*. **5**: 1718-1726.
- Mahoney CR, Brunyé TT, Giles GE. 2011. Caffeine effects on aggression and risky decision making. *Diet, Brain, Behavior: Practical Implications* 2011: 293-311.
- Marchi M, Raiteri L, Risso F, Vallarino A, Bonfanti A, Monopoli A, Ongini E, Raiteri M. 2002. Effects of adenosine A1 and A2A receptor activation on the evoked release of glutamate from rat cerebrocortical snaptosomes. *British Journal of Pharmacology* **136** (3): 434-440.
- Martin EA, Nicholson WT, Eisenach JH, Charkoudian N, Joyner MJ. 2006. Influences of adenosine receptor antagonism on vasodilator responses to adenosine and exercise in adenosine responders and nonresponders. *Journal of Applied Physiology* **101** (6): 1678-1684.
- McCusker RR, Goldberger BA, Cone EJ. 2003. Caffeine content of specialty coffees. *Journal of Analytical Toxicology* **27**: 520-522.
- McLellan TM, Caldwell JA, Lieberman HR. 2016. A review of caffeine's effects on cognitive, physical and occupational performance. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* **71**: 294-312.
- McLellan TM, Lieberman HR. 2012. Do energy drinks contain active components other than caffeine? *Nutrition Reviews* **70** (12): 730-744.
- Mestdagh F, Glabasnia A, Giuliano P. 2017. *The Brew-Extracting for Excellence. The Craft and Science of Coffee*. Academic press. Lausanne.

- Mitchell DC, Hockenberry J, Teplansky R, Hartman TJ. 2015. Assessing dietary exposure to caffeine from beverages in the U.S. population using brand-specific versus category-specific caffeine values. *Food Chem. Toxicol* **80** (2015): 247–252.
- Mojska H, Gielecińska I. 2013. Studies of acrylamide level in coffee and coffee substitutes: influence of raw material and manufacturing conditions. *Department of Food and Food Supplements* **64** (3): 173-81.
- Muhtadi FJ, El-Hawary SS, Hifnawy MS. 1990. Comparative HPLC and GLC determination of caffeine in different food products. *Department of Pharmacognosy. Journal of liquid chromatography.* 1013-1026.
- Nawrot P, Jordan S, Eastwood J, Rotstein J, Hugenholtz A, Feeley M. 2003. Effects of caffeine on human health. *Food Additives and Contaminants* **20** (1): 1-30.
- Nehlig A, Daval JL, Debry G. 1992. Caffeine and the central nervous system: mechanisms of action, biochemical, metabolic and psychostimulant effects. *Brain Research Reviews* **17** (2): 139-170.
- Nic Coffee Shop. 2016. French press coffee. Accessed from <http://nicecoffeeshop.com/wp-content/uploads/2016/04/05babe789173.jpg> (accessed February 2020).
- Niseteo T, Komes D, Belscak-Cvitanovic A, Horzic D, Budec M. 2012. Bioactive composition and antioxidant potential of different commonly consumed coffee brews affected by their preparation technique and milk addition. *Food Chemistry* **134**: 1870-1877.
- North Star Coffee Roasters. 2017. Roasting Coffee: Light, Medium and Dark Roasts Explained. Available from <https://www.northstarroast.com/roasting-coffee-light-medium-dark/> (accessed February 2020).
- Ogita S, Uefuji H, Yamaguchi Y, Koizumi N, Sano H. 2003. Producing decaffeinated coffee plants. *Nature* **423**: 823.
- Okada M, Kawata Y, Murakami T, Wada K, Mizuno K, Kondo T, Kaneko S. 1999. Differential effects of adenosine receptor subtypes on release and reuptake of hippocampal serotonin. *European Journal of Neuroscience* **11** (1): 1-9.
- Ott Ch. 2019. Fact or Myth: Do light roasts have more caffeine than dark roasts? Available from <https://www.missioncoffeeco.com/blogs/news/fact-or-myth-do-light-roasts-have-more-caffeine-than-dark-roasts> (accessed July 2020).
- Parras P, Martínez-Tomé M, Jiménez AM, Murcia MA. 2007. Antioxidant capacity of coffees of several origins brewed following three different procedures. *Food Chemistry* **102** (3): 582-592.
- Peterson S, Schwarz Y, Li SS, Li L, King IB, Chen C, Eaton DL, Potter JD, Lampe JW. 2009. CYP1A2, GSTM1, and GSTT1 polymorphisms and diet effects on CYP1A2 activity in a crossover feeding trial. *Cancer Epidemiology Biomarkers and Prevention* **18** (11): 3118-3125.

- Peterson S, Lampe JW, Bammler TK, Gross-Steinmeyer K, Eaton DJ. 2006. Apiaceous vegetable constituents inhibit cytochrome P-450 1A2 (hCYP1A2) activity and hCYP1A2-mediated mutagenicity of aflatoxin B1. *Food and Chemical Toxicology* **44** (9): 1474-1484.
- Poole R, Kennedy OJ, Roderick P, Fallowfield JA, Hayes PC, Parkes J. 2017. Coffee consumption and health: umbrella review of meta-analyses of multiple health outcomes. *BMJ* **359**: j5024.
- Rainnie DG, Grunze HCR, McCarley RW, Greene RW. 1994. Adenosine inhibition of mesopontine cholinergic neurons: implications for EEG arousal. *Science*. **263** (5147): 689-692.
- Rao NZ, Fuller M. 2018. Acidity and Antioxidant Activity of Cold Brew Coffee. *Scientific Reports* **8** (1).
- Ratanamarno S, Surbkar S. 2017. Caffeine and catechins in fresh coffee leaf (*Coffea arabica*) and coffee leaf tea. *Maejo international journal of science and technology* **11** (3): 211-218.
- Ribiero JS, Ferreira MMC, Salva TJG. 2011. Chemometric models for the quantitative descriptive sensory analysis of Arabica coffee beverages using near infrared spectroscopy. *Talanta* **83** (5): 1352-1358.
- Robertson D, Wade D, Workman R, Woosley RL. 1981. Tolerance to the humoral and hemodynamic effects of caffeine in man. *Journal of Clinical Investigation* **67** (4): 1111-1117.
- Rodrigues CI, Marta L, Maia R, Miranda M, Ribeirinho M, Máguas C. 2007. Application of solid-phase extraction to brewed coffee caffeine and organic acid determination by UV/HPLC. *Journal of Food Composition and Analysis* **20** (5): 440-448.
- Rutteová L. 2020. Jak připravit 24 různých kávových nápojů. Available from <https://www.skrblik.cz/navod/jak-pripravit-24-ruznych-kavovych-napoju/> (accessed in February 2020).
- Santini A, Ferracane R, Mikusova P, Eged S, Srobarova A, Meca G, Manes J, Ritieni A. 2011. Influence of different coffee drink preparations on ochratoxin A content and evaluation of the antioxidant activity and caffeine variations. *Food Control* **22**: 1240-1245.
- Senyuva HZ, Gökmen V. 2005. Study of acrylamide in coffee using an improved liquid chromatography mass spectrometry method: Investigation of colour changes and acrylamide formation in coffee during roasting. *Food Additives & Contaminants* **22** (3).
- Severini C, Derossi A, Fiore AG, De Pilli T, Alessandrino O, Del Mastro A. 2016. How the variance of some extraction variables may affect the quality of espresso coffees served at coffee shop? *Journal of the Science of Food and Agriculture* **96**: 3023-3031.
- Severini C, Derossi A, Ricci I, Fiore AG, Caporizzi R. 2017. How Much Caffeine in Coffee Cup? Effects of Processing Operations, Extraction Methods and Variables. *The Question of Caffeine*. IntechOpen.

- Shannon HG, Abelmann A, Pierce JS, Glynn ME, Henshaw JL, McCarthy LA, Lotter JT, Liong M, Finley BL. 2015. Naturally occurring diacetyl and 2,3-pentadione concentrations associated with roasting and grinding unflavored coffee beans in a commercial setting. *Toxicology Reports* **2**: 1171-1181.
- Schnute B, Wang LJ. 2008. IC-MS Analysis of Low Molecular Mass Organic Acids in Beverages. Accessed from <http://www.chromatographyonline.com/ic-ms-analysis-low-molecular-mass-organic-acids-beverages-0> (accessed July 2020).
- Sigma–Aldrich. 1999. Caffeine. Accessed from https://www.sigmaaldrich.com/content/dam/sigma-aldrich/docs/Sigma-Aldrich/Product_Information_Sheet/c0750pis.pdf (accessed May 2020).
- Sil'kis IG. 2009. Search for approaches to correction of daytime sleepiness induced by dopaminergic drugs during treatment of Parkinson's disease: neurochemical aspects. *Neurochemical Journal* **3** (2009): 221-231.
- Sil'kis IG. 2014. Possible mechanisms for impairments to learning, memory, and attention due to sleep deprivation. *Neuroscience and Behavioral Physiology* **44** (2014): 576-583.
- Skinner TL, Jenkins DG, Taafe DR, Leveritt MD, Coombes JS. 2013. Coinciding exercise with peak serum caffeine does not improve cycling performance. *Journal of Science and Medicine in Sport* **16** (1): 54-59.
- Smith A, Sturgess W, Gallagher J. 1999. Effects of a low dose of caffeine given in different drinks on mood and performance. *Human Psychopharmacology* **14** (7): 473-482.
- Smith BD, Gupta U, Gupta BS. 2006. Caffeine and activation theory: Effects on Health and Behavior. CRC Press. New York.
- Soares CMD, Alves RC, Oliviera MBPP. 2015. Processing and Impact on Active Components in Food: Acrylamide in Coffee (Influence of Processing). *Academic Press* **69**: 575-582.
- Stadler RH, Blank I, Varga N, Robert F, Hau J, Guy PA, Robert MC, Riediker S. 2002. Acrylamide from Maillard reaction products. *Nature* **419**: 449-450.
- Stahl T et al. 2017. Migration of aluminum from food contact materials to food—a health risk for consumers? Part II of III: migration of aluminum from drinking bottles and moka pots made of aluminum to beverages. *Environmental Sciences Europe* **29** (1): 18.
- Stolerman IP. 2010. *Encyclopedia of psychopharmacology*. Berlin: Springer London.
- Tarnopolsky MA. 2008. Effect of caffeine on the neuromuscular system – potential as an ergogenic aid. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism* **33** (6): 1284-1289.
- Tfouni SAV, Carreiro LB, Teles CRA, Furlani RPZ, Cipolli KMVAB, Camargo MCR. 2014. Caffeine and chlorogenic acids intake from coffee brew: Influence of roasting degree and brewing procedure. *International Journal of Food Science and Technology* **49**: 747-752.
- Valíček P. 2002. *Užitkové rostliny tropů a subtropů*. Academia 2002. Praha.

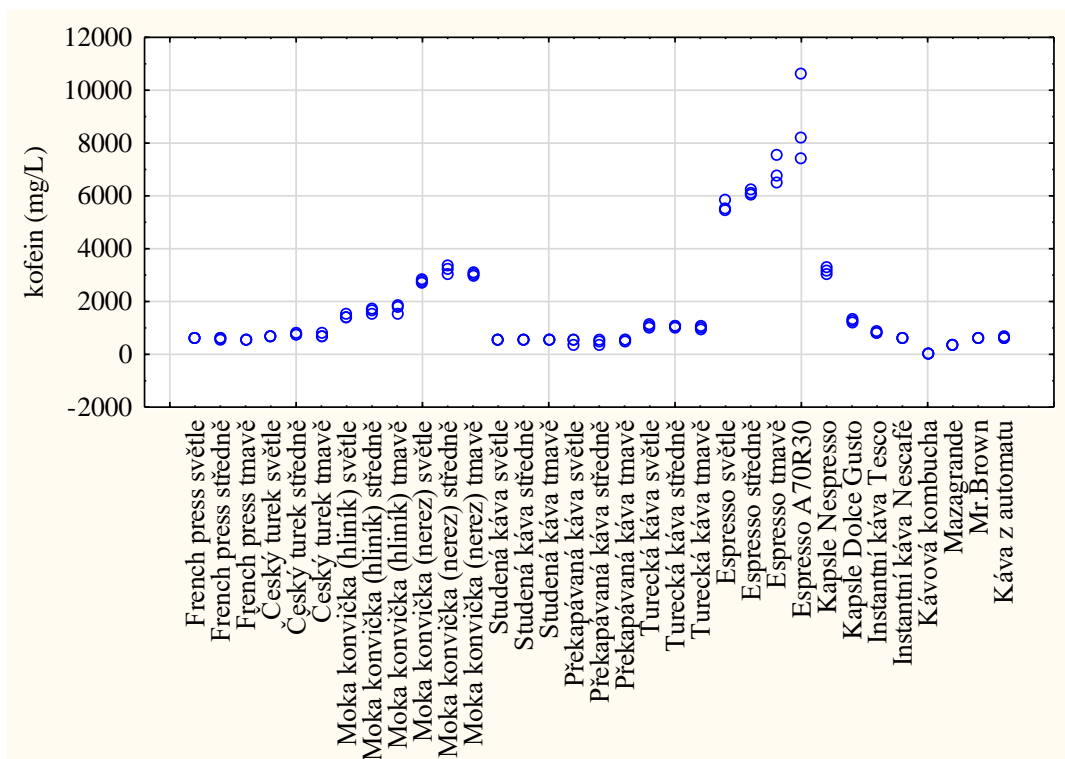
- Varani K, Portaluppi F, Gessi S, Merighi E, Ongini S, Belardinelli L, Borea PA. 2000. Dose and time effects of caffeine intake on human platelet adenosine A2a receptors. *Circulation* **102** (3): 285-289.
- Vítek L. 2017. Přednáška: Výživa ve sportu. TOP TEAM: Czech Olympic Team. Praha.
- Yang A, Palmer AA, deWit H. 2010. Genetics of caffeine consumption and responses to caffeine. *Psychopharmacology* **211** (3): 245-257.
- Yang C, Franciosi S, Brown RE. 2013. Adenosine inhibits the excitatory synaptic inputs to basal forebrain cholinergic, GABAergic, and parvalbumin neurons in mice. *Frontiers in Neurology* **4** (2013): 77.
- Zhang SJ, De Bruyn F, Pothakos V, Torres J, Falconi C, Moccand C, Weckx S, De Vuyst L. 2019. Following Coffee Production from Cherries to Cup: Microbiological and Metabolomic Analysis of Wet Processing of *Coffea arabica*. *Applied and Environmental Microbiology* **85** (6).

9 Seznam použitých zkratek a symbolů

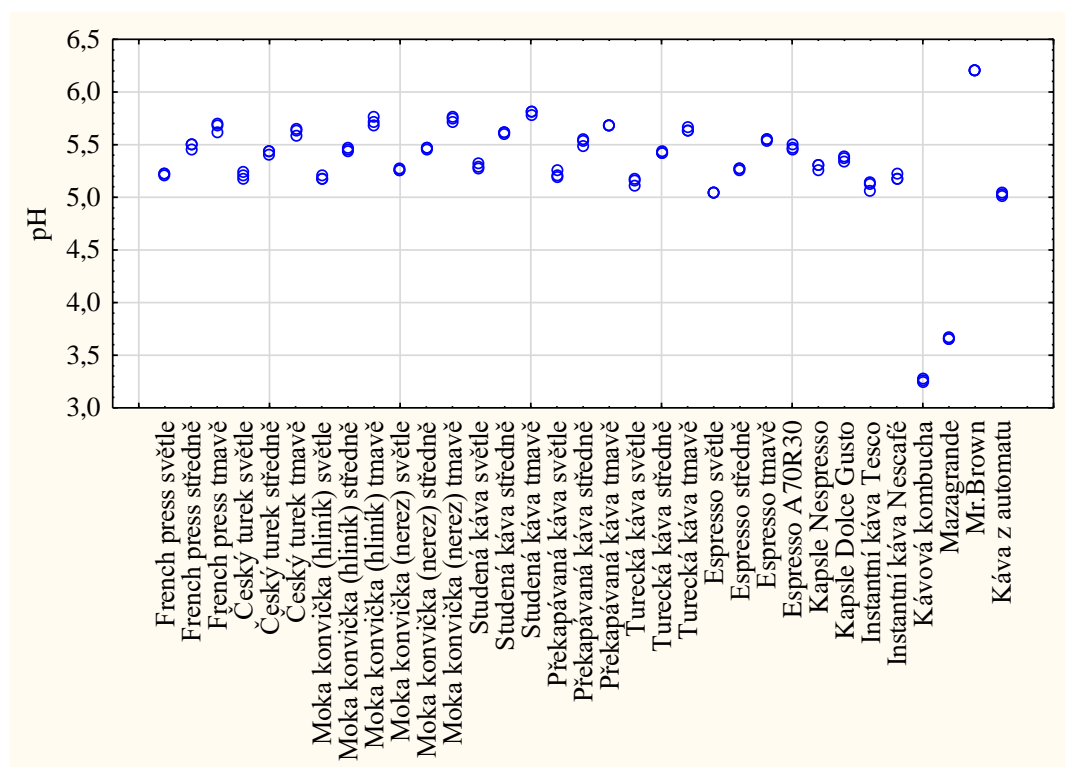
BW	Body weight - Tělesná hmotnost
CDC	Centers for Disease Control and Prevention - Centrum pro kontrolu a prevenci nemocí
DAD	Diode-array detector - Detektor s diodovým polem
EFSA	European Food Safety Authority - Evropský úřad pro bezpečnost potravin
FAO	The Food and Agriculture Organization - Organizace pro výživu a zemědělství Spojených národů
HPLC	High Performance Liquid Chromatography - Vysokoúčinná kapalinová chromatografie
IARC	International Agency for Research on Cancer - Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny
LD ₅₀	Lethal dose 50 - Smrtelná dávka 50 (toxikologický pojem vyjadřující úhyn 50 % testovaných organismů do 24 hodin od expozice látkou)
LDL	Low density lipoprotein - Nízkodensitní lipoprotein
LMMOA	Low molecular mass organic acids - Nízkomolekulární organické kyseliny
OSN	Organizace spojených národů
TDI	Tolerable daily intake - Přijatelný denní příjem

10 Samostatné přílohy

Příloha 1 - Statistické vyhodnocení závislosti obsahu kofeinu na způsobu přípravy a stupni pražení (včetně vyřazených hodnot Espresso, Moka konvičky a kávových alternativ)



Příloha 2 - Závislost hladiny pH na způsobu přípravy a stupni pražení (včetně kávových alternativ)



Příloha 3 - Analýza rozptylu pro kofein (Tukey HSD test)

Příprava	Pražení	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}	{12}	{13}	{14}	{15}	{16}	{17}	{18}
French press	Světle		1,000	1,000	0,941	0,208	0,550	0,000	0,000	0,000	1,000	0,999	1,000	0,925	0,807	0,997	0,000	0,000	0,000
French press	Středně	1,000		1,000	0,950	0,224	0,576	0,000	0,000	0,000	1,000	0,999	1,000	0,912	0,785	0,996	0,000	0,000	0,000
French press	Tmavě	1,000	1,000		0,840	0,121	0,380	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	1,000	0,980	0,922	1,000	0,000	0,000	0,000
Český turek	Světle	0,941	0,950	0,840		0,995	1,000	0,000	0,000	0,000	0,661	0,309	0,585	0,078	0,040	0,236	0,000	0,000	0,000
Český turek	Středně	0,208	0,224	0,121	0,995		1,000	0,000	0,000	0,000	0,060	0,015	0,046	0,002	0,001	0,010	0,002	0,001	0,015
Český turek	Tmavě	0,550	0,576	0,380	1,000	1,000		0,000	0,000	0,000	0,224	0,068	0,179	0,012	0,006	0,047	0,000	0,000	0,003
Moka (hliník)	Světle	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0,087	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Moka (hliník)	Středně	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,087		0,982	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Moka (hliník)	Tmavě	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,982		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Studená káva	Světle	1,000	1,000	1,000	0,661	0,060	0,224	0,000	0,000	0,000		1,000	1,000	0,998	0,984	1,000	0,000	0,000	0,000
Studená káva	Středně	0,999	0,999	1,000	0,309	0,015	0,068	0,000	0,000	0,000	1,000		1,000	1,000	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000
Studená káva	Tmavě	1,000	1,000	1,000	0,585	0,046	0,179	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000		0,999	0,992	1,000	0,000	0,000	0,000
Překapávaná káva	Světle	0,925	0,912	0,980	0,078	0,002	0,012	0,000	0,000	0,000	0,998	1,000	0,999		1,000	1,000	0,000	0,000	0,000
Překapávaná káva	Středně	0,807	0,785	0,922	0,040	0,001	0,006	0,000	0,000	0,000	0,984	1,000	0,992	1,000		1,000	0,000	0,000	0,000
Překapávaná káva	Tmavě	0,997	0,996	1,000	0,236	0,010	0,047	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000		0,000	0,000	0,000
Turecká káva	Světle	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		1,000	1,000
Turecká káva	Středně	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000		1,000
Turecká káva	Tmavě	0,000	0,000	0,000	0,000	0,015	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	