



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA CHEMICKÁ

FACULTY OF CHEMISTRY

ÚSTAV CHEMIE POTRAVIN A BIOTECHNOLOGIÍ

INSTITUTE OF FOOD SCIENCE AND BIOTECHNOLOGY

SLEDOVÁNÍ CHEMICKÝCH ZMĚN V MLETÉ KÁVĚ SKLADOVANÉ RŮZNÝMI ZPŮSOBY

MONITORING OF CHEMICAL CHANGES IN GROUND COFFEE STORED IN DIFFERENT WAYS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Roman Lajtman

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Pavel Diviš, Ph.D.

BRNO 2020

Zadání diplomové práce

Číslo práce: FCH-DIP1441/2019 Akademický rok: 2019/20
Ústav: Ústav chemie potravin a biotechnologií
Student: **Bc. Roman Lajtman**
Studijní program: Chemie a technologie potravin
Studijní obor: Potravinářská chemie a biotechnologie
Vedoucí práce: **doc. Ing. Pavel Diviš, Ph.D.**

Název diplomové práce:

Sledování chemických změn v mleté kávě skladované různými způsoby

Zadání diplomové práce:

1. Vypracování teoretické části práce
2. Stanovení obsahu vody v kávě skladované různými způsoby, stanovení aromatického profilu různě skladované kávy
3. Zpracování naměřených výsledků, diskuse výsledků práce

Termín odevzdání diplomové práce: 31.7.2020:

Diplomová práce se odevzdává v děkanem stanoveném počtu exemplářů na sekretariát ústavu. Toto zadání je součástí diplomové práce.

Bc. Roman Lajtman
student(ka)

doc. Ing. Pavel Diviš, Ph.D.
vedoucí práce

prof. RNDr. Ivana Márová, CSc.
vedoucí ústavu

V Brně dne 31.1.2020

prof. Ing. Martin Weiter, Ph.D.
děkan

ABSTRAKT

Táto diplomová práca sa zaoberá sledovaním chemických zmien v mletej káve skladovanej v rôznych obaloch, konkrétne stanovením vody, vlhkosti a aromatického profilu kávy v jednotlivých obaloch (plechovka, papierové vrečko, vrečko s polyetylénovou vložkou, obal z nízko hustotného polyetylénu s hliníkovou vložkou (LDPE+Al) a sklenená nádoba).

Na začiatku experimentu bolo zistené, že obsah vody v káve bol $4,72 \pm 0,10$ % a obsah vlhkosti bol $9,47 \pm 0,01$ %. Na konci experimentu ako najvhodnejší obal, kde bol nameraný najnižší obsah vody, bola zvolená plechovka. Obsah vody bol stanovený na $6,51 \pm 0,11$ % a obsah vlhkosti bol $9,93 \pm 0,01$ %. Avšak rozdiely medzi ostatnými obalmi, okrem papierového vrečka, boli veľmi malé, a teda všeobecne je možné povedať, že plechovka, LDPE+Al obal, vrečko s PE vložkou a sklenená nádoba sú vhodné na skladovanie mletej kávy. Pri stanovení aromatického profilu v káve pomocou HS-SPME-GC-MS bolo identifikovaných celkom 44 aromatických látok. Najviac zastúpené skupiny látok boli furány a pyrazíny. Počas skladovania došlo k určitým stratám látok, a to kvôli 2 mechanizmom. Prvý je vyparovanie a druhý sú samotné oxidačné reakcie. Najviac aromatických látok sa vyparilo/degradovalo v papierovom obale, kde tento veľký úbytok súvisí s jeho bariérovými vlastnosťami. Ako najvhodnejší obal, pri ktorom došlo k najmenším úbytkom aromatických látok bola zvolená sklenená nádoba.

KLÚČOVÉ SLOVÁ

mletá káva, stanovenie vody, Karl-Fischer titrácia, aróma, plynová chromatografia s hmotnostným detektorom (GC-MS)

ABSTRACT

This diploma thesis deals with the monitoring of chemical changes in ground coffee stored in various containers and then it deals with the determination of water, moisture and aromatic profile of coffee in individual containers, namely a can, a paper bag, a bag with a polyethylene liner, a bag from low density polyethylene with aluminium liner (LDPE + Al) and a glass container.

At the beginning of the experiment it was found that the water content in the coffee was 4.72 ± 0.10 % and the moisture content was 9.47 ± 0.01 %. After the original sample was measured, the coffee was poured into 5 packages. At the end of the experiment, a can was chosen as the most suitable package where the lowest water content was measured. The water content was determined to be 6.51 ± 0.11 % and the moisture content was 9.93 ± 0.01 %. However, the differences between the other packages, apart from the paper bag, were very small, and thus in general it can be said that the can, the LDPE + Al package, the bag with the PE liner and the glass container are suitable for storing ground coffee. A total of 44 aromatics were identified when determining the aromatic profile in coffee by HS-SPME-GC-MS. The most represented groups of substances were furans and pyrazines. During storage, there was some loss of substances due to 2 mechanisms. The first of them is evaporation and the second one is the oxidation reactions themselves. Most aromatic substances have evaporated / degraded in paper packaging, where this large decrease is related to its barrier properties. A glass container was chosen as the most suitable packaging with the least loss of aromatic substances.

KEYWORDS

ground coffee, determination of water, Karl-Fischer titration, aroma, gas chromatography with mass detector (GC-MS)

LAJTMAN, Roman. Sledování chemických změn v mleté kávě skladované různými způsoby. Brno, 2020. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/124021>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, Ústav chemie potravin a biotechnologií. Vedoucí práce Pavel Diviš.

PREHLÁSENIE

Prehlasujem, že som diplomovú prácu vypracoval samostatne a že všetky použité literárne zdroje som správne a úplne citoval. Diplomová práca je z hľadiska obsahu majetkom Fakulty chemické VUT v Brne a môže byť využitá ku komerčným účelom len so súhlasom vedúceho diplomovej práce a dekana FCH VUT.

.....
podpis študenta

POĎAKOVANIE

Touto cestou by som sa chcel poďakovať svojmu vedúcemu diplomovej práce doc. Ing. Pavlovi Divišovi, Ph.D. za odborné vedenie, ochotu, trpezlivosť a hlavne za pomoc pri riešení problémov pri spracovaní diplomovej práce.

OBSAH

1	ÚVOD	9
2	TEORETICKÁ ČASŤ.....	10
2.1	História kávy.....	10
2.2	Kávovník	10
2.2.1	Druhy kávovníkov	11
2.2.1.1	Coffea arabica	11
2.2.1.2	Coffea canephora	11
2.2.1.3	Coffea liberica.....	11
2.3	Pestovanie kávovníku	12
2.4	Chemické zloženie pražených kávovníkových zŕn	12
2.4.1	Sacharidy	12
2.4.2	Lipidy	12
2.4.3	Bielkoviny	12
2.4.4	Minerálne látky	13
2.4.5	Aromatické látky	13
2.4.5.1	Pyrazíny	14
2.4.5.2	Furány	14
2.4.5.3	Pyroly	15
2.4.5.4	Pyridíny.....	16
2.4.5.5	Fenoly	16
2.4.6	Kofeín.....	17
2.5	Technologické spracovanie kávovníkových zŕn.....	17
2.5.1	Zber kávovníkových zŕn.....	17
2.5.2	Spracovanie	18
2.5.2.1	Suchý spôsob spracovania	18
2.5.2.2	Mokrý spôsob spracovania.....	18
2.5.2.3	Polopremývaný spôsob spracovania	18
2.5.3	Lúpanie a leštenie zŕn.....	18
2.5.4	Triedenie kávovníkových zŕn.....	19
2.5.5	Praženie	19
2.5.6	Chladenie.....	19
2.5.7	Skladovanie upražených (mletých) kávovníkových zŕn	19

2.6	Balenie kávy	19
2.6.1	Papierové obaly	20
2.6.2	Kovové obaly	20
2.6.3	Vzduchotesné balenie s jednosmerným ventilom	20
2.6.4	Obaly s upravenou atmosférou	20
2.6.4.1	Podstata účinku upravenej atmosféry	21
2.6.4.2	Aplikačné problémy pre balenie v upravenej atmosfére	21
2.7	Bariérové vlastnosti obalov	21
2.7.1	Udržanie chuti a vône	21
2.7.2	Vypustenie plynov (CO ₂)	22
2.7.3	Zamedzenie kyslíka	22
2.7.4	Zamedzenie vlhkosti	23
2.7.5	Vplyv teploty	23
2.8	Legislatíva kávy	24
2.9	Voda v potravinách	24
2.9.1	Formy vody v potravinách	25
2.9.2	Funkcia vody v potravinách	25
2.9.3	Vplyv obsahu vody na štruktúru a stabilitu potravín	26
2.10	Aktivita vody v potravinách	26
2.11	Metódy stanovenia vody (vlhkosti) v potravinách	28
2.11.1	Stanovenie vlhkosti sušením	28
2.11.2	Stanovenie vlhkosti sušením absolútnym etanolom	28
2.11.3	Stanovenie vody destilačnou metódou	29
2.11.4	Dielektrické stanovenie vody	29
2.11.5	Stanovenie vody titračne podľa Karl-Fischera	29
2.11.5.1	Biamperometrická titrácia	29
2.11.5.2	Bipotenciometrická titrácia	30
2.11.5.3	Vplyv pH na titráciu	30
2.11.5.4	Reakcie činidla s inými látkami než s vodou	30
2.11.6	Stanovenie vody pomocou plynovej chromatografie	31
2.11.7	Stanovenie vody pomocou nukleárnej magnetickej rezonancie	31
2.12	Stanovenie aromatického profilu kávy pomocou plynovej chromatografie	31
2.12.1	Plynová chromatografia s hmotnostným detektorom (GC-MS)	31

3	EXPERIMENTÁLNA ČASŤ	32
3.1	Laboratórne vybavenie	32
3.1.1	Pomôcky	32
3.1.2	Chemikálie	32
3.1.3	Plyny.....	32
3.1.4	Prístroje	32
3.2	Materiál.....	32
3.3	Stanovenie vlhkosti rôzne skladovanej kávy pomocou sušenia	33
3.4	Stanovenie obsahu vody titračne podľa Karl-Fischera.....	33
3.4.1	Príprava roztokov	33
3.4.2	Stanovenie obsahu vody.....	33
3.5	Stanovenie aromatických látok pomocou HS-SPME-GC-MS	35
3.5.1	Príprava vzorkou	35
3.5.2	Podmienky SPME extrakcie.....	35
3.5.3	Podmienky GC-MS analýzy.....	35
3.5.4	Identifikácia a kvantifikácia prchavých látok vo vzorkách.....	35
4	VÝSLEDKY A DISKUSIA	36
4.1	Stanovenie obsahu vody a vlhkosti kávy.....	36
4.1.1	Obsah vody a vlhkosti v káve skladovanej v plechovke.....	36
4.1.2	Obsah vody a vlhkosti v káve skladovanej v papierovom obale.....	37
4.1.3	Obsah vody a vlhkosti v káve z obalu z LDPE+Al.....	39
4.1.4	Obsah vody a vlhkosti v káve skladovanej v sklenenej nádobe.....	41
4.1.5	Obsah vody a vlhkosti v káve skladovanej vo vrecku s PE vložkou	42
4.1.6	Súhrn získaných výsledkov	44
4.2	Stanovenie aromatického profilu v káve pomocou HS-SPME-GC-MS	45
4.2.1	Porovnanie obsahu aktívnych látok v káve skladovanej v rôznych obaloch	46
4.2.2	Porovnanie počtu aromaticky aktívnych látok identifikovaných v káve	48
5	ZÁVER.....	53
6	ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY	54
7	ZOZNAM PRÍLOH	59
8	PRÍLOHY.....	60

1 ÚVOD

Káva patrí medzi najviac konzumované nápoje na svete a je druhou najviac obchodovanou komoditou hneď po rope. Od roku 1950 do roku 1960 vzrástla jej produkcia o 100 %. Medzi najväčších producentov kávy na svete patria Brazília, Vietnam, Kolumbia a Indonézia. Ďalšími významnými producentmi sú Južná Amerika, Ázia, Stredná Amerika a Afrika. V roku 2008 činila svetová produkcia 7 680 000 ton kávových zŕn. Za rok 2018 činila svetová spotreba kávy 9 740 400 ton kávových zŕn [1].

Oveľa väčšie nároky a požiadavky na skladovanie majú pražené (mleté) zrná než surové (zelené). Veľmi ľahko pohlcujú vonkajšie cudzorodé, a teda samozrejme neželané pachy a rýchlo naberajú vlhkosť. Navlhnuté potom veľmi ľahko podliehajú rôznym nákazám. Kávovníkové zrná sú skladované v obaloch oddelených od látok, ktoré by mohli nepriaznivo ovplyvniť ich akosť. Skladovacie priestory by mali byť primerane vychladené, teplota by nemala byť väčšia než 20 °C a relatívna vlhkosť vzduchu by mala byť najviac 70 % [2].

Pri skladovaní, pokiaľ ide o enzymatické a mikrobiálne kazenie, mletá káva je stabilným výrobkom. Kvôli vysokej teplote dosiahnutej pri pražení, káva sa vyznačuje veľmi nízkou aktivitou vody, ako aj prítomnosťou Maillardových reakčných produktov s antimikrobiálnymi vlastnosťami. Avšak, počas skladovania môže káva podliehať dôležitým chemickým a fyzikálnym zmenám, ktoré sú zodpovedné za degradáciu kávy, čo ovplyvňuje kvalitu a prijateľnosť. Hlavné príčiny zvetrania kávy možno pripísať stratám prchavých zlúčenín, najmä kľúčových aromatických látok obsahujúcich síru a oxidačným reakciám.

Teplota, koncentrácia kyslíka a relatívna vlhkosť (aktivita vody) sú hlavné faktory, ktoré ovplyvňujú trvanlivosť mletej kávy. Miera degradácie kávy sa môže výrazne zvýšiť po otvorení obalu spotrebiteľom, čím sa určí tzv. sekundárna trvanlivosť. Počas domáceho používania, sa všetka káva takmer nikdy neskonzumuje bezprostredne po otvorení balenia. Používanie trvá niekoľko dní alebo týždňov. Hodnotenie sekundárnej trvanlivosti môže preto predstavovať nástroj na zlepšenie výrobkov a maximalizovať trvanlivosť počas skladovania [3].

Voda je neoddeliteľnou súčasťou takmer všetkých potravín. Hrá veľmi dôležitú úlohu v štruktúre, vzhľade, chuti surovín a hlavne ich postupnej degradácii. Vzhľadom k tomu, že takmer vo všetkých potravinových materiáloch je obsiahnutý aspoň minimálny obsah vody, je znalosť jej správania nevyhnutná. Vlhkosť sa prejavuje vo všetkých operáciách, ktoré sú s potravinami vykonávané, teda aj s krátkodobým i dlhodobým skladovaním.

Pri krátkodobom alebo dlhodobom skladovaní sa nemení len obsah vody v káve ale aj samotný aromatický profil. Obsah aromatických látok v káve sa mení v dôsledku faktorov, ako je spomínaná voda, koncentrácia kyslíka, typ obalu alebo typ atmosféry v danom obale.

Táto diplomová práca sa zaoberá objasnením podstaty správania vyššie uvedených faktorov v potravinách, v mletej káve, ich vplyv na trvanlivosť pri skladovaní, chemické zmeny a samotný význam ich sledovania. Predmetom skúmania bolo taktiež zistiť obsah vody a vlhkosť v káve skladovanej v jednotlivých obaloch a nakoniec bol stanovený aromatický profil v káve pomocou HS-SPME-GC-MS.

2 TEORETICKÁ ČASŤ

2.1 História kávy

Pôvodným domovom kávy, podľa viacerých odborníkov, sú pralesy afrického kontinentu na území dnešnej Etiópie (oblasť Kaffa) a Jemenu, odkiaľ pochádzajú divoko rastúce kávovníkové kry. O objavení stimulačných účinkov kávy koluje veľa legiend. Jedna z najstarších hovorí o mladom pastierovi kôz z Etiópie. Ten vraj zbadal, že po zjedení istého druhu bobúľ sa jeho kozy stávali obzvlášť živými. Odtiaľ sa v 6. storočí káva rozšírila na Blízky východ prostredníctvom islamských pútnikov putujúcich do Mediny a Mekky.

Prvým miestom, kde sa kávovník začal pestovať, je Arabský polostrov a jeho oblasti pri Červenom mori. Začiatkom 15. storočia sa káva rozšírila do Káhiry a v polovici 15. storočia do Konštantínopolu. V prvej polovici 16. storočia dosiahla svoj najväčší rozmach Osmanská ríša. Káva začínala vtedy zohrávať čoraz významnejšiu úlohu v Arábii, Malej Ázii, Sýrii, Egypte a v juhovýchodnej Európe. Prvé kaviarne boli otvorené v Damasku (1530) a v Aleppe (1532). V Európe sa káva stala známou až začiatkom 16. storočia. Približne v roku 1616 sa v Holandsku začala pestovať prvá káva.

Už ku koncu 17. storočia boli podniknuté prvé úspešné pokusy o jej pestovanie v skleníkoch. Jednu z týchto rastlín dostal v roku 1714 v Paríži do daru aj kráľ Ľudovít XIV.

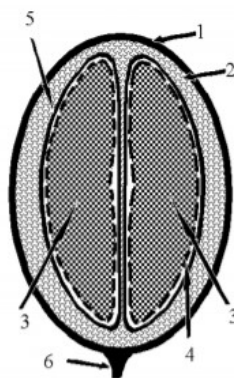
Začiatkom 20. storočia sa na celosvetovo najväčšieho producenta kávy vypracovala Brazília. Dnes pochádza takmer celá produkcia zo Strednej Ameriky, Brazílie a z tropických častí Južnej Ameriky [4,5].

2.2 Kávovník

Kávovník je rozšírená rastlina tropického a subtropického pásma, pretože pre svoj rast potrebuje teplejšiu a stálejšiu klímu. Túto rastlinu radíme do ovocných drevín a pestuje sa asi v 70 rôznych krajinách. Ich veľkosť sa pohybuje od nízkych kríkov až po pätnásť metrov vysoké stromy. Korene prenikajú do hĺbky jeden až jeden a pol metra.

Kávovník je rastlina z rodu *Coffea L.* z čeľade *Rubiaceae* (maranovité) a zahrňuje niekoľko desiatok druhov rastúcich divo i na plantážach (*arabica*, *liberica*, *canephora*, *excelsa* a pod.). Kávovníkové listy bývajú značne rozmanité. Majú bipolárnu listovú štruktúru. Listy chránia rastlinu pred mrazmi a pred intenzívnym slnečným žiarením. Listy obsahujú vysoký obsah kofeínu. Kvety majú bielu farbu, hviezdovitý tvar a omamnú vôňu. Po opelení kvetov sa zjaví malé zelené bobule, ktoré menia farbu na zelenožltú až na červenú. V konečnom štádiu zrelosti, sú bobule hnedé s fialovým nádychom. Plod má veľkosť okolo 1,5 cm. Plod kávovníka má kožovité oplodie (exokarp), ktoré je pomerne hrubé, a tým odolné voči poškodeniu. Ďalej nasleduje časť šľavnatej dužiny (mezokarp), ktorá obsahuje sacharidové zložky. Ďalšou vrstvou je šupka a pod šupkou sa nachádza tzv. endokarp, ktorý svojou tuhosťou pripomína pergamen, podobne ako aj tenká strieborná blanka. Poslednou časťou plodu sú samotné semená. Plod väčšinou obsahuje 2 semená, prípadne len jedno (tzv. hrášková bobuľa). Na Obrázku 1 je zobrazený prierez kávového plodu.

Rastliny kávovníkov rodia po troch až šiestich rokoch od vysadenia a sú životaschopné 20–30 rokov. Po tomto termíne je čas na obnovu za nové [2,6].



Obrázok 1 Prierez kávovníkovou bobuľou: 1- exokarp, 2- dužina (mezokarp), 3- kávové zrno, 4- strieborná blanka, 5- pergamenový obal, 6- lodyha [7]

2.2.1 Druhy kávovníkov

Medzi hospodársky významné druhy kávovníkov patrí *Coffea arabica*, ktorá tvorí najväčšiu časť produkcie, ďalej *Coffea canephora*, *Coffea liberica*. Medzi menej hospodársky významné druhy patria *Coffea dewevrei*, *Coffea stenophylla* alebo *Coffea congensis*.

2.2.1.1 *Coffea arabica*

Coffea arabica (*Coffea vulgaris* Moench) sa radí medzi najlepšie a najkvalitnejšie kávy a tvorí približne 75 % svetovej produkcie. Oproti *Coffea canephora* má tento druh menšie percento obsahu kofeínu. Tento druh býva často napadnutý listovou rzi a jeho plody a semená kávovým chrobákom. Ide o strom, kde plod má elipsoidný tvar a zrno je ploché so zakrivenou ryhou uprostred, farba je zelená s namodravým tónom [8].

2.2.1.2 *Coffea canephora*

Druhým najčastejšie pestovaným druhom je *Coffea canephora*, označovaná ako robusta. Na svetovej produkcii sa podieľa okolo 30–35 %, pričom sa tento podiel neustále zvyšuje. Je to zapríčinené lepšími výnosmi tohto druhu. Navyše sú viac odolnejšie proti rôznym ochoreniam a nepriaznivým klimatickým podmienkam než kávovníky arabiky. Obsah kofeínu je taktiež vyšší. Avšak robusta patrí medzi lacnejšie a menej kvalitné kávy. Ide o ker (strom), ktorý má široké zvlnené a veľké listy. Na rozdiel od arabiky, má robusta vypuklejšie a zaoblenejšie zrná, ryha je rovná a farba zrna je svetlozelená so sivým odtieňom [2,8].

2.2.1.3 *Coffea liberica*

Tretím najčastejšie pestovaným druhom je *Coffea liberica*, ktorá sa na svetovej produkcii podieľa len veľmi málo, a to približne len 1 %. Tento druh má pomerne veľké kvety a kožovité listy. Plody a zrná sú tiež väčšie. Poskytujú bohaté úrody, ale pre ich charakteristickú arómu a chuť, ako aj slabšiu kvalitu obsahových látok sa hodnotia ako druhy slabšej akosti. Pre menší záujem sa pestuje len v oblastiach Libérie, Konga a Pobrežia Slonoviny [2].

2.3 Pestovanie kávovníka

Kávovníky sa pestujú a rastú v tropických a v subtropických oblastiach. Najväčšími producentmi sú Brazília, Vietnam, Kolumbia, Etiópia alebo India. Parametre na optimálne pestovanie kávovníkov sú závislé na zložení pôdy, území, nadmorskej výške alebo intenzite slnečného svetla.

Priemerná ročná teplota pre pestovanie *Coffea arabica* je v rozmedzí 17–24 °C, nadmorská výška okolo 1 500 metrov nad morom a okolo 1 000 mm zrážok za rok. Pre *Coffea canephora* je optimálna teplota v rozmedzí 24–30 °C, optimálna hodnota pH je 4,4–6, vlhkosť okolo 90 % a celkovo je menej náročná na podmienky pestovania než arabika [2,8].

2.4 Chemické zloženie pražených kávovníkových zŕn

Zloženie pražených kávovníkových zŕn sa značne líši v závislosti od rôznorodosti a rozsahu praženia. Tabuľka 1 zobrazuje zastúpenie jednotlivých chemických zlúčenín v zrnách kávovníkov *Coffea arabica* a *Coffea canephora* pri strednom stupni praženia.

Tabuľka 1 Zloženie praženej kávy druhu *Coffea arabica* a *Coffea canephora* v % sušiny [9]

Prítomná látka	<i>Coffea arabica</i>	<i>Coffea canephora</i>
Kofeín	1,3	2,4
Lipidy	17,0	11,0
Sacharidy	10,0	10,0
Bielkoviny	38,0	41,5
Prchavé zlúčeniny	1,0	0,7
Alifatické kyseliny	2,4	2,5
Trigonelín, niacín	2,7	3,1
Chlorogénové kyseliny	0,1	0,1
Minerály	4,5	4,7
Melanoidíny	23,0	23,0

2.4.1 Sacharidy

Väčšina sacharidov v káve sa skladá z manózy, galaktózy a arabinózy, ktoré sú nerozpustné. Počas praženia dochádza k degradácii do foriem, ktoré sú rozpustné. Sacharóza sa pri pražení taktiež rozkladá a monosacharidy sa v praženej káve vyskytujú len veľmi málo. V priebehu praženia sa teda okolo 30 % celkového obsahu sacharidov rozloží [9].

2.4.2 Lipidy

Lipidy sú v káve pomerne stabilné a nemenia sa ani počas praženia. Medzi najviac zastúpené mastné kyseliny patria kyselina linolová a kyselina palmitová. Vosky a estery mastných kyselín pochádzajú z epikarpu zrna. Spomínané zlúčeniny sú z 0,06–0,1 % zastúpené v praženej káve. Z diterpénov sú prítomné látky ako cefastol alebo kahweol [9].

2.4.3 Bielkoviny

Pri pražení zŕn dochádza k rozsiahlym zmenám bielkovín. Bielkoviny degradujú pri vysokej teplote a ich obsah rapídne klesá. Obsah klesá približne o 30 %. Z aminokyselín sú v kávovom

zrne najviac zastúpené kyselina glutámová, alanín a leucín. Voľné aminokyseliny sa vyskytujú len v stopových množstvách [9].

2.4.4 Minerálne látky

Podobne ako v iných rastlinných materiáloch, aj v káve prevláda draslík, nasleduje ho vápnik a horčík. Z aniónov sú to fosfáty a sulfáty (Tabuľka 2).

Tabuľka 2 Najviac zastúpené minerály v praženej káve [9]

Minerálne látky	Zastúpenie v %
Draslík	1,1
Vápnik	0,2
Horčík	0,2
Fosfáty	0,2
Sulfáty	0,1

2.4.5 Aromatické látky

Zložitosť arómy sa zakladá na zložení chemických zlúčenín v zelených bôboch. Tieto prekurzory prchavých zlúčenín majú rôzne koncentrácie v závislosti od mnohých premenných, vrátane rozmanitosti, poveternostných podmienok, úrovne zrenia a možností spracovania. Prekurzory arómy sú rôzne formy sacharidov, proteínov a kyselín. V priebehu procesu praženia a najmä počas Malliardovej reakcie sa transformujú na prchavé zlúčeniny. Rôzne zlúčeniny vytvárajú rôzne sensorické vlastnosti a úroveň praženia môže ďalej ovplyvniť to, ako vnímame arómu.

Približne 0,1 % z hmotnosti praženej kávy tvoria prchavé látky. V súčasnosti je identifikovaných asi 900 zlúčenín, ktoré sa podieľajú na aróme kávy, pričom len pár desiatok zlúčenín sa uplatňuje výrazne. V Tabuľke 3 sú vypísané hlavné aromatické, prchavé látky, ktoré sa nachádzajú v káve. V praženej káve sa vyskytuje veľký počet heterocyklických zlúčenín, ako sú furány, indoly, chinolíny, pyridiníny, pyrazíny a množstvo iných [19,22].

Tabuľka 3 Zoznam najviac zastúpených aromatických látok v káve [42]

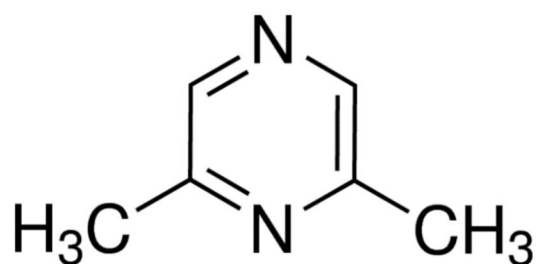
Aromatické látky	
Acetaldehyd	3-etyl-2,5-dimetylpyrazín
2-metylfurán	Kyselina octová
Acetylpropionyl	Furfurál
Hexanál	Acetoxyacetón
1-metylpyrol	2-acetylfurán
Pyridín	Furfuryl acetát
Pyrazín	5-metylfurfural
2-metylpyrazín	2-furánmetanol
Hydroxyacetón	1-acetylpyridín
2,5-dimetylpyrazín	2-metoxyfenol (Guajakol)
2,6-dimetylpyrazín	Fenol
2,3-dimetylpyrazín	2-metoxy-4-vinylfenol

Počas rozkladu aminokyselín v aldehydoch vznikajú látky vytvárajúce ovocnú a sladkú arómu. Na aróme sa podieľajú taktiež alifatické zlúčeniny, ak sú alkoholy, karbonylové a karboxylové kyseliny, estery ketóny a iné. Spomínané ketóny produkujú ovocnú alebo zatuchnutú arómu. Počas praženia však vznikajú aj nepríjemné arómy. Fenoly, vznikajú rozpadom voľných fenolových kyselín počas dlhšieho praženia. Majú nepríjemnú dymovú arómu [19,22].

2.4.5.1 Pyrazíny

Významný krok v aróme kávy sa uskutočnil v roku 1920, kedy boli pyrazín, metylpyrazín, 2,5-dimetylpyrazín a 2,6-dimetylpyrazín prvý krát izolované a nájdené v káve. Pokiaľ ide o prchavé zložky arómy potravín, „moderné obdobie“ objavenia nových pyrazínových zlúčenín sa začalo s príchodom plynovej chromatografie, čo vyvolalo lavínu identifikácií. Jedným z prvých bol nález 2,6-dimetylpyrazínu v káve (Obrázok 2). Neskôr vedci odhadli, že pyrazíny môžu k chuti prispieť dôležitým spôsobom. Následne vedci publikovali 22 alkyl a alkenylpyrazínov. Potom sa dokázalo, že pyrazíny sa pri pražení získavajú z Malliardovej reakcie medzi aminokyselinami a cukrami. Sú tvorené v pozoruhodných množstvách a tvoria asi 14 % celkového obsahu prchavých látok. Zistili, že obsah voľných aminokyselín je vyšší v robustách než v arabikách a tiež obsah pyrazínov po pražení bol vyšší.

V súčasnosti je identifikovaných viac ako 180 pyrazínov, cyklopentapyrazínov, benzopyrazínov, pyrolopyrazínov, kde viac ako 90 je publikovaných ako prchavá zložka kávy. Medzi najviac zastúpené pyrazíny patria 2,5-dimetylpyrazín, 2,6-dimetylpyrazín, etylpyrazín alebo 3-etyl-2,5-dimetylpyrazín [43].



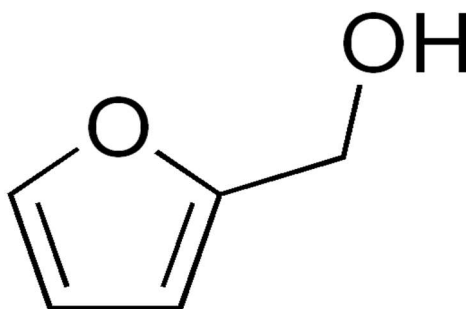
Obrázok 2 2,6-dimetylpyrazín [44]

2.4.5.2 Furány

Furány sú v skutočnosti cyklické étery, ktoré sa vyskytujú hlavne v sacharidových kondenzátoch, ktoré podliehajú hneďnutiu. Keďže zelená káva obsahuje veľké množstvo sacharózy a iných cukrov, za normálnych okolností sa predpokladalo, že sa počas procesu praženia tvorili zlúčeniny furánov. Toto pozorovanie bolo rýchlo potvrdené identifikáciou karamelizačných produktov, pri tepelnej degradácii glukózy a polymérov cukru. Ukázalo sa, že furánové zlúčeniny sú hlavnými produktami rozkladu. Vedci identifikovali asi 350 furánových zlúčenín, mnohé z nich sú prítomné v káve. Arabiky všeobecne vykazujú vyšší obsah prchavých furánov než robusty, čo zodpovedá vysokému obsahu sacharózy.

V skutočnosti má prítomnosť furánov rôzny pôvod. Sú skutočne typické produkty Malliardovej reakcie, ale tiež sú výsledkom tepelnej oxidácie lipidov, degradácie tiamínu a rozpadu nukleotidov. Spravidla sa furány považujú za dôležité zložky arómy. Furán a 2-metylfurán patria medzi hlavné zložky, ktoré sú zodpovedné za typickú arómu kávy. Furány, ktoré neobsahujú síru, sa spájajú hlavne so sladkými, ovocnými a orechovými vôňami.

Medzi najčastejšie skupiny furánov vyskytujúcich sa v káve patria napríklad alkylfurány (2-metylfurán), alkenylfurány (2-vinylfurán), furány s hydroxy skupinou (2-furánmetanol, vid' Obrázok 3), étery (furfuryl metyl éter), furánaldehydy (furfurál), furány s keto skupinou (2-acetylfurán) a furfuryl estery (furfuryl formát) [43].

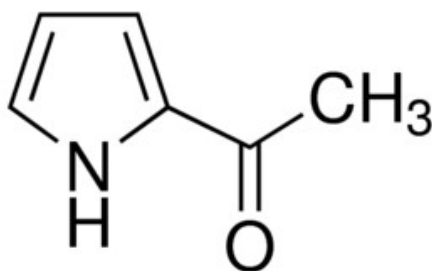


Obrázok 3 2-furánmetanol [45]

2.4.5.3 Pyroly

Pyroly primárne vznikajú tepelne s inými existujúcimi formačnými cestami. Zdá sa, že nie sú prítomné v čerstvých surových potravinách (hoci 1-metylpyrol a 2-acetylpyrol boli identifikované v zelenej káve). Vznikajú reakciou aldolov s alkylamínmi, reakciou zahŕňajúcou redukcii cukrov a aminokyselín. Cukor je potrebný na tvorbu pyrolov obsahujúcich acylové skupiny alebo zvyšky furánu. Je tiež známe, že tvorba pyrolov nevyžaduje na rozdiel od pyrazínov vysoký stupeň fragmentácie cukru. Pozorovalo sa tiež, že arabika obsahuje menšie množstvo alkylpyrolov, ale vyššie množstvo N-furfurylpyrolov než robusta. Skladovaním praženej kávy sa zvyšovali N-substituované pyroly.

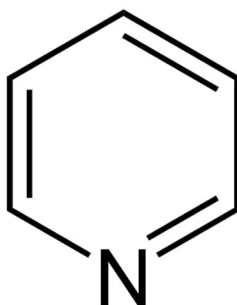
Medzi skupiny pyrolov vyskytujúcich sa v káve patria alkylpyroly (N-metylpyrol), pyrolaldehydy (2-formylpyrol), pyroly s keto skupinou (N-acetylpyrol, vid' Obrázok 4), furfurylpyroly (N-furfurylpyrol) [43].



Obrázok 4 N-acetylpyrol [46]

2.4.5.4 Pyridíny

Prvá zmienka o prítomnosti pyridínu v praženej káve je z roku 1895. Cesta vedúca k tvorbe pyridínov je aldolizáciou aldehydov, reakciou s amoniakom a intramolekulárnou cyklizáciou. Pyridíny (Obrázok 5) boli identifikované medzi produktmi pyrolýzy modelových reakcií zahŕňajúcich aminokyseliny a cukry. Pyridíny môžu byť tiež tvorené tepelnou degradáciou Amadoriho medziproduktov alebo priamo pyrolýzou aminokyselín. Ďalším dôležitým, ak nie hlavným, prekursorom pyridínov v praženej káve, je trigonelín. Väčšina pyridínových zložiek kávovej arómy je komerčne dostupná. Pyridíny majú vo všeobecnosti horké, pražené a spálené chute [43].

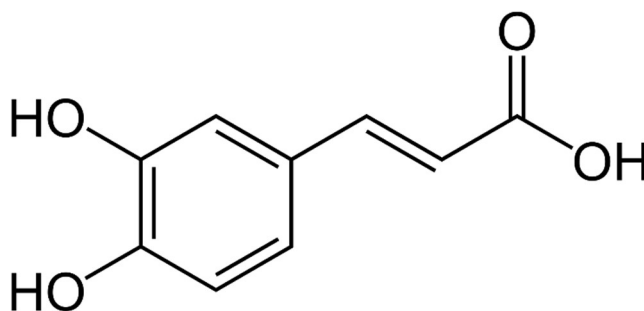


Obrázok 5 Pyridín [47]

2.4.5.5 Fenoly

Fenoly sú v prírode rozšírené a ako také sa konzumujú vo väčšine potravín. Sú prítomné v prírode vo viazanej alebo konjugovanej forme. V mnohých potravinových systémoch bolo identifikovaných takmer 140 fenolov. Fenoly zásadným spôsobom prispievajú k typickej kávovej aróme. Často sú považované za látky, ktoré majú negatívny charakter ako dechtové, dymové alebo korenistú arómu. Väčšina z nich je však v nízkych koncentráciách opísaná ako sladká, kvetinová alebo vanilková.

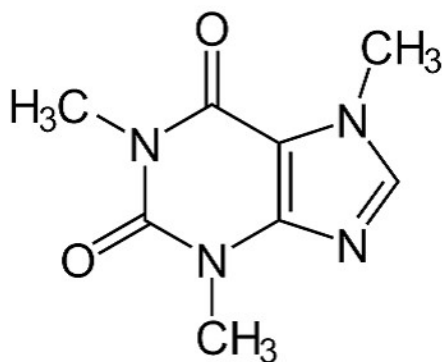
Kyselina gallová izolovaná v roku 1786 bola skutočne jednou z prvých zložiek považovaných za kávovú zložku. Štúdie ukázali, že celkový prchavý obsah fenolu úmerne narastal s rozsahom praženia. Analýza pomocou GC/MS tiež ukázala, že menej prchavé zložky kávy v robuste sú bohatšie než v arabike. Káva robusta má tiež najväčší obsah monofenolov a guajakolov. Káva obsahuje polyhydroxyfenoly s antioxidantnými účinkami, ktoré súvisia s redukčnými a radikálovými čistiaceimi vlastnosťami. Katechol je jedným z najúčinnějších, nasleduje kyselina ferulová alebo kávová, vid' Obrázok 6 [43].



Obrázok 6 kyselina kávová [48]

2.4.6 Kofeín

Kofeín (1,3,7-trimetylxantín) znázornený na Obrázku 7, je dusíkatá zlúčenina zásaditého charakteru prítomná v rôznych koncentráciách hlavne v semenách. Obsah kofeínu u *Coffea arabica* je približne 1,3 % a u *Coffea canephora* 2,4 %, čo je skoro dvojnásobok. Počas praženia sa kofeín takmer neznižuje. Okrem kofeínu sú v káve prítomné aj ďalšie metyloxantíny (teofilín a teobromín). Kofeín má oveľa silnejší stimulačný účinok než ostatné metyloxantíny, pričom stimuluje integračnú činnosť mozgovej kôry, hlavne vyššiu nervovú činnosť [2,9].



Obrázok 7 Vzorec kofeínu [10]

2.5 Technologické spracovanie kávovníkových zŕn

2.5.1 Zber kávovníkových zŕn

Doba zberu zŕn sa líši podľa geografického pásma. V rovníkových krajinách, ako je Uganda a Kolumbia, sa káva zbiera po celý rok, hlavne pokiaľ sú plantáže umiestené v rôznych nadmorských výškach. Severne od rovníka, zber prebieha od septembra do decembra. Južne od rovníka, sa káva zbiera od apríla do augusta [11].

Zber sa začína najprv na plantážach s nižšou nadmorskou výškou, lebo na nich kávovníkové bobule dozrievajú rýchlejšie. Potom zberači postupujú do vyšších polôh, kde bobule zrejú pomalšie, a preto majú rôzne obsahové látky dostatok času na syntézu a vstrebanie do zŕn. Kávovníkové zrná z nižších polôh sú lacnejšie a menej kvalitné.

Existuje niekoľko spôsobov ako kávovníkové bobule z kríkov pozberať. Prvá možnosť je ručný zber, kde sa bobule oberajú tzv. pásovou technikou, kde sa celá úroda pozberá pri jednom prechode zberačov. Priemerný zberač nazbiera od 50 do 100 kg bobúl, ale len 20 % z tejto hmotnosti tvoria kávové zrná. Druhá metóda je tzv. výberová, kde zber prebieha v intervaloch 8–10 dní. Zberajú sa len dokonale červené a zrelé plody. Väčšinou sa tento zber používa pri zbere arabík, pretože je ekonomickejší a náročnejší. Ďalšou možnosťou je tzv. striping (česanie). Pri tejto metóde zberači zoberú do ruky celú vetvu a strhnú z nej všetky plody, ktoré sypú priamo do košov. Metóda je rýchlejšia než predchádzajúce, ale nie je taká šetrná.

Posledná možnosť je strojový zber, pričom táto metóda prichádza do úvahy iba na plantážach s nízkou nadmorskou výškou a rovnou pôdou. Špeciálny kombajn s radlicami strháva všetky bobule, listy a aj vetvičky a tie zhromažďuje v násypníkoch. Nasleduje preberanie a preosievanie. Metóda je rýchla ale veľmi nešetrná k v bobuliam [2].

2.5.2 Spracovanie

Kávovníkové plody sa po zbere plavia vo veľkých nádržiach, kde sa čistia. K odstráneniu dužiny bobúľ sa využívajú 3 spôsoby, a to suchý, mokrý a polopremývaný. Pri tejto úprave zrn vzniká tzv. surová (zelená) káva, ktorá sa ďalej praží [8].

2.5.2.1 Suchý spôsob spracovania

Táto metóda spracovania sa pokladá za najjednoduchší a finančne najmenej náročný spôsob. Suchý spôsob sa využíva najmä na spracovanie zrn nižšej akosti. Nazbierané bobule sa zbavia zeminy a iných nečistôt, a následne sa rovnomerne rozložia na betónovú, tehlovú alebo rohožami vystlanú podlahu. Bobule sú vystavené dostatočnému slnečnému žiareniu a pravidelne prehrabávané. Po približne 4 týždňoch obsah vlhkosti v bobuliach klesne na 12 % a bobule sú považované za vysušené. Tento spôsob sa využíva hlavne v Brazílii a v Arábii [2].

2.5.2.2 Mokrý spôsob spracovania

Mokrú metódu je náročnejšia ako suchá, vyžaduje vyššie náklady, ale zachováva kvalitu kávových zrn, pretože sa dôkladnejšie oddelia nezrelé a poškodené plody od zrelých. Bobule sa v prvej fáze premývajú v nádržiach, kde sa zbavujú rôznych kontaminantov. Následne sa oddelia ľahké, zoschnuté a nezrelé plody od zrelých, ťažších plodov. Po premytí sa odstraňuje vrchná časť (šupka) a časť dužiny.

Ďalším stupňom je základná fermentácia, čo znamená oddelenie hladkého, slizovitého povlaku, ktorý pokrýva oplodie. Zrná, sa pomocou *Lactobacillus acidophilus* fermentujú. Proces trvá od 12 do 36 hodín, pričom sa tvorí kyselina mliečna, ktorá vytvára kyslé pH. Enzýmy postupne uvoľňujú lepkavú vrstvu, pokrývajúcu šupku a samotný pergamen. Po skončení fermentácie je zrno na dotyk tvrdé ako kameň a zbavené slizkého povrchu. Dobre vypraná káva, tzv. káva pergamino sa nakoniec suší [9,12].

2.5.2.3 Polopremývaný spôsob spracovania

Polopremývaný spôsob sa podobá tomu mokrému, kde bobule taktiež putujú do nádrží, v ktorých prebieha selekcia plodov. Pomocou strojov sú zbavené šupky a časti dužiny a následne sa nechávajú zrnká v pergamenovej blanke schnúť. Vo vrchných obaloch zrno obsahuje najmä sacharidy, ktoré fermentujú, a tak získavajú chuťovo výrazne telo a vôňu. Takéto zrná sa nazývajú „medové“.

Veľkou výhodou spracovania tohto typu je, že sa pracuje bez premývania a používania veľkého množstva vody, čo výrazne znižuje náklady [2].

2.5.3 Lúpanie a leštenie zrn

Zo zrn sa odstraňuje tenká pergamenová vrstvička (šupka). Zrná prechádzajú strojovými zariadeniami. Existujú 2 základné typy, a to trecie a nárazové. Trecie zariadenia môžu opracovávať zrná zo všetkých typov spracovania. Využívajú sa hlavne v Južnej Amerike okrem Brazílie. Tam sa najviac využívajú nárazové zariadenia. Pri tomto spôsobe, zrná musia mať správny obsah vlhkosti. Pred vývozom obsahujú 10–13 % vlhkosti [8].

Strieborná blanka, ktorá zostane po ich olúpaní, sa odstraňuje leštením. To dá zrnám lesklý a príjemný povrch. Väčšina leštiacich strojov je podobná tým na lúpanie. Miesto oceľových lamiel majú bronzové alebo medené lamely, ktoré znižujú riziko poškodenia zrn [2].

2.5.4 Triedenie kávovníkových zrn

Kávovníkové zrná sa triedia najprv podľa veľkosti a potom podľa ich hustoty. Pri triedení sa zrná zbavujú kameňov, a oddeľujú sa poškodené a defektné zrná. Magneticky sa odstránia možné kusy kovov a následne sa preosievajú na špeciálnych sitách. Jedným z najlepších spôsobov ako vytriediť zrná je využitie tzv. pneumatickej metódy. Využíva sa na oddeľovanie ťažkých a ľahkých zrn pomocou vzduchovej dýzy [2].

2.5.5 Praženie

Pre zelené zrná je typická zemitá vôňa, a z tohto dôvodu musia byť tepelne ošetrené v procese, ktorý sa nazýva praženie. Pražením zrná dostávajú charakteristickú arómu a chuť. Dochádza tu k dôležitým chemickým a fyzikálnym zmenám. Pri pražení kávové zrná zväčšujú svoj objem o 50–80 %, a mení sa ich štruktúra a farba. Zelená farba je nahradená hnedou a zrná strácajú 11–20 % hmotnosti.

Praženie má 4 hlavné fázy, a to sušenie, vývoj, rozklad a praženie. K prvým zmenám dochádza pri teplote približne 50 °C, kde proteíny denaturujú a dochádza k odparovaniu vody. Pri teplote 100 °C dochádza k hnednutiu a pyrolýze organických zlúčenín. Postupným zvyšovaním teploty dochádza k uvoľňovaniu oxidu uhličitého a zrná zväčšujú svoj objem. Chemické zmeny sú v tejto fáze relatívne malé. Fáza rozkladu prebieha pri teplote 180–200 °C, kde zrná začínajú pukať, tvorí sa namodravý dym a dochádza k uvoľneniu kávovej arómy. Prebiehajú tu Malliardové reakcie, teda reakcie aminokyselín s redukujúcimi cukrami. V poslednej fáze dochádza k optimalizácii karamelizácie a obsah vody klesne na hodnotu 1,5–3,5 % [9,13].

2.5.6 Chladenie

Po upražení sa musia zrná rýchlo schladiť v špeciálnom chladiacom tanku. Rýchle schladenie má veľký význam pre zachovanie sensorických vlastností (vône a kvality). Správne upražené zrná musia mať na povrchu, ale aj v jadre vyrovnanú farbu [8].

2.5.7 Skladovanie upražených (mletých) kávovníkových zrn

Po dostatočnom ochladení putujú zrná do špeciálnych tankov, kde musia niekoľko dní odležať. Zo zrn sa postupne uvoľňujú rôzne plyny a preto tieto zrná nie je možné dlho skladovať, najmä ak sú už pomleté. Zrná sú následne balené do obalov a exportované [2].

2.6 Balenie kávy

Balenie kávy je proces uzatvárania praženej kávy, ktorý ju chráni pred slnečným žiarením, vlhkosťou a kyslíkom, s cieľom zachovať jej chuť a aromatické vlastnosti. Doba trvanlivosti pražených zrn sa udáva počtom dní, a tento dátum je závislý od druhu obalového materiálu, kvality upražených zrn a od spôsobu ich uskladnenia. Minimálna trvanlivosť pre pražené, mleté

zrná v hliníkových obaloch (fóliách) je 20 dní, v ochrannej atmosfére 2 mesiace, a zrná vo vákuovom prostredí sa uchovávajú až 6 mesiacov [2].

Vo svete kávy existujú tieto najbežnejšie typy obalov [14]:

- Papierové obaly
- Kovové obaly
- Vzduchotesné balenie s jednosmerným ventilom (umožňujúce unikanie plynov)
- Obaly s upravenou atmosférou

2.6.1 Papierové obaly

Na kávu, ktorá sa spotrebuje do pár týždňov alebo dní, nie je potrebné na predĺženie doby trvanlivosti použiť špeciálne balenie. Papierové kávové vrecká sa bežne používajú ako kávové vrecká. Tzv. cínová kravata sa pridáva do každého vrecka pre opätovne uzatvárateľnú funkciu, ktorá poskytuje predĺženú životnosť balenej kávy. Papierové vrecká sú potiahnuté poly alebo sklovitým materiálom pre bezpečný priamy kontakt s kávou. Na tašku môžete pridať priehľadné okno. Papierové tašky sú k dispozícii aj v ekologickej verzii vyrobenej zo 100% recyklovaného papiera [14, 17].

2.6.2 Kovové obaly

Ďalšou bežnou možnosťou je uskladniť mletú kávu v kovových plechovkách. Tieto poskytujú určitú odolnosť. Výhodou je, že nie sú veľmi dobre priepustné pre žiadne plyny, svetlo a vlhkosť [14].

2.6.3 Vzduchotesné balenie s jednosmerným ventilom

Kávu, ktorú je potrebné skladovať dlhšiu dobu, je možné uskladniť v obale s jednosmerným ventilom. Toto balenie umožňuje baliť kávu pomerne rýchlo potom, čo bola upražená. Keďže upražená káva po upražení uvoľňuje plyn, je veľmi dôležité tento plyn odstrániť z vnútra obalu aby sa nepoškodil. Práve jednosmerný ventil umožňuje uvoľnenie plynu, ale taktiež zabraňuje vniknutiu kyslíka do vnútra. Týmto spôsobom je možné udržať veľa chuti vo vnútri a chrániť kávu pred kyslíkom. Avšak hlavnou nevýhodou je recyklovateľnosť týchto obalov, ktorá je výrazne horšia ako tá, ktorá je len v papierovom vrecku [14, 18].

2.6.4 Obaly s upravenou atmosférou

Cielenou zmenou zloženia okolitej atmosféry možno dosiahnuť spomalenie alebo úplné zastavenie nežiadúcich procesov v káve a tým predĺženie jej trvanlivosti. Moderná ochrana balených potravinárskych produktov je založená na balení potravín v modifikovanej atmosfére (MAP - Modify Atmosphere Packaging), respektíve balenie v riadenej atmosfére (CAP - Controlled Atmosphere Packaging). Termín MAP je väčšinou spájaný so spotrebiteľskými baleniami, zatiaľ čo CAP s produktami v skladoch.

MAP zahŕňa balenie vákuové (VP - Vacuum Packaging) a tzv. rovnovážne (EP - Equilibrium Packaging). Vákuové balenie spočíva v odstránení všetkých plynov a pár z okolia potraviny v takej miere, aby obsah kyslíka klesol pod hodnotu 1 % z pôvodného množstva. Princípom EP

je snaha o dosiahnutie rovnovážneho a stabilného stavu (nulové zdieľanie hmoty, eliminácia oxidačných reakcií atď.) medzi potravínou a vonkajším prostredím. V praxi ide o odstránenie vzduchu z obalu a jeho nahradenie prostredím, ktoré môžu tvoriť tri základné plyny, resp. ich zmesi, ktoré sú schválené v krajinách EÚ: kyslík, dusík a oxid uhličitý [19].

2.6.4.1 Podstata účinku upravenej atmosféry

Okrem všeobecných požiadaviek kladených na obalové materiály určené na balenie potravín, tj. vhodných mechanických vlastností, hygienickej nezávadnosti, stability voči pôsobeniu potravinovej mikroflóry počas spracovania a skladovania, vhodného vzhľadu, musia obalové materiály na balenie potravín v modifikovanej a riadenej atmosfére vyhovovať aj ďalším kritériám, z ktorých kľúčovým je priepustnosť pre permanentné plyny a vodnú paru. Z hľadiska požiadaviek na priepustnosť obalových materiálov pre plyny, potraviny uchovávané v CA, resp. MA je možno rozdeliť do dvoch základných skupín. Do prvej patria produkty, ktorých pletivá či tkanivá boli počas spracovania umŕtvené, resp. ktorých zvyšková aktivita má byť maximálne obmedzená (" sous-vide " výrobky, mäso a mäsové výrobky, vyprážené zemiakové hranolky, pražené oriešky či káva). Druhým typom sú potraviny, pri ktorých je žiaduce zachovať výmenu plynov s okolím [20].

2.6.4.2 Aplikčné problémy pre balenie v upravenej atmosfére

Problémy, ktoré uvedený spôsob balenia prináša možno charakterizovať nasledovne [20]:

- Pri vákuovom balení je potrebné zohľadniť štruktúru balenej potravinovej jednotky, ktorá môže byť vyšším vákuom poškodená (napríklad pri balení mäkkých rybích filé, mäkkých syrov). V takýchto prípadoch je nevyhnutné použiť menšiu úroveň vákua, popr. sa jeho použitiu úplne vyhnúť.
- Aplikácia inertnej atmosféry výplachom vzduchu vo vnútri obalu pred uzavretím nie je vhodná pre pórovité produkty alebo pri použití obalových prostriedkov z napenených polymérov. V oboch prípadoch sa z potravín alebo obalu po uzavretí uvoľňujú plyny, ktoré zloženie MA menia.
- CO₂ je značne rozpustný v potravinách. To môže pôsobiť zmršťovanie obalu pri aplikácii MA s vyšším obsahom tohto plynu, tzv. pseudovakuový efekt, a pokles pH potravinovej jednotky.

2.7 Bariérové vlastnosti obalov

Káva patrí medzi potraviny, ktoré strácajú svoju kvalitu v závislosti od času a znehodnocujú sa stykom s okolitým prostredím. Preto je možné kávu chrániť voľbou vhodného obalu. Obal vytvára bariéru medzi výrobkom a okolitým prostredím. Aby bolo balenie vhodné pre kávu ktorá nedegraduje, je potrebné vziať do úvahy niekoľko faktorov, a to udržanie chuti a vône, vypustenie plynov (CO₂), nepreniknutie kyslíka a vlhkosti do vnútra balenia a udržanie správnej teploty.

2.7.1 Udržanie chuti a vône

Zmeny chuti a arómy patria k najzávažnejším zmenám u potravín, pretože sú veľmi citlivo vnímané našimi zmyslovými orgánmi. Vo vzťahu k obalu môžu nastať v zásade tri druhy týchto

zmien. V prvom prípade dochádza k vypýchaniu čuchovo aktívnych zložiek z kávy do okolitého prostredia alebo naopak určitá vôňa alebo pach sú absorbované kávou.

V druhom prípade ide o ovplyvnenie chuti a vône v dôsledku chemických zmien určitých zložiek kávy. Keďže káva má veľký povrch, tak najčastejšie ide o oxidáciu.

Tretím zdrojom zmien chuti a vône kávy môže byť aj vlastný obal, ak uvoľňuje rozpustné alebo prchavé zložky do zabalenej kávy. K tejto interakcii by všeobecne nemalo dochádzať a jej vylúčenie je vždy otázkou voľby vhodného obalového materiálu [21].

Všeobecne, obal musí byť schopný udržať čerstvé pražené príchute v obale. Typicky sa na to môžu použiť kovové plechovky alebo laminované obalové materiály. Tieto laminované fólie sú vyrobené z niekoľkých vrstiev materiálu, obvykle z nejakého druhu plastu s tenkou kovovou vrstvou. Aj keď tieto materiály majú vynikajúce skladovacie vlastnosti, ich hlavnou nevýhodou je, že väčšinu z nich je takmer nemožné recyklovať. Papierové vrecká sú pravdepodobne najhoršia možnosť na udržiavanie chutí vo vnútri obalu, pretože molekuly plynu sa môžu voľne pohybovať dovnútra a von z obalu [14].

2.7.2 Vypustenie plynov (CO₂)

Káva má veľmi špecifickú vnútornú štruktúru. Ako u každej rastlinnej bunky, aj bunky v kávových zrnkách majú v tejto bunke silnú vonkajšiu stenu, vrecko s vodou a vakuolu. Počas praženia, sa kávové zrno vysúša ale stále drží svoju kompaktnú štruktúru, zatiaľ čo sa voda vyparuje. V dôsledku toho je pražená káva pomerne porézna. Táto porézna štruktúra môže počas praženia celkom dobre zadržiavať plyny. Postupom času však veľa týchto plynov unikne. Hlavným plynom je oxid uhličitý (CO₂). V prvých niekoľkých hodinách po pražení kávové zrno uvoľňuje veľmi veľké množstvo oxidu uhličitého. Toto uvoľnenie plynu je veľmi dôležité. Ak by čerstvo pražená káva bola zabalená hneď po pražení do vrecka neprepúšťajúceho oxid uhličitý, mohlo by dôjsť k jeho vybuchnutiu a rozbitiu. Tlak môže byť skutočne vysoký, ak tento plyn nemôže uniknúť. Zrná sa väčšinou nechávajú odplyňovať, čo trvá od niekoľko hodín až po niekoľko dní.

Druhá možnosť je umiestniť kávu do obalov, ktoré môžu odolať určitému tlaku. Iná možnosť je kávu zabaliť do obalu, ktorý umožňuje odvod plynu, avšak to znamená, že vypúšťanie chuťových látok bude prebiehať tiež.

Posledná možnosť je použitie obalu, ktorý je schopný vypúšťať plyny von ale nevpušťa plyny do vnútra. Táto možnosť je užitočná pri predchádzaní vystavenia kávy kyslíku [14,15].

2.7.3 Zamedzenie kyslíka

Oxidoredukčné zmeny spolu so zmenami spojenými s vlhkosťou predstavujú najdôležitejšie chemické zmeny kávy. Tabuľka 4 zobrazuje citlivosť vybraných potravín, vyjadrená ako množstvo kyslíka, ktoré môže viesť k strate kvality 1 kg potraviny. Jedným z dôležitých prostriedkov ich regulácie je aj spôsob balenia. Súčasná obalová technika využíva k maximálnemu obmedzeniu strát nutrične a sensoricky významných zložiek potravín v dôsledku oxidačných reakcií dve základné opatrenia:

- reguláciu kontaktu s atmosférickým kyslíkom
- úpravu atmosféry (viď. kapitola 2.6.4) [20]

Tabuľka 4 Citlivosť potravín k prítomnosti kyslíka [20]

Potravina	mg O ₂ /kg
pivo	1–4
víno	3
mlieko	8
orechy	5–15
kečup	80–100
pražená káva	110

Prítomnosť kyslíka je považovaná za nepriateľa praženej kávy a ovplyvňuje degradačné reakcie rôznymi spôsobmi. Samozrejme faktory, ako je veľkosť zŕn, povrch kávových zŕn a hustota balenia taktiež ovplyvňujú tieto reakcie. Oxidácia môže byť zodpovedná nielen za stratu niektorých aromatických zlúčenín, ale aj za tvorbu nežiaducich chutí, ako je žltnutie (oxidácia) tukov. Zistilo sa, že väčšina zlúčenín zodpovedných za vôňu čerstvej praženej kávy je veľmi citlivá na oxidáciu a po pražení sa môžu rýchlo stratiť. Niektoré práce určili, že akonáhle sa káva dostane do kontaktu s kyslíkom, nastane zhoršenie čerstvosti. Bolo zistené a preukázané, že kyslík je najdôležitejším faktorom ovplyvňujúcim trvanlivosť kávy, a že znížením obsahu kyslíka na 0,5 % v kávovej nádobe by sa skladovateľnosť mohla predĺžiť dvadsaťkrát. Taktiež pri každom zvýšení kyslíka o 1 % dochádza k zvýšeniu rýchlosti degradácie o 10 %. Zistilo sa, že aj pri veľmi nízkych hladinách kyslíka v balenej káve (<2 %), kyslík migruje do kávy a uľahčuje oxidačné reakcie [16].

2.7.4 Zamedzenie vlhkosti

Káva je charakteristická určitou vlhkosťou, pri ktorej je jej kvalita optimálna. Pre udržanie tohto obsahu vody je nutné vytvoriť nad jej povrchom také prostredie, ktorého vlhkosť v danom teplotnom režime odpovedá rovnovážnej vlhkosti zabalenej kávy. Vo vzniknutej mikroklimě potom nedochádza k zdieľaniu vody medzi kávou a okolím a tým sa zabraňuje nežiadúcim hmotnostným, povrchovým, koloidne chemickým, fyzikálno-chemickým, chemickým a mikrobiologickým zmenám. Pre dosiahnutie popisovaného rovnovážneho stavu vlhkosti možno využívať obaly čiastočne priepustné alebo nepriepustné pre vodnú paru [20].

Vlhkosť (aktivita vody) má taktiež veľký vplyv na degradáciu kávy. V štúdiách bolo zistené, že ak sa káva skladuje v prostredí s vysokou vlhkosťou, zachytí vodu a zvýši jej hodnoty aktivity vody, čím sa urýchli jej úbytok prchavých zlúčenín a skrátí sa tak jej možná trvanlivosť. V priebehu času môže dôjsť aj k absorpcii vody po pražení, ktorá sa zvyšuje s vlhkosťou skladovacieho prostredia [16].

2.7.5 Vplyv teploty

Zdieľanie tepla z vonkajšieho prostredia stenou obalu do kávy alebo naopak je veľmi častým procesom, či už zámerne vyvolaným, alebo procesom prebiehajúcim samovoľne pri vyrovnávaní teploty výrobku s teplotou okolia. Zdieľanie tepla dochádza konvekciou (prúdením), kondukciou (vedením) a radiáciou (žiarením). Množstvo zdieľaného tepla stenou, jednovrstvovou alebo viacvrstvovou, je všeobecne závislé od jej materiálu a veľkosti jej plochy [20].

Teplota ovplyvňuje rýchlosť degradácie kávy po chemickej, ako aj po fyzickej stránke. Z chemického hľadiska je teplota korelovaná s kinetikou chemických reakcií, a preto sú pri vyšších teplotách všetky chemické reakcie v káve urýchlené. Po fyzikálnej stránke, gradienty tlaku a koncentrácie medzi kávou a vonkajším prostredím sú ovplyvňované teplotou, ktorá ovplyvňuje rýchlosť odplynenia prchavých látok. Platí, že pri každom zvýšení teploty o 10 °C sa rýchlosť odplynenia praženej kávy zvýši 1,5-násobne. Taktiež, mletá káva má zrýchlenú hodnotu odplyňovania približne dvojnásobnú oproti celému zrnu. Bolo zistené, že teplota má pozitívnu koreláciu s uvoľňovaním oxidu uhličitého a ďalších prchavých zlúčenín a že tieto straty boli najdramatickejšie počas prvých dní skladovania kávy. Existuje množstvo článkov a literatúry, ktoré potvrdzujú že chemické zlúčeniny spojené s čerstvosťou sa znižujú pri zvyšujúcich sa teplotách [16].

2.8 Legislatíva kávy

Legislatívou v oblasti kávy sa zaoberá Vyhláška Ministerstva poľnohospodárstva 78/2003 Zb. V znení neskorších právnych predpisov. Základnými pojmami z tejto legislatívnej normy sa rozumie [23]:

- zelená káva – sušené semená kávovníka rodu *Coffea*, zbavené pergamenového puzdra
- pražená káva – produkt získaný pražením zelenej kávy
- pražená káva bez kofeínu – produkt získaný pražením zelenej kávy, ktorý obsahuje najviac 0,1 % kofeínu v sušine
- kávový extrakt – výrobok v akejkoľvek koncentrácii, získaný pražením kávy a následnou extrakciou s použitím vody ako extrakčného prostredia a s vylúčením akéhokoľvek procesu hydrolýzy zahŕňajúce pridávanie kyseliny alebo zásady, obsahujúce rozpustné a aromatické zložky kávy, ktoré môžu obsahovať nerozpustné oleje pochádzajúce z kávy, stopy iných nerozpustných látok pochádzajúce z kávy alebo z vody, použité na extrakciu
- sušený kávový extrakt – kávový extrakt vo forme prášku, granúl, vločiek, kockách alebo v inej forme, kde sušina je najmenej 95 % hmotnosti
- kávový extrakt vo forme pasty – kávový extrakt v pastovitej forme, u ktorého sušina na základe kávy činí nie viac ako 85 % a nie menej než 70 % hmotnosti
- kvapalný kávový extrakt – kávový extrakt v kvapalnej forme, u ktorého sušina na základe kávy činí nie viac ako 55 % a nie menej ako 15 % hmotnosti; môže však obsahovať prírodné sladidlá v množstve nepresahujúcom 12 % hmotnosti

Pražená káva musí spĺňať tieto požiadavky [24]:

- zrná hnedé
- obsah vody najviac 5 % hmotnosti
- množstvo kofeínu v sušine najmenej 0,6 % hmotnosti

2.9 Voda v potravinách

Voda je jedna z najrozšírenejších zlúčenín v biosfére. Spolu so sacharidmi, lipidmi, bielkovinami, vitamínmi a minerálnymi látkami sa radí medzi živiny. V chémii potravín rozlišujeme vodu endogénnu a exogénnu. Exogénna voda vzniká oxidáciou hlavných živín, to

hlavne bielkovín, sacharidov a lipidov. Avšak množstvo endogénnej vody nie je dostatočné pre organizmus a tak nahrádza túto vodu za vodu obsiahnutú v potravinách, a to najmä v nápojoch, teda vodu exogénnu. Potraviny sú preto významným zdrojom vody.

Obsah vody v potravinách je premenlivý. Súvisí s chemickým zložením surovín, s ich spracovaním a taktiež s ich skladovaním. Množstvo vody výrazne ovplyvňuje orgánoleptické vlastnosti potravín, ich odolnosť voči mikroorganizmom alebo enzýmové a neenzýmové reakcie [25].

2.9.1 Formy vody v potravinách

Voda je prakticky prítomná vo všetkých potravinách a vyskytuje sa v rôznych formách a v rôznych množstvách. Voda má niekoľko foriem, a to vďaka hydrofilným a hydrofóbnym interakciám s ostatnými zložkami potravín. Podľa formy sa dá určiť ako ľahko je možné vodu z potraviny odstrániť alebo odhaliť [25, 26].

Jednou z foriem vody je objemová alebo tzv. voľná voda. Je zložená z molekúl vody, ktoré si zachovávajú svoje fyzikálno-chemické vlastnosti. Zahŕňa to vodu v plynných alebo kvapalných zmesiach a tiež vodu, ktorá je absorbovaná na povrchu látok ako je napríklad škrob a celulóza. Je viazaná na povrchu pomocou slabých nekovalentných interakcií. Taktiež sa táto voda nachádza vo veľkých dutinách a póroch v tuhých produktoch. Z potravín sa dá voľná voda relatívne ľahko odstrániť, a to jednoduchým sušením [26, 27, 29].

Druhou formou vody v potravinách je tzv. fyzikálne viazaná voda. Ide o molekulu vody, ktorá je silno viazaná v bunkových membránach alebo ako súčasť proteínu. Majú odlišné fyzikálno-chemické vlastnosti a ako príklad je možné uviesť sušené mlieko [26, 28].

Ďalšou formou vody je tzv. chemicky viazaná voda, kde molekuly vody môžu byť vo forme hydrátov. Zo všetkých foriem vôd má chemicky viazaná voda najsilnejšie väzby. Taktiež má odlišné vlastnosti, ako je nižší bod topenia a vyšší bod varu. Táto forma vody sa nachádza napríklad v kryštáloch cukru a spolu s fyzikálne viazanou vodou sa ťažko odstraňuje [26, 28, 29].

2.9.2 Funkcia vody v potravinách

Voda má významnú úlohu v prípade textúry, chuti alebo vzhľadu potravín. Ďalší významný dôvod, prečo sledovať obsah vody v potravinách, je z pohľadu legislatívy. V súčasnosti je veľké množstvo kvalitných potravín nahradzovaných lacnejšou a práve dostupnou vodou. Práve preto existujú minimálne a maximálne limity obsahu vody v potravinách.

Dôležitým faktorom súvisiacim s obsahom vody je výskyt mikroorganizmov. Vysoký obsah vody v potravine je ideálnym prostredím pre rast a život mikroorganizmov, a preto sa potraviny upravujú sušením alebo údením. Taktiež pri spracovaní daných potravín je dôležité poznať, aké percento vody sa nachádza v danej potravine. Už malé množstvo vody (1–2 %) môže predstavovať pre potravinu veľký problém.

Vo väčšine prípadov sa obsah vody znižuje alebo dokonca až odstraňuje, avšak existujú prípady, kedy k zvýšeniu stability pri skladovaní, sa v špecifických potravinách necháva malé množstvo vody, ktoré funguje ako povrchová bariéra medzi kyslíkom a zložkami potraviny, ktoré sú náchylné k oxidácii [26, 30, 31].

2.9.3 Vplyv obsahu vody na štruktúru a stabilitu potravín

Voda v potravinách je zodpovedná za zvýšený počet biochemických reakcií a rast mikroorganizmov, ktorý vedie k znehodnoteniu druhov potravín a taktiež súvisí so stabilitou daných potravín. Avšak neplatí vždy, že kvantitatívny obsah vody súvisí priamo so štruktúrou potravín. Ako príklad je možné uviesť med, ktorý môže obsahovať najviac 20 % vody, ale aj tak je dobre skladovateľný a nepodlieha skaze. Druhý príklad sú dehydratované zemiaky, ktoré majú obsah vody v rozmedzí 5–10 % a aj pri najmenšom zvýšení obsahu vody, surovina zostáva znehodnotená. Takže pri posudzovaní vplyvu vody na štruktúru potravín sa používa aktivita vody, ktorá vysvetľuje účinnosť vody na surovinu [29, 31, 32].

Stabilita výrobku spočíva v biochemických procesoch a mikrobiálnom raste. Pokiaľ sa podarí znížiť určité množstvo týchto reakcií, potravina bude degradovať pomalšie. Aby sa to podarilo, je potrebné posilniť väzby vodíka v molekule vody. Keďže každá potravina je rôzne stabilná, aj keď majú rovnakú hodnotu aktivity vody, je potrebné poznať zložky suroviny, ich štruktúru a najmä vzájomné interakcie. Mobilita vody je závislá na type interakcie s rozpustenými látkami [28, 30, 31].

2.10 Aktivita vody v potravinách

Stanovenie obsahu vody v potravinách je jednou z najčastejších operácií v potravinárskom priemysle. Avšak celkový obsah vody nie je spoľahlivým ukazovateľom stability potravín. Dôvod je ten, že sa môže stať že 2 druhy potravín obsahujú rovnaké množstvo vody ale každá potravina degraduje rôzne. Je to práve spôsobené tým, že voda interaguje s ďalšími zložkami potraviny [26].

Pre presnejšie stanovenie obsahu vody a k zisteniu stability potraviny sa používa tzv. dostupnosť vody, ktorá závisí na množstve rozpustených látok a sile chemických a fyzikálnych väzieb vody na látky. Je to dôležitá vlastnosť, ktorá sa používa na predpovedanie stability a bezpečnosti potravín z hľadiska mikrobiálneho rastu, miery zhoršujúcich sa reakcií a chemických a fyzikálnych vlastností. Miera dostupnosti vody sa nazýva vodná aktivita (a_w). Monitorovanie aktivity vody je kritickým kontrolným bodom pre mnoho operácií potravinárskeho priemyslu. Počas celej histórie bola aktivita vody v potrave kontrolovaná sušením, pridaním cukru alebo soli a zmrazením. Tieto metódy zabráňujú kazeniu a udržiavajú kvalitu potravín. Aktivita vody predstavuje, aké množstvo vody je dostupné pre chemické a biochemické reakcie.

Aktivita vody závisí od teploty. Teplota mení aktivitu vody v dôsledku zmien vo viazaní vody, disociácii vody, rozpustnosti potraviny vo vode alebo v stave matrice. Aj keď rozpustnosť môže byť kontrolným faktorom, kontrola je zvyčajne zo stavu matrice. Pretože stav matrice (sklovitý alebo gumový stav) závisí od teploty, je zrejmé, že teplota ovplyvňuje aktivitu vody v potrave. Vplyv teploty na vodnú aktivitu potraviny je špecifický pre daný výrobok. Niektoré výrobky zvyšujú aktivitu vody so zvyšujúcou sa teplotou, iné znižujú aktivitu vody so zvyšujúcou sa teplotou, zatiaľ čo väčšina potravín s vysokou vlhkosťou mení aktivitu vody len zanedbateľne v závislosti od teploty.

Dostupnosť vody je vyjadrená ako pomer parciálneho tlaku vodných pár potraviny ku tlaku pár destilovanej vody pri určitej teplote [26, 33, 35]

$$a_w = \frac{p}{p_0} \quad (1)$$

kde:

a_w = aktivita vody

p = parciálny tlak vodnej pary potraviny pri teplote T

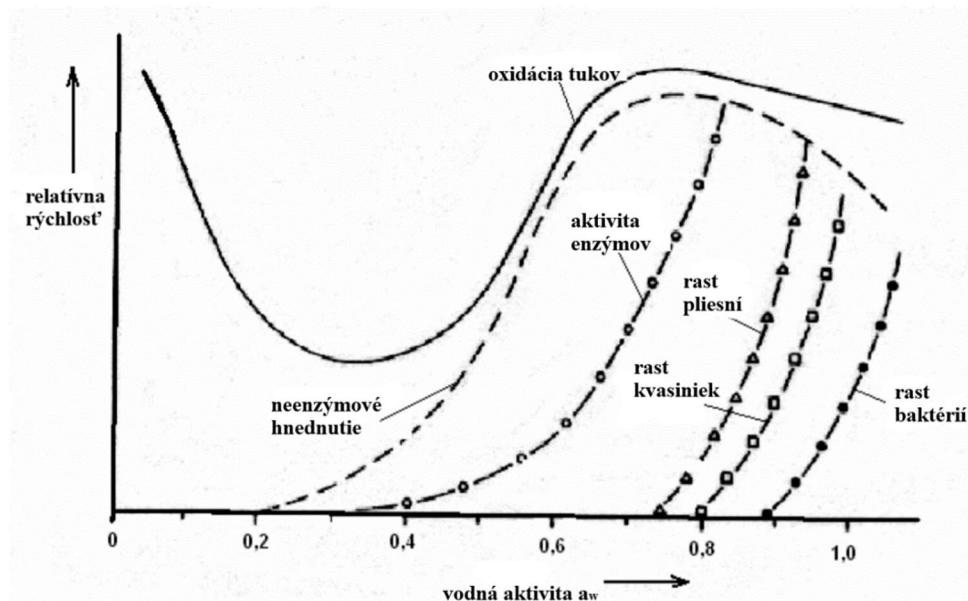
p_0 = parciálny tlak destilovanej vody pri teplote T

Typické hodnoty vodnej aktivity pre konkrétne potraviny sú uvedené v Tabuľke 5. Z tabuľky je zrejmé, že káva má veľmi nízku vodnú aktivitu, a teda len nepatrné zvýšenie obsahu vody v káve, môže viesť k závažným zmenám stability a trvanlivosti produktu.

Tabuľka 5 Hodnoty vodnej aktivity pre vybrané potraviny [34]

Vodná aktivita	Potraviny
0,95 >	čerstvé ovocie a zelenina, mlieko, mäso
0,90–0,95	polotvrdé syry, chlieb, solené rybie mäso
0,85–0,90	tvrdé syry, salámy, maslo
0,80–0,85	koncentrované ovocné džúsy,
0,70–0,80	džemy, slivky, zavareniny
0,50–0,70	med, obilie
0,40–0,50	mandle
0,20–0,40	odtučnené sušené mlieko
< 0,20	pražená mletá káva, cukor

Všeobecný vplyv vlhkosti na rýchlosť procesov znižujúcich kvalitu potravín je znázornený na Obrázku 8, z ktorého je zrejmé, že rast kvasiniek, plesní a baktérií prebieha pri vodnej aktivite $a_w = 0,70$ a vyššie, a teda realizovateľné zníženie obsahu vody na úroveň zodpovedajúcu vodnej aktivite pod cca $a_w = 0,70$ účinne inhibuje rast mikroorganizmov, ostatné zmeny sú len viac či menej spomalené. Znižovanie aktivity vody na nižšiu než uvedenú hodnotu sa v praxi nevykonáva, pretože by bolo spojené s neakceptovateľnými zmenami kvality [20].



Obrázok 8 Vplyv vodnej aktivity v potravinách na základné typy zmien [20]

2.11 Metódy stanovenia vody (vlhkosti) v potravinách

Pri stanovení vody v potravinách sa používajú metódy priame alebo nepriame. Pri použití priamych metód (napr. destilačná metóda) sú využívané potraviny s vyšším obsahom vody, kde je zaručená dostatočná presnosť. Avšak v praxi viac prevládajú nepriame metódy, kde sa voda a prchavé látky odstraňujú sušením v sušiarňi, vo vákuu, alebo použitím infračerveného žiarenia. Taktiež je možné využitie metód inštrumentálnej analýzy – plynová chromatografia, nukleárna magnetická rezonancia alebo konduktometria [25].

2.11.1 Stanovenie vlhkosti sušením

Metóda je všeobecne použiteľná pre vzorky neobsahujúce veľké množstvo cukrov. Vhodne upravené vzorky sa sušia pri teplote 105 °C a po vysušení do konštantnej hmotnosti sa zvažia. K stanoveniu sa väčšinou používa porcelánový kelímok. Navažuje sa približne 5–10 g zhomogenizovanej vzorky s presnosťou na štyri desatinné miesta. Následne po sušení sa miska uzavrie a po vychladnutí zvažia. Rozdiel hmotnosti vzorky pred vysušením a po vysušení, udávajúcí množstvo vody a prchavých látok, sa prepočíta na 100 g vzorky a vyjadří sa v %. Hodnota do 100 % je tzv. sušina [25].

Rýchlosť vysušenia závisí od rôznych faktorov ako napríklad typ vzorky, tvar častíc, vlhkosť, veľkosť, teplota, smer prúdenia sušiacieho média. Napriek tomu, že metóda sušenia poskytuje celkom presné výsledky, má určité nevýhody. V procese zahrievania môže skúmaná vzorka podliehať rozkladným procesom, ktoré vedú k následnej strate hmotnosti. Časť vzorky môže byť odparená spoločne s vodou, prípadne môžu byť výsledky váženia ovplyvnené aj neopatrnou manipuláciou s vysušenou vzorkou [29].

2.11.2 Stanovenie vlhkosti sušením absolútnym etanolom

Metóda sa používa hlavne pre stanovenie vlhkosti fondánovej hmoty a nečokoládových hmôt. Vzorka sa suší s prídavkom absolútneho etanolu, ktorý s vodou vytvára azeotropnú zmes

o minimálnom bode varu, čo urýchli vypudenie vody zo vzorky. Etanol so vzorkou sa odparí nad vriacou vodou a následne sa vzorka suší v elektrickej sušiarňi do konštantnej hmotnosti [25].

2.11.3 Stanovenie vody destilačnou metódou

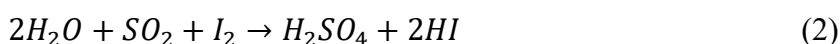
Ide o priamu metódu, ktorá je vhodná len pre materiály s vyšším obsahom vody a neobsahujúce veľké množstvo prchavých látok miešateľných s vodou. Princíp stanovenia závisí na destilácii vody, do ktorej bolo pridané organické rozpúšťadlo nemiešateľné s vodou, ktoré má vyšší bod varu než 100 °C, ako napríklad xylén, toluén alebo tetrachlórmetán. Stupnica kalibrovannej skúmavky je kalibrovaná tak, že je možné obsah vody v % odčítať priamo (10 g vzorku). Metóda je pomerne rýchla, trvá približne 30 minút [36, 37].

2.11.4 Dielektrické stanovenie vody

Dielektrickú konštantu (DK), veličina podobná indexu lomu, je možné určiť ako štvorec indexu lomu prostredia pre nekonečne dlhé elektromagnetické vlny. Pre meranie DK látok sa používa prístroj, ktorého údaj je úmerný kapacite kondenzátoru, obsahujúceho ako dielektrikum skúmanú látku. Použitím kalibračných kriviek je možné stanoviť obsah vody v rôznych potravinách ako napríklad v obilí, olejoch, alkohole a v čokoláde [25].

2.11.5 Stanovenie vody titračne podľa Karl-Fischera

Táto metóda je založená na reakcii vody s titračným činidlom, ktoré je zložené z jódu a oxidu siričitého v bezvodom metanole a pyridínu. Je to pravdepodobne najčastejšie používaná metóda pre veľké rozmedzie stanoviteľného obsahu vody vo vzorke, dostatočnú presnosť, selektivitu a rýchlosť stanovenia. Karl-Fischerová metóda vychádza z Bunsenovej reakcie:



Tento typ titrácie môže byť indikovaný vizuálne, ale vo väčšine prípadov sa používa biamperometrické alebo bipotenciometrické stanovenie bodu ekvivalencie s dvomi polarizovateľnými platinovými elektródami [25, 38].

2.11.5.1 Biamperometrická titrácia

Pri tomto type titrácie sa vkladá na elektródy konštantné napätie (max. 1,5 V) a následne sa meria prúd galvanometrom. Ako titračná krivka sa vynáša závislosť prúdu od objemu pridaného titračného činidla.

Pri titrácii voda spôsobuje polarizáciu katódy a bráni prechodu prúdu roztokom. V bode ekvivalencie, keď všetka voda zreagovala, sa katóda depolarizuje a nastáva prudký nárast prúdu, ktorý sa zaznamená prístrojom.

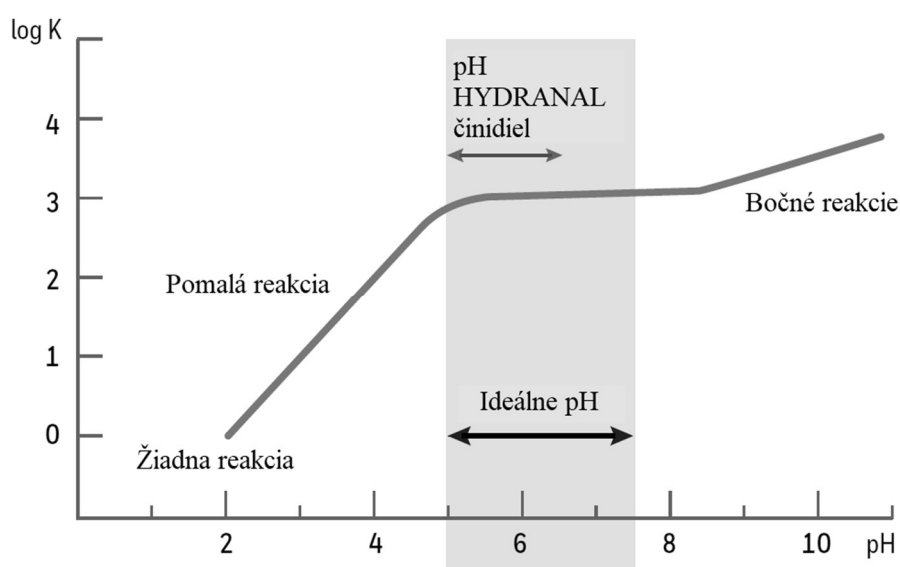
Automatické titrátory, však vo väčšine prípadov nezaznamenajú závislosť prúdu od objemu činidla, ale závislosť objemu činidla od času. Následne sa zisťuje trvanie výchylky prúdu. Bod ekvivalencie je v tom momente, keď výchylka prúdu trvá aspoň 1 minútu [38].

2.11.5.2 Bipotenciometrická titrácia

Podobne ako v predošlom prípade sa pracuje s 2 elektródami, avšak namiesto konštantného napätia sa na elektródy vkladá konštantný prúd. To znamená, že tam, kde je u biampometrickej titrácie minimálny prúd, musí byť u bipotenciometrickej titrácii vložené väčšie napätie a naopak [38].

2.11.5.3 Vplyv pH na titráciu

Rýchlosť, ktorou prebieha stanovenie obsahu vody titráciou podľa Karl Fischera, je ovplyvnená hodnotou pH zmesi rozpúšťadla a analytu v titračnej nádobke. Pri výskumoch firmy Riedel-de HAEN bolo zistené optimálne pH pre KF titráciu, ktoré sa nachádza v rozmedzí 5,0–7,5. Pri pH menšom ako 5 sa reakcia spomaľuje až sa pri hodnote 1 takmer zastaví, pri pH nad 7,5 začína dochádzať k rozkladu činidiel. Vplyv pH na KF titráciu je znázornený na Obrázku 9 [38].



Obrázok 9 Vplyv pH na KF titráciu [39]

2.11.5.4 Reakcie činidla s inými látkami než s vodou

Okrem vody môže s činidlami reagovať rada ďalších zlúčenín. Môže dochádzať k reakciám určitých látok s inou zložkou systému, čím sa ruší stanovenie vody vo vzorke. Medzi tieto látky patria silné kyseliny, kde hrozí esterifikácia s metanolom, ktorú je možné potlačiť rozpustením vzorky v pyridíne. Ďalej je to kyselina askorbová, ktorá je oxidovaná jódmi činidla, potom to môžu byť oxidy a hydroxidy kovov, uhličitany, alebo tiosířany. V prípade väčšiny týchto látok, voda musí byť separovaná pred stanovením buď extrakciou alebo destiláciou.

Z organických látok sú to najmä aldehydy a ketóny, ktoré s vodou tvoria acetály. Je to komplikované hlavne preto, že obe skupiny reagujú s metanolom za vzniku vody, čo vedie k falošne pozitívnym výsledkom. Riešenie je použitie činidiel, ktoré neobsahujú metanol [38].

2.11.6 Stanovenie vody pomocou plynovej chromatografie

Voda v potravinách sa extrahuje metanolom alebo izopropanolom a oddelí sa pomocou chromatografie, kde je použitý tepelne vodivostný detektor. Metóda je vhodná pre stanovenie vody v mäse, mastných výrobkoch alebo v syroch. Je to veľmi rýchla metóda a využíva sa v rôznych technologických procesoch [25].

2.11.7 Stanovenie vody pomocou nukleárnej magnetickej rezonancie

Pomocou tejto metódy sa rozlišujú signály protónov kvapalnej fázy od signálov protónov tuhej fázy. Pretože voda predstavuje u väčšiny potravín jedinú zložku kvapalnej fázy, existuje lineárna korelácia obsahu vody a veľkosti signálu. Metóda je vhodná najmä pre materiály, kde veľmi nekolíše obsah organických zlúčenín v kvapalnej fázy [25].

2.12 Stanovenie aromatického profilu kávy pomocou plynovej chromatografie

Káva obsahuje viac ako dvetisíc zložiek - od prchavých látok s nízkou molekulovou hmotnosťou až po vysokú molekulovú hmotnosť zlúčeniny. Na separáciu je možné použiť rôzne chromatografické metódy a identifikovať všetky druhy zmesí, od plynov a prchavých zlúčenín až po zlúčeniny s vysokou molekulovou hmotnosťou, ako aj zmesi organických a anorganických iónov (katiónov a aniónov). Preto môžu byť takmer všetky zložky kávy detekované chromatografickými metódami. Zložky v zmesi sa najprv oddelia na kolónach rôznymi absorpčnými rýchlosťami a potom sa separované zložky registrujú na výstupe z kolóny pomocou detektorov. Na separáciu a identifikáciu prchavých a poloprchavých zlúčenín v káve sa používa plynová chromatografia. Dôležité je, aby sa tieto zlúčeniny počas procesu odparovania nerozkladali. Zlúčeniny s molekulovou hmotnosťou do 500–600 je možné identifikovať pomocou plynovej chromatografie [40].

Plynová chromatografia s hmotnostným detektorom (GC-MS) je výkonná analytická technika, ktorá je široko používaná na profilovanie prchavých zlúčenín v káve, pretože zlúčeniny sa môžu účinne separovať a identifikovať. Vzorky kávy sa môžu pripraviť pomocou metódy extrakcie rozpúšťadlom priamym vstrekaním kvapaliny do kolóny GC, čo umožňuje detekciu prchavých a poloprchavých látok zlúčeniny v káve. Avšak, niektoré prchavé zlúčeniny sa môžu počas prípravy vzorky stratiť. Ideálna metóda prípravy vzoriek na analýzu aromatických zlúčenín v káve je využitie tzv. headspace mikroextrakcie tuhú fázou (HS-SPME), so špecifickým vláknom. Po extrakcii nasleduje tepelná desorpcia na GC injektore. Týmto spôsobom sa všetky prchavé zlúčeniny zavádzajú do systému GC-MS [41].

2.12.1 Plynová chromatografia s hmotnostným detektorom (GC-MS)

Princípom plynovej chromatografie je rozdelenie zložiek vzorky medzi stacionárnu a mobilnú fázu. V plynovej chromatografii sa vzorka dávkuje do prúdu plynu, ktorý vzorku unáša kolónou. Ako mobilná fáza sa používa dusík, argón alebo vodík, a fáza je nazývaná nosný plyn. Vzorku je nutné premeniť na plyn, kde sa následne zložky vzorky v kolóne odseparujú. Kolóny môžu byť náplňové alebo kapilárne. Vzorka je ďalej unášaná do detektora. Detektory používané v GC sú tepelne vodivostný, ionizačný alebo hmotnostný spektrometer. Pri hmotnostnom spektrometre je vzorka ionizovaná v iónovom zdroji. Následne ióny sú separované podľa m/z , najčastejšie pomocou kvadrupolu a na konci detekované.

3 EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

3.1 Laboratórne vybavenie

3.1.1 Pomôcky

- Laboratórne sklo
- Striekačkové filtre s pórní 0,45 µm
- Exsikátor
- Injekčné striekačky
- Hliníkové misky na sušenie
- SPME vlákno DVB/CAR/PDMS 50/30 µm (Supelco Bellefonte, Pennsylvania, USA)
- Viálky o objeme 10 ml s magnetickým uzáverom

3.1.2 Chemikálie

- Bezvodý metanol (Penta, Česká republika)
- Titračné činidlo Hydranal (Honeywell, USA)
- Štandard vody s obsahom vody 1 % (Honeywell, USA)

3.1.3 Plyny

- Hélium, čistota 4.8, v tlakovej fľaši s redukčným ventilom (SIAD, Česká republika)

3.1.4 Prístroje

- Analytické váhy AND HA-202M (A&D Company, Japonsko)
- Sušiareň Memmert UFE 550 (Memmert, Nemecko)
- Ultrazvukový kúpeľ so zahrievaním
- Karl-Fisher Coulometer 831 (Metrohm, Švajčiarsko)
- Plynový chromatograf Trace™ 1310 so split/splitless injektorom (Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, MA, USA)
- Hmotnostní detektor ISQ™ LT Single Quadrupole (Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, MA, USA)
- Knižnica spektier NIST/EPA/NIH, Verzia 2.0 (Gaithersburg, Maryland, USA)

3.2 Materiál

Pre analýzu, teda pre stanovenie vody, vlhkosti a aromatického profilu v káve, bola použitá pražená mletá káva značky Café Blend o hmotnosti 750 g. Káva bola vákuovo balená a následne rozsypaná do obalov. Na experiment bolo použitých 5 obalov, a to papierové vrečko s polyetylénovou vložkou, papierové vrečko, plechovka, polyetylénové vrečko s hliníkovou vložkou (LDPE + Al) a sklenená nádoba. Všetky obaly sú zobrazené na Obrázku 10.



Obrázok 10 Použité obaly na experiment

3.3 Stanovenie vlhkosti rôzne skladovanej kávy pomocou sušenia

Na začiatku sa hliníková miska s odkrytým včekom nechala vysušiť pri 105 °C a po vychladnutí sa miska aj včekom zvažila. Následne, do hliníkovej misky bolo navážené približne 3 g mletej kávy s presnosťou na 4 desatinné miesta. Miska s kávou bola následne vložená do sušiarne vyhriatej na 105 °C a sušená až do odstránenia vlhkosti zo vzorky. Potom sa miska nechala schladíť v exsikátore, a nakoniec bola vzorka kávy zvážená s presnosťou na 4 desatinné miesta. Sušenie bolo ukončené vo chvíli, kedy dve po sebe nasledujúce merania hmotnosti boli konštantné. Obsah vlhkosti vo vzorke bol určený rozdielom pôvodnej hmotnosti vzorky kávy a hmotnosti vzorky po vysušení.

3.4 Stanovenie obsahu vody titračne podľa Karl-Fischera

3.4.1 Príprava roztokov

Na analytických váhach bolo navážené približne 0,5 g mletej kávy s presnosťou na 4 desatinné miesta. Po zvážení, do banky s kávou bolo naliatych 20 ml bezvodého metanolu. Banka so vzorkou a metanolom bola zvážená a vložená do ultrazvukového kúpeľa vyhrievaného na 50 °C po dobu 15 minút. Po vychladnutí vzorky, bolo odobraté približne 5 ml pomocou injekčných striekačiek. Vzorka bola prefiltrovaná cez striekačkový filter s pómi 0,45 µm do vysušenej označenej viálky.

3.4.2 Stanovenie obsahu vody

Na analytických váhach bola zvážená injekčná striekačka s ihlou, následne boli váhy vytárané a pomocou striekačky bolo nabratých približne 100 µl štandardu vody z viálky. Striekačka so štandardom bola zvážená a hmotnosť zaznamenaná. Na prístroji (Obrázok 11) bol stlačený štart a do titračnej cely bol opatrne nadávkovaný štandard vody. Striekačka bola opätovne zvážená a rozdiel od predošlého váženia, bola získaná hmotnosť vzorky, ktorá bola pomocou číselnej klávesnice zadaná do prístroja. Nasledovala samotná titrácia a po ukončení titrácie sa obsah vody ukázal v %.

Rovnakým spôsobom ako pri analýze štandardu bola prevedená analýza vzorky kávy, čím bola získaná hodnota w_{H_2Oex} (obsah vody v extrakte kávy) a w_{H_2Obl} (obsah vody v rozpúšťadle). Pre zavedenie vzorky do titračnej cely bola použitá 2 ml injekčná striekačka s ihlou, kde z viálky bolo nasatých asi 1 ml vzorky a následne nadávkované do cely.

Obsah vody vo vzorke kávy bol vypočítaný podľa vzorca:

$$w_{H_2O} = \frac{(w_{H_2Oex} - w_{H_2Obl}) \cdot (m_{vzOH})}{m_{vz}} \quad (3)$$

kde:

w_{H_2O} = obsah vody

w_{H_2Oex} = obsah vody v extrakte kávy

w_{H_2Obl} = obsah vody v rozpúšťadle

m_{vz} = hmotnosť vzorky

m_{vzOH} = hmotnosť vzorky a rozpúšťadla



Obrázok 11 Karl-Fischer Coulometer 831 Metrohm

3.5 Stanovenie aromatických látok pomocou HS-SPME-GC-MS

3.5.1 Príprava vzoriek

Na analytických váhach bol do viálky navážený približne 1 g mletej kávy, kde viálka bola následne vložená do plynového chromatografu a bola spustená analýza.

3.5.2 Podmienky SPME extrakcie

- Doba inkubácie 10 minút
- Doba extrakcie 20 minút
- Teplota extrakcie a inkubácie 40 °C
- Agitátor zapnutý 5 sekúnd, vypnutý 60 sekúnd
- Množstvo vzorky 1 g
- Hĺbka ponorenia vlákna do viálky 20 mm

3.5.3 Podmienky GC-MS analýzy

- Kapilárna kolóna TG-WaxMS (30 m x 0,25 mm x 0,5 µm)
- Teplota injektora (desorpcia) 240 °C
- Doba desorpcie 20 minút
- Dávkovanie splitless, ventil uzatvorený 10 minút
- Hĺbka ponorenia vlákna do injektora 40 mm
- Nosný plyn hélium, prietok 1 ml · min⁻¹
- Teplotný program 40 °C s výdržou 1 min., vzostupný gradient 5 °C/min. do 220 °C s výdržou 22 min., celková doba analýzy 60 min.
- Hmotnostný detektor v móde EI, energia ionizačných elektrónov 70 eV, teplota iónového zdroja 200 °C, skenovací rozsah m/z 30-370 amu, rýchlosť skenovania 0,2 s

3.5.4 Identifikácia a kvantifikácia prchavých látok vo vzorkách

Identifikácia bola prevedená na základe porovnania hmotnostných spektier s dostupnou knižnicou spektier pomocou programu Xcalibur 2.2. Obsah identifikovaných zlúčenín je vyjadrený semikvantitatívne za použitia plôch príslušných pík na chromatograme.

4 VÝSLEDKY A DISKUSIA

Cieľom experimentálnej časti bolo sledovať zmeny v obsahu vody, vlhkosti a aromatického profilu mletej kávy skladovanej v piatich rôznych obaloch.

4.1 Stanovenie obsahu vody a vlhkosti kávy

Na začiatku experimentu bolo zistené, že obsah vody v káve, ktorá bola vákuovo balená, bol $4,72 \pm 0,10$ % a obsah vlhkosti bol $9,47 \pm 0,01$ %. Legislatíva udáva maximálne množstvo vody 5 %, takže vzorka kávy spĺňa platnú legislatívu.

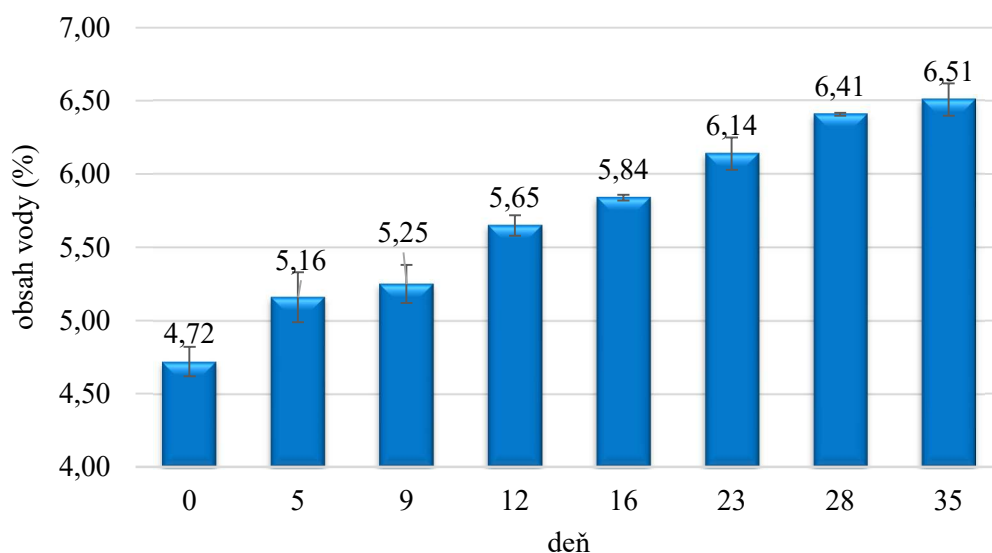
Počas experimentu boli všetky obaly skladované pri laboratórnej teplote, pri atmosférickom tlaku a uskladnené v tmavom prostredí (v skrinke).

4.1.1 Obsah vody a vlhkosti v káve skladovanej v plechovke

Výsledky meraní boli zhrnuté do Tabuľky 6 a pre lepšiu predstavivosť boli obsahy vody a vlhkosti v % vynesené do stĺpcového grafu (Graf 1,2).

Tabuľka 6 Obsah vody a vlhkosti v káve skladovanej v plechovke

Deň	Obsah vody v %	Obsah vlhkosti v %
0	$4,72 \pm 0,10$	$9,47 \pm 0,01$
5	$5,16 \pm 0,17$	$9,52 \pm 0,01$
9	$5,25 \pm 0,13$	$9,60 \pm 0,04$
12	$5,65 \pm 0,07$	$9,74 \pm 0,06$
16	$5,84 \pm 0,02$	$9,83 \pm 0,04$
23	$6,14 \pm 0,11$	$9,81 \pm 0,06$
28	$6,41 \pm 0,01$	$9,84 \pm 0,01$
35	$6,51 \pm 0,11$	$9,93 \pm 0,01$

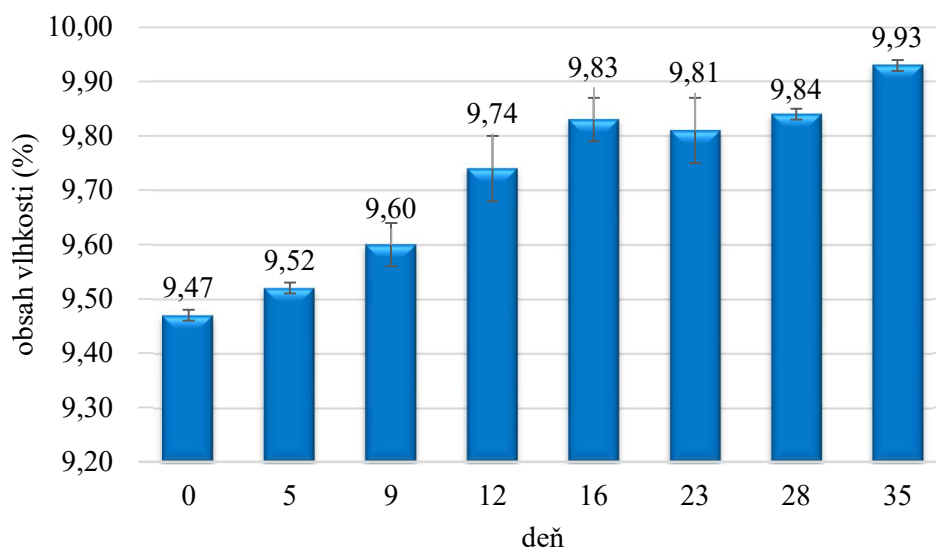


Graf 1 Obsah vody v káve skladovanej v plechovke

Z tabuľky a grafického znázornenia, vyplýva, že obsah vody mal mierny priebeh stúpania, konkrétne sa obsah vody za celú dobu skladovania zvýšil z $4,72 \pm 0,10$ % na $6,51 \pm 0,11$ %. Rozdiel nie je vôbec veľký a pri porovnaní s ostatnými obalmi, plechovka zaznamenala najmenší nárast vody počas celej doby skladovania. To dokazuje, že plechová nádoba z bariérového hľadiska je odolná voči vode, vlhkosti, a je vhodná na skladovanie praženej kávy. Nárast obsahu vody o ± 2 % medzi nulovým a 35. dňom skladovania je možné prisúdiť najskôr manipulácii s kávou (odber vzorky, otváranie a zatváranie obalu).

Pri porovnaní s ďalšími obalmi, berúc do úvahy posledné hodnoty z 35. dňa, rozdiel medzi plechovkou a papierovým obalom, v ktorom káva obsahovala najviac vody bol viac než 2,2 %. Keďže trendy stúpania v každom obale boli pomerne mierne, je možné povedať, že 2,2 % menej vody oproti papierovému obalu je veľký rozdiel. Ostatné obaly sa v náraste vlhkosti v skladovanej káve líšili len veľmi málo, konkrétne vrečko s PE vložkou o 0,8 %, LDPE+Al obal o 0,5 % a sklenená nádoba len o 0,07 %.

Následne bola zmeraná vlhkosť kávy a z Grafu 2 je taktiež zrejmé, že rozdiely sú minimálne a medzi začiatkom a koncom experimentu je len približne 0,46 % nárast. Je potrebné povedať, že vlhkosť je súhrn vody a prchavých látok, takže je logické, že trend stúpania je veľmi mierny. Dôvodom je vyprchanie alebo degradácia látok počas skladovania. Čím menej je vo vzorke prchavých látok a obsah vody sa razantne nezvyšuje, tým obsah vlhkosti sa bude zvyšovať len veľmi málo.



Graf 2 Obsah vlhkosti v káve skladovanej v plechovke

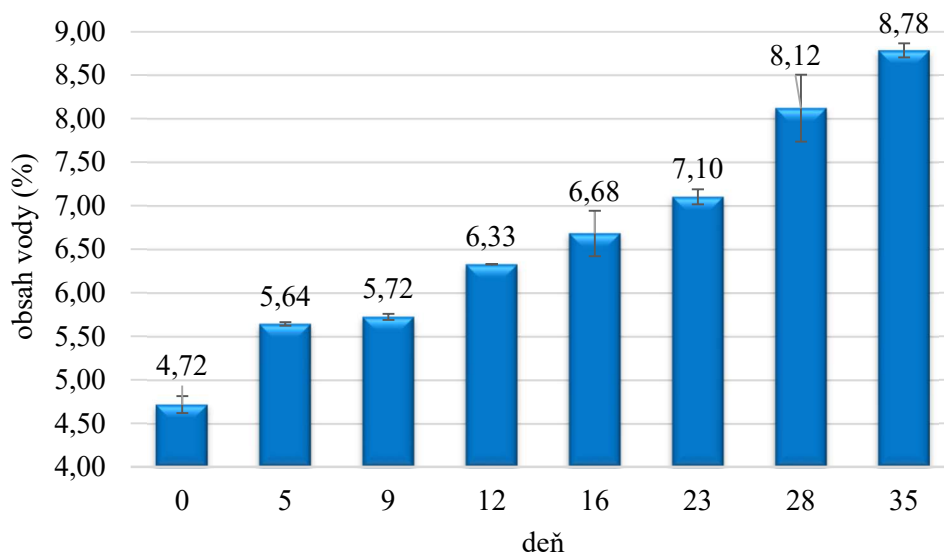
4.1.2 Obsah vody a vlhkosti v káve skladovanej v papierovom obale

Pri skladovaní kávy v papierovom obale, bol použitý klasický papierový obal bez polyetylénovej vložky alebo vložky z iného materiálu. Vrečko malo štipec pre opätovné uzatváranie obalu. Výsledky meraní boli zhrnuté do Tabuľky 7 a pre lepšiu predstavivosť boli obsahy vody a vlhkosti v % vynesené do stĺpcového grafu (Graf 3,4).

Tabuľka 7 Obsah vody a vlhkosti v káve skladovanej v papierovom vrecku

Deň	Obsah vody v %	Obsah vlhkosti v %
0	4,72 ± 0,10	9,47 ± 0,01
5	5,64 ± 0,02	9,78 ± 0,10
9	5,72 ± 0,03	9,82 ± 0,11
12	6,33 ± 0,01	9,97 ± 0,01
16	6,68 ± 0,26	10,13 ± 0,14
23	7,10 ± 0,09	10,44 ± 0,14
28	8,12 ± 0,38	10,63 ± 0,03
35	8,78 ± 0,08	10,98 ± 0,07

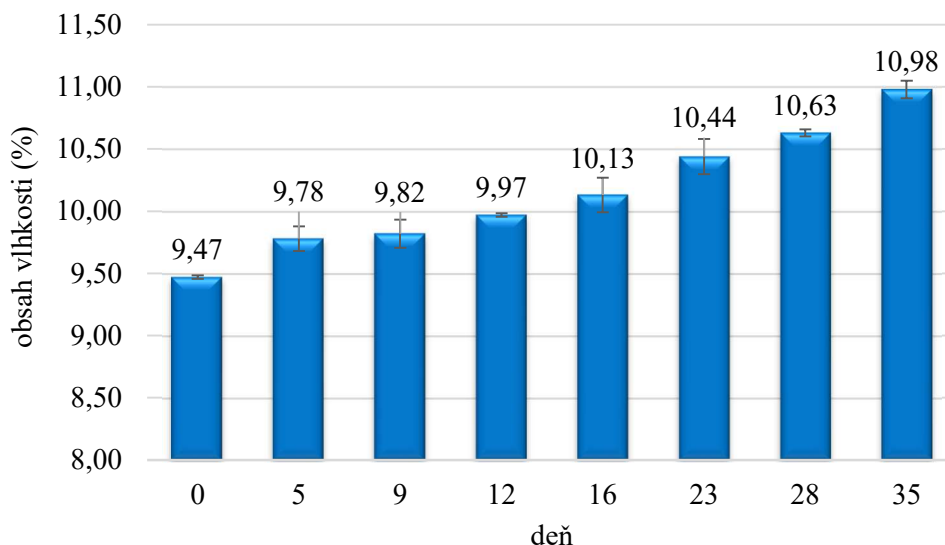
Z pohľadu na graf vyplýva, že obsah vody v papierovom obale mal na začiatku experimentu, medzi 0. a 5. dňom strmší nábeh. Toto mohlo byť spôsobené samotným obalom, kde jeho bariérové vlastnosti naznačujú zvýšený prestup vzdušnej vlhkosti do čerstvej kávy. Avšak, to isté platí aj pre ostatné obaly, pričom majú lepšie bariérové vlastnosti na prestup vlhkosti do vnútra obalu. Na konci merania boli zaznamenané väčšie odchýlky, čo mohlo byť spôsobené zlým odobratím vzorky z obalu alebo pri samotnom meraní, kde mohlo dôjsť k nepozorovanému vstupu vody do vzorky, napríklad pri ultrazvukovom kúpeľi.



Graf 3 Obsah vody v káve skladovanej v papierovom vrecku

Konkrétne sa obsah vody za celú dobu skladovania zvýšil z $4,72 \pm 0,10$ % na $8,78 \pm 0,08$ % a obsah vlhkosti z $9,47 \pm 0,01$ % na $10,98 \pm 0,07$ %. Je to najvyšší nárast zo všetkých použitých obalov, čo je pochopiteľné. Pri meraní vlhkosti bol trend stúpania veľmi mierny, ako to bolo u všetkých obalov. Rozdiel medzi 0. a 35. dňom bol presne 1,51 %, čo sa môže zdať len malý nárast, ale pri porovnaní hodnôt medzi začiatkom a koncom experimentu u ostatných obaloch je pomerne signifikantný. Pre lepšiu predstavivosť, rozdiel v obsahu vlhkosti na začiatku a na

konci experimentu u plechovky bol 0,46 %, u LDPE+Al obalu 0,44 %, u vrečka s PE vložkou 0,60 % a u sklenenej nádoby bol 0,57 %.



Graf 4 Obsah vlhkosti v káve skladovanej v papierovom vrečku

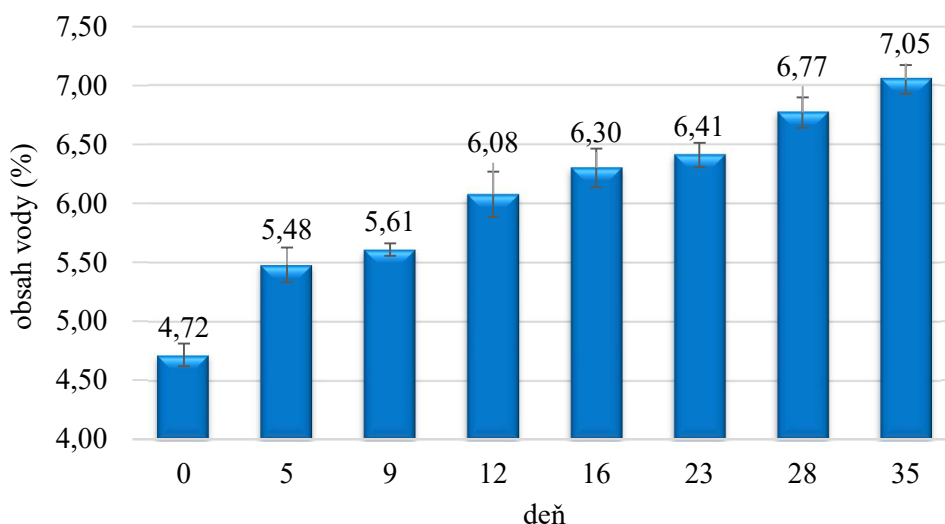
4.1.3 Obsah vody a vlhkosti v káve z obalu z LDPE+Al

Obal, ktorý bol použitý pri meraní bol z nízko hustotného polyetylénu s hliníkovou vložkou a pre opätovné uzatváranie bola použitá tzv. cínová kravata. Všetky výsledky z merania boli spracované do Tabuľky 8 a taktiež do stĺpcových grafov (Graf 5,6).

Tabuľka 8 Obsah vody a vlhkosti v káve z obalu z LDPE+Al

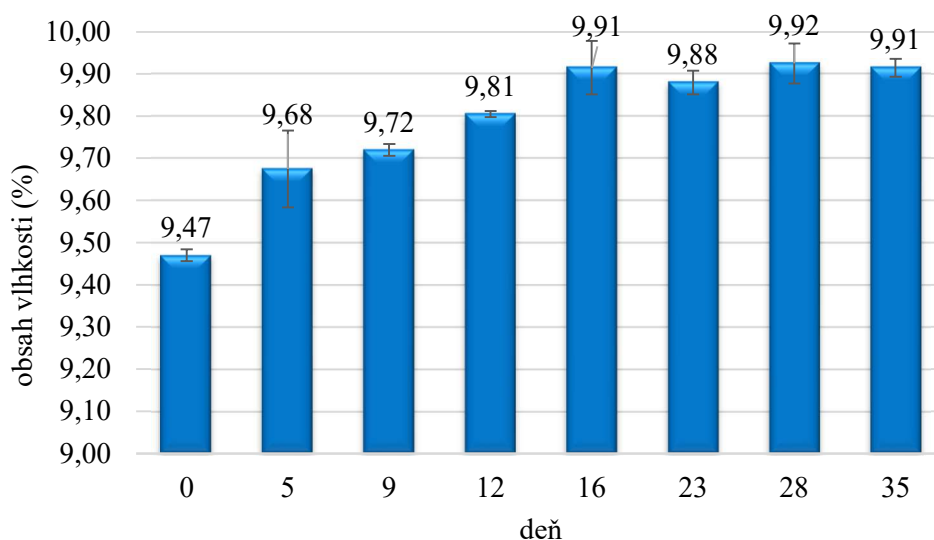
Deň	Obsah vody v %	Obsah vlhkosti v %
0	4,72 ± 0,10	9,47 ± 0,01
5	5,48 ± 0,15	9,68 ± 0,09
9	5,61 ± 0,05	9,72 ± 0,01
12	6,08 ± 0,19	9,81 ± 0,01
16	6,30 ± 0,16	9,91 ± 0,06
23	6,41 ± 0,10	9,88 ± 0,03
28	6,77 ± 0,13	9,92 ± 0,05
35	7,05 ± 0,12	9,91 ± 0,02

Už pri pohľade na graf a taktiež na tabuľku, je možné pozorovať podobný trend zvyšovania obsahu vody a vlhkosti ako to bolo u plechovky, vrečka s PE vložkou a sklenenej nádoby. Tento trend s malými odchýlkami naznačuje, že všetky obaly okrem papierového vrečka spĺňajú parametre, pre dobrú skladovateľnosť mletej kávy z pohľadu viazania vody, vlhkosti.



Graf 5 Obsah vody v káve skladovanej vo vrecku (LDPE+Al)

Z Grafu 5 vyplýva, že hodnoty obsahu vody sú veľmi podobné hodnotám, ktoré boli namerané u plechovky. Súvisí to pravdepodobne s použitím podobného typu materiálu, ktorý bol použitý na výrobu obalu. Plechovka aj LDPE+Al obal majú spoločnú vlastnosť, a to že sú potiahnuté hliníkovou vrstvou. Malé odchýlky medzi týmito hodnotami mohol spôsobiť rozdielny typ uzatvárania obalu, keďže na tento typ obalu bola použitá len cínová kravata, ktorá nie je taká efektívna ako viečko od plechovky. Ďalšia možnosť vzniku pozorovaných odchýlok je manipulácia vzorkou pri meraní.



Graf 6 Obsah vlhkosti v káve skladovanej vo vrecku (LDPE+Al)

Po zmeraní obsahu vody bola zmeraná vlhkosť, ktorá bola znázornená na Grafe 6. Z grafu je vidieť, že trend zvyšovania obsahu vlhkosti je podobný ako u všetkých obaloch, ale od 16. dňa experimentu je možné pozorovať, že nasledujúce hodnoty majú kolísavú tendenciu. To mohlo

byť spôsobené výraznejšou zmenou v množstve prchavých látok, ktoré vyprchali. Iná možnosť je chyba zapríčinená zlým vysušením, alebo naviazaním vlhkosti počas chladnutia a následným vážením.

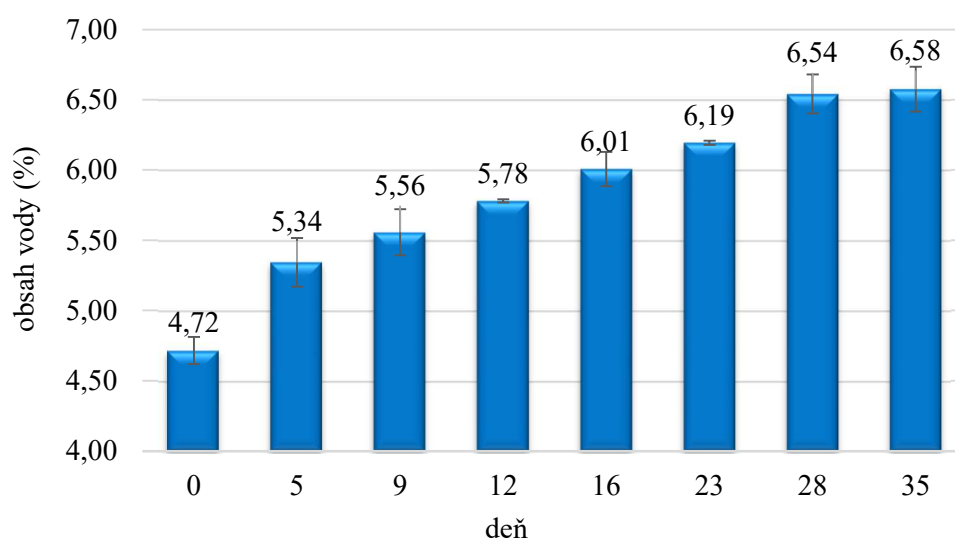
4.1.4 Obsah vody a vlhkosti v káve skladovanej v sklenenej nádobe

Pre stanovenie obsahu vody a vlhkosti mletej kávy, bola použitá sklenená nádoba o objeme 330 ml. Nádoba bola uzatvorená klasickým viečkom na zaváraninové poháre. Po zmeraní a ukončení experimentu boli všetky výsledky vyhodnotené a bola vytvorená Tabuľka 9 a taktiež výsledky boli vynesené do stĺpcových grafov (Graf 7,8).

Tabuľka 9 Obsah vody a vlhkosti v káve skladovanej v skle

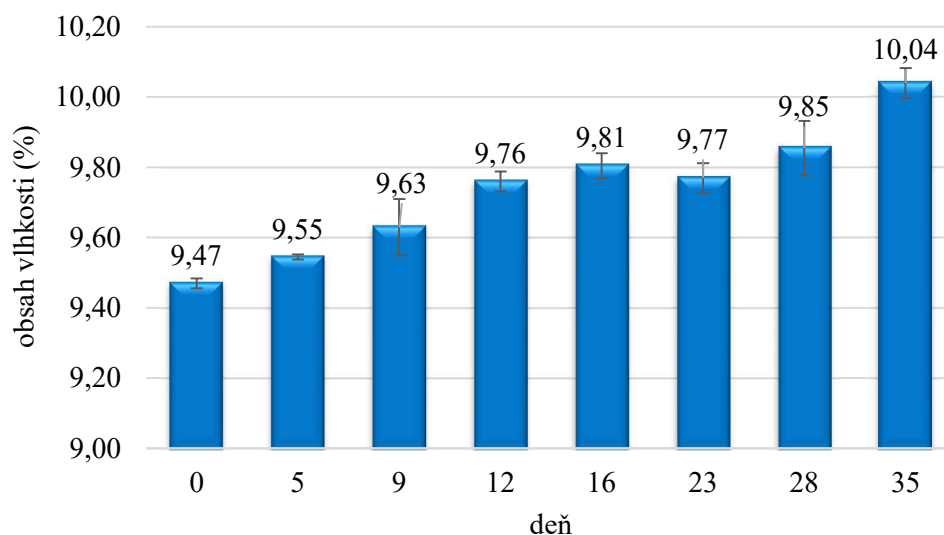
Deň	Obsah vody v %	Obsah vlhkosti v %
0	4,72 ± 0,10	9,47 ± 0,01
5	5,34 ± 0,17	9,55 ± 0,01
9	5,56 ± 0,16	9,63 ± 0,08
12	5,78 ± 0,01	9,76 ± 0,03
16	6,01 ± 0,12	9,81 ± 0,04
23	6,19 ± 0,01	9,77 ± 0,04
28	6,54 ± 0,14	9,85 ± 0,08
35	6,58 ± 0,16	10,04 ± 0,04

Pozvoľný nárast obsahu vody v mletej káve skladovanej v sklenenej nádobe a celkovo namerané hodnoty naznačujú podobné bariérové vlastnosti obalu ako plechovky. Obsah vody v káve narástol z 4,72 ± 0,10 % na 6,58 ± 0,16 % a pri porovnaní s obsahom vody nameraným v plechovke, 6,51 ± 0,11 %, je možné povedať, že tieto 2 obaly sú najvhodnejšie pre skladovanie mletej kávy.



Graf 7 Obsah vody v káve skladovanej v sklenenej nádobe

Pri sledovaní obsahu vlhkosti v káve skladovanej v sklenenej nádobe boli pozorované mále odchýlky, ale podobnosť s ostatnými obalmi je zrejماً. Vlhkosť kávy v tejto nádobe bola na konci experimentu $10,04 \pm 0,04 \%$, čo je o niečo viac ako majú plechovka alebo LDPE+Al obal. Avšak je potrebné vziať do úvahy, ako bolo spomenuté vyššie, prchavé látky. Z grafu a nameraných hodnôt je možné usúdiť, že obsah prchavých látok v káve bol pri tomto obale pravdepodobne najvyšší, čo z tohto obalu robí s veľkou pravdepodobnosťou najlepšie riešenie pre skladovanie mletej kávy. Samozrejme pri neprevedení kvantifikácii prchavých látok v káve je to len domnienka.



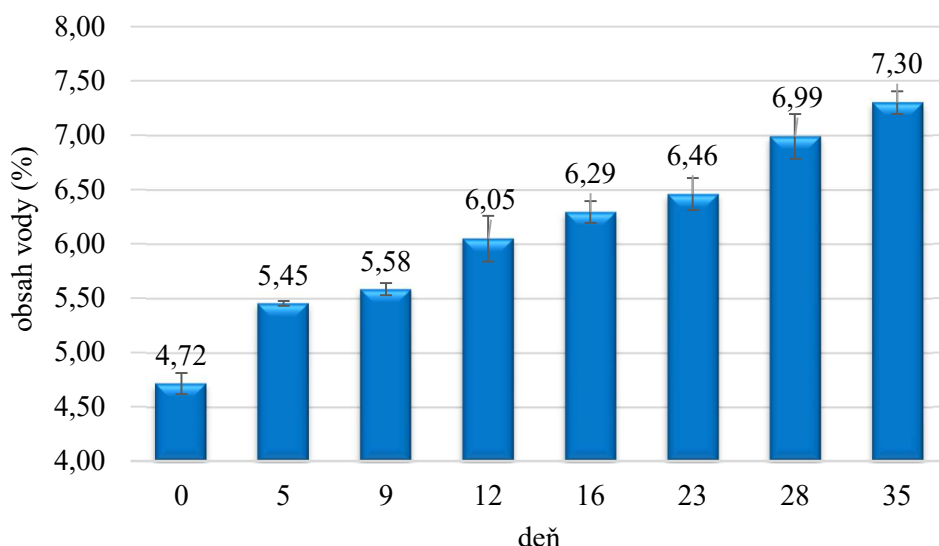
Graf 8 Obsah vlhkosti v káve skladovanej v sklenenej nádobe

4.1.5 Obsah vody a vlhkosti v káve skladovanej vo vrecku s PE vložkou

Výsledky meraní boli zhrnuté do Tabuľky 9 a pre lepšiu predstavivosť boli obsahy vody a vlhkosti v % vynesené do stĺpcového grafu (Graf 9,10).

Tabuľka 9 Obsah vody a vlhkosti v káve skladovanej v PE vrecku

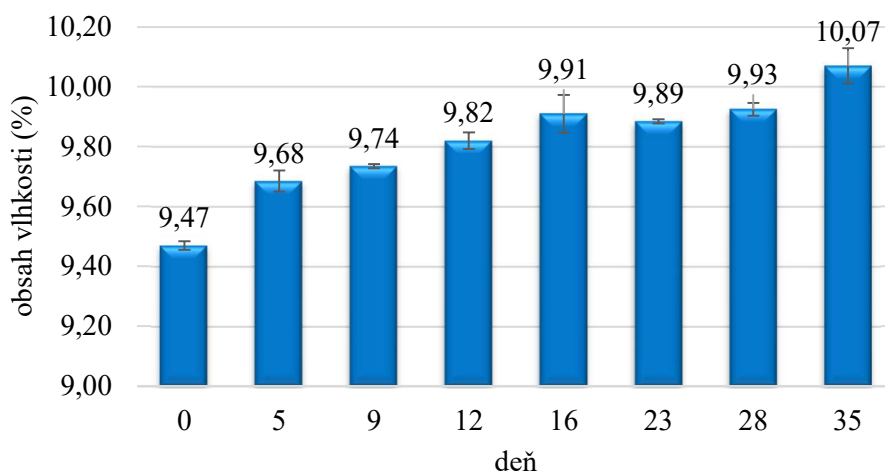
Deň	Obsah vody v %	Obsah vlhkosti v %
0	$4,72 \pm 0,10$	$9,47 \pm 0,01$
5	$5,45 \pm 0,02$	$9,68 \pm 0,04$
9	$5,58 \pm 0,06$	$9,74 \pm 0,01$
12	$6,05 \pm 0,21$	$9,82 \pm 0,03$
16	$6,29 \pm 0,10$	$9,91 \pm 0,06$
23	$6,46 \pm 0,15$	$9,89 \pm 0,01$
28	$6,99 \pm 0,21$	$9,93 \pm 0,02$
35	$7,30 \pm 0,10$	$10,07 \pm 0,06$



Graf 9 Obsah vody v káve skladovanej vo vrecku s PE vložkou

Pri porovnaní hodnôt nameraných u vrecka s PE vložkou a LDPE+Al obalu, je možné usúdiť, že vrecko s hliníkovou vložkou má o niečo lepšie bariérové vlastnosti ako len vrecko s polyetylénovou vložkou. Pri PE vrecku bola hodnota obsahu vody na konci experimentu $7,30 \pm 0,10$ % a hodnota nameraná u LDPE+Al obalu bola $7,05 \pm 0,12$ %. Rozdiel nebol výrazný, ale je možné povedať, že obal s hliníkovou vložkou je všeobecne vhodnejší pre mletú kávu. U sklenenej nádoby a plechovke boli zaznamenané hodnoty obsahu vody približne o 0,7 % vyššie, takže pri celkovom porovnaní všetkých obalov (okrem papierového vrecka) sa ukázalo, že vrecko s PE vložkou je najmenej vhodné na skladovanie mletej kávy. Avšak, pri klasickom domácom skladovaní kávy je to postačujúce. Použitie plechovky, LDPE+Al obalu, sklenenej nádoby a tohto obalu je akceptovateľné a len u papierového vrecka bolo zistené, že nie je vhodné na skladovanie mletej kávy.

Z hľadiska obsahu vlhkosti kávy nameranej v tomto vrecku sa hodnoty pohybovali od $9,47 \pm 0,01$ % do $10,07 \pm 0,06$ %, ako aj u ostatných obaloch sa hodnoty menili len minimálne.



Graf 10 Obsah vlhkosti v káve skladovanej vo vrecku s PE vložkou

4.1.6 Súhrn získaných výsledkov

Viacere štúdie sa zaoberali vlhnutím kávy a došli k zaujímavým výsledkom. Konkrétne Corrêa a kol. [49] pracovali na sledovaní obsahu vlhkosti v káve skladovanej v polypropylénovom vrecku a dĺžka skladovania bola 210 dní. Cieľom tejto štúdie bolo vyhodnotiť zmeny obsahu vlhkosti kávy praženej na rôznych úrovniach, mletých na rôzne veľkosti a skladovaných pri rôznych teplotách (10 °C a 30 °C). Počas skladovania kávy bola v časových intervaloch zmeraná vlhkosť pomocou gravimetrie. Zistené výsledky práce boli veľmi podobné s výsledkami získanými v tejto diplomovej práci. Pri skúmaní Arabiky a Robusty bolo dokázané, že obsahy vlhkosti v oboch typoch boli približne rovnaké. Dokonca aj vzorky kávy, ktoré boli skladované pri rozdielnych teplotách neukázali výrazne veľké rozdiely. Meranie ukázalo len niekoľko desiatinové nárasty v %, čo bolo dokázané aj v tomto experimente.

Taktiež podľa Illy a kol. [50] sa obsah vlhkosti v káve pri skladovaní mení len minimálne. Naznačujú, že vlhkosť sa v produkte agreguje na úrovni monovrstvy. Tento trend sa vyskytol v prípade vzoriek Arabika, s výnimkou pražených kávových zŕn skladovaných pri 10 °C po 180 dňoch. Pokiaľ ide o kávu Robusta, táto skutočnosť sa vyskytla vo všetkých vzorkách, s výnimkou jemne mletej kávy, skladovanej pri teplote 30 °C po 120 dňoch skladovania. Molekuly vody pri týchto hodnotách obsahu vody sú silne adsorbované na špecifických miestach v produkte a aktivita vody sa považuje za nízku. Rovnaký trend zaznamenali aj Oliveira a kol. [51], ktorí pracovali so zelenými kávovými zrnami.

4.2 Stanovenie aromatického profilu v káve pomocou HS-SPME-GC-MS

Stanovenie aromatického profilu v káve bolo prevedené pomocou HS-SPME-GC-MS a pri analýze boli použité vzorky kávy z jednotlivých obalov. Bol teda sledovaný vplyv typu obalu na obsah aromatických látok po dobu skladovania. Analýza aromatického profilu v káve prebiehala v rovnakých časových intervaloch ako aj pri stanovení obsahu vody a vlhkosti kávy. Získané chromatogramy sú uvedené v Prílohách 1–6.

Marin a kol. [52], Pérez-Martínez a kol. [53], Baggenstoss a kol. [54] a mnoho ďalších študovali aromatické látky, nachádzajúce sa v káve. Niektorí študovali samotné látky, iní zase priebeh (degradáciu) prchavých látok v káve počas skladovania v rôznych podmienkach a v rôznych časových intervaloch. Vo väčšine štúdií bolo identifikovaných približne 45 aromatických látok, čo odpovedá aj tejto práci.

V práci boli charakterizované prchavé frakcie skúmanej kávy pri laboratórnej teplote po dobu 35 dní. Celkovo bolo identifikovaných 44 aromatických zlúčenín: 12 pyrazínov, 6 ketónov/aldehydov, 4 pyroly, 13 furánových, 3 fenoly, 2 kyseliny, 3 pyridíny a 1 alkohol. Identifikované zlúčeniny boli rozdelené do 5 skupín, a to pyrazíny, fenoly, furány, pyroly, ketóny/aldehydy a ostatné, kde boli zaradené látky ako kyselina octová, pyrimidín alebo pyridín. Všetky zlúčeniny sú uvedené v Tabuľke 10.

Tabuľka 10 Zoznam identifikovaných aromatických látok pomocou HS-SPME-GC-MS

Aromatické látky	Retenčný čas (min)	Vôňa	Chuť
Acetylpropionyl	6,63	chinónová	maslová
Hexanál	7,15	jablková	olejnatá
1-metylpyrol	8,67	ovocná	trávnatá
Pyridín	9,75	rybacia	rybacia
Pyrimidín	10,58	rybacia	rybacia
2-pentylfurán	10,97	ovocná	maslová
2-metylpyrazín	12,02	orechová	orechová
Acetoín	12,60	maslová	korenistá
Hydroxyacetón	13,04	karamelová	sladká
2,5-dimetylpyrazín	13,52	orechová	čokoládová
2,6-dimetylpyrazín	13,68	orechová	kakaová
Etylpyrazín	13,75	maslová	čokoládová
2,3-dimetylpyrazín	14,19	orechová	orechová
2-etyl-6-metylpyrazín	15,18	zemiaková	orechová
2-etyl-5-metylpyrazín	15,34	sirupová	kávová
2-etyl-3-metylpyrazín	15,69	zemiaková	orechová
2-propylpyrazín	16,06	orechová	trávnatá
2,6-dietylpyrazín	16,43	orechová	orechová
2-etyl-3,5-dimetylpyrazín	16,72	kávová	orechová
Kyselina octová	16,95	octová	octová

Tabuľka 10 pokračovanie Zoznam identifikovaných aromatických látok pomocou HS-SPME-GC-MS

Aromatické látky	Retenčný čas (min)	Vôňa	Chuť
Acetoxyacetón	17,31	maslová	ovocná
Furfurál	17,40	chlebová	karamelová
Furfuryl metyl sulfid	17,90	cibuľová	sírová
Furfuryl formát	18,14	kvetinová	ovocná
2-acetylfurán	18,43	sladká	karamelová
2-butylfurán	18,74	ovocná	ovocná
2-oxobutylacetát	19,01	kávová	kávová
Furfuryl acetát	19,10	ovocná	ovocná
5-metylfurfurál	20,16	sladká	karamelová
Furfuryl propionát	20,54	ovocná	hrušková
2-furfurylfurán	20,89	karamelová	hubová
2-formyl-1-metylpyrol	21,33	orechová	orechová
γ -butyrolaktón	21,60	karamelová	orechová
2-furánmetanol	22,08	údená	spálená
kyselina 3-metylbutánová	22,33	syrová	štipľavá
2-acetyl-6-metylpyrazín	22,97	spálená	spálená
Acetylpyridín	23,55	orechová	spálená
1-furfurylpyrol	25,94	trávnatá	trávnatá
2-metoxifenol (Guajakol)	26,64	dymová	drevená
2-fenyletanol	27,67	ovocná	medová
1-acetylpyrol	28,97	pražená	trpká
Fenol	29,66	sladkastá	ostrá
2-metoxy-4-vinylfenol	33,33	dymová	drevená
5-hydroxymetylfurfurál	38,86	kvetinová	karamelová

4.2.1 Porovnanie obsahu aktívnych látok v káve skladovanej v rôznych obaloch

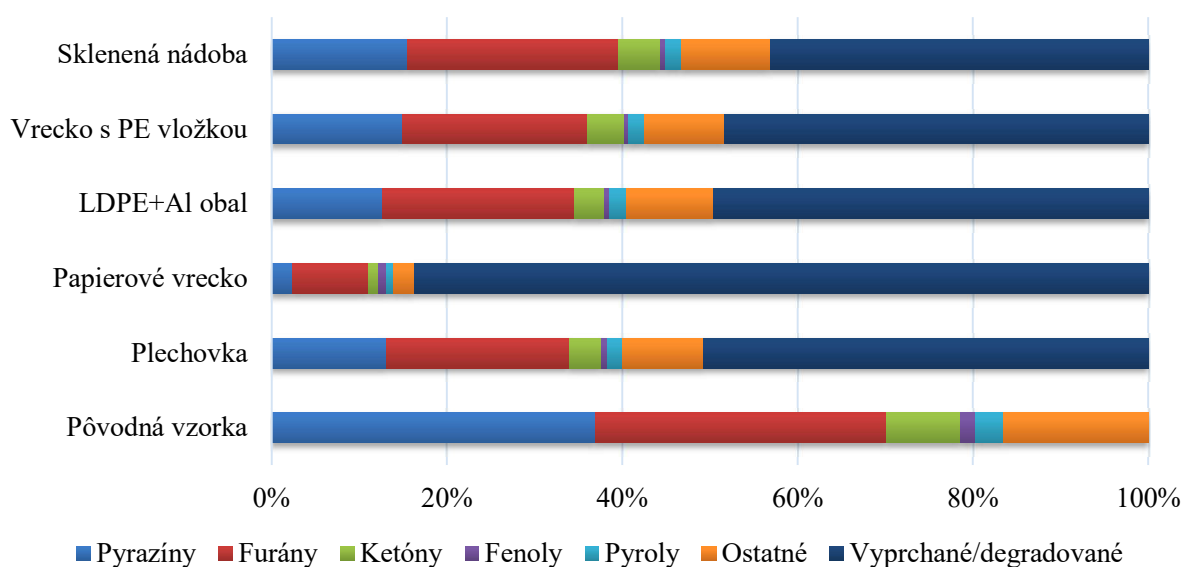
Pre lepšiu predstavivosť, ktorý obal je najvhodnejší pre zachovanie aromatických látok v káve, bola zostrojená Tabuľka 11 a pre lepšiu prehľad bol zostrojený Graf 11. Relatívny obsah látok bol zistený semikvantitatívne na základe plôch píkov a je uvedený ako % z celkovej plochy píkov.

Pri pohľade na obsah látok v pôvodnej vzorke a na obsahy látok v jednotlivých obaloch na konci experimentu je vidieť pomerne veľké rozdiely. Na začiatku merania bolo v pôvodnej vzorke kávy najväčšie množstvo furánov a pyrazínov. Podobné výsledky dosiahli aj Rocha a kol. [57] a taktiež aj ďalší. Na začiatku experimentu v tejto diplomovej práci najviac zastúpené pyrazíny mali presne 36,88 % z celkového množstva zistených látok a furány mali presne 33,25 %. Z tabuľky je možné zaznamenať, že furánov na konci experimentu bolo viac než pyrazínov, a teda je pravdepodobné, že furány sú stabilnejšie zlúčeniny.

Tabuľka 11 Percentuálne zastúpenie jednotlivých skupín látok v obaloch na konci experimentu

Skupina	Pôvodná vzorka	Plechovka	Papierové vrečko	LDPE+Al obal	Vrečko s PE vložkou	Sklenená nádoba
Pyrazíny	36,88	13,04	2,40	12,68	14,98	15,44
Furány	33,25	20,88	8,63	21,91	20,99	24,07
Ketóny	8,49	3,65	1,11	3,40	4,26	4,76
Fenoly	1,63	0,72	0,99	0,58	0,48	0,63
Pyroly	3,22	1,78	0,74	1,85	1,75	1,87
Ostatné	16,53	9,22	2,36	10,01	9,21	10,06

Porovnaním medzi všetkými obalmi je možné vidieť, že káva v papierovom obale stratila najviac aromatických látok, a to kvôli dvom mechanizmom, ktoré sú za to zodpovedné. Holscher a kol. [58] navrhli 2 konkrétne mechanizmy, prvý je strata (vyparovanie) aromatických látok s nízko teplotou varu, hlavne sírne zlúčeniny, ktoré sú zodpovedné za čerstvú arómu. Ich strata je čiastočne vysvetlená interakciami s neprchavými zlúčeninami, ako sú melanoidíny. Druhým mechanizmom sú samotné oxidačné reakcie, ktoré vytvárajú rôzne nepríjemné vône, ale hlavne degradujú samotné látky. Z nameraných dát vyplýva, že všetky obaly okrem papierového vrečka, sú vhodné pre skladovanie mletej kávy z hľadiska zachovania arómy kávy. Avšak je potrebné poznamenať, že faktory, ktoré hrajú dôležitú úlohu pri zabezpečení kávy pred degradovaním, sú veľkosť nádoby, v ktorej je káva skladovaná, množstvo kávy a tzv. head-space priestor, teda vzdialenosť od vrstvy kávy k uzáveru. Pri sledovaní degradácie látok v plechovke a v sklenenej nádobe hrali spomínané faktory určitú úlohu. Keďže káva bola skladovaná vo veľkej plechovke a množstvo kávy bolo o dosť menšie než je objem plechovky, tak obsah kyslíka bol vo vnútri vyšší, a teda tam mohlo dochádzať k častejším oxidačným (degradačným) procesom. Naproti tomu, pri malej sklenenej nádobe, kde pomer množstvo kávy/veľkosť nádoby bol o niečo vyšší, tak množstvo kyslíka nebolo až také veľké ako pri plechovke.

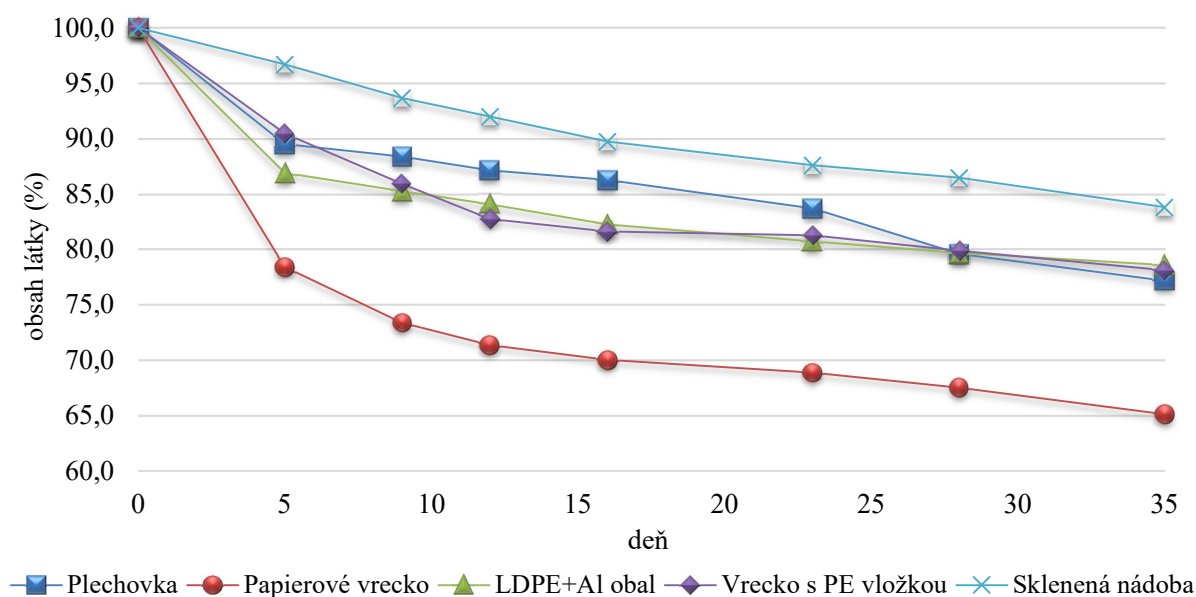


Graf 11 Percentuálne zastúpenie látok identifikovaných v káve na konci experimentu

4.2.2 Porovnanie počtu aromaticky aktívnych látok identifikovaných v káve

Podľa počtu zlúčenín, bola najväčšia časť aromatických látok patriaca do skupiny furánov, kde najviac zastúpené zlúčeniny boli: furfurál, 5-metylfurfurál, furfuryl acetát a 2-furánmetanol, pričom práve 2-furánmetanol bol najviac zastúpená látka v celej káve. Taktiež Thammarat a kol. [55] pri štúdií kávy dokázali, že 2-furánmetanol bol najviac zastúpená aromatická látka v káve. 5-metylfurfurál a furfurál patrili medzi 5 najviac zastúpených látok v ich káve, čo je podobné ako v tejto diplomovej práci.

Čo sa týka počtu identifikovaných furánových zlúčenín, bolo identifikovaných 13 látok. Viacero štúdií, našlo podobný počet furánových látok, konkrétne Pérez-Martínez a kol. [53] zistili 15 furánov, kde väčšina bola zodpovedná za spálenú alebo karamelovú arómu. Štúdia sa zaoberala sledovaním zmien prchavých látok počas skladovania pri dvoch rôznych teplotách (4 °C a 25 °C). Bolo dokázané, že niektoré furány, ako napríklad 2-metylfurán, sa pri nízkej teplote skladovania výrazne nemenia. Avšak pri vyššej teplote, v tomto prípade 25 °C, sa koncentrácie menili výrazne a pomerne rýchlo. Niektoré furány sa degradovali pri oboch teplotách, naopak furány ako, furfurál, 5-metylfurfurál alebo 2-furánmetanol teplota skladovania neovplyvnila a sú pomerne stabilné. Hoci celkové množstvo furánových látok má počas skladovania tendenciu klesať, nie všetky zlúčeniny sú ovplyvnené rovnako, či už podľa času, teploty skladovania alebo typu obalu. Ako príklad je možné uviesť látku, 2-furánmetanol, ktorá sa počas skladovania výrazne nemenila v žiadnom obale a bola relatívne stabilná. Pre lepšiu predstavivosť, priebeh degradácie je znázornený v Grafe 12.

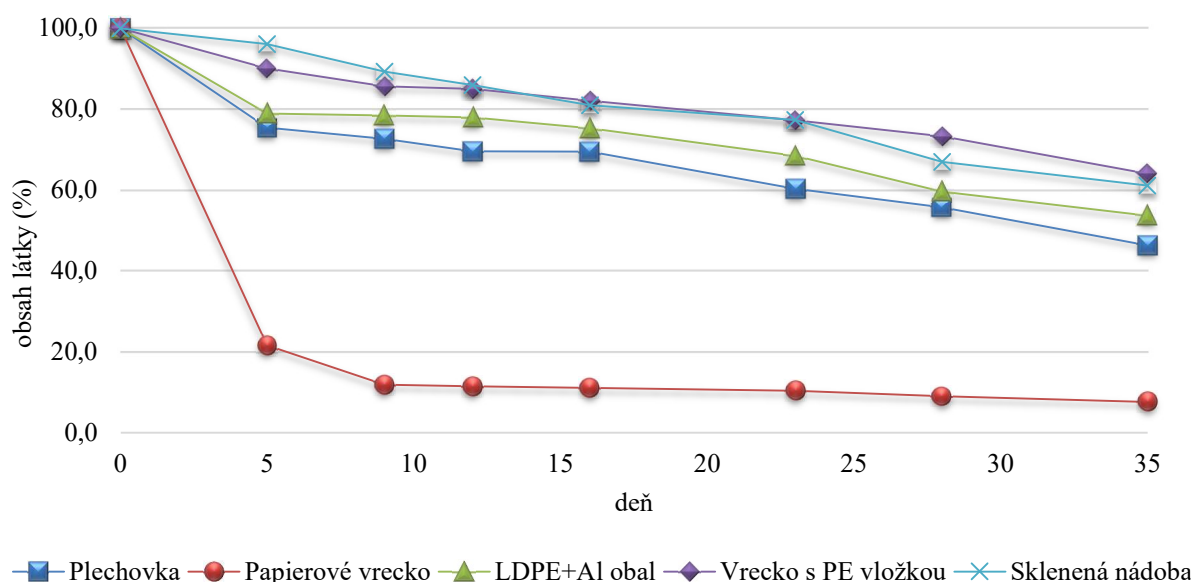


Graf 12 Priebeh degradácie 2-furánmetanolu vo všetkých obaloch

Ako ďalšie látky identifikované vo vzorke kávy, boli pyrazíny, presne 12 pyrazínových zlúčenín. Podobne ako Pérez-Martínez a kol. [53], aj v tomto prípade najviac zastúpenou prchavou látkou nájdenou vo vzorke bol 2-metylpyrazín. Podobné zastúpenie mali taktiež 2,6-dimetylpyrazín alebo 2-etyl-6-metylpyrazín. Všeobecne, ako je uvedené v Tabuľke 10, pyrazíny sú zodpovedné za orechovú až zemitú arómu.

Pyrazíny sú hojne zastúpené v káve, ale len niekoľko z nich je dôležitých pre arómu. Jednotlivé substituenty, ktoré sa nachádzajú na pyrazínovom kruhu a sú v určitých pozíciách, dávajú pyrazínom charakteristickú arómu, ktoré sú spomenuté vyššie. V práci, ktorú vypracovali Leino a kol. [56] zistili, že 2,5-dimetylpyrazín a 2,6-dimetylpyrazín boli nájdené vo veľkom množstve v oboch typoch kávy (Robusta a Arabika). Presnejšie v Robuste bolo väčšie množstvo týchto 2 zlúčenín než v Arabike. Avšak aróma spôsobená pyrazínmi, rovnako ako ďalšími látkami je veľmi komplexná. Dôvodom je povaha pachov meniacich sa s koncentráciou a navyše synergickými alebo antagonistickými účinkami medzi samotnými aromatickými látkami.

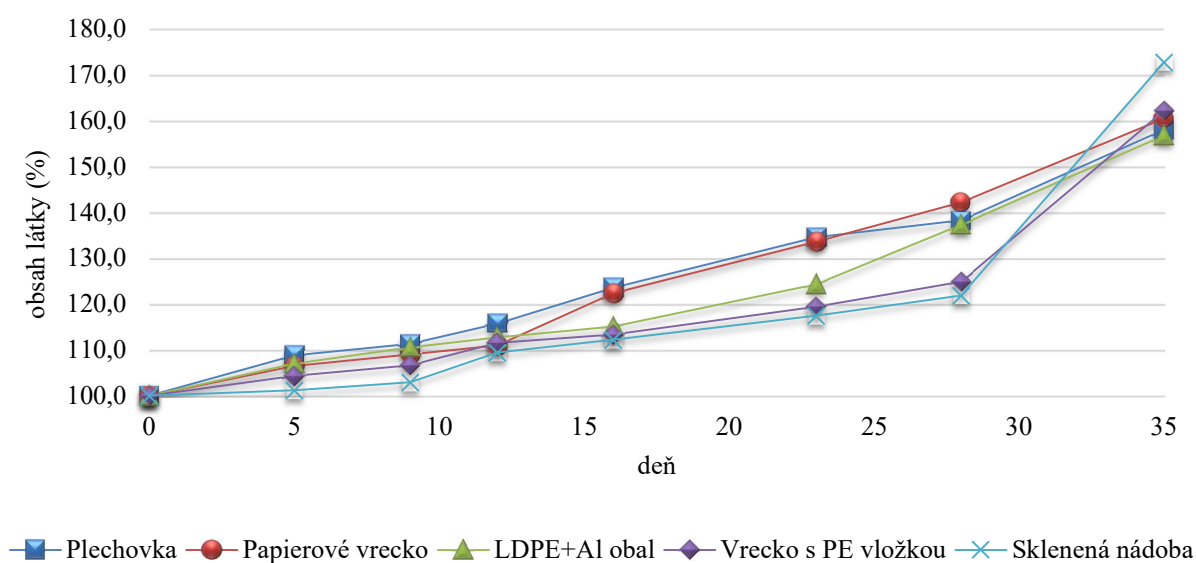
Príklad 2-metylpyrazínu, ktorý bol skladovaný v obaloch a jeho priebeh ako sa v daných obaloch menil, je znázornený v Grafe 13. Podobný priebeh mali aj ostatné identifikované pyrazínové látky. Z grafu vyplýva, že pyrazíny sa v obaloch, okrem papierového vrečka, správali celkom stabilne a pozvoľne klesali. Všeobecne, najvyšší obsah pyrazínov bol zaznamenaný vo vrečku s PE vložkou, lenže je potrebné poznamenať len malé odchýlky medzi ostatnými obalmi, presnejšie medzi plechovkou, LDPE+Al obalom a sklenenou nádobou.



Graf 13 Priebeh degradácie najviac zastúpeného pyrazínu (2-metylpyrazín) v piatich obaloch

Tretou najpočetnejšou skupinou látok identifikovaných vo vzorke kávy boli aldehydy/ketóny. Presne 6 aromatických látok, kde najviac zastúpenou látkou bol acetoxyacetón, ktoré spolu s ostatnými aldehydmi/ketónmi vytvárajú maslovú alebo ovocnú arómu. Pri porovnaní obsahu látok v tejto skupine, najmenej stabilnou zlúčeninou bol 2,3-pentándión (acetylpropionyl), ktorý pomerne rýchlo degradoval, hlavne v papierovom vrečku, kde už po týždni nebol detekovaný. Rovnako ako Pérez-Martínez a kol. [53], v rámci skupiny ketónov, výrazný pokles bol dosiahnutý u 2,3-butándiónu a spomínaného 2,3-pentándiónu. Zistili, že tieto dve látky sú kľúčové a zodpovedné za maslovú arómu. Tento pokles bol rýchlejší a intenzívnejší u kávy skladovanej pri teplote 25 °C než pri teplote 4 °C, a hlavne od 10. dňa skladovania.

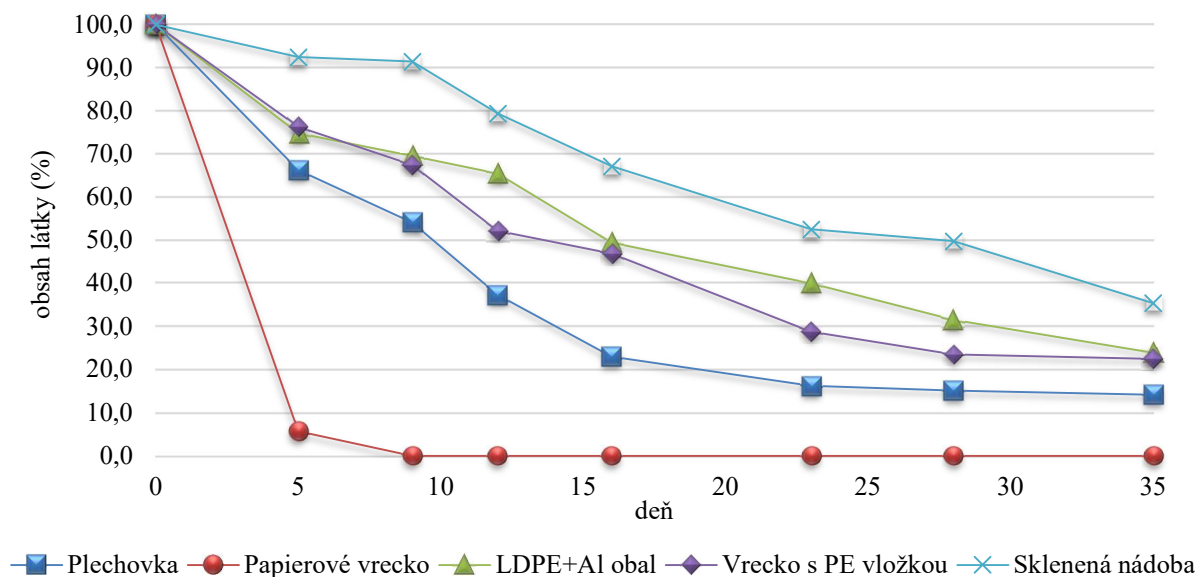
Zaujímavosťou pri tejto skupine prchavých látok je hexanál. Ako jediná látka zo všetkých látok, ktoré boli zistené pri meraní, mal hexanál stúpajúcu tendenciu. Inými slovami, hexanál počas skladovania nedegradoval ale vznikol. Priebeh vzniku hexanálu je znázornený na Grafe 14, z ktorého vyplýva, v ktorom obale vznikol najviac a v ktorom najmenej. V našom prípade na konci experimentu najvyšší obsah hexanálu bol nameraný v káve skladovanej v sklenenej nádobe. Vysoký obsah bol nameraný aj v káve skladovanej v papierovom vrecku, čo môže byť spôsobené vysokým obsahom kyslíka v obale. Marin a kol. [52] zistili, že zvetrávanie alebo strata dôležitých látok v káve, je realizovaná pomocou absorpcie kyslíka, kde straty v aróme ukazujú koreláciu so stupňom praženia kávy a vystavenia kávy na vzduchu. Pražená káva obsahuje 10–15 % lipidov, z ktorých 75 % sú triglyceridy a tieto obsahujú 40–55 % kyseliny linolovej. Práve produktom autooxidácie tejto kyseliny je hexanál, kde oxidácia prebieha v dvoch krokoch najskôr na hyperperoxydy a následne na prchavé látky. Takže v dôsledku oxidačných reakcií sa množstvo hexanálu v káve zvyšuje. V štúdií [52] bola taktiež zistená zvyšujúca sa koncentrácia hexanálu a dokonca aj 2,6-dietylpyrazínu, čo sa líši od výsledkov tejto diplomovej práce. Hoci hexanál nie je silne zápachajúca látka, tak vznikom takýchto zlúčenín, ktoré vznikajú oxidáciou iných zlúčenín, vznikajú nepríjemné arómy a hlavne počas skladovania.



Graf 14 Priebeh zvyšovania obsahu hexanálu vo všetkých obaloch

Ďalšia skupina látok, ktoré boli identifikované vo vzorke kávy boli pyroly. Presne 4 zlúčeniny boli nájdené. Najviac zastúpenou látkou bol 1-metylpyrol, kde priebeh degradácie je znázornený v Grafe 15. Graf znázorňuje pomerne rýchlu degradáciu pyrolov. Pri papierovom vrecku, 1-metylpyrol po 9. dňoch skladovania úplne degradoval/vyprchal. Taktiež Pérez-Martínez a kol. [53] zistili, že pyroly boli najviac ovplyvnené skladovaním a ich koncentrácia sa rapidne znížila. Tento prudký pokles bol zaznamenaný pri teplote 25 °C už počas 1. týždňa skladovania. Niektoré minoritné zlúčeniny, ako napríklad 1-etylpyrol, boli nedetekovateľné už

po prvom dni. Pri porovnaní 2 typoch kávy, Robusty a Arabiky, Leino a kol. [56] namerali väčšiu koncentráciu 1-metylpyrolu v Robuste.



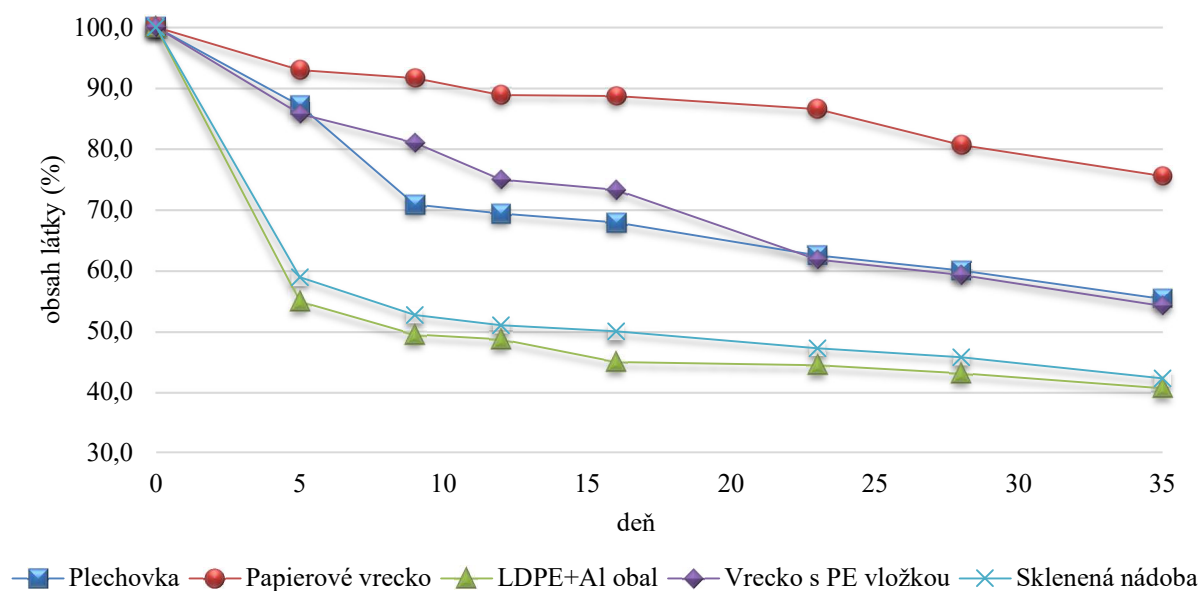
Graf 15 Priebeh degradácie 1-metylpyrolu vo všetkých obaloch

Poslednou zistenou skupinou látok vo vzorke kávy boli fenoly. Boli zistené 3 fenolické látky, konkrétne fenol, 2-metoxi-4-vinylfenol a guajakol. Ako príklad bol v Grafe 16 znázornený priebeh degradácie 2-metoxi-4-vinylfenolu. Tento fenol bol zároveň najviac zastúpenou látkou v skupine. Z grafu vyplýva, že najvyššie množstvo fenolov bolo nájdených v papierovom vrečku. Možným vysvetlením tohto javu je to, že pri papierovom vrečku je zvýšený prestup kyslíka cez obal, a teda zvýšené oxidačné (degradačné) procesy. Taktiež u papierového vrečka bol v káve stanovený najvyšší obsah vody a vlhkosti, čo môže spôsobovať iné chemické reakcie. Tieto procesy môžu degradovať látky viac ako u iných obalov, kde prestup kyslíka cez obal je nižší a zároveň je aj menšie množstvo kyslíka vo vnútri obalu. Pri plechovke a pri vrečku s PE vložkou mohlo dôjsť ku väčšiemu množstvu fenolov z dôvodu, že v obaloch bol väčší tzv. head-space, ktorý mohol spôsobiť tento jav.

Scheidig a kol. [58] sa zaoberali zmenami kľúčových aromatických látok v surovej káve počas skladovania. Zistili, že obsah kyslíka, vody a teplota sú dôležitým faktorom pri skladovaní kávy a vytváraní, respektíve degradácii určitých látok. Pri 2-metoxi-4-vinylfenole boli pri vyšších teplotách a hlavne pri vyššom obsahu vody dosiahnuté vyššie koncentrácie, čo dokazuje dôležitosť správneho skladovania. Dá sa predpokladať, že podobné správanie tejto zlúčeniny sa odohráva aj v praženej káve. 2-metoxi-4-vinylfenol pravdepodobne vzniká dekarboxyláciou alebo tepelnou degradáciou kyseliny ferulové. Avšak v štúdiu Scheidiga a kol. [58] zvýšená teplota nevedla k vzniku 2-metoxi-4-vinylfenolu, ale pri zvýšenom obsahu vody tento fenol vznikol. To môže indikovať skôr enzymatickú než tepelne indukovanú dekarboxyláciu kyseliny ferulovej.

Čo sa týka počtu nájdených látok (fenolov) v káve analyzovanej v tejto diplomovej práci, podobne výsledky publikovali taktiež Thammarat a kol. [55], ktorý identifikovali v ich vzorke

kávy štyri fenolické zlúčeniny, a to fenol, guajakol, p-kresol a 2-metoxy-4-vinylfenol. To naznačuje malý počet prchavých fenolov v káve. Leino a kol. [56] zistili, že spálená aróma súvisí s fenolmi, ktoré sú zvyčajne prítomné v káve v nízkych koncentráciách. Okrem toho fenoly môžu mať iné, ako napríklad dymové, pikantné alebo klinčekové vône. Tieto vlastnosti sú charakteristické a mohli pochádzať zo zlúčenín, ako je fenol a 2-hydroxyfenol, o ktorých sa zistilo, že majú vyšší podiel v Robuste než v Arabike.



Graf 16 Priebeh degradácie 2-metoxy-4-vinylfenolu vo všetkých obaloch

5 ZÁVER

Hlavným cieľom diplomovej práce bolo sledovanie chemických zmien v mletej káve skladovanej v piatich rôznych obaloch. Obaly, ktoré boli použité na experiment boli plechovka, sklenená nádoba, LDPE+Al obal, vrečko s polyetylénovou vložkou a papierové vrečko. Cieľom bolo taktiež zistiť, ktorý obal je najvhodnejší pre skladovanie mletej kávy, z hľadiska zachovania maxima aromatických, senzorických látok. V práci bola použitá mletá káva (zmes Arabiky a Robusty) značky Café Blend.

Počas práce boli použité 3 analytické metódy, a to stanovenie obsahu vody v káve pomocou Karl-Fischerovej titrácie, stanovenie obsahu vlhkosti v káve pomocou gravimetrie a nakoniec pre stanovenie aromatického profilu v káve bola použitá metóda headspace mikroextrakcie tuhou fázou v spojení s plynovou chromatografiou s hmotnostnou detekciou.

Meranie obsahu vody, vlhkosti a aromatického profilu prebiehalo celkom 35 dní. Pôvodná vzorka kávy obsahovala $4,72 \pm 0,10$ % vody a obsah vlhkosti bol stanovovaný na $9,47 \pm 0,01$ %. Priebeh vlhnutia kávy v obaloch, s výnimkou papierového vrečka, bol pomerne mierny a na konci experimentu bolo zistené, že pri použití papierového vrečka bol obsah vody v káve stanovený na $8,78 \pm 0,08$ % a obsah vlhkosti na $10,98 \pm 0,07$ %. Vyššie hodnoty sú pravdepodobne spôsobené zlými bariérovými vlastnosťami daného obalu, a teda papierové vrečko je najmenej vhodný obal pre skladovanie mletej kávy. Pri porovnaní ostatných štyroch obalov boli rozdiely minimálne, takže je možné povedať, že tieto štyri použité obaly z hľadiska obsahu vody a vlhkosti v káve sú vhodné pre skladovanie mletej kávy. Ako najlepší obal, v ktorom obsah vody a vlhkosti v káve bol najnižší, bola vybraná plechovka. Obsah vody v káve bol stanovený na $6,51 \pm 0,11$ % a obsah vlhkosti na $9,93 \pm 0,01$ %.

Pri stanovení aromatického profilu v káve bolo identifikovaných 44 aromatických látok, kde ich priebeh degradácie bol sledovaný počas celého experimentu. Látky boli rozdelené do 6 skupín, a to do skupiny pyrazínov, furánov, fenolov, pyrolov, ketónov a ostatných, kde boli zaradené látky ako kyselina octová, pyridín alebo pyrimidín. Najviac zastúpená skupina látok boli pyrazíny, 36,88 % z celkového množstva zistených látok. Nasledovali furány (33,25 %), ostatné (16,53 %), ketóny (8,49 %), pyroly (3,22 %) a fenoly (1,63 %). Počas doby skladovania dochádzalo k vyprchaniu/degradácii aromatických zlúčenín. Faktory, ktoré ovplyvňujú degradovanie látok pri skladovaní sú typ a veľkosť nádoby, množstvo kávy v danom obale a tzv. headspace priestor, teda vzdialenosť od vrstvy kávy k uzáveru. Porovnaním medzi všetkými obalmi, káva skladovaná v papierovom vrečku stratila najviac aromatických látok, konkrétne 83,76 % z pôvodného množstva. Veľká strata aromaticky aktívnych látok súvisí taktiež s bariérovými vlastnosťami obalu, kde cez obal vyprchala väčšina látok alebo vysoký obsah kyslíka v obale spôsobil degradačné reakcie. Z hľadiska zachovania arómy kávy, ostatné štyri obaly stratili približne 45 % z pôvodného množstva aromatických látok, čo naznačuje podobnosť v bariérových vlastnostiach a je možné povedať, že sú vhodné pre skladovanie mletej kávy.

Do budúca, na základe nameraných a spracovaných výsledkov by mohli byť uskutočnené ďalšie práce, ako napríklad skladovanie kávy pri rôznych teplotách, kávy rôznej vlhkosti, praženej alebo zelenej kávy a podobne. Ďalej by bolo vhodné vykonať kvantifikáciu jednotlivých aktívnych látok a prípadne rozšíriť experimentálne metódy o zistenie neprchavých látok v káve pomocou kvapalinovej chromatografie.

6 ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

- [1] International Coffee Organization. International Coffee Organisation [online]. International Coffee Organization, 2017 [cit. 2017-04-18]. Dostupné z: <http://www.ico.org/prices/po-production.pdf>
- [2] AUGUSTÍN, Jozef. Pri káve o káve a kávovinách. Brno: Jota, 2016. ISBN 978-80-7462-851-1.
- [3] MAKRI, Emmanouela, Dimitris TSIMOGLIANNIS, Efimia K. DERMESONLUOGLU a Petros S. TAOUKISA. Modeling of Greek coffee aroma loss during storage at different temperatures and water activities. *Procedia Food Science*. 2011, 1, 1111-1117. DOI: 10.1016/j.profoo.2011.09.166. ISSN 2211601X. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2211601X11001672>
- [4] História kávy. Jura [online]. Bratislava: Swiss Coffee, 2019 [cit. 2019-11-25]. Dostupné z: <https://sk.jura.com/sk/o-kave/historia-kavy>
- [5] KREJČÍ, Ivan. O kávě a čaji : Aneb víme proč je pijeme?. Praha: Grada Publishing, 2000. 100 s. ISBN 80-7169-535-1.
- [6] VESELÁ, Petra. Kniha o kávě: průvodce světem kávy s recepty na její přípravu. Praha: Smart Press, 2010. ISBN 978-80-87049-34-1.
- [7] Řez kávovníkové bobule [online]. [cit. 2019-11-25]. Dostupný z [www](http://www.ineedcoffee.com/09/coffee-from-thailand/):
- [8] KADLEC, Pavel, Karel MELZOCH a Michal VOLDŘICH. Co byste měli vědět o výrobě potravin?: technologie potravin. Ostrava: Key Publishing, 2009. Monografie (Key Publishing). ISBN 978-80-7418-051-4.
- [9] BELITZ, Hans-Dieter, Werner GROSCHE a Peter SCHIEBERLE. Food chemistry. 4th, rev. and extended ed. Berlin: Springer, c2009. ISBN 978-3-540-69933-0.
- [10] Kofein. In: Donfranko [online]. [cit. 2020-05-28]. Dostupné z: <https://www.donfranko.cz/blog-o-kave/kofein/>
- [11] THORN, Jon. Káva. 1. vyd. Praha : Fortuna Print, c2000. 192 s. ISBN 80-86144-64-X.
- [12] KADLEC, Pavel, et al. Technologie potravin II.. 1. vyd. Praha: Vysoká škola chemickotechnologická Praha, 2007. 236 s. ISBN 80-7080-510-2.
- [13] CHU, Yi-Fang, ed. Coffee: emerging health effects and disease prevention. Ames: Wiley-Blackwell, 2012. IFT Press. ISBN 978-0-470-95878-0.
- [14] MAL, Julie. Coffee bean packaging – Science of proper coffee storage, [online]. [cit. 2019-12-02]. Dostupné z <https://foodcrumbles.com/coffee-bean-packaging-design-science/>
- [15] SMRKE Samo, Marco WELLINGER, Tomonori SUZUKI, Franz BALSIGER, Sebastian E. W. OPITZ a Chahan YERETZIAN. Time-Resolved Gravimetric Method To Assess Degassing of Roasted Coffee. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. 2018, 66(21), 5293-5300 [cit. 2019-12-02]. DOI: 10.1021/acs.jafc.7b03310. ISSN 0021-8561. Dostupné z: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jafc.7b03310>
- [16] What is the Shelf Life of Roasted Coffee? A Literature Review on Coffee Staling. Scanews [online]. California [cit. 2019-12-02]. Dostupné z: <https://scanews.coffee/2012/02/15/what-is-the-shelf-life-of-roasted-coffee-a-literature-review-on-coffee-staling/>

- [17] Coffee Bags. PBFY Flexible Packaging [online]. California [cit. 2019-12-26]. Dostupné z: <https://pbfy.com/coffee-bags/>
- [18] ONE WAY VALVE COFFEE BAGS. BLACKOUT COFFEE [online]. Florida [cit. 2019-12-26]. Dostupné z: <https://www.blackoutcoffee.com/blogs/the-reading-room/one-way-valve-coffee-bags>
- [19] ŠTENCL, Jiří. Balení potravin v ochranné atmosféře. Projekt FRVŠ 2196/2008 Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2008.
- [20] ČURDA Dušan a Jaroslav DOBIÁŠ. BALENÍ POTRAVIN: Učební texty [online]. Praha. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2004, Dostupné z: <https://ukp.vscht.cz/files/uzel/0029134/c0rMSc07vFahIL-kKLEsMw8A.pdf?redirected>
- [21] KAČEŇÁK, Igor. Obaly a obalová technika. Bratislava: Slovenská vysoká škola technická, 1990. ISBN 80-227-0301-X.
- [22] BELCHIOR, Verônica. What Creates Coffee Aroma? Understanding The Chemistry. PERFECT DAILY GRIND [online]. Crowborough: Perfect Daily Grind, 2015 [cit. 2019-12-27]. Dostupné z: <https://www.perfectdailygrind.com/2019/08/what-creates-coffee-aroma-understanding-the-chemistry/>
- [23] Vyhláška č. 78/2003 Sb. Zakonyprolidi [online]. Zlín: AION CS, 2010 [cit. 2019-11-30]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2003-78/zneni-20030701>
- [24] Vyhláška č. 309/2015 Z. z. Epi [online]. Žilina: Poradca podnikateľa, 2010 [cit. 2019-11-30]. Dostupné z: <https://www.epi.sk/zz/2015-309>
- [25] VELÍŠEK, Jan. Chemie potravin 2. Tábor: OSSIS, 1999. ISBN 80-902-3912-9.
- [26] NIELSEN, S. Suzanne. Food analysis. 4th ed. Dordrecht: Springer, c2010. ISBN 978-14419-1478-1.
- [27] ISENGARD, Heinz-Dieter. Water content, one of the most important properties of food. Food Control. 2001, 12(7), 395-400. DOI: 10.1016/S0956-7135(01)00043-3. ISSN 09567135. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0956713501000433>
- [28] MATHLOUTHI, Mohamed. Water content, water activity, water structure and the stability of foodstuffs: revue littéraire mensuelle. Food Control. 2001, [19 23]-, 12(7), 409-417. DOI: 10.1016/S0956-7135(01)00032-9. ISSN 09567135. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0956713501000329>
- [29] BERK, Zeki. Food process engineering and technology. Second edition. Amsterdam: Academic Press, [2013]. Food science and technology international series. ISBN 978-012-4159-235.
- [30] POMERANZ, Y. Functional properties of food components. 2nd ed. San Diego: Academic Press, c1991. ISBN 01-256-1281-8.
- [31] RAHMAN, Shafiur. Food properties handbook. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, c2009. ISBN 978-0-8493-5005-4.
- [32] ČESKO. § 7 vyhlášky č. 76/2003 Sb., vyhláška, kterou se stanoví požadavky pro přírodní sladidla, med, cukrovinky, kakaový prášek a směsi kakaa s cukrem, čokoládu a čokoládové bonbony. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2017 [cit. 22. 8. 2019]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2003-76#p7>
- [33] ESKIN, N. A. M. a Fereidoon SHAHIDI. Biochemistry of foods. Third edition. Amsterdam: Academic Press, an imprint of Elsevier, 2013. ISBN 978-0-12-242352-9.

- [34] VELÍŠEK, Jan a Jana HAJŠLOVÁ. *Chemie potravin. Rozš. a přeprac. 3. vyd.* Tábor: OSSIS, 2009. ISBN 978-80-86659-17-6.
- [35] FONTANA, Anthony. *Water Activity's Role in Food Safety and Quality*. *Food Safety magazine* [online]. California, 1995 [cit. 2019-12-28]. Dostupné z: <https://www.foodsafetymagazine.com/magazine-archive1/februarymarch-2001/water-activitye28099s-role-in-food-safety-and-quality/>
- [36] JANÍČEK, Gustav, Karel ŠANDERA a Bohuš HAMPL. *Rukověť potravinářské analytiky*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1962, 740 s. Řada potravinářské literatury.
- [37] NOLLET, Leo M. L. a Fidel TOLDRÁ. *Handbook of food analysis*. Third edition. Boca Raton, FL, [2015]. ISBN 978-146-6556-546.
- [38] HÁJKOVÁ, Simona. *Stanovení obsahu vody titračně dle Karl-Fischera*. Pardubice, 2009. Bakalárska práca. Univerzita Pardubice.
- [39] KOSSAKOWSKA, Agnieszka. *Water Determination by Karl Fischer Titration*. *Lambda* [online]. Bratislava [cit. 2019-12-29]. Dostupné z: <http://www.lambda.sk/wp-content/uploads/2016/10/HYDRANAL-prezentacia-Honeywell-2016.pdf>
- [40] YASHIN, Alexander, Yakov YASHIN, Xiaoyan XIA a Boris NEMZER. *Chromatographic Methods for Coffee Analysis: A Review*. *Journal of Food Research* [online]. 2017, 6(4) [cit. 2019-12-29]. DOI: 10.5539/jfr.v6n4p60. ISSN 1927-0895. Dostupné z: <http://www.ccsenet.org/journal/index.php/jfr/article/view/67925>
- [41] THAMMARAT, Poowadol, Chadin KULSING, Kanet WONGRAVEE, Natchanun LEEPIPATPIBOON a Thumnoon NHUJAK. *Identification of Volatile Compounds and Selection of Discriminant Markers for Elephant Dung Coffee Using Static Headspace Gas Chromatography—Mass Spectrometry and Chemometrics*. *Molecules* [online]. 2018, 23(8) [cit. 2019-12-29]. DOI: 10.3390/molecules23081910. ISSN 1420-3049. Dostupné z: <http://www.mdpi.com/1420-3049/23/8/1910>
- [42] CAPORASO, Nicola, Martin B. WHITWORTH, Chenhao CUI a Ian D. FISK. *Variability of single bean coffee volatile compounds of Arabica and robusta roasted coffees analysed by SPME-GC-MS*. *Food Research International* [online]. 2018, 108, 628-640 [cit. 2020-03-23]. DOI: 10.1016/j.foodres.2018.03.077. ISSN 09639969. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0963996918302679>
- [43] FLAMENT, Ivon a Yvonne BESSIÈRE-THOMAS. *Coffee flavor chemistry*. New York: Wiley, c2002. ISBN 04-717-2038-0.
- [44] 2,6-Dimethylpyrazine. In: *Sigmaaldrich* [online]. [cit. 2020-05-28]. Dostupné z: <https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/d181803?lang=en&ion=CZ>
- [45] Furfurylalkohol. In: *Wikipedie* [online]. [cit. 2020-05-28]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Furfurylalkohol>
- [46] 2-Acetylpyrrole. In: *Sigmaaldrich* [online]. [cit. 2020-05-28]. Dostupné z: <https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/247359?lang=en&ion=CZ>
- [47] Pyridin. In: *Wikipedie* [online]. [cit. 2020-05-28]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Pyridin>
- [48] Kyselina kávová. In: *Wikipedie* [online]. [cit. 2020-05-28]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Kyselina_k%C3%A1vov%C3%A1

- [49] CORRÊA, Paulo C., Gabriel H. H. de OLIVEIRA, Ana P. L. R. de OLIVEIRA, Guillermo A. VARGAS-ELÍAS, Fábio L. SANTOS a Fernanda M. BAPTESTINI. Preservation of roasted and ground coffee during storage Part 1: Moisture content and repose angle. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 2016, 20(6), 581-587. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v20n6p581-587. ISSN 1415-4366.
- [50] Illy, Andrea a Rinantonio Vianni. *Espresso coffee: The chemistry of quality*. San Diego: Academic, 1995. ISBN 978-0123703712.
- [51] OLIVEIRA, Gabriel Henrique Horta de, Paulo Cesar CORRÊA, Fábio Lúcio SANTOS, Wander Luiz VASCONCELOS, Carlito CALIL JÚNIOR, Fernanda Machado BAPTESTINI a Guillermo Asdrúbal VARGAS-ELÍAS. Caracterização física de café após torrefação e moagem. *Semina: Ciências Agrárias*. 2014, 35(4). DOI: 10.5433/1679-0359.2014v35n4p1813. ISSN 1679-0359. Dostupné také z: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/15976>
- [52] MARIN, Krešimir. A New Aroma Index to Determine the Aroma Quality of Roasted and Ground Coffee During Storage. *Food Technology and Biotechnology*. 2008, 2008(46), 442-447. ISSN 1330-9862.
- [53] PÉREZ-MARTÍNEZ, Mónica, Patricia SOPELANA, M. Paz DE PEÑA a Concepción CID. Changes in Volatile Compounds and Overall Aroma Profile during Storage of Coffee Brews at 4 and 25 °C. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2008, 56(9), 3145-3154. DOI: 10.1021/jf703731x. ISSN 0021-8561. Dostupné také z: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf703731x>
- [54] BAGGENSTOSS, Juerg, Rainer PERREN a Felix ESCHER. Water content of roasted coffee: impact on grinding behaviour, extraction, and aroma retention. *European Food Research and Technology*. 2008, 227(5), 1357-1365. DOI: 10.1007/s00217-008-0852-8. ISSN 1438-2377. Dostupné také z: <http://link.springer.com/10.1007/s00217-008-0852-8>
- [55] THAMMARAT, Poowadol, Chadin KULSING, Kanet WONGRAVEE, Natchanun LEEPIPATPIBOON a Thumnoon NHUJAK. Identification of Volatile Compounds and Selection of Discriminant Markers for Elephant Dung Coffee Using Static Headspace Gas Chromatography—Mass Spectrometry and Chemometrics. *Molecules*. 2018, 23(8). DOI: 10.3390/molecules23081910. ISSN 1420-3049. Dostupné také z: <http://www.mdpi.com/1420-3049/23/8/1910>
- [56] LEINO, Merja, Anja LAPVETELÄINEN, Pilar MENCHERO, Helena MALM, Jukka KAITARANTA a Heikki KALLIO. Characterisation of stored Arabica and Robusta coffees by headspace-GC and sensory analyses. *Food Quality and Preference*. 1991, 3(2), 115-125. DOI: 10.1016/0950-3293(91)90031-9. ISSN 09503293. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0950329391900319>
- [57] ROCHA, Sílvia, Laura MAEZTU, António BARROS, Concepción CID a Manuel A COIMBRA. Screening and distinction of coffee brews based on headspace solid phase microextraction/gas chromatography/principal component analysis. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2004, 84(1), 43-51. DOI: 10.1002/jsfa.1607. ISSN 0022-5142. Dostupné také z: <http://doi.wiley.com/10.1002/jsfa.1607>

[58] SCHEIDIG, Claudia, Michael CZERNY a Peter SCHIEBERLE. Changes in Key Odorants of Raw Coffee Beans during Storage under Defined Conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2007, 55(14), 5768-5775. DOI: 10.1021/jf070488o. ISSN 0021-8561. Dostupné také z: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf070488o>

7 ZOZNAM PRÍLOH

Príloha 1 Plynový chromatogram pôvodnej vzorky kávy (deň 0)

Príloha 2 Plynový chromatogram vzorky kávy v sklenenej nádobe (35. deň)

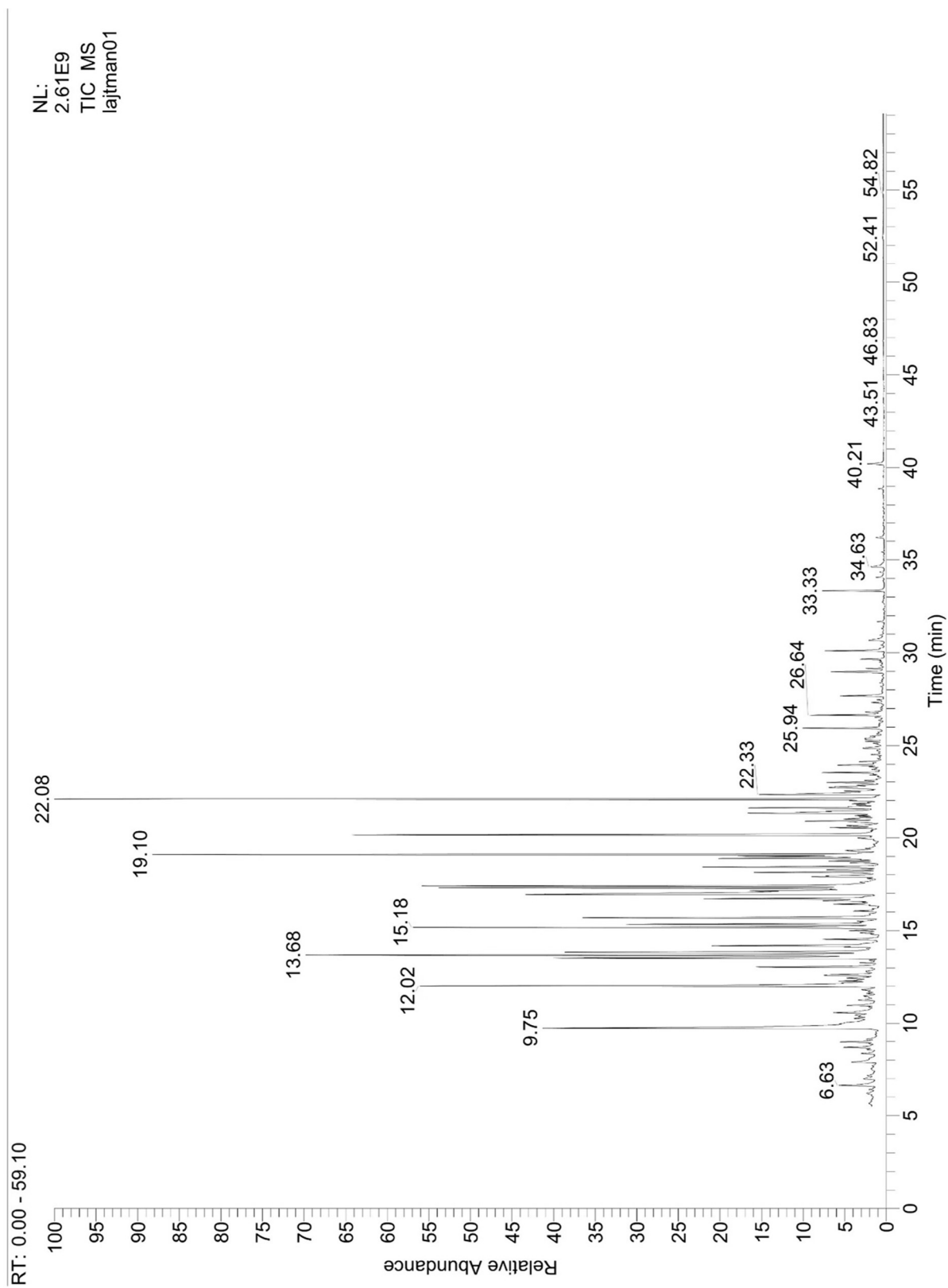
Príloha 3 Plynový chromatogram vzorky kávy vo vrecku s PE vložkou (35. deň)

Príloha 4 Plynový chromatogram vzorky kávy v plechovke (35. deň)

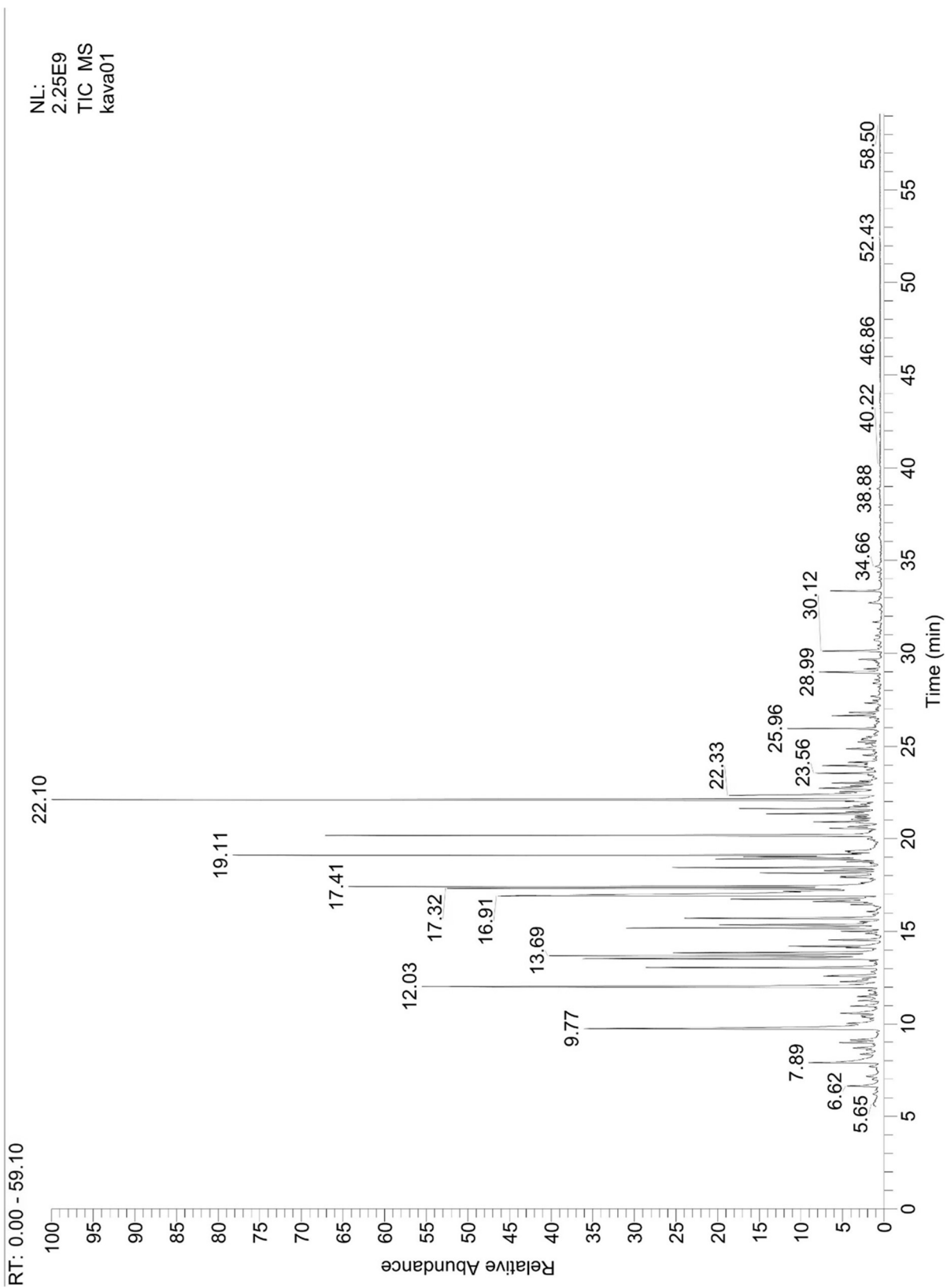
Príloha 5 Plynový chromatogram vzorky kávy v LDPE+Al obale (35. deň)

Príloha 6 Plynový chromatogram vzorky kávy v papierovom vrecku (35. deň)

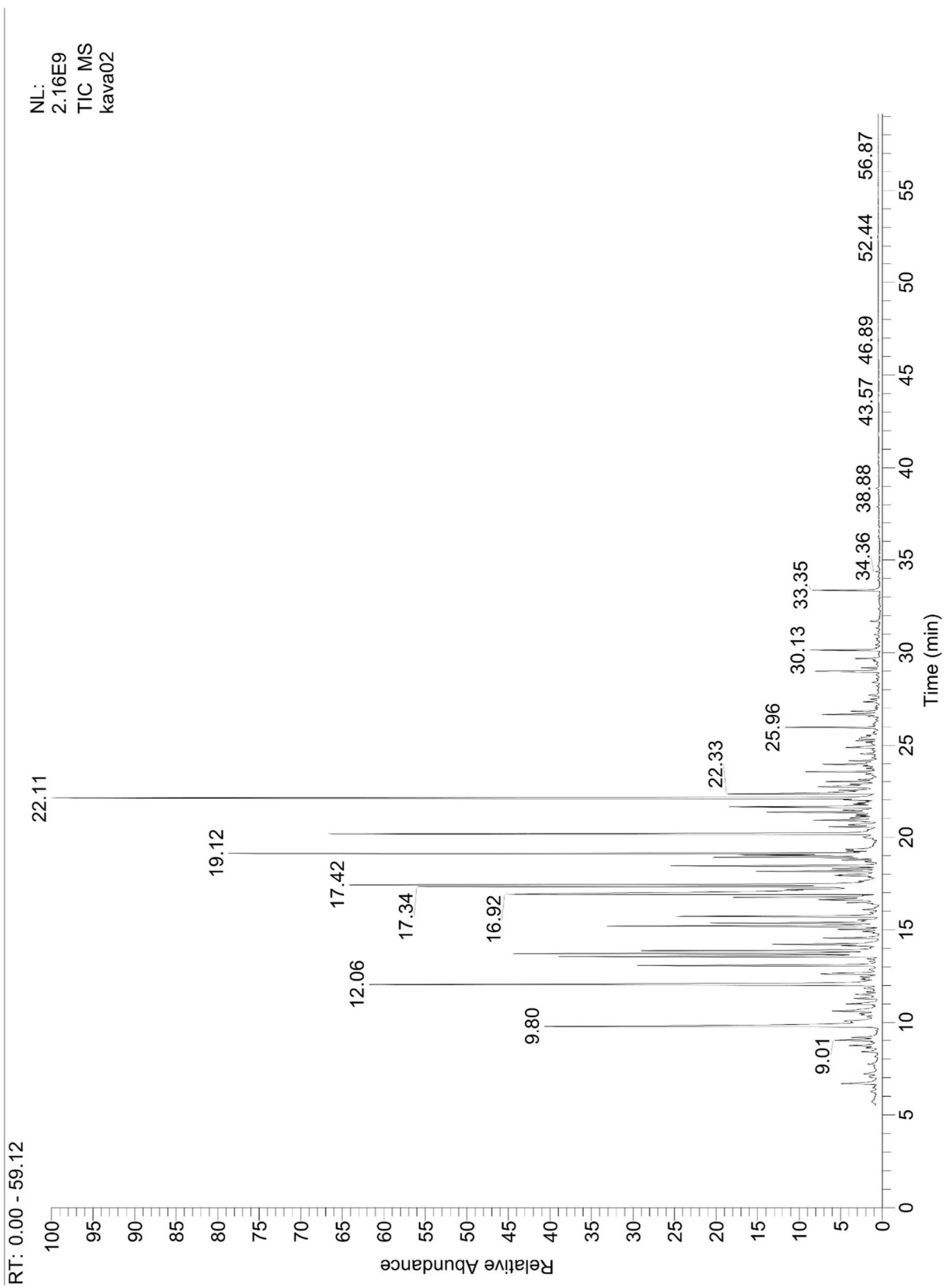
8 PRÍLOHY



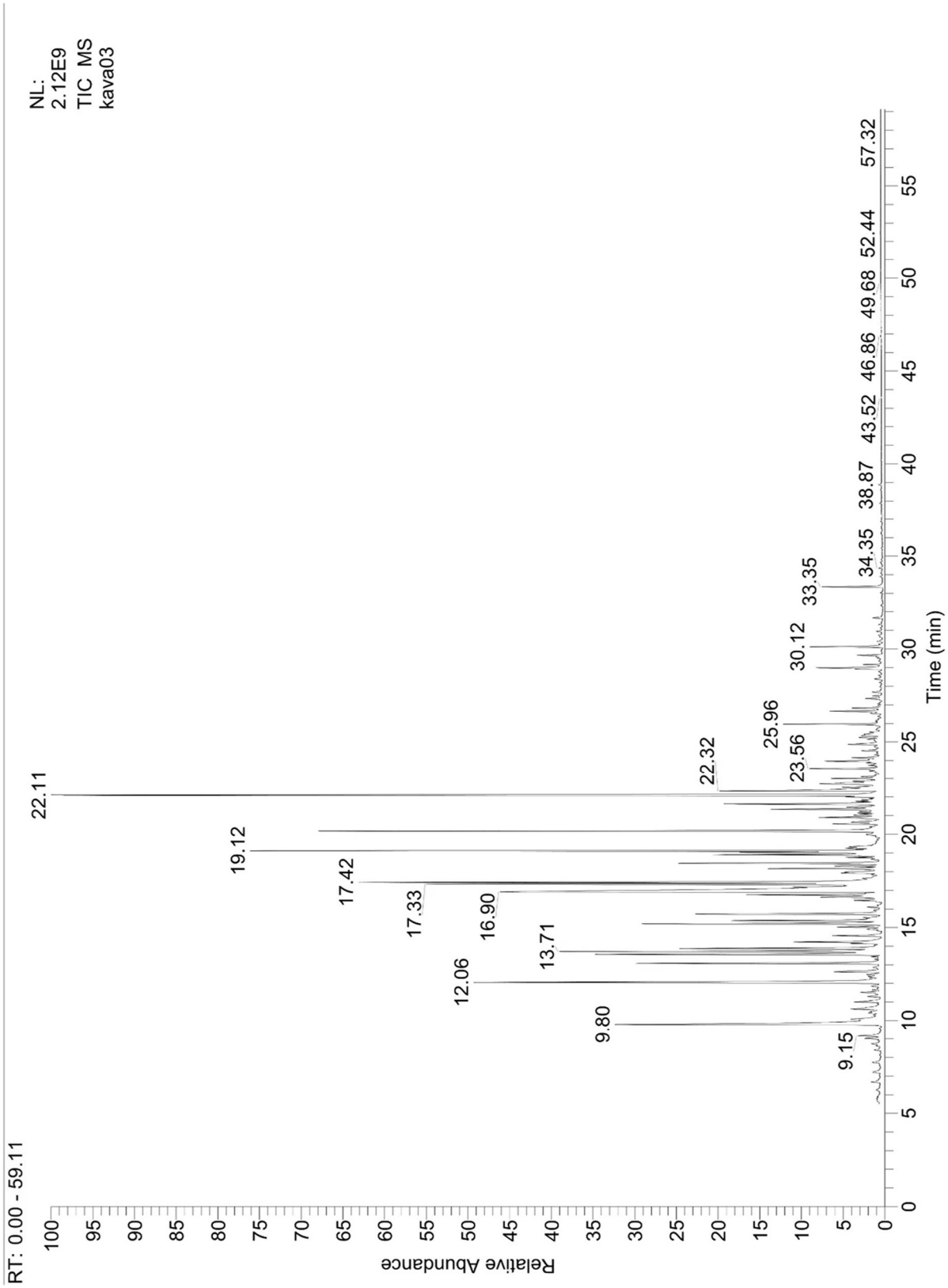
Príloha 1 Plynový chromatogram pôvodnej vzorky kávy (deň 0)



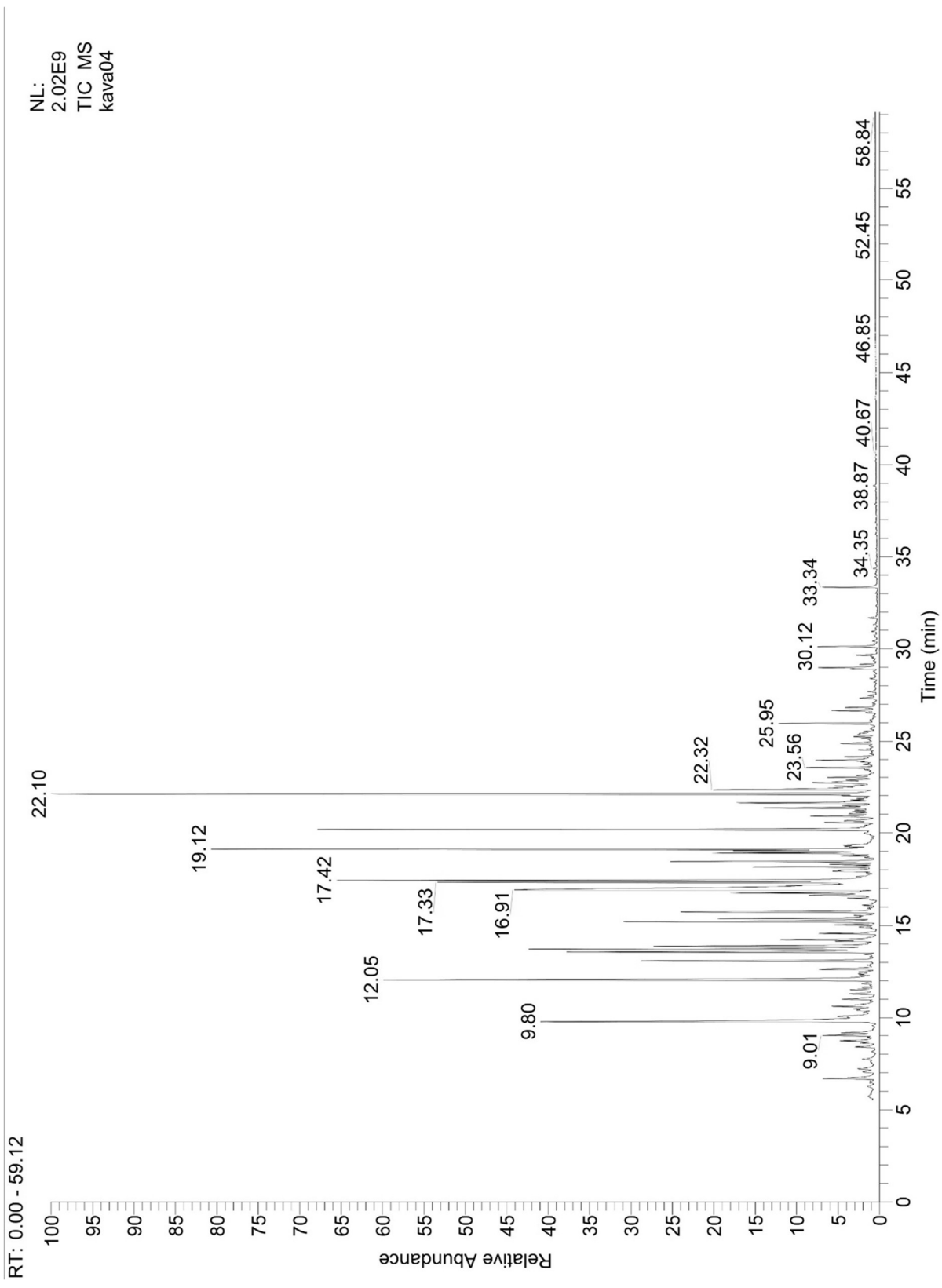
Príloha 2 Plynový chromatogram vzorky kávy v sklenenej nádobe (35. deň)



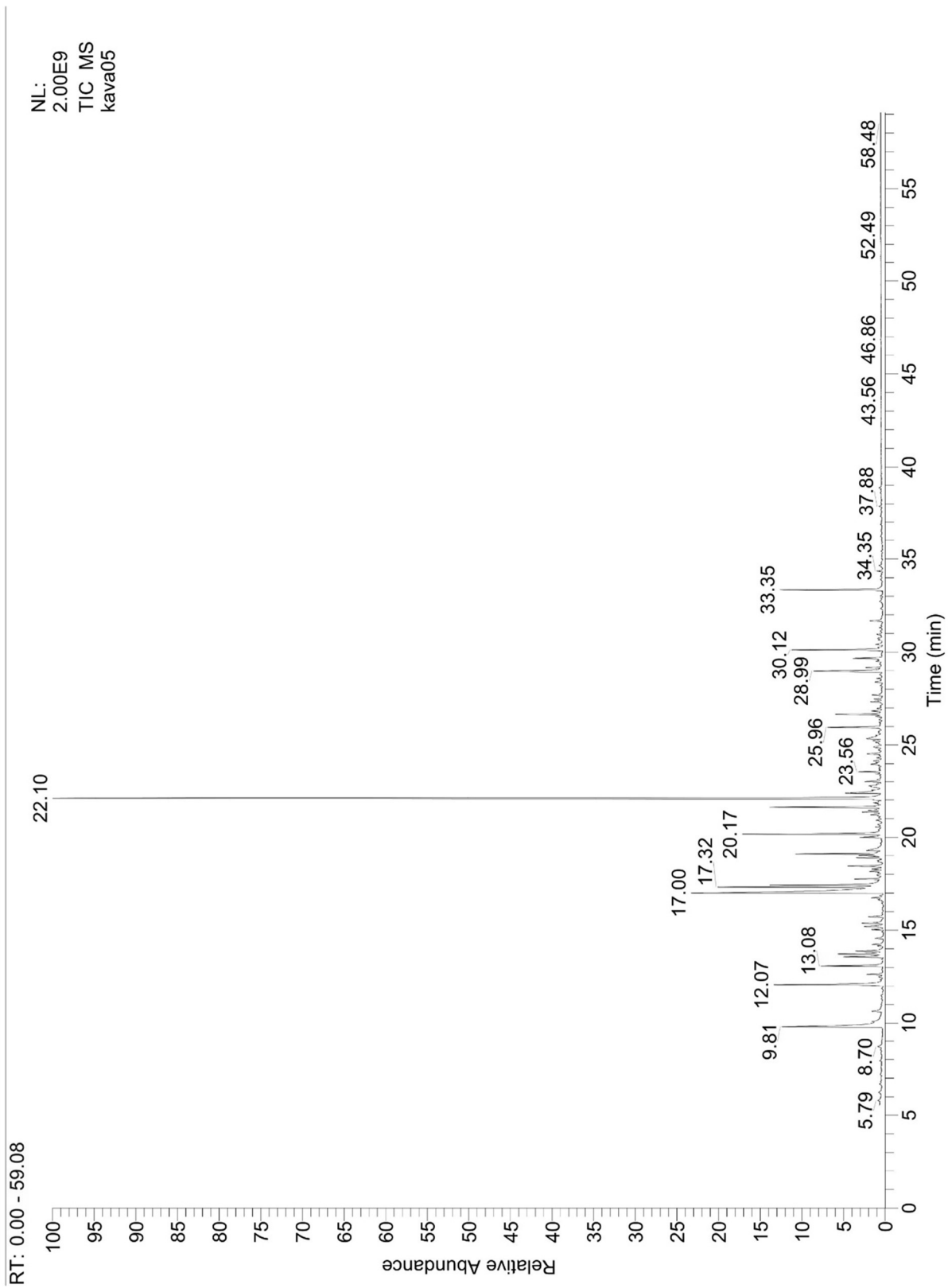
Príloha 3 Plynový chromatogram vzorky kávy vo vrecku s PE vložkou (35. deň)



Príloha 4 Plynový chromatogram vzorky kávy v plechovke (35. deň)



Príloha 5 Plynový chromatogram vzorky kávy v LDPE+Al obale (35. deň)



Príloha 6 Plynový chromatogram vzorky kávy v papierovom vrecku (35. deň)