

Latvia University of Life Sciences and Technologies
Latvijas Lauksaimniecības universitāte

Faculty of Food Technology
Pārtikas tehnoloģijas fakultāte



Mg.sc.sal. Ilze Laukalēja 

**VOLATILE AND BIOACTIVE COMPOUNDS IN
DIFFERENT ROAST LEVEL SPECIALTY COFFEE**

***GAISTOŠIE UN BIOĻĪSĪKI AKTĪVIE SAVIENOJUMI
DAŽĀDA GRAUZDĒJUMA PAKĀPES SPECIALTY KAFIJĀ***

SUMMARY of the Doctoral thesis for acquiring a Doctor of
science (PhD) in Food and Beverage Technologies

Promocijas darba KOPSAVILKUMS
zinātnes doktora (PhD) zinātniskā grāda iegūšanai
pārtikas un dzērienu tehnoloģijās

Jelgava
2022

Scientific supervisor / *Promocijas darba vadītāja*:
Docente / *Assistant professor* **Dr.sc.ing. Zanda Krūma**

Official reviewers / *Darba recenzenti*:

Corresponding member of the Latvian Academy of Sciences / *Latvijas Zinātņu akadēmijas korespondētājlocekle*; Leading researcher / *Vadošā pētniece*, *Dr.sc.ing. Dalija Segliņa* – Institute of Horticulture / *Dārzkopības institūts*;
Professor / *Profesore, Dr.habil. Raquel P. F. Guiné* – Polytechnic Institute of Viseu (Portugal) / *Viseu Politehniskais institūts (Portugal)*
Leading Researcher / *Vadošā pētniece, Dr.chem. Ilva Nakurte* – Institute for Environmental Solutions / *Vides risinājumu institūts*

The defence of doctoral thesis is an open session of the Promotion Board of the Food and Beverage Technology of Latvia University of Life Sciences and Technologies – will be held on 16th June 2022 at 10 AM in auditorium 216 at Faculty of Food Technology of Latvia University of Life Sciences and Technologies, 22a Rigas Street, Jelgava.

Promocijas darba aizstāvēšana notiks Latvijas Lauksaimniecības universitātes Pārtikas un dzērienu tehnoloģijas nozares promocijas padomes atklātajā sēdē 2022. gada 16. jūnijā plkst. 10:00 Pārtikas tehnoloģijas fakultātes 216. auditorijā, Rīgas ielā 22a, Jelgavā.

The doctoral thesis is available at the Fundamental Library of the Latvia University of Life Sciences and Technologies, 2 Liela Street, Jelgava, and online (available: www.kopkatalogs.lv). References should be sent to professor Dr.sc.ing. I. Beitane, the secretary of the Promotion Board of the Food and Beverage Technology, Faculty of Food Technology, 22a Rigas Street, Jelgava LV-3004, Latvia or e-mail: ilze.beitane@llu.lv

Ar promocijas darbu un tā kopsavilkumu var iepazīties LLU Fundamentālajā bibliotēkā, Lielajā ielā 2, Jelgavā un internetā (pieejams: www.kopkatalogs.lv). Atsaukmes sūtīt Pārtikas un dzērienu tehnoloģijas nozares promocijas padomes sekretārei, profesorei Dr. sc. ing. I. Beitānei (Rīgas iela 22a, Jelgava LV-3004, e-pasts: ilze.beitane@llu.lv).

CONTENT

TOPICALITY OF THE RESEARCH	4
APPROBATION OF THE SCIENTIFIC WORK	5
MATERIALS AND METHODS	8
RESULTS AND DISSCUSSION	12
1. Evaluation of a headspace solid-phase microextraction with different fibres for volatile compound determination in specialty coffee.....	12
2. Influence of phenolic and volatile compound composition on specialty coffee cup quality	17
3. The impact of the roasting process on chemical composition and sensory profile in specialty coffee.....	21
4. Aroma-active compound perception in different roast and brew coffee by gas chromatography-olfactometry	25
5. Consumer's perception of specialty coffee with potentially increased bioactive compound content	30
CONCLUSIONS	35

SATURS

PĒTĪJUMA AKTUALITĀTE	36
ZINĀTNISKĀ DARBA APROBĀCIJA	37
MATERIĀLI UN METODEDES	37
REZULTĀTI UN DISKUSIJA	39
1. Specialty kafijas gaistošo savienojumu analīze, izmantojot četras dažādas cietās fāzes mikroekstrakcijas šķiedras.....	39
2. Fenolu un gaistošo savienojumu satura ietekme uz specialty kafijas sensoro kvalitāti.....	41
3. Grauzdēšanas procesa ietekme uz ķīmisko sastāvu <i>specialty</i> kafijā	43
4. Dažādi grauzdētas un pagatavotas kafijas aromātveidojošo savienojumu uztveres izvērtējums, izmantojot gāzu hromatogrāfiju-olfaktometriju	45
5. Patērētāju sensorais novērtējums par dažāda grauzdējuma kafijām ar iespējami lielāku bioloģiski aktīvo savienojumu koncentrāciju.....	47
SECINĀJUMI	48

TOPICALITY OF THE RESEARCH

The specialty coffee market rapid growth in the past decade confirms consumer's interest in high-quality products. Specialty coffee stands for coffee with high-quality standards and guidelines to highlight specific sensory characteristics of coffee with limited defects during production stages (Poltronieri & Rossi 2016; Urwin, Kesa, & Joao 2019). While volatile compounds are comprehensively analysed in commercial coffee, limited research has been published about volatiles, including aroma-active compounds, in specialty coffee. More in-depth gas chromatography-olfactometry analysis about aroma-active compounds in different roast level specialty coffee would provide insights about aroma perception changes during the roasting process.

With increased coffee consumption consumers are not only interested in the sensory quality of coffee but also the possible health effects. Studies have proven that moderate coffee consumption is associated with a reduced risk of cardiovascular and neurological diseases. Additionally, coffee is one of the main polyphenol sources in Eastern European individual diets.

The roasting process is the main production step that impacts the chemical composition of the coffee including both bioactive compound content and volatile compound profile. There are limited studies carried out about complex volatile and bioactive compound analysis in different roast level coffee.

For the adjusted roast level to be practically applied in the specialty coffee market, it is necessary to analyse consumer perception about specialty coffee and consumer purchase intent, if information about potentially increased bioactive compound content was provided.

The **hypothesis** of the doctoral thesis – coffee consumers would prefer specialty coffee due to increased bioactive compound content by adjusted roast level.

The **object** of the doctoral thesis is *Coffea arabica* L. coffee beans at different roast levels.

The hypothesis was confirmed by the five **theses**.

1. Solid-phase microextraction (SPME) fibre coating affects volatile compound extraction and detection in specialty coffee brew.
2. Specialty coffee origin and roasting parameters impact phenolic compound content and sensory quality.
3. Light roast level has a positive effect on phenolic and volatile compound content in specialty coffee.
4. Initial gas chromatography-olfactometry vocabulary allows to detect and describe aroma-active compounds in specialty coffee.
5. Consumer perception of specialty coffee brews can be affected by sensory attributes and potentially increased bioactive compound content.

The **aim** of the doctoral thesis was to evaluate the impact of the roast level on the composition of bioactive compounds and sensory quality in specialty coffee.

To achieve the aim of the doctoral thesis, the following **objectives** have been established.

1. To evaluate different solid-phase microextraction (SPME) fibre influence on specialty coffee brew volatile compound extraction and detection.
2. To analyse phenolic compound content and cup quality profile in different origin and roast specialty coffees.
3. To determinate roasting process influence on volatile compound profile.
4. To evaluate non-volatile compound content changes during the roasting process.
5. To develop an initial gas chromatography-olfactometry vocabulary for specialty coffee.
6. To assess consumer perception of specialty coffee brews with potentially increased bioactive compound content.

The **novelty** of the doctoral thesis.

1. A complex volatile and biologically active compound comparison has been developed for different roast level specialty coffee.
2. Solid-phase microextraction fibre evaluation for improved volatile compound detection in specialty coffee.
3. Volatile and aroma-active compound profile analysis in different roast level specialty coffee;
4. Developed gas chromatography-olfactometry vocabulary allows to analyse aroma-active compound perception in differently roasted and brewed specialty.

The **economic significance** of the doctoral thesis: the completed analysis about the roast level impact on coffee quality and bioactive compound content in specialty coffee provides the coffee roasters with an opportunity to adjust roast parameters.

APPROBATION OF THE SCIENTIFIC WORK

The research results are published **in six scientific issues, including five publications indexed in the international citation databases SCOPUS and Web of Science, and reported at nine international conferences.**

Publication indexed in international citation databases SCOPUS or Web of Science.

1. Laukaleja, I., & Koppel, K. (2021). Aroma-active compound perception in differently roasted and brewed coffees by gas chromatography-olfactometry. *Journal of Sensory Studies*, 36(6), e12708. DOI:10.1111/joss.12708.

2. Laukaleja, I., & Kruma, Z. (2019). Evaluation of a headspace solid-phase microextraction with different fibres for volatile compound determination in specialty coffee brews. *Research for Rural Development*, 1, 215–221. DOI:10.22616/rrd.25.2019.032.
3. Laukaleja, I., & Kruma, Z. (2019). Phenolic and volatile compound composition influence specialty coffee cup quality. *Agronomy Research*, 17(S2), 1367–1379. DOI:10.15159/ar.19.074.
4. Laukaleja, I., & Kruma, Z. (2019). Influence of the roasting process on bioactive compounds and aroma profile in specialty coffee: a review. *Proceedings of 13th Baltic Conference on Food Science and Technology “Food. Nutrition. Well-Being” and NEEFOOD 2019 5th North and East European Congress on Food*, Jelgava: LLU, 7–12. DOI:10.22616/FoodBalt.2019.002.
5. Laukaleja, I., & Kruma, Z. (2018). Quality of Specialty Coffee: Balance between aroma, flavour, and biologically active compound composition: Review. *Research for Rural Development*, 2018, 1, 240–247. DOI:10.22616/rrd.24.2018.038.

Publications in **peer reviewed scientific issues**.

Laukaleja, I., Kruma, Z., & Cinkmanis, I. (2022). The impact of the roast level on chemical composition in coffee from Colombia. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences, Section B: Natural, Exact, and Applied Sciences*, 76(1), DOI:20–26. 10.2478/prolas-2022-0022

Laukaleja, I., & Koppel, K. (2022). Consumer's perception of specialty coffee brews with potentially increased bioactive compound content. *Foods*, 11 (submitted / *iesniegts*).

Results have been presented at nine international conferences in Latvia, Estonia, Germany, Portugal, United States of America.

1. Laukaleja, I., Koppel, K. Consumer's perception of different roast degree coffee brews with potentially increased bioactive compound content, The 14th Pangborn Sensory Science Symposium, Online, 2021, August 9–12 (Poster presentation)
2. Kruma, Z., Laukaleja, I., Cinkmanis, I. The impact of the roasting process on chemical composition and sensory profile in specialty coffee from Colombia EuroFoodChem XX Conference, Porto, Portugal, 2019, June 17–19 (Poster presentation)
3. Laukaleja, I., Kruma, Z., Cinkmanis, I. Sensory profile and phenolic compound composition of specialty coffees from three different regions EuroFoodChem XX Conference, Porto, Portugal, 2019, June 17–19 (Poster presentation)
4. Laukaleja, I., Kruma, Z. Evaluation of a headspace solid-phase microextraction with different fibres for volatile compound determination in

specialty coffee brews 25th Annual International Scientific Conference "Research for Rural Development 2019", Jelgava, Latvia, 2019, May 15–16 (Oral presentation)

5. Laukaleja, I., Kruma, Z. Phenolic and volatile compound composition influence on specialty coffee cup quality International Conference on Biosystems Engineering 2019 "BSE 2019", Tartu, Estonia, 2019, May 8–10 (Oral presentation)
6. Laukaleja, I., Kruma, Z. Influence of the roasting process on bioactive compounds and aroma profile in specialty coffee 13th Baltic Conference on Food Science and Technology "Food. Nutrition. Well-being", Jelgava, Latvia, 2019, May 2–3 (Oral presentation)
7. Laukaleja, I., Kruma, Z. Biologically active compound influence on specialty coffee cup quality 12th World Congress "Polyphenols Application 2018", Bonn, Germany, 2018, September 26–28 (Poster presentation)
8. Laukaleja, I., Kruma, Z. "Quality of specialty coffee: balance between aroma, flavour and biologically active compound composition: a review." 24th Annual International Scientific Conference "Research for Rural Development 2018", Jelgava, Latvia, 2018, May 14–16 (Oral presentation)
9. Laukaleja, I., Kruma, Z. "Influence of brewing method to phenolic composition in specialty coffees," 4th North and East European Congress on Food "NEEFood," Kaunas, Lithuania, 2017, September 11–13 (Poster presentation).

During the PhD studies, the author had an internship at the Center for Sensory Analysis and Consumer Behavior in Kansas State University (United States of America), where experimental work was done. The internship was provided by the Baltic-American Freedom Foundation (BAFF) and the Council on International Education Exchange (CIEE).

The study was partly **financed** by:

- the LLU programme "Strengthening Research Capacity at the Latvia University of Agriculture" grant contract No. 3.2-10/2018/LLU/74 "The changes of biologically active compounds of specialty coffee under the influence of technological processes";
- the "8th European PhD Flavour Research Awards Programme";
- the doctoral studies grant "Transition to the new doctoral funding model at the Latvia University of Life Sciences and Technologies" Contract No. 8.2.2.0/20/I/001.

Doktorantūras studiju laikā promocijas darba autore praktizējās Kanzasas štata universitātes "Patērētāju uzvedības un sensorās zinātnes" centrā (Amerikas Savienotajās Valstīs), kurā tika veikta pētnieciskā darba izstrāde. Prakses vietu un iespēju veikt pētniecisko darbību nodrošināja Baltijas Amerikas

Brīvības fonda (BAFF) un Starptautiskās izglītības apmaiņas padomes (CIEE) piešķirtā **stipendija**.

Promocijas darba izstrāde **līdzfinansēta**:

- pētījuma programmas “Zinātniskās kapacitātes stiprināšana LLU” (2018.–2020.) projekta Nr. 3.2-10/2018/LLU/74 “Specialty kafijas bioloģiski aktīvo savienojumu izmaiņas tehnoloģisko procesu ietekmē” (Z22);
- “8th European PhD Flavour Research Awards” programma;
- ES32 “LLU pāreja uz jauno doktorantūras finansēšanas modeli” projekts Nr. 8.2.2.0/201/001.

MATERIALS AND METHODS

Time and location of the research

Experimental work was conducted in the period from 2017 to 2022 in the scientific laboratories of the Latvia University of Life Sciences and Technologies and Center for Sensory Analysis and Consumer Behavior, Kansas State University (USA).

Structure of the research

The research work consists of 5 stages (Table 1).

Table 1 / 1. tabula

Description of the research stages / Pētījuma posmu raksturojums

Stage / Posms	Description / Raksturojums
Stage I / I posms	Evaluation of a headspace solid-phase microextraction with different fibres for volatile compound determination in specialty coffee / <i>Specialty kafijas gaistošo savienojumu analīze, izmantojot četras dažādas cietās fāzes mikroekstrakcijas šķiedras</i>
Stage II / II posms	Influence of phenolic and volatile compound composition on specialty coffee cup quality / <i>Fenolu un gaistošo savienojumu satura ietekme uz specialty kafijas sensoro kvalitāti</i>
Stage III / III posms	The impact of the roasting process on chemical composition and sensory profile in specialty coffee / <i>Grauzdēšanas procesa ietekme uz ķīmisko sastāvu specialty kafijā</i>
Stage IV / IV posms	Aroma-active compound perception in different roast and brew coffee by gas chromatography-olfactometry / <i>Dažādi grauzdētas un pagatavotas kafijas aromātveidojošo savienojumu uztveres izvērtējums, izmantojot gāzu hromatogrāfiju-olfaktometriju</i>
Stage V / V posms	Consumer's perception of specialty coffee with potentially increased bioactive compound content / <i>Patērētāju sensorais novērtējums par dažāda grauzdējuma kafijām ar iespējami lielāku bioloģiski aktīvo savienojumu koncentrāciju</i>

Description of used materials

Green and roasted *Coffea arabica* L. beans were purchased from local specialty coffee roasteries or roasted at the site. By Specialty Coffee Association standards and protocols, all coffee samples were qualified as specialty coffee with >80 points.

Roasting parameters were adjusted according to green coffee bean density and moisture content and the roaster parameters in order to achieve desired roast level. Sample codes and roasting parameters are illustrated in Table 2.

Table 2 / 2. tabula

Analysed sample codes and roast level parameters / Analizēto paraugu kodi un grauzdēšanas pakāpes parametri

Stage / Posms*	Sample code / Parauga kods	Origin / Izcelsmes valsts	Roast level settings / Grauzdēšanas pakāpes parametri	Roaster / Grauzdēšanas iekārta			
I	II	H_1**	light-medium / viegls-vidējs (193 °C; 11 min)	Besca BSC-01, Turkey			
		K_1			Kenya / Kenija		
		C_1			Columbia / Kolumbija		
	III	Light / Viegls	Colombia / Kolombija	light / viegls (195 °C; 10 min)	Diedrich IR-2.5 roasters (Diedrich Roasters, Ponderay, ID, USA)		
						Medium / Vidējs	medium / vidējs (200 °C; 11 min)
						Dark / Tumšs	dark / tumšs (210 C; 12 min)
						LD***	light / viegls (205 °C; 11 min)
IV	V	Colombia / Kolombija	medium / vidējs (210 °C; 12 min)	Diedrich IR – 2.5 roasters (Diedrich Roasters, Ponderay, ID, USA)			
					LF***		
					MD***		
	VI		Dark / Tumšs	dark / tumšs (215 °C; 13 min)			
						MF***	
						DD***	
	DF***						

■ Samples are not represented at this stage / Paraugi nav iekļauti šajā pētījuma posmā

*Samples for stage I and II were purchased from two different specialty roasteries in Latvia, sample for III, IV and V were roasted at the site of experimental work / Paraugi I un II pētījuma posmā tika iegādāti no divām specialy grauzdētāvēnām Latvijā, paraugi III, IV un V pētījuma posmam tika iegādāti

For H_1 sample natural processing method was applied, for H_2 sample – anaerobic processing method, for H_3 – wet processing method / H_1 paraugam tika izmantota dabīgā (sausā) pārstrādes metode, H_2 paraugam tika izmantota anaerobā pārstrādes metode un H_3 – mazgātā pārstrādes metode. *The first letter represents the roast level (L – light; M – medium; D – dark); the second letter represents the brewing technique (D – automatic drip; F – French press) / Pirmais burts apzīmē grauzdēšanas pakāpi (L – viegls; M – vidējs; D – tumšs); otrs burts apzīmē pagatavošanas metodi (D – automātiskā filtra; F – franču preses).

Methods used in the research

Methods of analyses applied in the research are summarised in Table 3.

Table 3 / 3. tabula

Standards and methods used for analysis /

Analīzēm izmantotie standarti un metodes

Stage / Posms	Parameters / Parameteri	Standards and methods / Standarti un metodes
II	ABTS ⁺ radical scavenging activity / ABTS ⁺ antiradikālā aktivitāte	Re et al. (1999)
III	Acrylamide / <i>Akrilamīds</i>	PB-39/GC ed. IV of 12.01.2018
V	Consumer liking scores / <i>Patērētāju patikšanas vērtējums</i>	Hedonic test / Hedoniskās skalas tests (ISO 11136:2014)
II	Cup quality assessment / <i>Kafijas kvalitātes novērtējums</i>	Specialty coffee cupping protocol / <i>Specialty kafijas kvalitātes novērtēšanas protokols</i> (SCA 2015)
II	DPPH [·] radical scavenging activity / DPPH [·] antiradikālā aktivitāte	Brand-Willieams, Cuvelier, & Berset (1995)
III	Fatty acids profile / <i>Taukskābju profils</i>	PN-EN ISO 12966-1:2015-01, PN-EN ISO 12966-2:2017-05 except p.5.3 and 5.5, PN-EN ISO 12966-4:2015-07
III	Individual phenolics / <i>Atsevišķie fenolu savienojumi</i>	Liquid chromatography method (HPLC) / <i>Augstefektīvo šķidruma hromatogrāfijas metode (AEŠH)</i>
III	Moisture in green and roasted coffee / <i>Mitrums zaļā un grauzdētā kafijā %</i>	ISO 6673:2003 (green coffee) ISO 11294:1994 (roasted coffee)
III	Proteinogenic amino acids / <i>Proteinogēnās aminoskābes</i>	PB-53/HPLC ed. II of 30.12.2008
V	Samples sensory attribute satisfaction rating / <i>Sensoro īpašību patikšanas novērtējums</i>	Penalty analysis and Just-About-Right (JAR) frequencies / <i>Penalty analīze un JAR biežuma mērījumi</i>
II / III	Total flavonoid content / <i>Kopējais flavonoīdu saturs</i>	Zhishen, Mengcheng, & Jianming (1999); Zhishen, Mengcheng, & Jianming (1999)
II / III	Total phenolic content / <i>Kopējais fenolu saturs</i>	Zhishen, Mengcheng, & Jianming (1999); Singleton, Orthofer, & Lamuela- Raventós (1999)
I / II / III	Volatile compounds / <i>Gaistošie savienojumi</i>	Gas chromatography method (GC) / <i>Gāzes hromatogrāfijas metode</i>
IV	Volatile and aroma-active compounds / <i>Gaistošie un aromātveidojošie savienojumi</i>	Gas chromatography-olfactometry method (GC-O) / <i>Gāzes hromatogrāfijas-olfaktometrijas metode</i>

In the **stage I**, different solid phase microextraction (SPME) fibre suitability to efficiently extract volatile compounds from five specialty coffee samples was evaluated. Four different solid-phase microextraction fibres were selected for headspace volatile compound extraction: divinylbenzene/carboxen/polydimethylsiloxane (DVB/CAR/PDMS); carboxen/polydimethylsiloxane (CAR/PDMS); polydimethylsiloxane/divinylbenzene (PDMS/DVB); polyacrylate (PA).

In **stage II** the influence of phenolic and volatile compound composition on specialty coffee cup quality was evaluated.

In **stage III** the chemical composition of different roast level specialty coffee was evaluated.

In **stage IV** aroma-active compound perception in different roast and brew specialty coffee was evaluated and gas chromatography-olfactometry vocabulary was developed. Olfactometry vocabulary with 23 aroma attributes was development and the nasal impact frequency method (NIF) was selected as one of the most efficient and rapid method for volatile compound odour detection (Brattoli et al. 2013; Lawless & Civille 2013). After the second session, the reference material list was finalised for 23 aroma attributes. Example of sensory attributes from the reference material list is illustrated in Table 4.

Table 4 / 4. tabula
Attribute list, reference materials, and preparation of references /
Aromātu referenču materiālu saraksts ar pagatavošanas norādēm

Aroma Attribute / <i>Aromāts</i>	Reference / <i>References materiāls**</i>	Preparation / <i>Pagatavošana ***</i>
Buttery / <i>Sviesta</i>	Land O'Lakes Unsalted butter / <i>sviests</i>	Serve four ½ inch cubes in a medium snifter with a watch glass / <i>četrus ½ collu kubiņus novietot vidēja izmēra brendija glāzē ar pulksteņa stikliņu</i>
Leather / <i>Ādas</i>	leather glove / <i>ādas cimdi</i>	2-inch strip of leather placed in a medium snifter / <i>2 collu ādas sloksne, kas ievietota vidēja izmēra brendija glāzē ar pulksteņa stikliņu</i>
Musty / <i>Mitra pagraba/ pelējuma</i>	2-methoxy phenol / <i>2-metoksifenols</i>	100,000 ppm in propylene glycol, three drops placed on a strip in a sealed tube / <i>100 000 ppm propilēnglikolā no kura trīs pilienus uzpilina uz sloksnes un ievieto noslēgtā mēģenē</i>

The volatile compounds were tentatively identified as aroma-active if: 1) the GC-O retention times matched with GC-MS retention times of potent volatile compounds with ± 0.01 min deviation; 2) aroma peaks that were detected more than four times during GC-O analysis were selected as impact potent odorants for further analysis.

In stage V consumer's perception of specialty coffee was analysed. From 301 screened people, 90 black coffee consumers took part in this study. Consumers were asked to answer nine demographic and coffee consumption-related questions and to perform evaluation of four coffee samples. Four coffee samples were labelled with 3-digit codes, presented monadically in randomised order. After each sample evaluation, participants had a 1-minute break with unsalted crackers and water provided as a cleanout.

The questionnaire included four questions about sensory attributes in the following order: overall like, overall aroma, overall flavour, overall texture. This study used a 9-point hedonic scale (from 1 – dislike significantly to 9 – like extremely) for sensory attribute liking. Consumers were asked to evaluate the sourness and bitterness of coffee samples using the “Just-About-Right” scale (where 1=Not Sour; 2=Not Sour Enough; 3=Just About Right; 4=Slight Too Sour; 5=Much Too Sour). Consumers were asked to answer the last question about how likely they would purchase the coffee sample, knowing it has high antioxidants. This study used a 5-point scale (from 1=Definitely not; 2=Probably not; 3=Possibly; 4=Probably; 5=Definitely) for purchase intent.

Statistical analysis

Shapiro-Wilk test was used for normality test at a significance level of 0.05, and histograms visualised data distribution. To compare differences between the means, single factor and multifactor analysis of variance (ANOVA) following pairwise comparison by Tukey's Honestly Significant Difference (HSD) test was used (significant differences were stated if $p < 0.05$). Agglomerative hierarchical clustering (AHC) with Euclidean distance and Ward's method was used to analyse dissimilarities between samples, consumers and SPME fibres. Principal Components Analysis (PCA) was used to evaluate relationship between variables and samples. Pearson's and Kendall's correlation coefficient at 5% probability levels was calculated to determine associations between results. Penalty analysis, Just-About-Right (JAR) data was applied to determine how much the overall liking and acceptance of the coffee samples were impacted by their flavour attributes (sourness and bitterness). The consumer recruiting electronic questionnaire results were collected by RedJade Sensory Software (Martinez, CA, USA). All statistical analyses were performed using the software program XLSTAT (Addinsoft, New York, NY, USA).

RESULTS AND DISCUSSION

1. Evaluation of a headspace solid-phase microextraction with different fibres for volatile compound determination in specialty coffee

With headspace solid-phase microextraction (SPME) 76 compounds belonging to 16 chemical classes were extracted from coffee samples. A

significant relationship between SPME fibres and chemical compound classes have been detected by Chi-Square test ($p < 0.05$). The CAR/PDMS fibre could extract volatile compounds from all chemical classes while PA fibre could extract only from eight classes.

Previous studies have suggested that from all volatile compounds (~950) only 20–25 can significantly impact the aroma and flavour of coffee, these compounds have been detected particularly in specialty coffee (Sobreira et al. 2015; Laukaleja & Kruma 2018; Zamora-Ros et al. 2018). Consistent with the literature, this research found that CAR/PDMS fibre was able to extract 17 volatile compounds, DVB/CAR/PDMS – 15, PDMS/DVB – 13; PA – six important specialty coffee volatile compounds.

Only the CAR/PDMS fibre could extract acetaldehyde, this finding was also reported by Caprioli et al. (2012). A possible explanation for this might be the low boiling point of aldehydes. The PDMS/DVB fibre showed significantly higher peak area for 1-(2-furanylmethyl)-1h-pyrrole compound (savory, vegetable aroma notes) extraction. The PDMS/DVB fibre was selected by Ribeiro et al. (2009) to predict sensory properties of Brazilian *Coffea arabica* L. roasted coffees, concluded the importance of the method for future alternative coffee beverage quality monitoring. Although in this study the PDMS/DVB fibre was not able to extract four important volatile compounds in specialty coffee.

From 17 important specialty coffee volatile compound, eight compound peak areas showed significant differences between SPME fibres (Table 5). Previous studies have shown that the CAR/PDMS fibre can better extract compounds with low boiling points compared to other SPME fibres (Salum et al. 2017; Dadalı & Elmacı 2019). The CAR/PDMS fibre shows the highest peak areas for eight volatile compounds. All these compounds are associated with fruity, caramel, floral aroma notes.

In accordance with previous studies bipolar fibres such as DVB/CAR/PDMS, CAR/PDMS and PDMS/DVB can extract a wider composition of volatile compounds (Spietelun et al. 2010; Mestdagh et al. 2014). It could be explained by CAR large surface area with micro and macro pores structure. The results align with Roberts, Pollien, & Milo (2000) study, where CAR/PDM fibre could extract small molecules like acetaldehyde and organic acids more than other fibres.

Akiyama et al. (2007) have reported that CAR/PDMS fibre could not extract all phenolic compounds from ground coffee samples. The main advantage of PA fibre is the extraction of phenolic compounds with a higher peak area than other fibres. However, phenolic compounds such as 4-vinylguaiacol or 4-ethyl-2-methoxyphenol are not typical volatile compounds found in specialty coffee due to unpleasant aroma characteristics and their higher concentration in dark roast level coffee (Dorfner et al. 2003; Akiyama et al. 2007; Yang et al. 2016).

Table 5 / 5. tabula

Identified important volatile compounds in specialty coffee using four different SPME fibres /
Identificētie sensorai kvalitātei nozīmīgākie gaistošie savienojumi specialty kafijā, izmantojot četras CFME šķiedras

Compounds / Savienojumi	Coffee volatile peak area / Kafijas gaistošo savienojumu snaižu laukums ($\times 10^8$)*				Compound sensory description / Savienojumu sensorās īpašības**
	CAR/PDMS	DVB/CAR/PDMS	PDMS/DVB	PA	
1-(2-Furanylmethyl)-1h-pyrrole / 1-(2-Furanilmetil)-1h-pirols	3.53	2.97	6.38	-	vegetables / dārzeņu
2,3-Pentanedione / 2,3-Pentāndions	48.81	19.64	6.75	-	buttery / sviesta
5-Methyl-2-furancarboxaldehyde / 5-Metil-2-furānkarboksaldehīds	127.43	56.01	31.18	5.04	caramel / karameles
2-Furanmethanol / 2-Furānmetanols	73.31	35.85	19.71	10.25	floral / ziedu
Furfuryl acetate / Furfurilacetāts	55.82	48.37	41.75	2.23	floral, fruity / ziedu, augļu
3-Methyl-butanal / 3-Metil-butanāls	27.43	5.47	13.87	0.61	fruity / augļu
2-Methylfuran / 2-Metilfurāns	32.20	4.82	0.59	-	roasted almond, coffee / grauzdētas kafijas
Furfural / Furfuols	164.31	73.77	26.17	6.86	caramel / karameles
4-Methyl-pyrimidine / 4-Metil-pirimidīns	20.18	13.30	1.87	-	popcorn / popkorna

*Significance differences between SPME fibres at $p < 0.05$ / Būtiskas atšķirības starp CFME šķiedrām ($p < 0.05$)

**According to previous studies / *Atsaucoties uz iepriekšējiem pētījumiem*: Mondello et al. (2005), Somporn et al. (2011), Mestdagh et al. (2014), Piccino et al. (2014), Toledo et al. (2016), Yang et al. (2016)

The possible explanation could be the polar compound coating material, which has shown a disadvantage to extracting nonpolar compounds (Spietelun et al. 2010).

The **principal component analysis** reduced variables in components, and the first two components represented 57.12 % of the total variance. Axis F1 (first principal component) accounts for 41.94% and F2 (second principal component) accounts for a further 15.19% of the total variance (Fig. 1).

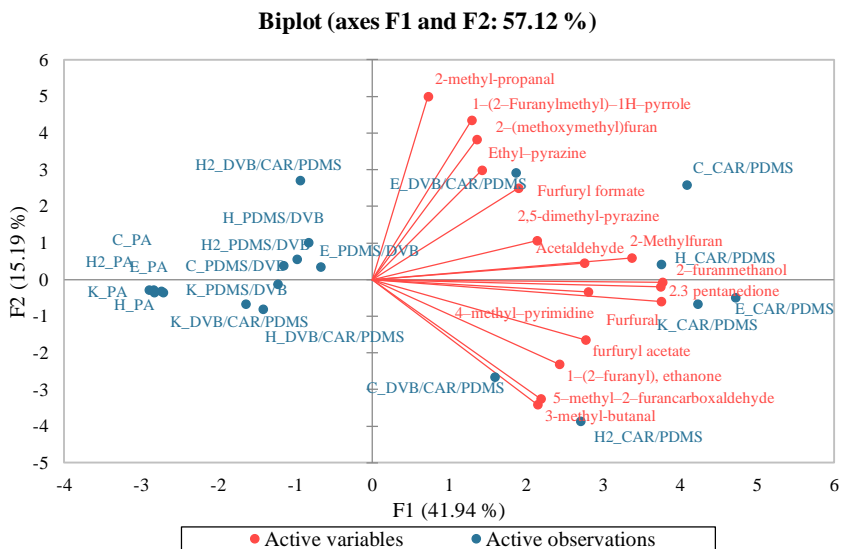


Fig. 1 Biplot diagram by principal component analysis of five coffee brew samples with four different SPME fibres /

1. att. Galveno komponentu analīzes biplot diagramma, analizējot piecu kafijas dzērienu paraugu gaistošo savienojumu ekstrakciju, izmantojot četras dažādas CFME šķiedras

In the biplot, Kenya (K_) and Honduras (H_) samples, extracted with all four fibres, and Colombia (C_), Ethiopia (E_) samples, extracted with CAR/PDMS, PDMS/DVB and PA were classified in the first principal component. In second principal components, samples extracted with DVB/CAR/PDMS fibre were classified. Due to the specific volatile profile, Honduras_2 samples were classified differently with all four fibres. The results can be explained by the applied processing method. Honduras_2 was the only coffee with anaerobic fermentation method used in coffee processing step, while for the other four coffees natural processing method was applied. During the anaerobic process, the sugar is more intensely converted and in the result coffee develops specific

fermented aroma and flavour notes (Geromel et al. 2008; Taveira et al. 2015). The PCA showed a positive correlation between different origin coffee samples analysed with CAR/PDMS fibre and majority of volatile compound peak areas, while coffee samples analysed with PDMS/DVB and PA showed strong negative correlation with the same volatile compounds.

Agglomerative hierarchical clustering (AHC) was performed to evaluate if the volatile compounds are grouped by the coffee samples or by SPME fibres. The results of AHC analysis were illustrated by dendrogram (Fig.2).

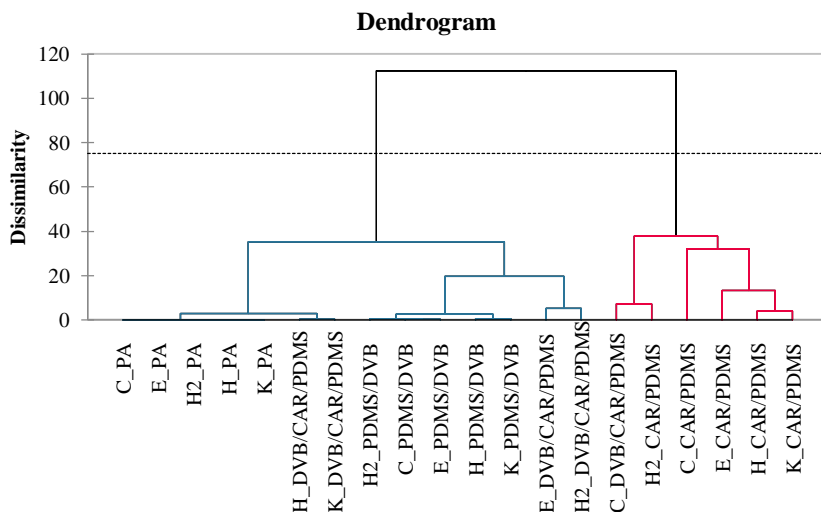


Fig. 2 Dendrogram (AHC analysis) representing volatile compound dissimilarity relationships of coffee samples and SPME fibres /

2. att. Aglomeratīvās hierarhisko klasteru analīzes dendrogramma, ilustrējot gaistošo savienojumu atšķirīguma attiecības starp kafijas paraugiem un CFME šķiedrām

The AHC analysis grouped the coffee volatiles into two clusters. First cluster is more homogeneous and represents DVB/CAR/PDMS, PDMS/DVB, PA fibres and the second cluster represents CAR/PDMS fibre. Only C_DVB/CAR/PDMS was grouped with CAR/PDMS fibre.

The given data could indicate that the DVB/CAR/PDMS fibre only from Colombia coffee could extract volatile compounds as efficient as CAR/PDMS fibre. The AHC and PCA analysis confirmed the importance of SPME fibre coating selection for analysis of coffee volatile profile, because samples were classified based on fibre coating, not the coffee origin.

2. Influence of phenolic and volatile compound composition on specialty coffee cup quality

The cup quality assessment showed that coffee samples scored in the range 83.00–90.25 (Table 6). The lowest score (83 points) had SAL_1, and the highest score was for the HON_2 coffee sample (90.25). These results could be explained by the acidity and sweetness balance in coffee.

Table 6 / 6. tabula

Final cup quality scores with sensory description /
Kafijas paraugu kvalitātes novērtējums (Laukaleja & Kruma 2019)

Roastery / Graudzētava	Coffee sample / Kafijas paraugs	Final cup quality score / Kopējais kvalitātes vērtējums	Sensory description / Sensorais raksturojums
R_1	HON_1	86.50	plum, grapes, red pepper, toffee (caramel) / <i>plūme, vīnogas, sarkanie pipari, īriss (karamele)</i>
	KEN_1	88.75	blackberry, red pepper, roses, dark chocolate / <i>kazenes, sarkanie pipari, rozes, tumšā šokolāde</i>
	COL_1	89.00	pineapple, dried apricot, elderflower / <i>ananāss, kaltētas aprikozes, plūškoka ziedi</i>
R_2	HON_2	90.25	dried fruits, passion fruit, melon, kombucha / <i>kaltēti augli, pasifloras auglis, melone, kombuča</i>
	ETH_1	88.25	lime, jasmine, chocolate cream, cherry brandy / <i>laims, jasmīns, šokolādes krēms, ķiršu brendija</i>
	HON_3	85.00	cacao, red apples, dried fruits / <i>kakao, sarkanie āboli, kaltēti augļi</i>
	SAL_1	83.00	nutty and creamy / <i>riekstu un krēms</i>

It has been suggested that the balance between acidity and sweetness is correlated with a higher final cup quality score, as shown in Alex et al. (2016) study that analysed the relationship between coffee plantation regions in Brazil and cup quality attributes. Borém et al. (2016) reported that final cup quality scores could be influenced by sucrose content in green coffee and sourness level in the roasted coffee brew. The higher sucrose content in green coffee has shown positive correlation with acidity, sweetness in final cup quality. Pleasant acidity mostly is associated with dry fruit taste (Poltronieri & Rossi, 2016), and this

could be the reason why HON_2 with dry fruits and melon characteristics showed the highest final cup quality score.

The major **volatile compounds** were furans, pyrazines, aldehydes, and ketones. Volatiles from furan chemical class set the highest concentration in coffee, although aldehydes, ketones and pyrazines can crucially impact the aroma profile of coffee brew (Gruczyńska et al. 2018; Cordoba et al. 2019). Several studies have approved the positive correlation between coffee cup quality and volatile compound concentration with floral, fruity aroma notes (Piccino et al. 2014; Poltronieri & Rossi, 2016). Chemical classes such as ketones and aldehydes are associated with a floral, fruity aroma and pleasant acidity in coffee. In Caporaso, Whitworth, Cui, & Fisk (2018b) study a positive correlation was detected between aldehydes and ketones, but a negative correlation between aldehydes and pyrazines. Ribeiro et al. (2009) study stated that a higher concentration of 5-methyl-2-furancarboxaldehyde and furfural increased the overall quality of Brazilian *Coffea arabica* L. coffee samples. The present study found correlation between final cup quality scores and 2-furanmethanol ($r=0.616$; $p=0.036$) and strong correlations between 2-furanmethanol and 5-methyl-2-furancarboxaldehyde ($r=0.920$; $p=0.003$) and furfuryl acetate ($r=0.879$; $p=0.009$).

It has been suggested that the fermentation process during coffee fruit harvesting could have a critical role in coffee brew sensory quality. In that case, where the fermentation process is not maintained during the coffee bean and post-harvesting step, the desired aldehyde and ketone compounds can quickly transform into alcohols. As a result, it can imbalance the coffee volatile compound composition (Preedy 2015). Isoamyl acetate, detected in HON_2 coffee sample has a specific fermented aroma and flavour, with potential brandy, overripe fruit notes (Toledo et al. 2016). In sensory analyses, panellists detected kombucha (non-alcoholic fermented beverage) notes. Fermented flavour notes are associated with positive cup quality characteristics in this situation. The high final cup quality score was in line with the trend in specialty market – exploring the fermented and specific aroma notes (Sepúlveda et al. 2016).

Some compounds were only detected in specific coffee sample. The dihydro-2-methyl-3-furanone was only detected in the KEN_1 coffee sample, while 2-methoxy-4-vinylphenol was detected in HON_1 coffee sample. In coffee sample from Ethiopia 2-(methoxymethyl)furan and in coffee sample from Colombia 1-(2-furanyl)-ethenone was detected.

Toledo et al. (2016) confirmed that coffee furanone (dihydro-2-methyl-3-furanone) concentration has a strong association with final cup quality scores. All detected volatile compounds in KEN_1 is associated with positive specialty coffee characteristics (Steen et al., 2017). The ETH_1 coffee with the final cup quality score of 88.25 showed the highest concentration of furfuryl acetate, 2-furan methanol (fruity, floral aroma notes) and 2-methylbutyaldehyde,

2-methyl-propanal (coffee-like, roasted aroma notes). None of the coffee samples had compounds associated with defective coffee quality attributes (phenolic, pungent, ashy aroma notes).

Significant differences for phenolic compounds were detected between different coffee roasteries (Fig. 3). It can be associated with different technical conditions in the roasting process and with the specific characteristics of each origin. The coffee samples from Roastery_1 was roasted at a lower temperature and for a shorter roasting time, which could confirm the phenolic compound sensitivity to temperature.

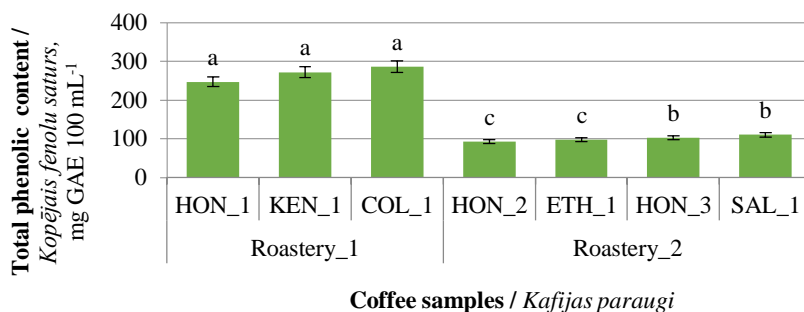


Fig. 3 Total phenolic content in different origin and differently roasted coffee / 3. att. Kopējais fenolu saturs dažādu izcelsmes valstu un grauzdējuma kafijas dzērienu

Total flavonoid content in coffee brews showed a similar pattern (Fig. 4). The highest phenolic and flavonoid content were detected in COL_1, KEN_1 and HON_1 and the lowest in HON_2 and ETH_1. From the volatile compounds profile, COL_1 showed a more balanced composition than HON_2. COL_1 volatile compound profile had a fruity and floral aroma, flavour notes from organic acids and phenolic acids. However, HON_2 dominated in higher nutty, chocolate flavour notes from furans. It has been proven that between green coffee samples, the compositions of phenolic compounds are similar, but between roasted coffee samples, the phenolic compound composition can change significantly for various reasons, for example, roasting temperature, time, storage etc. (Somporn et al., 2011; Cheong et al., 2013), this can be one of the main reasons why results for high-quality coffees have significant differences between roasteries.

ABTS•+ and DPPH• radical scavenging activity was significantly different between almost all coffee samples. Interestingly, the data showed significant difference between COL_1 and HON_2 samples for DPPH• antiradical activity, while the same samples showed no significant differences for ABTS•+

antiradical activity. The HON_1 sample showed the highest DPPH• (832.44 $\mu\text{mol Trolox equivalent mL}^{-1}$) and ABTS•+ (34.13 $\mu\text{mol Trolox equivalent mL}^{-1}$) values. Meanwhile both SAL_1 and HON_3 samples showed the lowest DPPH• value (505.20 $\mu\text{mol Trolox equivalent mL}^{-1}$).

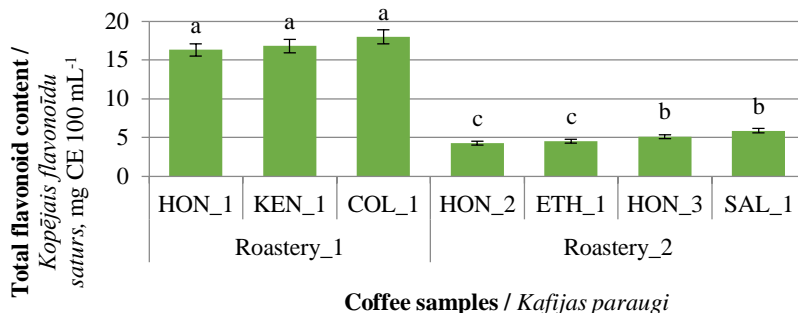


Fig. 4 Total flavonoid content in different origin and differently roasted coffee brews / 4. att. Kopējais flavonoīdu saturs dažādu izcelsmes valstu un grauzdējuma kafijas dzērienos

Surprisingly, when grouping coffee brews by roasteries, strong positive correlation was detected between final cup quality scores and total phenolic and flavonoid content in coffee brews from Roastery_1, and strong negative correlation was detected in coffee brews from Roastery_2 (Table 7). Only for Roastery_2 coffee brews significant negative correlation was detected between final cup quality scores and ABTS•+, DPPH• radical scavenging activity.

Table 7 / 7. tabula

Correlation between final cup quality scores and phenolic compound content in different roastery coffee / Korelācija starp kafijas sensorās kvalitātes novērtējumu un kopējo fenolu saturu dažādu grauzdētavu kafijas dzērienos

Pearson correlation / Pīrsona korelācija		TPC	TF	ABTS•+	DPPH•
R_1_Final cup quality score / R_1 Kafijas kvalitātes vērtējums	Coefficient / Koeficients, <i>r</i>	0.959	0.745	0.464	0.464
	Sig.2-tailed*	<0.000	0.021	0.208	0.208
R_2_Final cup quality score / R_2 Kafijas kvalitātes vērtējums	Coefficient / Koeficients, <i>r</i>	-0.851	-0.879	-0.825	-0.951
	Sig.2-tailed*	0.000	0.000	0.001	<0.000

*Numbers in **bold** are significant at $p < 0.05$ / Vērtības **treknrakstā**, norādā uz būtisku korelāciju ($p < 0.05$)

The opposite correlations between two roasteries could suggest that roasting process parameters influence important chemical compound content in coffee brews differently. Roastery_1 coffee volatile compound profile is more balanced and focused on fruity and floral compounds, like furfuryl acetate, 2-furanmethanol, while Roastery_2 coffee volatile compounds profiles have a higher number of volatile compounds with roasted, chocolate notes, for example, 2-methylpropanal, 4-methylpyrimidine.

The analysis of other studies about the phenolic content correlation with sensory results in coffee shows opposite results about cup quality and phenolic compound composition. In some research studies, phenolic compounds like 5-caffeoylquinic acid (5-CQA) and feruloylquinic acid (5-FQA) is associated with lower cup quality because of the bitterness (Fujioka & Shibamoto 2008). Frank et al. (2007) analysis of bitter-tasting compounds in roasted coffee states that 5-CQA is associated with coffee-like bitterness, caffeic acid with strong roasted coffee bitterness and only ferulic acid and trigonelline has an association with harshly strong bitterness. The phenolic compounds such as 2-methoxy-4-vinylphenol brings pleasant spicy, floral notes to coffee brew in low concentrations (Piccino et al. 2014). In low concentrations, 2-methoxy-4-vinylphenol was detected in Roastery_1 Kenya_1 coffee brew and its volatile compounds sensory descriptions match with the panellists compound sensory description. Previous studies suggest that individual phenolic compounds could affect the overall sensory characteristics of the coffee differently. Moon and Shibamoto (2009) research states that phenolic compounds such as 2-methoxyphenol, chlorogenic acids and 2-methoxy-4-vinylphenol rapidly decreases after light roast level. While, caffeic acid, catechol increases with the roast level bringing harsh bitterness to the coffee brew. Zanin et al. (2016) state that it is possible to contain good cup quality coffee without losing the valuable chlorogenic acid content. These findings indicate that it is essential to determine individual phenolic content and analyse its correlation with the sensory assessment results.

3. The impact of the roasting process on chemical composition and sensory profile in specialty coffee

Moisture content ranged from 10.7% in green coffee and rapidly decreased to 3.0% in light roasted coffee, 2.2% in medium roasted, and 2.0% in dark roasted coffee. Moisture content in green coffee beans was in line with other studies and was under 11%, which is suggested to maintain the quality standards for specialty coffee (Borém et al. 2016; Tolessa et al. 2016). Some studies have linked moisture content with pH in coffee (Lee, Kim and Lee, 2017). The pH increased with the increased roast level, and these findings are consistent with Rao, Fuller, & Grim (2020) study. Tassew et al. (2021) suggest that the pH strongly correlates

with acidity, body, and overall score of coffee quality. The aliphatic acid formation could determine the changes in pH from carbohydrate degradation during the roasting process. For example, formic acid and acetic acid are associated with lower pH in light roasted coffee (Ginz et al. 2000; Rao, Fuller, & Grim, 2020).

The amino acid content in different roast levels of coffee is shown in Table 8. Among 17 amino acids, 13 showed the highest concentration in medium roasted coffee.

Table 8 / 8. tabula
Amino acid content in different roast level coffee beans /
Aminoskābju saturs dažāda grauzdējuma pakāpes kafijas pupiņās

Amino acids / <i>Aminoskābes</i>	Amino acid content / <i>Aminoskābju saturs, g 100 g⁻¹</i>			
	Green coffee / <i>Zaļā kafija</i>	Light / <i>Viegls</i>	Medium / <i>Vidējs</i>	Dark / <i>Tumšs</i>
Aspartic acid / <i>Asparagīnskābe</i>	0.85	0.68	0.75	0.69
Glutamic acid / <i>Glutamīnskābe</i>	1.99	1.84	2.15	2.11
Serine / <i>Serīns</i>	0.52	0.31	0.3	0.2
Glycine / <i>Glicīns</i>	0.65	0.58	0.68	0.67
<i>Histidine / Histidīns</i>	0.22	0.17	0.19	0.18
<i>Arginine / Arginīns</i>	0.6	0.1	0.08	0.06
Threonine / <i>Treonīns</i>	0.61	0.53	0.59	0.55
Alanine / <i>Alanīns</i>	0.46	0.43	0.51	0.51
Proline / <i>Prolīns</i>	0.57	0.51	0.59	0.61
Tyrosine / <i>Tirozīns</i>	0.32	0.28	0.33	0.33
Valine / <i>Valīns</i>	0.52	0.47	0.53	0.53
Methionine / <i>Metionīns</i>	0.14	0.14	0.15	0.15
Cysteine / <i>Cisteīns</i>	0.15	0.06	0.045	0.03
Isoleucine / <i>Izoleicīns</i>	0.34	0.31	0.35	0.35
Leucine / <i>Leicīns</i>	0.85	0.78	0.91	0.92
Phenylalanine / <i>Fenilalanīns</i>	0.52	0.47	0.55	0.55
Lysine / <i>Lizīns</i>	0.58	0.08	0.09	0.077

Numbers in **bold** indicate significant correlation between amino acid and roast level by Pearson correlation coefficient at significance level $p < 0.05$ / *Vērtības, izceltas treknrakstā, norāda uz būtisku saistību starp aminoskābes saturu un grauzdēšanas pakāpi pēc Pīrsona korelācijas pie būtiskuma līmeņa $p < 0.05$*

Only serine and cysteine concentration decreased with increased roast level. Glutamic acid showed the highest concentration in all roast levels compared to other amino acids. There were no associations found between roast levels and amino acid concentration with Fisher's exact test. Although between several amino acids, strong correlations were observed, especially in medium roast level coffee.

Arginine had a strong correlation with cysteine ($r=0.999$; $p<0.05$), glutamic acid with glycine ($r=1.000$; $p<0.05$). Leucine strongly correlated with alanine, tyrosine, valine, methionine, isoleucine, and phenylalanine ($r=0.998$; $p<0.05$). Strong correlations were also detected between alanine, tyrosine, valine, methionine, isoleucine, phenylalanine ($r=1.000$; $p<0.05$). The roasting process did not show direct associations with the amino acid profile. In line with previous studies, glutamic and aspartic acids are the dominant amino acids in roasted coffee (Bressanello et al. 2017).

Fatty acid content was significantly affected by roast level. The saturated fatty acid, monounsaturated fatty acid, and polyunsaturated fatty acid content were the highest in medium roasted coffee and the lowest in the light roasted coffee. The highest total phenolic and flavonoid content was found in light roasted coffee (292.85 mg GAE 100 mL⁻¹ and 18.26 mg CE 100 mL⁻¹ respectively) and the lowest in dark roast coffee (246.17 mg GAE 100 mL⁻¹; 15.79 mg CE 100 mL⁻¹) (Table 9).

Table 9 / 9. tabula

**Total phenolic and flavonoid content in different roast level coffee brew /
Kopējo fenolu un flavonoīdu sastāvs dažāda grauzdējuma pakāpes kafijas
dzērienā**

Roast Level / Grauzdējuma pakāpe	TPC (mg GAE 100 mL⁻¹) ±SD	TF (mg CE 100 mL⁻¹) ±SD
Light / <i>Viegls</i>	292.85±0.04a	18.26±0.21a
Medium / <i>Vidējs</i>	265.30±0.08b	16.69±0.23b
Dark / <i>Tumsšs</i>	246.17±0.02c	15.79±0.25c
p value / <i>p vērtība</i>	<0.0001	<0.0001

Different letters in column indicate statistically significant differences between roast levels / *Vērtības, atzīmētas ar atšķirīgiem burtiem kolonās, norāda uz būtiskām atšķirībām starp grauzdēšanas pakāpēm (p<0.05)*

Individual phenolic compound content is illustrated in Table 10. The highest concentration irrespective of the roast level showed 3,5-dihydroxybenzoic acid and chlorogenic acid, although their concentration decreased most rapidly. For example, the chlorogenic acid concentration decreased from 117.54 mg mL⁻¹ in the light roasted coffee to 53.0 mg mL⁻¹ in the dark roasted coffee. Only sinapic and 4-hydroxybenzoic acid increased with the increased roast level.

Table 10 / 10. tabula

Individual phenolic compound concentration in different roast level coffee brew / Atsevišķo fenolu savienojumu koncentrācija dažāda grauzdējuma pakāpes kafijas dzērienā

Coffee sample / Kafijas paraugi	Individual phenol concentration ± standard deviations / Atsevišķo fenolu koncentrācija un ± standarta novirze, mg 100 mL ⁻¹		
	Light / Viegls	Medium / Vidējs	Dark / Tumšs
Gallic acid / Gallskābe	0.02±0.03b	0.07±0.00a	0.07±0.00a
3,5-Dihydroxybenzoic acid / 3,5-Dihidroksibenzoskābe	217.24±0.96a	182.68±0.63b	114.81±0.45c
Catechin / Katehīns	2.54±0.19a	2.62±0.10a	1.91±0.14b
4-hydroxybenzoic acid / 4-Hidroksibenzoskābe	1.95±0.04c	2.92±0.02b	3.66±0.08a
Chlorogenic acid / Hlorogēnskābe	117.54±3.41a	96.00±1.12b	53.50±1.62c
Caffeic acid / Kafijskābe	1.34±0.88c	2.14±0.09a	1.82±0.00b
Epicatechin / Epikatehīns	0.19±0.00	-	-
Vanillin / Vanilīns	0.18±0.03a	0.15±0.00b	0.08±0.00b
p-Coumaric acid / p-Kumarskābe	0.04±0.01a	0.01±0.00b	0.01±0.00b
Sinapic acid / Sinapīnskābe	0.85±1.21b	2.07±0.02ab	2.46±0.01a
Ferulic acid / Ferulīnskābe	0.05±0.00b	0.06 ± 0.00a	0.06±0.00a
2-Hydroxycinnamic acid / 2-Hidroksikanēļskābe	0.06±0.02a	0.03±0.00b	0.02±0.00b
Rutin / Rutīns	9.70±0.32a	7.40±0.22b	3.37±0.31c
Luteolin / Luteolīns	0.72±0.50a	0.36±0.00b	0.34±0.01b

Different letters (a, b, c) within a row indicate the statistically significant difference between coffee samples ($p < 0.05$) / Vērtības, atzīmētas ar atšķirīgiem burtiem (a,b,c) rindās, norāda būtiskas atšķirības starp kafijas paraugiem ($p < 0.05$)

The decreasing individual phenolic acid and flavonoid compound content with increasing roast level confirmed the phenolic compound degradation process with increasing roast temperature and time (Coelho et al. 2014; Kwak, Ji, & Jeong, 2017). According to previous literature the most abundant phenolic compounds in coffee are chlorogenic and 3,5-dihydroxybenzoic acids. Moreira et al. (2012) have suggested that these two compounds could be responsible for coffee melanoidin formation. Although only chlorogenic acid has been associated with potential antioxidative activity in coffee, even if 3,5-dihydroxybenzoic acid content is higher (Alcalde, Granados, & Saurina, 2019).

The rapid chlorogenic acid content decrease with increasing roast level could be explained by several chemical reactions during roasting process. From chlorogenic acid thermal degradation caffeic acid is slowly released. The caffeic acid content increases with chlorogenic acid decrement and it is in line with previous studies (Frank et al. 2007; Kamiyama et al. 2015). Budryn et al. (2015) and Farah et al. (2005) reported rapid degradation of chlorogenic acid after light roast level and increased chlorogenic acid lactone concentration.

The increased volatile phenolic compound content in dark roast level can be due to phenolic compound degradation. For example, caffeic acid due to degradation in dark roasted coffee transforms into volatile phenolic compounds such as 2-methoxy-4-vinylphenol. Organic acids are sensitive to roasting process and their concentration decreases rapidly with increasing roast level. Ginz et al. (2000) suggest that organic acids content is significantly lost, after roasting temperature reach 210 °C (Jham et al. 2007; Wan Kamarul Zaman, Loh, & Mohd Esa, 2019).

The acrylamide content at first showed increasing trend with roast level, although it reached the peak value in medium roasted coffee (310 µg kg⁻¹) and then rapidly decreased in dark roasted coffee (260 µg kg⁻¹). In this study acrylamide content was lower than Regulation (EU) No 2158/2017 benchmark levels for the presence of acrylamide in roasted coffee (400 µg kg⁻¹). It has been suggested that acrylamide is formed from reducing carbohydrates and asparagine during Maillard reaction. However, there was no correlation found between aspartic acid (asparagine) and acrylamide content in coffee. (Bagdonaite, Derler, & Murkovic, 2008; Bertuzzi et al., 2020).

Alternative acrylamide formation has been reported by Guenther et al. (2007). Acrylamide could be formed through amino-dihydroxylation or pyrolytic reactions. Serine and cysteine could convert pyruvic acid to lactic acid and generate acrylamide in these reactions. This could be one of the possible explanations for acrylamide formation in the present study, because the serine and cysteine content has negative correlation with acrylamide content.

4. Aroma-active compound perception in different roast and brew coffee by gas chromatography-olfactometry

From detected 56 volatile compounds, 30 were reported as aroma-active compounds. The olfactory panellists could identify 23 different aromas.

The aroma attribute frequency within coffee samples is illustrated in Fig.5, the most frequent attributes were sweet, musty, leather, skunky, burnt, and nutty (identified 7–15 times).

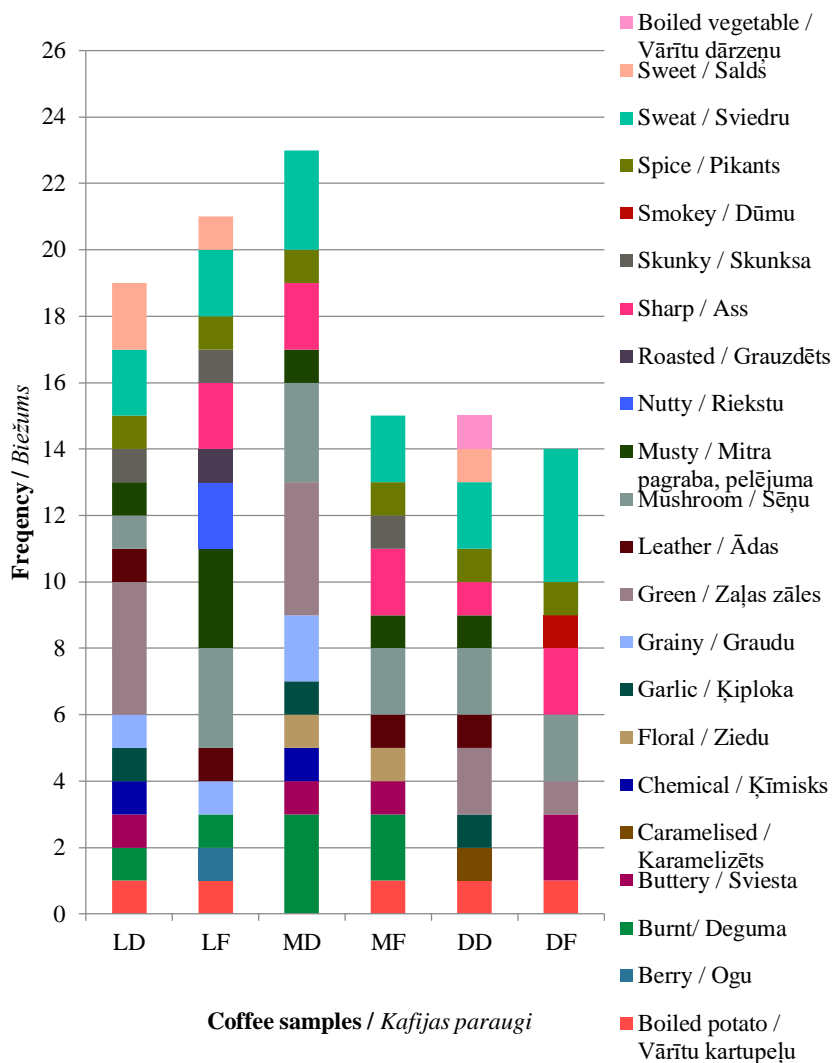


Fig. 5 Aroma attribute frequency within coffee samples /

5. att. Aromātu īpašību biežums kafijas paraugos

Sample codes: The first letter represents the roast level (L – light; M – medium; D – dark); the second letter represents the brewing technique (D – automatic drip; F – French press) / *Kafijas paraugu kodi: Pirmais burts apzīmē grauzdēšanas pakāpi (L – viegls; M – vidējs; D – tumšs); otrs burts apzīmē pagatavošanas metodi (D – automātiskā filtra; F – franču preses).*

By Pearson's chi-squared test no significant differences between aroma attribute frequencies and coffee samples were found, although significant differences were detected between volatile compounds and aroma attributes.

Most frequent attribute (sweet) was linked with six different volatile compounds (Table 11).

Table 11 / 11. tabula

Most frequent aroma attributes and associated volatiles in differently roasted and brewed coffee samples / Biežākie aromāti un ar tiem saistītie gaistošie savienojumi dažādi grauzdētos un pagatavotos kafijas paraugos

Aroma Attribute / Aromātu īpašības	Coffee sample / Kafijas paraugi*	Volatile compounds associated with the aroma / Gaistošie savienojumi
Sweet / <i>Salds</i>	LD	3-furanmethanol / 3-furānmetanols; benzeneacetaldehyde / fenilacetaldehīds
	LF	benzeneacetaldehyde / fenilacetaldehīds; 1-(6-methyl-2-pyrazinyl)-1-ethanone / 1-(6-metil-2-pirazinil)-1-etanons
	MD	3-furanmethanol / 3-furānmetanols; 2-ethyl-6-methylpyrazine / 2-etil-6-metilpirazīns; benzeneacetaldehyde / fenilacetaldehīds
	MF	3-furanmethanol / 3-furānmetanols; 1-(2-furanyl)-2-butanone / 1-(2-furanil)-2-butanons
	DD	benzeneacetaldehyde / fenilacetaldehīds; nonanal / nonanāls
	DF	3-furanmethanol / 3-furānmetanols; benzeneacetaldehyde / fenilacetaldehīds; 1,2-dihydrodinalool / 1,2-dihidrolinalols; 4-ethyl-2-methoxyphenol / 4-etil-2-metoksifenols
Musty / <i>Mitra pagraba, pelējuma</i>	LD	methylpyrazine / metilpirazīns
	LF	2,6-dimethylpyrazine / 2,6-dimetilpirazīns; 2-ethyl-3-methylpyrazine / 2-etil-3-metilpirazīns; 2,3-diethyl-5-methylpyrazine / 2,3-dietil-5-metilpirazīns
	MD	2,2-methylenebis-furan / 2,2-metilēnbisfurāns; nonanal / nonanāls; tetradecane / tetradekāns
	MF	3-ethyl-2,5-dimethylpyrazine / 3-etil-2,5-dimetilpirazīns; tetradecane / tetradekāns
	DD	methylpyrazine / metilpirazīns; 2-(2-furanylmethyl)-5-methylfuran / 2-(2-furanilmetil)-5-metilfurāns
	DF	1-(2-furanyl)-ethanone / 1-(2-furanil)-etanons; 2,2-methylenebis-furan / 2,2-metilēnbisfurāns
Leather / <i>Ādas</i>	LD	2,3-diethyl-5-methyl-pyrazine / 2,3-dietil-5-metil-pirazīns; 2-n-heptylfuran / 2-n-heptilfurāns; 4-hydroxy-2-methylacetophenone / 4-hidroksi-2-metilacetofenons; 1-dodecanol / 1-dodekanols
	MD	3-ethyl-2,5-dimethylpyrazine / 3-etil-2,5-dimetilpirazīns; 1-(1H-pyrrol-2-yl)-ethanone / 1-(1H-pirol-2-il)-etanons; 2-n-heptylfuran / 2-n-heptilfurāns; 1-dodecanol / 1-dodekanols
	DD	1-(1H-pyrrol-2-yl)-ethanone / 1-(1H-pirol-2-il)-etanons; 2-n-heptylfuran / 2-n-heptilfurāns
	DF	1-(1H-pyrrol-2-yl)-ethanone / 1-(1H-pirol-2-il)-etanons

*Sample codes: The first letter represents the roast level (L – light; M – medium; D – dark); the second letter represents the brewing technique (D – automatic drip; F – French press) / Kafijas paraugu kodi: Pirmais burts apzīmē grauzdēšanas pakāpi (L – viegls; M – vidējs; D – tumšs); otrs burts apzīmē pagatavošanas metodi (D – automātiskā filtra; F – franču preses).

Benzene acetaldehyde (**7**) was associated with sweet aroma in all roast levels samples, except in the light French sample, where it was associated with a sharp, sweet aroma.

The benzeneacetaldehyde (**7**) has been associated with sweet, fruity aroma in previous publications, (Qin et al. 2011; Chen, Chiang, & Chung 2019). In light, medium drip coffee and medium, dark French press coffee samples 3-furanmethanol (**23**) was associated with sweet aroma, while in previous studies 3-furanmethanol (**23**) has not been identified as an aroma-active compound. In dark French coffee two different aroma-active compounds were detected, apart from benzeneacetaldehyde (**7**) and 3-furanmethanol (**23**), (1,2-dihydroxylinalool (**53**); 4-ethyl-2-methoxyphenol (**35**)).

Aroma attributes such as floral, berry were only detected 1–2 times and only in light medium coffee samples. It is important to understand that volatile compound associated aroma can be impacted by the concentration of it and it could be one of the reasons why in this study perceived volatile compound aromas are different with previous studies. Nonanal (**11**) has been associated with nutty, musty smoky aroma, while in previous studies nonanal (**11**) was described with waxy and smoky aroma (Akiyama et al. 2007; Piccino et al. 2014). Laukaleja & Koppel (2021) has mentioned that not only the concentration and roast level but also the specific food product could impact the aroma-active compound perception. For example, Chin, Eyres, & Marriott (2011) in their study about Merlot wine volatile profile associated nonanal with strong fatty aroma, meanwhile Xia et al. (2015) in soymilk aromatic lexicon linked nonanal with peanut, beany aroma.

Principal Component Analysis (PCA) illustrates (Fig. 6) the roasting and brewing process impact on the volatile and aroma active compound content, and GC-O aroma frequencies. The first two principal components explained 59.19 % (36.49 % and 22.69 %, respectively) variation in the data. The first principal component separated the samples by the roast levels, while the second component separated the samples based on the brewing technique. The first principal component samples were characterised by volatile such as 5-methyl-2-furancarboxaldehyde (**5**), dodecanal (**9**), 2,2'-methylenebisfuran acetate (**21**), 1-(2-furanyl)-2-butanone (**29**), 2,6-dimethylprazine (**39**), methylpyrazine (**44**), 4-amino-2-methoxypyrimidine (**47**), and also with GC-O aromas such as sweet, nutty, vegetable, waxy, spice, smoky.

Dark roast drip coffee had a stronger correlation with volatile compounds that were not found aroma-active. Compounds such as 2,2'-[oxybis(methylene)] bisfuran (**17**), 2-furanmethanol, acetate (**21**), 4-amino-2-methoxypyrimidine (**47**) were not identified as aroma-active, although, they have proven a positive correlation with roast level and a negative correlation with sensory quality.

Biplot (axes F1 and F2: 59.19 %)

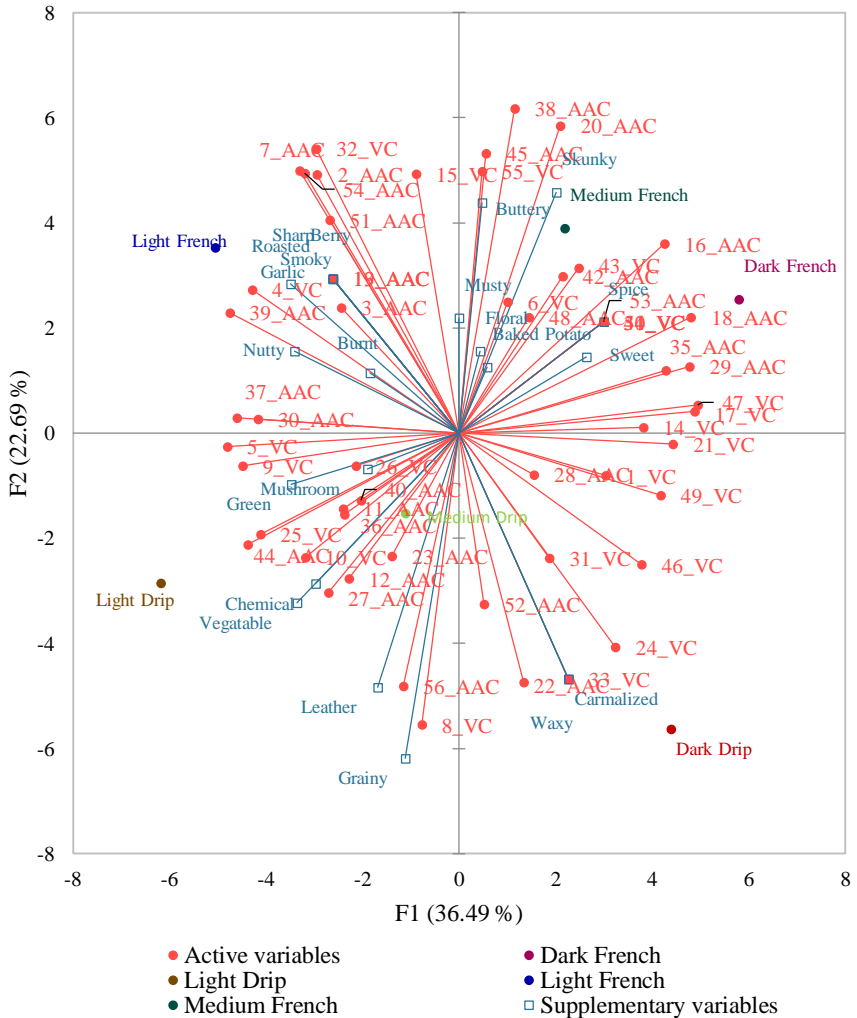


Fig. 6 Scatter plot of PCA scores associated with volatile compounds (VC), aroma-active compounds (AAC) and aroma attributes / 6. att. Izklādes diagramma, kas ilustrē galveno komponentu analīzes vērtējumu asociāciju ar gaistošajiem savienojumiem (VC), aromātu veidojošajiem savienojumiem (AAC) un aromāta īpašībām

Meanwhile, the light roast French press coffee showed strong association with the majority of aroma-active compounds. For example, aroma-active compounds such as 2,2'-bifuran (**19**), 2,6-dimethylpazine (**39**), 1-(6-methyl-2-pyrazinyl)-1-ethanone (**37**) where only found in French press coffee. Also, the light roast French press coffee was associated with several GC-O aroma frequencies (roasted, smoky, nutty, sharp, berry).

The PCA confirms that the aroma-active compounds and volatile compounds with GC-O aroma frequencies divide the samples by their roast levels the brewing technique.

5. Consumer's perception of specialty coffee with potentially increased bioactive compound content

Agglomerative hierarchical clustering (AHC) of coffee consumers, shows that based on the dissimilarity of overall liking scores and purchase intent 90 consumers were classified into two groups (Cluster 1 (n=45) and Cluster 2 (n=45)).

By Fisher's exact test there was no association between gender and consumer groups ($p=0.646$) and age and consumer groups ($p=0.734$). Also, ANOVA with pairwise comparison by Tukey's HSD test did not show significant association between age and purchase intent.

From the data, it is apparent that most of the consumers drink coffee at least once a day, and 54% of them choose automatic drip coffee (25.6% Cluster_1 and 28.9% Cluster_2). Similar to Czarniecka-Skubina, Pielak, Sałek, Korzeniowska-Ginter, & Owczarek (2021) study, majority of Polish consumers drink coffee at home (42.2%) and at work (34.4%). In contrast with this study, the location where consumers drink coffee had a significant difference between different consumer cluster groups in Poland.

Fig.7 illustrates that from 90 consumers, 70% believe coffee effect on health depends on how much is consumed (33.3% cluster 1 and 36.7% Cluster_2). Both consumer groups believe that coffee has more positive than negative effects on health (16.6% Cluster_1 and 8.9% Cluster_2). It is apparent that some of the consumer habits are more dominant than others, although by Fisher's exact test there was no association between cluster groups and coffee consumption habits. To determine consumer consumption habit's possible impact on overall liking scores ANOVA was performed following pairwise comparison by Tukey's HSD test. No significant differences were detected between consumer consumption habits and coffee sample liking scores.

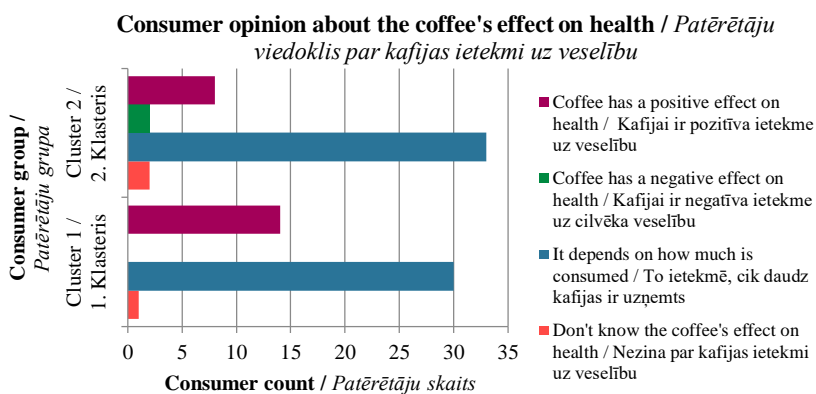
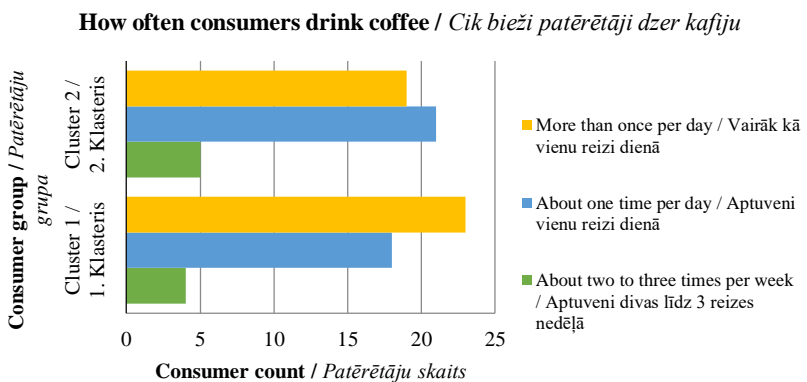


Fig. 7 Consumer coffee consumption habits /
 7. att. Patērētāju kafijas patēriņa ieradumi

What is striking about the data, the coffee consumers from both groups had opposite liking scores of automatic drip coffee samples and no correlation or significant impact was found between consumer preferred coffee brew method and cluster group or liking scores.

It can be seen in Table 12 that consumers from cluster 1 showed significantly higher liking scores for all sensory attributes (mean scores between 5.87–6.76), while cluster 2 consumers showed significantly lower liking scores for all sensory attributes (mean scores between 3.22–5.84). Overall like, aroma and flavour attribute liking scores between consumer group*sample interaction are significantly different, except overall texture ($p=0.20$).

Tabula 12 / 12. tabula

Consumer mean liking scores (9-point Hedonic scale) for sensory attributes of coffee samples / Patērētāju kafijas paraugu sensoro īpašību novērtējums, izmantojot 9 punktu hēdonisko skalu

Consumer group / Patērētāju grupa	Sample / Paraugs	Sensory attributes / Sensorās īpašības			
		Overall like / Patikšana	Overall aroma / Aromāts	Overall flavour / Garša	Overall texture / Tekstūra
Cluster 1 / 1. Klasteris	LD	6.38 a	6.42 a	6.44 a	6.51 a
	LF	6.69 a	6.49 a	6.76 a	6.31 ab
	MD	6.22 a	6.16 ab	6.18 a	6.42 a
	MF	5.87 ab	5.89 abc	5.89 a	6.18 ab
Cluster 2 / 2. Klasteris	LD	3.93 cd	5.02 cd	3.91 bc	5.13 c
	LF	3.22 d	4.56 d	3.24 c	4.47 c
	MD	4.38 cd	5.84 abc	4.33 bc	5.31 bc
	MF	4.69 bc	5.20 bcd	4.68 b	5.33 bc

Within columns, numbers followed by a different letter are significantly different ($p < 0.05$), following pairwise comparison by Tukey HSD test / Vērtības, atzīmētas ar atšķirīgiem burtiem kolonās, norāda uz būtiskām atšķirībām starp kafijas paraugiem ($p < 0.05$)

Even though no significant differences were detected between four sample liking scores for sensory attributes, light roast coffee samples were more liked by consumers from Cluster_1 and medium roast coffee samples by consumers from Cluster_2. LF (light roast French press) coffee sample was scored the highest for overall like, aroma, flavour by Cluster_1 and the lowest by Cluster_2. It is interesting to notice, that consumers from Cluster_2 gave lower liking scores after tasting the coffee, while consumers from Cluster_1 scored coffee samples slightly higher after tasting. Cluster_1 consumer's likeliness to purchase different roast and brew coffee, knowing it has a high antioxidant content is significantly higher than Cluster_2 consumers. Consumer group* sample interaction have a significant effect on purchase intent ($p < 0.001$), following a similar pattern as overall like and flavour scores.

Sensory attribute liking scores by both consumer groups had a positive correlation to purchase intent (Table 13). Overall aroma and texture of coffee samples showed the weakest correlation with purchase intent for both clusters. The strongest correlation to purchase intent for cluster 1 consumers was overall liking of coffee samples and for Cluster_2 the overall flavour of coffee samples. This could indicate that for Cluster_2 consumers purchase intent and overall liking of coffee samples could be impacted by unpleasant flavour or taste aspects

Table 13 / 13. tabula

Kendall correlations between consumers' sensory attribute liking scores and consumer's likeliness to purchase coffee, knowing it has a high antioxidant content / Kendāla τ korelācija starp patērētāju sensoro īpašību novērtējumu un patērētāju vēlmi pirkt kafiju

Correlation τ / Korelācija (tau)	Consumer group / Patērētāju grupa	Sensory attributes / Sensorās īpašības			
		Overall like / Patikšana	Overall aroma / Aromāts	Overall flavour / Garša	Overall texture / Tekstūra
Purchase intent / Vēlme iegādāties	Cluster 1 / 1. Klasteris	0.618	0.435	0.595	0.476
	Cluster 2 / 2. Klasteris	0.650	0.354	0.657	0.420

Values in bold are different from 0 with a significance level $\alpha=0.05$ / Vērtības treknrakstā norāda uz būtisku korelāciju starp sensoro īpašību un patērētāju vēlmi pirkt kafiju ($p<0.05$)

The penalty analysis data indicate that bitterness and sourness significantly affect the overall liking of coffee samples, especially for Cluster_2 consumers. The consumers from Cluster_2 evaluated all coffee samples as too bitter and too sour. Cluster_1 LF coffee sample had the highest selection of JAR for sourness (69%) and bitterness (69%) of coffee (Fig.8). Meanwhile, 73% of Cluster_2 consumers evaluated the LF sample sourness as “Too much” and 56% bitterness as “Too much”.

The findings are in accordance with overall flavour liking scores presented in Table 12 where Cluster_1 liked the flavour of the LF sample the most and Cluster_2 the least from all four coffee samples. This table also illustrates that Cluster_2 customers strongly penalize the French press coffee (LF and MF) when they consider it too sour, and automatic drip coffee (LD and MD) when they consider it too sour and bitter. Also, the mean drops are significantly different from 0, including overall penalty, which indicates the significant impact of flavour attributes on overall like of coffee sample. Only bitterness of French press coffee did not have a significant impact or concerning mean drop on cluster 2 consumer liking of coffee sample.

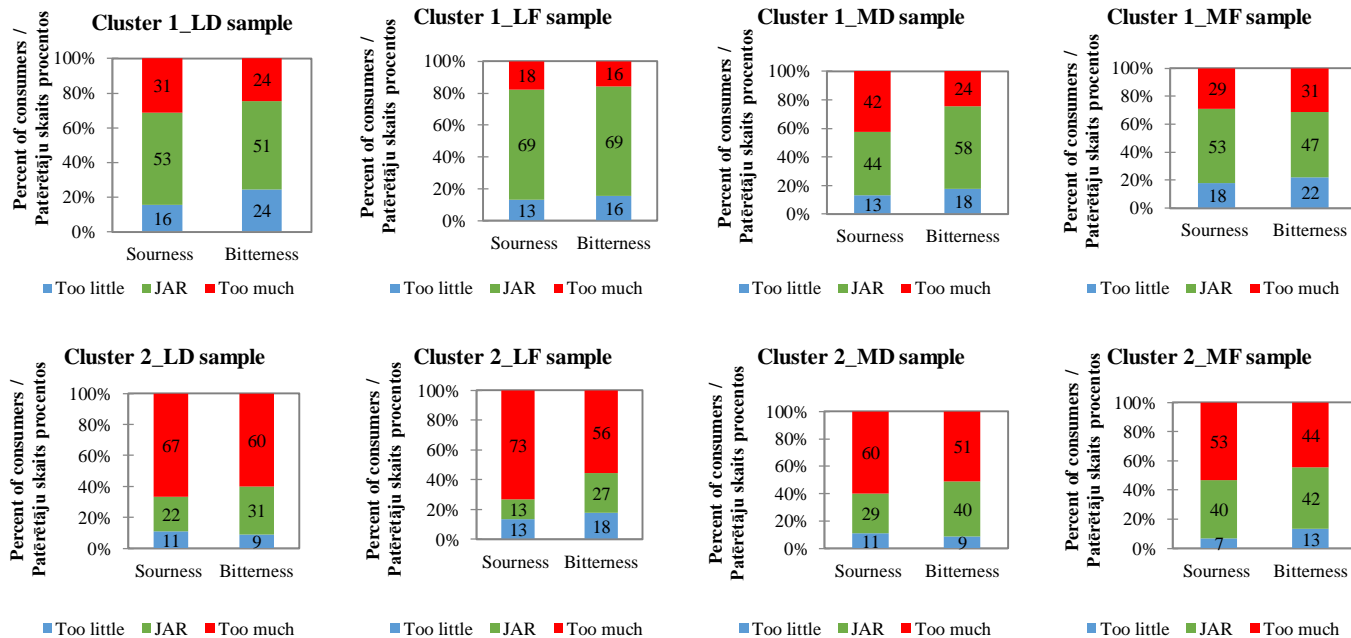


Fig.8 Just-about-right (JAR) scale of coffee sample sensory attributes /
8. att. Kafijas paraugu sensoro īpašību novērtējums, izmantojot Just-about-right (JAR) skalu

This study supports evidence from previous observations of (Cotter et al., 2021) where the sourness of coffee samples was strongly penalized by consumers who were more conservative with coffee flavour attributes. Bhumiratana, Wolf, Chambers IV, & Adhikari, (2019) study about coffee drinking experience and emotions concluded that coffees with higher acidity consumers associated with guilt”, “off-balance”, and “bored” emotions. Cocoa burnt and bitter notes were associated with positive emotions. A possible explanation for acidic taste dislike among coffee consumers could be the unfamiliar association with regular coffee flavour.

CONCLUSIONS

1. The selected SPME fibre coating significantly effects the specialty coffee volatile compound detection. The CAR/PDMS was the only fibre which extracted significantly more important volatile compounds in specialty coffee brew with higher peak areas in all chemical compound groups, except phenolic compounds.
2. A positive correlation was found between final cup quality scores and total phenolic, flavonoid content for Roastery_1 coffee brews and a negative correlation between final cup quality scores and total phenolic, flavonoid content and ABTS•+, DPPH• radical scavenging activity for Roastery_2 coffee brews. These results indicate that the roastery-specific roasting process parameters could influence volatile compounds profile and the total and individual phenolic compound content.
3. The total phenolic, flavonoid content (291.85 mg GAE mL⁻¹; 18.26 mg CE mL⁻¹) and individual phenolic such as 3,5-dihydroxybenzoic acid (217.24 mg 100 mL⁻¹), chlorogenic acid (117.54 mg 100 mL⁻¹) and rutin (9.70 mg 100 mL⁻¹) content was the highest in light roast coffee, and their content decreased with increasing roast level.
4. The roasting levels did not show direct associations with the amino acid profile, although strong correlations were observed between several amino acids in medium roast level coffee. While the fatty acid content was the highest in medium roast and the lowest in the light roast coffee.
5. With olfactory vocabulary of specialty coffee brews, 23 aromas and 30 aroma-active compounds were identified.
6. The most frequent aromas of specialty coffee volatiles were associated with sweet, musty, leather, skunky, burnt, and nutty aromas.
7. Penalty analysis confirmed that sourness and bitterness of coffee brew could significantly impact both consumer group liking scores and purchase intent.
8. A significant correlation was detected between sensory attribute liking scores and purchase intent among black coffee consumers. Information about possible high antioxidant content in coffee did not influence consumers' willingness to purchase coffee.

9. The results of the research rejects the hypothesis that coffee consumers would prefer specialty coffee due to increased bioactive compound content by adjusted roast level.

PĒTĪJUMA AKTUALITĀTE

Specialty kafijas tirgus straujā izaugsme pēdējā desmitgadē apliecina patērētāju interesi par augstas kvalitātes produktiem. *Specialty* kafiju var definēt, kā kafiju ar augstas kvalitātes standartiem un vadlīnijām, lai izceltu nozīmīgās sensorās īpašības kafijā, ierobežojot defektu veidošanos ražošanas posmos (Poltronieri & Rossi 2016; Urwin, Kesa, & Joao 2019). Gaistošo savienojumu kompozīcija tiek plaši analizēta komerciālā kafijā, taču nav padziļināti analizēti gaistošo savienojumi un aromātveidojošie savienojumi *specialty* kafijā. Gāzu hromatogrāfijas-olfaktometrijas pētījumi par aromātveidojošiem savienojumiem dažādas grauzdēšanas pakāpes *specialty* kafijā sniegtu ieskatu par iespējamās izmaiņām gaistošo savienojumu aromātu uztvērē grauzdēšanas procesā.

Līdz ar palielinātu kafijas patēriņu kafijas patērētāji ne tikai interesējas par kafijas kvalitāti, bet arī par tās ietekmi uz cilvēka veselību. Pētījumu rezultāti ir pierādījuši, ka mērens kafijas patēriņš ir saistīts ar samazinātu kardiovaskulāro un nervu slimību risku (Mancini, Wang, & Weaver 2018; Lukic et al. 2020). Kā arī kafija tiek izvirzīta, kā viens no galvenajiem polifenolu avotiem austrumeiropiešu iedzīvotāju uzturā.

Grauzdēšana ir galvenais kafijas ražošanas posms, kas būtiski ietekmē kafijas ķīmisko sastāvu, it īpaši bioloģiski aktīvos savienojumus un gaistošos savienojumus. Dotajā brīdī nav pietiekami veikti pētījumi par integrētu gaistošo un bioloģiski aktīvo savienojumu analīzi dažāda grauzdējuma pakāpes kafijā.

Lai praktiski pielietotu pielāgotās grauzdēšanas pakāpes *specialty* tirgū, nepieciešams analizēt patērētāju uztveri par *specialty* kafiju un patērētāju vēlmi iegādāties to, ja būtu informēti par tas iespējami palielinātu bioloģiski aktīvo savienojumu sastāvu.

Promocijas darba **hipotēze** – pielāgojot grauzdēšanas pakāpi, kafijas patērētāji dotu priekšroku *specialty* kafijai tās palielināto bioloģiski aktīvo savienojumu satura dēļ.

Promocijas darba hipotēze tika pierādīta ar piecām **tēzēm**.

1. Cietās fāzes mikroekstrakcijas šķiedras pārklājums ietekmē gaistošo savienojumu ekstrakciju *specialty* kafijas dzērienos.
2. *Specialty* kafijas izcelsmes valsts un grauzdēšanas parametri ietekmē fenola savienojumu saturu un sensoro kvalitāti.
3. Viegla grauzdēšanas pakāpe pozitīvi ietekmē fenolu un gaistošo savienojumu sastāvu *specialty* kafijā.
4. Gāzu hromatogrāfijas-olfaktometrijas vārdnīca ļauj noteikt un aprakstīt aromātu veidojošo savienojumus *specialty* kafijas dzērienos.

5. Patērētāju uztveri par *specialty* kafijas pagatavošanas veidiem var ietekmēt sensorās īpašības un informācija par potenciāli palielinātu bioloģiski aktīvo savienojumu saturu kafijā.

Darba **mērķis** – izvērtēt grauzdēšanas pakāpes ietekmi uz bioloģiski aktīvo savienojumu sastāvu un sensoro kvalitāti *specialty* kafijā.

Darba mērķa sasniegšanai izvirzīti šādi **uzdevumi**.

1. Novērtēt cietās fāzes mikroekstrakcijas šķiedru ietekmi uz *specialty* kafijas dzērienu gaistošo savienojumu ekstrākciju un noteikšanu.
2. Analizēt fenolu savienojumu sastāvu un sensoro kvalitāti dažādas izcelsmes un grauzdējuma *specialty* kafijā.
3. Noteikt grauzdēšanas procesa ietekmi uz gaistošo savienojumu sastāvu.
4. Analizēt negaistošo savienojumu sastāva izmaiņas grauzdēšanas procesā.
5. Izveidot gāzu hromatogrāfijas-olfaktometrijas vārdnīcu *specialty* kafijai.
6. Analizēt patērētāju novērtējumu par *specialty* kafijas dzērieniem ar potenciāli palielinātu bioloģiski aktīvo savienojumu koncentrāciju.

Promocijas darba **novitāte**.

1. Veikts komplekss gaistošo savienojumu un bioloģiski aktīvo savienojumu salīdzinājums dažāda grauzdējuma pakāpes *specialty* kafijā.
2. Cietās fāzes mikroekstrakcijas šķiedru izvērtējums uzlabotai gaistošo savienojumu noteikšanai *specialty* kafijā.
3. Gaistošo savienojumu un aromātveidojošo savienojumu profila noteikšana dažāda grauzdējuma un pagatavošanas metožu kafijās.
4. Gāzu hromatogrāfijas-olfaktometrijas vārdnīcas izveide, kas ļauj analizēt aromātveidojošo savienojumu uztveri dažāda grauzdējuma pakāpes un pagatavošanas veida kafijā.

Tautsaimniecības nozīme.

Analīze par grauzdēšanas pakāpes ietekmi uz kafijas kvalitāti un bioloģiski aktīvo savienojumu saturu *specialty* kafijā, sniedz kafijas grauzdētājiem iespēju pielāgot grauzdēšanas procesu.

ZINĀTNISKĀ DARBA APROBĀCIJA

Pētījuma rezultāti ir publicēti sešos zinātniskajos izdevumos, ieskaitot piecas publikācijas, kas indeksētas starptautiskās citēšanas datubāzēs SCOPUS un Web of Science, un par tiem ziņots deviņās starptautiskajās konferencēs (publikāciju un prezentāciju sarakstus skatīt 5.-7.lpp.).

MATERIĀLI UN METODES

Pētījuma laiks un vieta

Zinātniskais darbs tika izstrādāts no 2017. gada līdz 2022. gadam Latvijas Lauksaimniecības universitātes Pārtikas tehnoloģijas fakultātē un Patērētāju uzvedības un sensorās zinātnes centrā, Kanzasas štata universitātē (ASV) zinātniskajās laboratorijās.

Pētījuma struktūra

Pētnieciskais darbs strukturēts piecos posmos (skatīt 1. tabulu).

Materiālu raksturojums

Zaļās un grauzdētas *Coffea arabica* L. pupiņas tika iegādātas no vietējiem *specialty* kafijas grauzdētājiem vai grauzdētas uz vietas. Saskaņā ar *Specialty* kafijas asociācijas standartiem un protokoliem visi kafijas paraugi tika kvalificēti kā *specialty* kafija (80 līdz 100 punktiem).

Lai sasniegtu vēlamu grauzdēšanas līmeni, grauzdēšanas parametri tika pielāgoti atbilstoši zaļo kafijas pupiņu blīvumam, mitruma saturam un grauzdēšanas iekārtas parametriem. Paraugu kodu un grauzdēšanas parametri ir parādīti 2. tabulā.

I posmā tika izvērtēta dažādu cietās fāzes mikroekstrakcijas (CFME) šķiedru piemērotība, lai efektīvi ekstrahētu gaistošos savienojumus no pieciem *specialty* kafijas paraugiem. Gaistošo savienojumu ekstrakcijai tika izvēlētas četras dažādas CFME šķiedras: divinilbenzols/karboksēns/polidimetilsiloksāns (DVB/CAR/PDMS); karboksēns/polidimetilsiloksāns (CAR/PDMS); polidimetilsiloksāns/ divinilbenzols (PDMS/DVB); poliakrilāts (PA).

II posmā tika izvērtēta fenolu un gaistošo savienojumu ietekme uz *specialty* kafijas tases kvalitāti.

III posmā tika izvērtēts dažāda grauzdēšanas pakāpes *specialty* kafijas ķīmiskais sastāvs.

IV posmā analizēta aromātveidojošo savienojumu uztvere dažādas grauzdēšanas pakāpes un pagatavošanas metodes kafijās, un izstrādāta gāzu hromatogrāfijas-olfaktometrijas vārdnīca. Nazālās ietekmes biežuma (NIB) metode tika izvēlēta kā viena no efektīvākajām un ātrākajām metodēm gaistošo savienojumu saistīto aromātu noteikšanai (Brattoli et al., 2013; Lawless and Civille, 2013). Pēc divām orientēšanās nodarbībām tika sagatavots referenču materiālu saraksts 23 aromātiem. Referenču materiālu saraksta piemēri attēloti 3. tabulā.

Gaistošie savienojumi tika provizoriski identificēti kā aromātveidojoši, ja: 1) GC-O izdalīšanās laiki sakrīta ar spēcīgu gaistošu savienojumu GC-MS izdalīšanās laiks ar novirzi $\pm 0,01$ min; 2) identificētās aromātu smailes, kas GC-O analīzes laikā tika konstatētas vismaz četras reizes, tika izvēlēti kā būtiski aromātu tālākai analīzei.

V posmā tika analizēta patērētāju uztvere par *specialty* kafiju. Pētījuma dalībnieku atlases rezultātā no 301 cilvēka pētījumā piedalījās 90 melnas kafijas patērētāji. Patērētājiem tika lūgts atbildēt uz deviņiem demogrāfiskiem un ar kafijas patēriņu saistītiem jautājumiem un veikt četru kafijas paraugu novērtēšanu. Četri kafijas paraugi tika marķēti ar 3 ciparu kodiem, kas tika parādīti monādiski. Pēc katra parauga novērtēšanas dalībniekiem bija 1 minūtes pārtraukums, kura laikā patērētājiem tika nodrošināts ūdens un sausiņi (bez sāls).

Anketā bija iekļauti četri jautājumi par sensorām īpašībām (parauga patikšana, parauga aromāts, parauga garša un tekstūra). Šajā pētījumā tika

izmantota 9 punktu hedoniskā skala (no 1 – ļoti nepatīk līdz 9 – ļoti patīk) sensoro īpašību novērtēšanai.

Patērētājiem tika lūgts novērtēt kafijas paraugu skābumu un rūgtumu, izmantojot skalu *Just-About-Right* (JAR) ar pieciem punktiem (1 – nav skābs/rūgts; 2 – nav pietiekami skābs/rūgts; 3 – JAR; 4 – mazliet par skābu skābs/rūgts; 5 – pārāk skābs skābs/rūgts). Patērētājiem tika lūgts atbildēt uz pēdējo jautājumu, vai viņi iegādātos kafijas paraugu, ja zinātu, ka tam ir iespējami palielināts antioksidantu sastāvs. Patērētāju vēlmei iegādāties produktu tika izmantota 5 punktu skala (1 – noteikti nē; 2 – droši vien nē; 3 – iespējams; 4 – iespējams; 5 – noteikti).

Pētījumos izmantoto analīžu metožu raksturojums

Izmantotās metodes fizikālo, ķīmisko un sensoro parametru noteikšanai, apkopotas 4. tabulā.

Datu matemātiskā apstrāde

Datu sadalījuma normalitātes novērtēšanai tika izmantots Šapiro-Vilka tests un datu vizualizēšanai tika izmantotas histogrammas. Datu interpretācijai tika izmantota vienfaktora un divfaktoru dispersijas analīze (ANOVA), Tjūkija (HSD) tests (būtiskas atšķirības tika noteiktas, ja $p < 0.05$).

Lai analizētu atšķirības starp paraugiem, patērētājiem un SPME šķiedrām, tika izmantota aglomeratīvā hierarhisko klasteru analīze (AHC) ar Eiklīda attālumu un Vorda metodi. Lai novērtētu attiecības starp mainīgajiem lielumiem un paraugiem, tika izmantota galveno komponentu analīze (PCA). Pīrsona un Kendalas korelācijas koeficients tika aprēķināts, lai noteiktu asociācijas starp iegūtajiem rezultātiem. *Penalty* analīze, *Just-About-Right* (JAR) dati tika izmantoti, lai noteiktu, cik būtiski kafijas pieņemšanu ietekmē tā garšas īpašības (skābums un rūgtums). Patērētāju pētījumam, dalībnieku atlase tika veikta un pētījuma rezultāti apkopoti elektroniski RedJade Sensory Software (Martinez, CA, ASV) sistēmā. Visas statistiskās analīzes tika veiktas, izmantojot XLSTAT 2020 (Addinsoft, Ņujorka, NY, ASV) paketi.

REZULTĀTI UN DISKUSIJA

1. Specialty kafijas gaistošo savienojumu analīze, izmantojot četras dažādas cietās fāzes mikroekstrakcijas šķiedras

Izmantojot cietās fāzes mikroekstrakciju (CFME) tika ekstrahēti 76 savienojumi no 16 ķīmiskajām klasēm. Tika noteikta būtiska saistība starp CFME šķiedrām un ķīmisko savienojumu klasēm, izmantojot Hi kvadrāta testu ($p < 0.05$). Tikai CAR/PDMS šķiedra spēja ekstrahēt savienojumus no visām ķīmiskajām klasēm, savukārt PA šķiedra varēja iegūt savienojumus tikai no astoņām ķīmiskajām klasēm.

Iepriekšējie pētījumi norāda, ka no visiem gaistošajiem savienojumiem (~950) tikai 20–25 var būtiski ietekmēt kafijas aromātu un garšu, kā arī šie savienojumi ir konstatēti tieši *specialty* kafijās (Sobreira et al., 2015; Laukaleja un Kruma, 2018; Zamora-Ros et al., 2018). Saskaņā ar zinātnisko literatūru, pētījumā ar CAR/PDMS šķiedru varēja identificēt 17, DVB/CAR/PDMS – 15, PDMS/DVB – 13; PA – sešus sensorai kvalitātei nozīmīgus gaistošos savienojumus *specialty* kafijā.

Tikai CAR / PDMS šķiedra varēja ekstrahēt acetaldehīdu, par šo rezultātu ziņoja arī Caprioli et al. (2012). Iespējamais izskaidrojums tam varētu būt aldehīdu zemais viršanas punkts. PDMS/DVB šķiedra uzrādīja ievērojami lielāku smaiļu laukumu 1-(2-furanilmetil)-1H-pirola savienojuma (dārzena aromāts) ekstrakcijai. PDMS/DVB šķiedru izvēlējās Ribeiro et al. (2009), lai analizētu grauzdētas *Coffea arabica* L. kafijas gaistošos savienojumus, kā rezultātā PDMS/DVB šķiedra tika izvirzīta, kā nozīmīga alternatīva kafijas gaistošo savienojumu monitoringā. Savukārt šajā pētījumā PDMS/DVB šķiedra nespēja ekstrahēt četrus būtiskus gaistošus savienojumus *specialty* kafijā

No 17 nozīmīgiem kafijas gaistošajiem savienojumiem, astoņiem savienojumiem tika konstatētas būtiskas atšķirības starp SPME šķiedrām un to smaiļu laukumiem (5. tabula). Iepriekšējie zinātniskie pētījumi ir parādījuši, ka CAR/PDMS šķiedra var būtiski labāk ekstrahēt savienojumus ar zemu viršanas temperatūru, salīdzinot ar citām SPME šķiedrām (Salum et al. 2017; Dadali & Elmaci 2019). CAR/PDMS šķiedra parāda lielākus smaiļu laukumus astoņiem būtiskiem gaistošiem savienojumiem. Visi šie savienojumi ir saistīti ar augļu, karameļu, ziedu aromātu kafijā.

Saskaņā ar iepriekšējiem pētījumiem, izmantojot bipolārās šķiedras, kā DVB/CAR/PDMS, CAR/PDMS un PDMS/DVB, iespējams ekstrahēt daudzveidīgāku gaistošo savienojumu sastāvu (Spiegel et al. 2010; Mestdagh et al. 2014). Turklāt Salum et al. (2017), Chou et al. (2019) ziņoja, ka šķiedras ar karboksēna (CAR) pārklājumu ļauj ekstrahēt mazāka izmēra molekulas, kā 2-metilpropanālu un organiskās skābes (etiķskābi un propionskābi). To varētu izskaidrot ar CAR lielo virsmas laukumu ar mikro un makro poru struktūru. Rezultāti atbilst Roberts, Pollien and Milo (2000) pētījumam, kurā CAR/PDM šķiedra varēja ekstrahēt mazāka izmēra molekulas, kā acetaldehīdu un organiskās skābes, salīdzinājumā ar citām CFME šķiedrām.

CAR/PDMS šķiedra nespēja ekstrahēt visus fenola savienojumus, salīdzinot ar PA šķiedru, kas sakrīt ar Akiyama et al. (2007) pētījuma datiem. PA šķiedras galvenā priekšrocība ir fenola savienojumu ekstrakcija ar lielākiem smaiļu laukumiem nekā ar citām CFME šķiedrām. Tomēr fenola savienojumi, piemēram kā 2-metoksi-4-vinilfenols, nav tipiski gaistošie savienojumi, kas atrodami *specialty* kafijā to nepatīkamo aromātu īpašību un to augstākās koncentrācijas dēļ (Dorfner et al. 2003; Akiyama et al. 2007; Yang et al. 2016).

Galveno komponentu analīzes pirmās divas komponentes sastāda 57.12% no kopējās dispersijas. Ass F1 (pirmā galvenā komponente) veido 41.94% un F2 (otrā galvenā komponente) veido vēl 15.19% no kopējās dispersijas (1. att.).

Biplot diagrammā, Kenijas (K_) un Hondurasas (H_) paraugi, kas ekstrahēti ar visām četrām šķiedrām, un Kolumbija (C_), Etiopija (E_), kas ekstrahēti ar CAR/PDMS, PDMS/DVB un PA, raksturo pirmā galvenā komponente. Otrajā galvenā komponente raksturo paraugus, kas ekstrahēti ar DVB/CAR/PDMS šķiedru. Honduras_2 paraugi ar visām četrām CFME šķiedrām tika iedalīti atsevišķi. To var izskaidrot ar Honduras_2 kafijas izvēlēto pārstrādes metodi. Honduras_2 bija vienīgā kafija ar anaerobās fermentācijas pārstrādes metodi, savukārt pārējām četrām kafijām tika izmantota dabiskā apstrādes metode. Anaerobā procesa laikā cukurs tiek intensīvāk pārveidots, un rezultātā kafija attīsta specifisku fermentētu produktu aromātu un garšu (Geromel et al. 2008; Taveira et al. 2015). Pēc galveno komponentu analīzes iespējams novērot pozitīvu korelāciju starp dažādas izcelsme kafijas paraugiem, kas analizēti ar CAR/PDMS šķiedru, un lielāko daļu gaistošo savienojumu smaiļu laukumiem, kamēr negatīva korelācija tika konstatēta starp kafijas paraugiem, kas analizēti ar PDMS/DVB un PA šķiedru, un lielāko daļu gaistošo savienojumu smaiļu laukumiem.

Tika veikta aglomeratīvā hierarhiskā klasteru analīze (AHC), lai izvērtētu, vai gaistošie savienojumi tiek grupēti pēc kafijas paraugiem vai pēc CFME šķiedrām. AHC analīzes rezultāti tika ilustrēti ar dendrogrammu (2. att.). AHC analīze iedalīja kafijas gaistošos savienojumus divās grupās (klasteros). Pirmais klasteris ir viendabīgāks un ietver DVB/CAR/PDMS, PDMS/DVB, PA šķiedras, bet otrais klasteris ietver CAR/PDMS šķiedras. Tikai C_DVB/CAR/PDMS tika grupēts ar CAR/PDMS šķiedru otrajā klasterī. Iegūtie dati norāda, ka DVB/CAR/PDMS šķiedra tikai no Kolumbijas kafijas spēj ekstrahēt gaistošos savienojumus tikpat efektīvi kā CAR/PDMS šķiedra. AHC un PCA analīze apstiprināja SPME šķiedru pārklājuma izvēles nozīmi kafijas gaistošo savienojumu analīzē, jo paraugi tika klasificēti, pamatojoties uz šķiedras pārklājumu, nevis kafijas izcelsmi.

2. Fenolu un gaistošo savienojumu satura ietekme uz specialty kafijas sensoro kvalitāti

Visi kafijas paraugi kvalitātes novērtējumā uzrādīja punktu skaitu 83.00–90.25 robežās (6. tabula). Mazākais vērtējums bija SAL_1 (83.00 punkti), bet lielāko punktu skaits tika piešķirts HON_2 kafijas paraugam (90.25). Mendonça de Carvalho et al. (2016) konstatēja būtiskas asociācijas starp kafijas plantāciju reģioniem Brazīlijā un kafijas kvalitātes novērtējumu. Vērtējuma rezultātus ietekmēja kafijas paraugu skābuma un salduma garšas intensitātes savstarpējs balanss kafijā. Garšu intensitāti var ietekmēt kafijkoku plantāciju ģeogrāfiskais novietojums un pārstrādes metodes. Borém et al. (2016) arī norāda, ka kvalitātes rādītājus var ietekmēt saharozes saturs zaļā kafijā un skābuma intensitāte pagatavotā grauzdētā kafijā. Lielāks saharozes saturs zaļā kafijā ir saistīts ar pozitīvu korelāciju ar skābumu un saldumu līdzsvaru kafijas kvalitātes

novērtējumā. Patīkams skābums lielākoties ir saistīts kopā ar kaltētu augļu garšu (Poltronieri & Rossi 2016), un tas varētu būt iemesls, kāpēc HON_2 ar kaltētu augļu un melones aromāta, garšas īpašībām uzrādīja lielāku kvalitātes vērtējumu.

Galvenās gaistošo savienojumu klases bija furāni, pirazīni, aldehīdi un ketoni. Furāna savienojumi nosaka vislielāko koncentrāciju kafijā, taču aldehīdi, ketoni un pirazīni ar mazāku koncentrāciju kafijā var būtiski ietekmēt kafijas aromātu profilu (Gruczyńska et al. 2018; Cordoba et al. 2019). Vairāki pētījumi ir apstiprinājuši pozitīvo korelāciju starp kafijas sensoro novērtējumu un gaistošo savienojumu daudzumu, kuri ir saistīti ar ziedu, augļu aromātu (Piccino et al. 2014; Poltronieri & Rossi 2016). Ķīmiskās klases, kā ketoni un aldehīdi, tiek asociēti ar ziedu, augļu aromātu un patīkamu skābumu kafijā pie mērenas to koncentrācijas. Caporaso et al. (2018) pētījumā tika atklāta pozitīva korelācija starp aldehīdiem un ketoniem, bet negatīva korelācija starp aldehīdiem un pirazīniem. Ribeiro et al. (2009) pētījums norādīja, ka lielāka 5-metil-2-furānkarboksaldehīda un furfuroļa koncentrācija var uzlabot *Coffea arabica* L. kafijas sensoro kvalitāti. Šī pētījuma dati apstiprina korelāciju starp kafijas kvalitātes novērtējuma rādītājiem un 2-furānmetanola koncentrāciju ($r=0.616$; $p=0.036$) un korelāciju starp 2-furānmetanolu un 5-metil-2-furānkarboksaldehīdu ($r=0.920$; $p=0.003$), un furfurilacetātu ($r=0.879$; $p=0.009$).

Fermentācijas procesam kafijas augļu novākšanas laikā varētu būt izšķiroša nozīme uz kafijas sensorajām īpašībām. Ja fermentācijas process netiek kontrolēts kafijas augļu novākšanas laikā un pēc tā, aldehīdu un ketonu klases savienojumi var pārveidoties par spirtiem, kas sniegtu negatīvas sensorās īpašības kafijai (Preedy 2015). Izoamilacetātam, kas konstatēts HON_2 kafijas paraugā, ir raksturīgs fermentētu, nogatavojušos augļu aromāts un garša (Toledo et al. 2016). Kafijas paraugu novērtēšanas posmā tika HON_2 paraugam tika dots kombucha (bezalkoholiska raudzēta dzēriena) tipa garša. Fermentētā garša tika saistīta ar pozitīvām kvalitātes īpašībām (Sepúlveda et al. 2016). Četri savienojumi tika atklāti tikai atsevišķos kafijas paraugos. Dihidro-2-metil-3-furanons tika konstatēts tikai KEN_1 kafijas paraugā, savukārt HON_1 kafijas paraugā tika konstatēts 2-metoksi-4-vinilfenols. Kafijas paraugā no Etiopijas tika konstatēts 2-(metoksimetil)furāns un kafijas paraugā no Kolumbijas 1-(2-furanil)etenons.

Toledo et al. (2016) apstiprināja, ka kafijas furanona (dihidro-2-metil-3-furanona) koncentrācijai ir cieša saistība ar kafijas kvalitātes novērtējumu. Visi noteiktie gaistošie savienojumi KEN_1 ir saistīti ar pozitīvām kafijas sensorajām īpašībām (Steen et al. 2017). ETH_1 kafija ar kvalitātes rādītāju 88.25 uzrādīja lielāko furfurilacetāta koncentrāciju, 2-furāna metanols (augļu, ziedu aromāts) un 2-metilbutiraldehīds, 2-metil-propanāls (kafijas-tipa, grauzdēts aromāts). Nevienā no kafijas paraugiem nebija konstatēti savienojumi, kas būtu saistīti ar kafijas defektu klātbūtnes izraisītām sensorām īpašībām (krustnagliņu, ass, pelnu aromāts).

Būtiskas fenola savienojumu atšķirības konstatētas nevis pēc kafijas izcelsmes valsts, bet pēc kafijas grauzdēšanas vietas (3. att.). To var saistīt ar

dažādiem tehniskajiem nosacījumiem grauzdēšanas procesā un ar katras izcelsmes valsts specifiskām īpašībām. Kafijas paraugi no Roastery_1 uzrādīja lielāku fenolu savienojumu koncentrāciju nekā Roastery_2. Tas būtu izskaidrojams ar fenolu savienojumu jūtīgumu uz palielinātu temperatūru. Roastery_2 kafija tika grauzdēta pie lielākas temperatūras ar ilgāku grauzdēšanas laiku, kas būtiski veicina fenola savienojumu noārdīšanos. Kopējais flavonoīdu saturs kafijā uzrādīja līdzīgu modeli (4. att.). Vislielākais kopējo fenolu un flavonoīdu saturs tika konstatēts COL_1, KEN_1 un HON_1 paraugos un mazākais HON_2 un ETH_1 paraugos.

Pretējas korelācijas starp divām grauzdētavām varētu liecināt, ka grauzdēšanas procesa parametri atšķirīgi ietekmē svarīgu ķīmisko savienojumu saturu kafijas pagatavošanā. Roastery_1 kafijas gaistošo savienojumu profils ir līdzsvarotāks un koncentrētāks uz savienojumiem, kam raksturīgs augļu un ziedu aromāts, piemēram, furfurilacetātu, 2-furānmetanols. Savukārt Roastery_2 kafijas gaistošo savienojumu profilā ir lielāks gaistošo savienojumu saturs ar savienojumiem, kuriem raksturīgs grauzdēts, šokolādes aromāts, piemēram, 2-metilpropanāls, 4-metilpirimidīns.

Dažos pētījumos fenola savienojumi, piemēram, 5-kafeoilhīnskābe (5-CQA) un feruloilhīnskābe (5-FQA) ir saistīti ar mazāku kafijas kvalitātes vērtējumu rūgtās garšas dēļ (Fujioka & Shibamoto 2008). Frank et al. (2007) grauzdētas kafijas rūgtas garšas savienojumu analīzes dati norāda, ka 5-CQA tiek asociēta ar kafijai līdzīgu rūgtumu, kafijskābe ar spēcīgu grauzdētas kafijas rūgtumu un tikai ferulīnskābe un trigonelīns ir saistīts ar izteikti spēcīgu rūgtumu. Savukārt fenola savienojumi, piemēram, 2-metoksi-4-vinilfenols, pie nelielas koncentrācijās kafijai var piešķirt patīkamu pikantu, ziedu aromātu (Piccino et al. 2014). Moon and Shibamoto (2009) pētījumi norāda, ka fenola savienojumi, piemēram, 2-metoksifenola, hlorogēnskābju un 2-metoksi-4-vinilfenola līmenis strauji samazinās pēc vieglas grauzdēšanas pakāpes. Kafijskābes, katehola koncentrācija palielinās līdz ar grauzdēšanas pakāpi, kas, savukārt, arī palielina sīva rūgtuma intensitāti kafijā. Zanin et al. (2016) apgalvo, ka ir iespējams apvienot labas kvalitātes kafiju, nezaudējot vērtīgo hlorogēnskābes saturu. Šie apgalvojumi liecina, ka ir būtiski noteikt individuālo fenola savienojumu saturu kafijā un integrēti analizēt tā korelāciju ar sensorā novērtējuma rezultātiem.

3. Grauzdēšanas procesa ietekme uz ķīmisko sastāvu *specialty* kafijā

Mitruma saturs no 10.7% zaļā kafijā strauji samazinājās līdz 3.0% viegli grauzdētā kafijā, 2.2% vidēji grauzdētā kafijā un 2.0% tumši grauzdētā kafijā. Mitruma saturs zaļajās kafijas pupiņās atbilda citiem pētījumu datiem un bija zem 11%, kas tiek ieteikts, lai saglabātu *specialty* kafijas kvalitātes standartus (Borém et al., 2016; Tolessa et al., 2016). Dažos pētījumos mitruma saturs ir saistīts ar kafijas pH (Lee, Kim & Lee, 2017), pH palielinājās līdz ar

grauzdēšanas pakāpi, un šie atklājumi atbilst Rao, Fuller and Grim (2020) pētījuma datiem. Tassew et al. (2021) liecina, ka pH cieši korelē ar kafijas kvalitātes rādītājiem, kā skābums, dzēriena tekstūra un kopējais sensorais novērtējums. Ogļhidrātu sadalīšanās grauzdēšanas procesā un organisko skābju noārdīšanās var ietekmēt pH izmaiņas kafijā. Piemēram, skudrskābe un etiķskābe ir saistītas ar zemāku pH viegli grauzdētā kafijā un to koncentrācija samazinās līdz ar grauzdēšanas procesu (Ginz et al., 2000; Rao, Fuller & Grim, 2020).

Aminoskābju saturs trīs kafijas grauzdēšanas pakāpēs ir attēlots 8. tabulā. No 17 aminoskābēm 13 uzrādīja vislielāko koncentrāciju vidēji grauzdētā kafijā. Palielinoties grauzdēšanas pakāpei, samazinājās tikai serīna un cisteīna koncentrācija. Glutamīnskābe uzrādīja vislielāko koncentrāciju visās grauzdēšanas pakāpēs, salīdzinot ar citām aminoskābēm. Ar Fišera testu netika konstatētas nekādas saistības starp grauzdēšanas pakāpi un aminoskābju koncentrāciju, lai gan starp vairākām aminoskābēm tika novērotas savstarpējas korelācijas, īpaši vidēja grauzdējuma pakāpes kafijai.

Arginīnam bija spēcīga korelācija ar cisteīnu ($r=0.999$; $p<0.05$), glutamīnskābei ar glicīnu ($r=1.000$; $p<0,05$). Leicīns cieši korelēja ar alanīnu, tirozīnu, valīnu, metionīnu, izoleicīnu un fenilalanīnu ($r=0.998$; $p<0.05$). Spēcīgas korelācijas tika konstatētas arī starp alanīnu, tirozīnu, valīnu, metionīnu, izoleicīnu, fenilalanīnu ($r=1.000$; $p<0,05$). Grauzdēšanas process neuzrādīja tiešu saistību ar aminoskābju profilu. Saskaņā ar iepriekšējiem pētījumiem glutamīnskābe un asparagīnskābe ir dominējošās aminoskābes grauzdētā kafijā (Bressanello et al., 2017).

Taukskābju saturu būtiski ietekmēja grauzdēšanas pakāpes. Piesātināto taukskābju, mononepiesātināto taukskābju un polinepiesātināto taukskābju saturs bija vislielākais vidēji grauzdētajā kafijā un vismazākais viegli grauzdētajā kafijā.

Vislielākais kopējais fenola un flavonoīdu saturs konstatēts viegli grauzdētā kafijā (attiecīgi $292.85 \text{ mg GAE } 100 \text{ mL}^{-1}$ un $18.26 \text{ mg CE } 100 \text{ mL}^{-1}$) un vismazākais tumšā grauzdētā kafijā ($246.17 \text{ mg GAE } 100 \text{ mL}^{-1}$; $15.79 \text{ mg CE } 100 \text{ mL}^{-1}$) (9. tabula). Atsevišķu fenola savienojumu saturs ir parādīts 10. tabulā. Gandrīz visu fenola savienojumu koncentrācija būtiski samazinājās līdz ar grauzdēšanas pakāpi, 3,5-dihidroksibenzoskābe un hlorogēnskābe uzrādīja vislielāko koncentrāciju visās trīs grauzdēšanas pakāpēs. Palielinoties grauzdēšanas pakāpei, palielinājās tikai sinapīnskābe un 4-hidroksibenzoskābe.

Atsevišķu fenola savienojumu satura samazināšanos, palielinoties grauzdēšanas pakāpei, apstiprināja fenola savienojuma sadalīšanās process, kuru ietekmē grauzdēšanas temperatūra un laiks (Coelho et al. 2014; Kwak, Ji & Jeong, 2017). Zinātniskajā literatūrā norādīts, ka kafijā visizplatītākie fenola savienojumi ir hlorogēnskābe un 3,5-dihidroksibenzoskābe. Moreira et al. (2012) ir ierosinājuši, ka šie divi savienojumi varētu ietekmēt kafijas melanoidīna veidošanos. Straujo hlorogēnskābes satura samazināšanos, palielinoties grauzdēšanas pakāpei, var saistīt ar vairākām ķīmiskām reakcijām grauzdēšanas procesā. Kafijskābes koncentrācijas palielinās līdz ar hlorogēnskābes

samazināšanos (Frank et al., 2007; Kamiyama et al., 2015). Budryn et al. (2015) un Farah et al. (2005) ziņoja par strauju hlorogēnskābes degradēšanos un vienlīdz strauju hlorogēnskābes laktona koncentrācijas palielināšanos pēc viegla grauzdēšanas pakāpes.

Palielināts gaistošo fenola savienojumu saturs tumšā grauzdēšanas pakāpē var būt saistīts ar fenola savienojuma degradāciju. Piemēram, kafijskābe pie tumši grauzdētas kafijas pakāpes, pārvēršas citos gaistošos fenola savienojumos, piemēram, 2-metoksi-4-vinilfenolā. Organiskās skābes ir jutīgas pret grauzdēšanas procesu un to koncentrācija strauji samazinās, palielinoties grauzdēšanas līmenim. Ginz et al. (2000) liecina, ka organisko skābju saturs ievērojami samazinās grauzdēšanas temperatūras sasniedzot 210 °C (Jham et al. 2007; Wan Kamarul Zaman, Loh, & Mohd Esa 2019).

Akrilamīda saturs sākumā uzrādīja pieauguma tendenci līdz ar grauzdēšanas pakāpi, lai gan tas sasniedza maksimālo vērtību vidēji grauzdētā kafijā (310 µg kg⁻¹), bet pēc tam strauji samazinājās tumši grauzdētā kafijā (260 µg kg⁻¹). Šajā pētījumā akrilamīda saturs bija zemāks par Regulā (EU) No 2158/2017 noteiktajiem kritērijiem akrilamīda klātbūtnei grauzdētā kafijā (400 µg kg⁻¹). Maijāra reakcijas laikā akrilamīds veidojas no reducējošiem ogļhidrātiem un asparagīna, tomēr netika konstatēta korelācija starp asparagīnskābi (asparagīnu) un akrilamīda saturu kafijā (Bagdonaite, Derler & Murkovič, 2008; Bertuzzi et al. 2020).

Par alternatīvu akrilamīda veidošanos ir ziņojuši Guenther et al. (2007). Akrilamīdu var veidot amino-dihidroksilēšanas vai pirolītiskās reakcijas rezultātā. Serīns un cisteīns var pārvērst pirovīnskābi pienskābē un šajās reakcijās radīt akrilamīdu. Šis varētu būt viens no iespējamiem skaidrojumiem akrilamīda veidošanos šajā pētījumā, jo serīna un cisteīna saturam ir negatīva korelācija ar akrilamīda saturu.

4. Dažādi grauzdētas un pagatavotas kafijas aromātveidojošo savienojumu uztveres izvērtējums, izmantojot gāzu hromatogrāfiju-olfaktometriju

No atklātajiem 56 gaistošajiem savienojumiem 30 tika noteikti kā aromātveidojoši savienojumi. Vērtētāji varēja identificēt 23 dažādus aromātus. Aromātu biežums kafijas paraugos ir attēlots 5. attēlā, biežāk sastopamie aromāti bija salds, ādas, skunksa, deguma un riekstu (konstatēts 7–15 reizes). Ar Pīrsona hī kvadrāta testu netika konstatētas būtiskas atšķirības starp aromātu biežumiem un kafijas paraugiem, lai gan tika atklātas būtiskas atšķirības starp gaistošajiem savienojumiem un aromātiem.

Visbiežākais aromāts (salds) bija saistīts ar sešiem dažādiem gaistošiem savienojumiem (11. tabula). Aromātveidojošais savienojums benzolacetaldehīds visos paraugos bija saistīts ar saldu aromātu, izņemot viegli grauzdētu franču

preses kafiju, kur tas tika uztverts kā asa aromāts. Zinātniskajās publikācijās benzolacetaldehīds arī tiek asociēts ar saldu, augļu aromātu (Flament 2001; Chen, Chiang, & Chung 2019). Viegļā, vidējā filtra, vidējā franču preses un tumšā franču preses kafijā 3-furanmetanols bija saistīts ar saldu aromātu, lai gan šis savienojums iepriekš nav identificēts kā aromātveidojošs savienojums. Ar karameļu un deguma aromātu kafijā tiek asociēts 2-furānmetanols (Caporaso et al. 2018). Turklāt 1-(6-metil-2-pirazinil)-1-etanonam bija salds aromāts vieglā franču kafijā, 2-etil-6-metilpirazīnam vidēja grauzdējuma filtra kafijā, nonanālam tumšā kafijā un 1,2-dihidrolinalolam. tumšā franču preses kafijā.

Kopā tika atklāti un kvantificēti 56 gaistošie savienojumi: 34 gaistošie savienojumi bija vidēji grauzdētā kafijā, 39 bija viegli grauzdētā kafijā un vidēji grauzdētā franču preses kafijā, bet 45 savienojumi tika atklāti tumši grauzdētā franču preses kafijā. Grauzdēšana pakāpe un pagatavošanas metode neuzrādīja būtiskas atšķirības 2-etil-3-metilpirazīna koncentrācijā, lai gan tā aromāts katrā paraugā tika uztverts atšķirīgi. Būtiskas izmaiņas nonanāl un 3-etil-2,5-dimetilpirazīna koncentrācijā starp paraugiem apstiprina to atšķirīgo aromātu uztveri katrā paraugā. Pieciem aromātveidojošiem savienojumiem aromāta uztveri neietekmēja grauzdēšanas un pagatavošanas process. Visos paraugos 2-n-heptilfurāns un 1-(1h-pirol-2-il)-etanons tika uztverts ar ādas aromātu, 2-metilpropanāls ar sviesta aromātu, dimetiltrisulfīds ar sēņu aromātu, n-(2-cianoetil)-pirols ar sviedru aromātu.

Galveno komponentu analīze (PCA) vizualizēja grauzdēšanas un pagatavošanas ietekmi uz gaistošo savienojumu saturu un GC-O noteikto aromātu biežumu (6. att.). PCA arī vizualizēja sadalījumu starp grauzdēšanas pakāpēm un pagatavošanas metodēm. Pirmā komponente iedalīja paraugus pēc grauzdēšanas pakāpēm, bet otrā komponente – pēc pagatavošanas metodēm.

Tumši grauzdētā kafijā paaugstināta 2,2'-[oksibis(metilēn)]bisfurāna koncentrācija ir saistīta ar kafijas defektu, kas radies grauzdēšanas procesā (Akiyama et al. 2007; Toledo et al. 2016; Yang et al. 2016). Savukārt tālāk Majāra reakcijā un hlorogēnskābju noārdīšanās rezultātā veidojas 4-amino-2-metoksipirimidīns, kas tiek asociēts ar kafijas negatīvu sensoro kvalitāti (Toledo et al. 2016; Laukaleja & Kruma 2019).

Tumši grauzdētas kafijas intensīvā garša un aromāts ir saistīts ar pirola savienojumiem. Pirolī un piridīni veidojas pirolīna termiskās noārdīšanās laikā, un parasti šīs reakcijas notiek tālāk grauzdēšanas procesā (Mayer, Czerny, & Grosch 1999; Moon & Shibamoto 2009; Wei et al. 2017). Tumšai grauzdētai filtra kafijai bija spēcīgāka korelācija ar gaistošiem savienojumiem, kuri nebija aromātveidojoši.

5. Patērētāju sensorais novērtējums par dažāda grauzdējuma kafijām ar iespējami lielāku bioloģiski aktīvo savienojumu koncentrāciju

Pēc aglomeratīvi hierarhiskās klasterizācijas (AHC) kafijas patērētāji tika iedalīti divās grupās (1. Klasteris (n=45) un 2. Klasteris (n=45)), pamatojoties uz paraugu patikšanas vērtējumu un vēlmi iegādāties kafijas paraugus. AHC rezultāti apstiprina, ka datu binomiālais sadalījums norāda uz divām atšķirīgām kafijas patērētāju grupām, no kurām 1. Klastera patērētāji sniedza būtiski lielāku kafijas patikšanas vērtējumu un vēlmi iegādāties to, salīdzinot ar 2. Klastera patērētājiem.

Pēc Fišera testa nebija konstatētas saistības starp dzimumu un patērētāju grupām ($p=0.646$) un vecumu un patērētāju grupām ($p=0.734$). Lielākā daļa patērētāju kafiju dzer vismaz reizi dienā, un 54% no tiem izvēlas filtra kafiju (25.6% 1. Klasteris un 28.9% 2. Klasteris). Līdzīgi kā Czarniecka-Skubina et al. (2021) pētījumā, lielākā daļa Polijas patērētāju dzer kafiju mājās (42.2%) un darbā (34.4%). Savukārt, pretstatā ar patērētāju grupām Polijā, šajā pētījumā netika konstatētas būtiskas atšķirības patērētāju grupām un vietas, kur patērētāji dzer kafiju.

No 90 patērētājiem 70% uzskata, ka uzņemtais kafijas daudzums nosaka kafijas ietekmi uz veselību (33.3% 1. Klasteris un 36.7% 2. Klasteris) (7.att.). Abas patērētāju grupas uzskata, ka kafijai ir vairāk pozitīva ietekme uz veselību (16.6% 1. Klasteris un 8.9% 2. Klasteris) nekā negatīva (0% 1. Klasteris un 2.2% 2. Klasteris). Var novērot, ka daži patērētāju ieradumi ir dominējošāki nekā citi, lai gan pēc Fišera testa netika konstatētas būtiskas asociācijas starp klasteru grupām un kafijas patēriņa paradumiem. Pēc dispersijas analīzes (ANOVA) ar Tjūkija testu netika konstatēta patērētāju kafijas patēriņa ieradumu ietekme uz kafijas paraugu patikšanas novērtējumu. Tai skaitā netika konstatētas asociācijas starp patērētāju biežāk izvēlēto kafijas pagatavošanas metodi un klasteru grupu vai patikšanas rādītājiem. Toties kafijas patērētājiem no abām grupām bija būtiski atšķirīgs filtra kafijas paraugu patikšanas novērtējums.

Patērētāji no 1. Klastera uzrādīja ievērojami augstākus patikšanas rādītājus attiecībā uz visām sensorajām īpašībām (vērtējumi amplitūdā no 5.87 līdz 6.76), savukārt 2. Klastera patērētāji uzrādīja ievērojami zemākus patikšanas rādītājus attiecībā uz visām sensorajām īpašībām (vērtējumi amplitūdā no 3.22 līdz 5.84) (12. tabula). Parauga patikšanas, aromāta un garšas īpašību patikšanas rādītāji starp patērētāju grupu un paraugiem būtiski atšķiras, izņemot kopējo tekstūru ($p=0.20$).

Lai gan netika konstatētas būtiskas atšķirības starp četriem paraugu sensoro īpašību patikšanas vērtējumiem, viegli grauzdētas kafijas paraugi vairāk patika patērētājiem no 1. Klastera un vidēji grauzdētas kafijas paraugi patērētājiem no 2. Klastera. Patērētāji no 1. Klastera LF kafijas paraugu novērtēja augstāk to aromāta, garšas patikšanas vērtējumā un pretēji – patērētāji no 2. Klastera

uzrādīja viszemāko vērtējumu. Patērētāji no 2. Klastera pēc kafijas garšošanas novērtēja paraugus ar būtiski zemāku vērtējumu, savukārt patērētāji no 1. Klastera kafijas paraugus pēc degustācijas novērtēja ar lielāku punktu skaitu. Patērētāji no 1. Klastera izrādīja lielāku vēlmi iegādāties kafijas paraugus nekā 2. Klastera patērētāji, ja zinātu, ka tie satur palielinātu antioksidantu saturu.

Pēc Kendāla τ korelācijas datiem (13. tabula) paraugu sensoro īpašību patikšanas rādītājiem novērota pozitīva korelācija ar vēlmi iegādāties kafijas paraugus. Abu patērētāju grupu kafijas paraugu kopējais aromāta un tekstūras novērtējums uzrādīja vāju korelāciju ar vēlmi iegādāties kafijas paraugu. Spēcīgākā korelācija ar vēlmi iegādāties kafijas paraugus 1. Klastera patērētājiem bija ar kafijas paraugu patikšanas novērtējumu, taču 2. Klastera patērētājiem ar kafijas garšas novērtējumu. Tas varētu liecināt, ka 2. Klastera patērētāju vēlmi iegādāties kafijas paraugus un patikšanas vērtējumu varētu ietekmēt nepatīkamas garšas aspekti.

Penalty analīzes dati liecina, ka rūgtums un skābums būtiski ietekmē kopējo kafijas paraugu patikšanu, īpaši 2. Klastera patērētājiem. Patērētāji no 2. Klastera novērtēja visus kafijas paraugus kā pārāk rūgtus un pārāk skābus. Patērētāji no 1. Klastera LF kafijas paraugam visvairāk izvēlējās "JAR" (tieši laikā) vērtējumu kafijas skābumam (69%) un rūgtumam (69%) (8. att.). Tikmēr 73% patērētāji no 2. Klastera LF parauga skābumu novērtēja kā "pārāk daudz" un 56% rūgtumu kā "pārāk daudz". Rezultāti ir saskaņā ar garšas patikšanas novērtējuma rādītājiem, kas parādīti 12. tabulā, kur 1. Klastera patērētājiem visvairāk patika LF parauga garša, bet 2. Klastera patērētājiem LF parauga garša vismazāk patika no visiem četriem kafijas paraugiem. *Penalty* analīze arī norāda, ka 2. Klastera patērētāju franču preses kafijas (LF un MF) patikšanas vērtējumu būtiski ietekmē, ja to uzskata, par pārāk skābu, un filtra kafiju (LD un MD), ja uzskata to par pārāk skābu un rūgtu. Tikai franču preses kafijas rūgtumam nebija būtiskas ietekmes uz patērētāju kafijas parauga patikšanas novērtējumu.

Pētījums apstiprina iepriekšējo zinātnisko pētījumu secinājumus (Cotter et al. 2021), kur patērētāji, kuri bija konservatīvāki attiecībā uz kafijas garšas īpašībām, būtiski izvērtēja kafijas paraugu skābumu. Bhumiratana et al. (2019) pētījumā par kafijas dzeršanas paradumiem un ar to saistītām emocijām secināja, ka kafija ar izteiktāku skābumu patērētājiem ir saistīta ar tādām emocijām kā vainas apziņa, garlaicība, nelīdzsvarotība. Kafijā esošais kakao, deguma aromāts un rūgtā garša bija saistīta ar pozitīvām emocijām. Iespējama izskaidrojums kafijas patērētāju nepatīkai pret skābu garšu varētu būt nepazīstamā asociācija ar *specialty* kafijas garšu.

SECINĀJUMI

1. Cietās fāzes mikro ekstrakcijas šķiedras izvēle būtiski ietekmē gaistošo savienojumu noteikšanu *specialty* kafijā. CAR/PDMS bija vienīgā šķiedra, kas spēja uzrādīt ievērojami vairāk nozīmīgo gaistošu savienojumu ar

lielākiem smaiļu laukumiem no visām ķīmiskajām klasēm, izņemot fenolu savienojumus.

2. Tika konstatēta pozitīva korelācija starp sensorās kvalitātes novērtējuma rādītājiem un kopējo fenolu, flavonoīdu saturu Roastery_1 kafijas paraugos un negatīva korelācija starp sensorās kvalitātes novērtējuma rādītājiem un kopējo fenola, flavonoīdu saturu un ABTS⁺, DPPH[•] antitradikālo aktivitāti Roastery_2 kafijas paraugos. Rezultāti apliecina, ka grauzdētājiem raksturīgie grauzdēšanas parametri var ietekmēt gaistošo savienojumu profilu un kopējo, individuālo fenola savienojumu saturu.
3. Vislielākais kopējo fenolu, flavonoīdu saturs (291.85 mg GAE 100 mL⁻¹; 18.26 mg CE 100 mL⁻¹) un fenolu kā, 3,5-dihidroksibenzoskābes (217.24 mg 100 mL⁻¹), hlorogēnskābes (117.54 mg 100 mL⁻¹) un rutīna (9.70 mg 100 mL⁻¹) tika konstatēts viegli grauzdētā kafijā un to saturs samazinājās, palielinoties grauzdējuma pakāpei.
4. Grauzdēšanas pakāpes neuzrādīja tiešu saistību ar aminoskābju profilu, lai gan starp vairākām aminoskābēm tika novērotas spēcīgas korelācijas vidēja grauzdējuma pakāpes kafijā. Savukārt, taukskābju saturs bija vislielākais vidēji grauzdētā kafijā un vismazākais viegli grauzdētā kafijā.
5. Izmantojot olfaktorisko *specialty* kafijas vārdnīcu, tika noteikti 23 aromāti un 30 aromātu veidojoši savienojumi.
6. Biežākie aromāti *specialty* kafijas gaistošajiem savienojumiem tika asociēti ar saldumu, pelējumu/mitru pagrabu, ādu, skunksu, degumu un riekstiem.
7. *Penlaty* analīze apstiprina, ka kafijas parauga skābums un rūgtums var būtiski ietekmēt gan patērētāju grupu patikšanas rādītājus, gan vēlmi iegādāties kafiju.
8. Pētījuma rezultāti pierāda, ka pastāv saistība starp sensoro īpašību patikšanas rādītājiem un melnas kafijas patērētāju pirkšanas nodomu. Informācija par iespējami palielinātu antioksidantu saturu kafijā neietekmēja patērētāju vēlmi iegādāties kafiju.
9. Pētījumu iegūtie rezultāti noraida hipotēzi, ka pielāgojot grauzdēšanas pakāpi, kafijas patērētāji dotu priekšroku *specialty* kafijai tās palielināto bioloģiski aktīvo savienojumu satura dēļ.

Mg.sc.sal. Ilze Laukalēja

e-mail / e-pasts: ilze.laukaleja@gmail.com

Latvia University of Life Sciences and Technologies / Latvijas Lauksaimniecības universitāte
Faculty of Food Technology / Pārtikas Tehnoloģijas fakultāte

Rīgas Street 22a, Jelgava, LV3004, Latvia / Rīgas iela 22a, Jelgava, LV-3004, Latvija