



UNIVERZITET U NOVOM SADU  
Tehnološki fakultet Novi Sad



# **POBOLJŠANJE KVALITETA NAPITKA KAFE IZBOROM OPTIMALNIH USLOVA PRŽENJA I ODNOSA RAZLIČITIH VRSTA KAFE**

**Doktorska disertacija**

Mentor:

prof. dr Natalija Džinić

Kandidat:

Božana Odžaković

Novi Sad, 2015. godine

**UNIVERZITET U NOVOM SADU**  
**TEHNOLOŠKI FAKULTET**

**KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA**

**Redni broj:**  
**RBR**

**Identifikacioni broj:**  
**IBR**

**Tip dokumentacije:** Monografska publikacija  
**TD**

**Tip zapisa:** Tekstualni štampani materijal  
**TZ**

**Vrsta rada:** Doktorska disertacija  
**VR**

**Ime i prezime autora:** Božana Odžaković, Master  
**AU**

**Mentor:** Dr Natalija Džinić, vanredni profesor  
**MN**

**Naslov rada:** Poboljšanje kvaliteta napitka kafe izborom optimalnih uslova prženja i odnosa različitih vrsta kafe  
**NR**

**Jezik publikacije:** srpski, latinica  
**JP**

**Jezik izvoda:** srpski, engleski  
**JI**

**Zemlja publikovanja:** Srbija  
**ZP**

**Uže geografsko područje:** Vojvodina  
**UGP**

**Godina:** 2015  
**GO**

<b>Izdavač:</b> <b>IZ</b>	autorski reprint
<b>Mesto i adresa:</b> <b>MA</b>	21000 Novi Sad, Bulevar cara Lazara 1
<b>Fizički opis rada:</b> <b>FO</b>	broj poglavlja (7) / stranica (173) / tabela (42) / grafici/slike (23) / referenci (141)
<b>Naučna oblast:</b> <b>NO</b>	Tehnološko inženjerstvo, Prehrambeno-biotehnoške nauke
<b>Naučna disciplina:</b> <b>ND</b>	Prehrambeno inženjerstvo
<b>Predmetna odrednica, ključne reči:</b> <b>PO</b>	Tradicionalni napitak kafe, kvalitet kafe, optimizacija procesa prženja
<b>UDK</b>	663./94:543.92(043.3)
<b>Čuva se:</b> <b>ČU</b>	U biblioteci Tehnološkog fakulteta Univerziteta u Novom Sadu
<b>Važna napomena:</b> <b>VN</b>	-

**Izvod:**  
**IZ**

Na našim prostorima napitak crne kafe veoma je cijenjen i ima dugu tradiciju pripreme i konzumiranja. Izborom optimalnih parametara procesa prženja u industrijskim uslovima proizvodnje i definisanjem recepture, nastoji se postići odgovarajući kvaliteta, odnosno najprihvatljivija senzorska svojstava napitka kafe. Da bi kafa na određenom tržištu zadovoljila želje i očekivanja porošača, potrebno je definisati parametre kvaliteta kafe za potrebe svakog ciljnog tržišta. Primjenom deskriptivne senzorske analize moguće je dati precizan opis arome, ukusa i boje napitka kafe, kao najvažnijih senzorskih svojstava, sa značajnim uticajem na kvalitet i prihvatljivost kvaliteta.

Cilj ove doktorske disertacije je postizanje optimalnog senzorskog kvaliteta napitka crne kafe definisanjem parametara procesa prženja kafe u industrijskim uslovim proizvodnje i definisanjem optimalnog odnosa kafe vrste Arabika i kafe vrste Robuste, kao i definisanje senzorskog profila i sistema senzorskog ocjenjivanja napitka crne kafe koji se priprema na tradicionalan način.

Da bi se definisali parametri procesa prženja, neophodno je odrediti optimalnu temperaturu prženja, koja će omogućiti razvoj i formiranje prijatnih senzorskih svojstava u zrnju kafe. Za pripremanje napitka crne kafe na tradicionalan način obično se

koriste dvije vrste kafe, Arabika i Robusta u različitom odnosu.

Na osnovu rezultata dobijenih hemijsko-fizičkim analizama uzoraka različitih vrsta kafa i mješavina na različitim temperaturama prženja i senzorskom analizom napitka kafe pripremljenog od ispitivanih uzoraka kafe na tradicionalan način, sa ciljem poboljšanja kvaliteta napitka kafe izborom optimalnih uslova prženja i odnosa različitih vrsta kafe može se zaključiti da uzorci napitka kafe pripremljeni od uzoraka proizvedenih prema proizvođačkoj specifikaciji nemaju očekivani kvalitet napitka kafe, kao i da proizvodnjom uzoraka pojedinačnih vrsta kafe pržene na 167°C i 175°C i njihovih mješavina nije postignut optimalni kvalitet napitka kafe. Takođe je zaključeno da je uzorak napitka kafe pržene na 171°C N1 ocjenjen kao uzorak najboljih senzorskih svojstava (82,35%). Odnos kafa Arabika II klasa, Arabika I klasa i Robusta je bio 34,28%:51,42%:14,30%. Vrijednost titracione kiselosti iznosila je 128,86, sadržaj hlorogenske kiseline 3,77%, sadržaj kofeina 2,29%, sadržaj proteina 13,79%, sadržaj slobodne masti 14,37%, odnosno sadržaj ukupno zasićenih masnih kiselina 42,65%, a sadržaj ukupno nezasićenih masnih kiselina 57,36%, vrijednost pH 5,35 i aktivnost vode 0,102. Antioksidativna aktivnost je iznosila 235,57  $\mu$ mola TE/g uzorka (DPPH) i 217,62  $\mu$ mola TE/g uzorka (ABTS).

Uzorak U1 napitka kafe pripremljen na tradicionalan način od mješavine kafe pržene na 171°C, sitno mljevene okarakterisan je kao veoma prijatan za konzumiranje, sa najskladnijim aromatskim profilom, usaglašene gorčine i kiselosti, prijatne i umjerene punoće ukusa i blagog i harmoničnog utiska u ustima. Odnos kafa Arabika II klasa, Arabika I klasa i Robusta u ovom uzorku je bio 34,28%:51,42%:14,30%.

**Datum prihvatanja teme od strane NN veća:**

**DP**

Datum odbrane: **DO**

**Članovi komisije:**

**(ime i prezime / titula / zvanje / naziv organizacije / status)**

**KO**

Dr Biljana Pajin, redovni profesor, Tehnološki fakultet, Novi Sad, predsjednik,

Dr Natalija Džinić, vanredni profesor, Tehnološki fakultet, Novi Sad, mentor,

Dr Jovanka Popov-Raljić, redovni profesor, Prirodno-matematički fakultet, Novi Sad, član,

Dr Slavica Grujić, redovni profesor, Tehnološki fakultet, Banja Luka, član i

Dr Snežana Kravić, docent, Tehnološki fakultet, Novi Sad, član.

**UNIVERSITY OF NOVI SAD**  
**FACULTY OF TECHNOLOGY**

**KEY WORD DOCUMENTATION**

**Accession number:**

**ANO**

**Identification number:**

**INO**

**Document type:**

Monograph documentation

**DT**

**Type of record:**

Textual printed material

**TR**

**Contents code:**

Ph. D. thesis

**CC**

**Author:**

Božana Odžaković, M. Sc.

**AU**

**Mentor:**

Dr Natalija Džinić, Ph.D, associate professor

**MN**

**Title:**

Improvement of coffee beverage quality by selecting optimal roasting conditions and optimal ratio of different coffee species

**TI**

**Language of text:**

Serbian

**LT**

**Language of abstract:**

Serbian/English

**LA**

**Country of publication:**

Serbia

**CP**

**Locality of publication:**

Vojvodina

**LP**

**Publication year:** 2015  
**PY**

**Publisher:** Author's reprint  
**PB**

**Publication place:** Novi Sad, Bulevar cara Lazara 1  
**PP**

**Physical description:** number of chapters (7) / pages (173) / tables (42) / figures/graphs (23) / references (141)  
**PD**

**Scientific field** Technological engineering, Food-biotechnical Sciences  
**SF**

**Scientific discipline** Food engineering  
**SD**

**Subject, Key words** Traditional coffee beverage, quality of coffee, optimization of roasting process  
**SKW**

**UC** 663./94:543.92(043.3)

**Holding data:** Library of Faculty of Technology, University of Novi Sad  
**HD**

**Note:** -  
**N**

**Abstract:**  
**AB**

Consumption of black coffee prepared in a traditional way is very popular in our region. By selecting the optimum parameters of roasting in industrial conditions and defining ratio of the individual species of coffee, it aims to achieve the appropriate quality, and the most acceptable sensory properties of a coffee beverage. In order to fulfill consumers expectations, it is necessary to define the parameters of quality coffee for the needs of each target market. Using descriptive sensory analysis it is possible to give a precise description of the aroma, taste and color of coffee beverage, as the most important sensory characteristics, with significant impact on the quality and acceptability of quality.

The aim of this PhD thesis was to achieve optimal sensory quality black coffee beverage, by defining the parameters of the coffee roasting within the industrial conditions and defining the optimal ratio of coffee Arabica and Robusta species, as well as defining a sensory profile and the system of sensory analysis black coffee beverage which was prepared on traditional way.

In order to define the parameters of the roasting process, it is necessary to determine the optimum temperature of roasting, which will enable the development and formation of pleasant sensory properties of coffee beans. For the preparation of coffee beverage in the traditional way, usually used two species of coffee, Arabica and Robusta in different ratio.

Based on the results of chemical and physical analysis of coffee samples (different species and blends) at different roasting temperatures and results of sensory analysis of a coffee beverage prepared from coffee samples in the traditional way, with the aim of improving the coffee beverage quality, by determining optimal conditions of roasting and ratio of different species of coffee, it could be concluded that the samples of coffee beverage prepared from samples produced according to the production specification do not had the expected quality of coffee beverage. It also could be concluded that by production of individual species of coffee samples roasted at 167 and 175° C, and their blends was not reached optimal quality of coffee beverage. It was also concluded that the coffee beverage of sample roasted at 171°C, N1 was rated as the sample of the best sensory properties (82.35%). The ratio of coffee Arabica Class II, Arabica Class I and Robusta was 34.28%: 51.42%: 14.30%. Value of titratable acidity was 128.86, chlorogenic acid content was 3.77%, caffeine content was 2.29%, protein content was 13.79%, the content of free fat was 14.37%, total content of saturated fatty acids was 42.65%, and total content of unsaturated fatty acids was 57.36%, pH value was 5.35 and aw value was 0.102. The antioxidant activity was amounted 235.57 µmol TE/g sample (DPPH) and 217.62 µmol TE/g sample (ABTS).

Coffee beverage prepared in the traditional way from a sample U1 roasted at 171 °C, finely ground, was characterized as very pleasant, with the most harmonious aromatic profile, pleasant bitterness and acidity, pleasant and moderate body and gentle and harmonious impression in the mouth. The ratio of coffee Arabica Class II, Arabica Class I and Robusta in this sample was 34.28%: 51.42%: 14.30%.

**Accepted on Scientific Board on:**

**AS**

**Defended:**

**DE**

**Thesis Defend Board:**

**DB**

Dr Biljana Pajin, full professor, Faculty of Technology, Novi Sad, president,

Dr Natalija Džinić, associate professor, Faculty of Technology, Novi Sad, mentor,

Dr Jovanka Popov-Raljić, full professor, Faculty of sciences, Novi Sad, member,

Dr Slavica Grujić, full professor, Faculty of Technology, Banja Luka, member and

Dr Snežana Kravić, professor assistant, Faculty of Technology, Novi Sad, member.

# SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. PREGLED LITERATURE .....	3
2.1. BILJKA KAFE .....	3
2.1.1. Proizvodnja i kvalitet sirove kafe.....	6
2.1.2. Hemijski sastav sirove kafe.....	9
2.2. TEHNOLOŠKI PROCES PROIZVODNJE PRŽENE, MLJEVENE KAFE.....	19
2.2.1. Proces prženja kafe .....	20
2.2.1.1. Hemijski sastav i kvalitet pržene kafe .....	24
2.2.2. Proces mljevenja kafe .....	32
2.3. VRSTE NAPITAKA KAFE.....	33
2.3.1. Kvalitet napitka kafe .....	34
2.4. ANTIOKSIDATIVNA AKTIVNOST KAFE.....	38
2.5. SENZORSKA ANALIZA .....	41
2.5.1. Osnovni uslovi neophodni za objektivno sprovođenje senzorske analize .....	42
2.5.2. Metode senzorske analize .....	44
2.5.2.1. Deskriptivna senzorska analiza .....	45
2.5.2.2. Rangiranje .....	48
3. ZADATAK RADA .....	50
4. MATERIJAL I METODE RADA.....	53
4.1. MATERIJAL .....	53
4.2. Metode rada .....	58
4.2.1. Hemijsko-fizičke analize .....	58
4.2.1.1. Određivanje sadržaja vlage .....	58
4.2.1.2. Određivanje sadržaja ukupnih rastvorljivih materija .....	58
4.2.1.3. Određivanje sadržaja ukupnog pepela.....	58
4.2.1.4. Određivanje vrijednosti titracione kiselosti.....	59
4.2.1.5. Određivanje sadržaja kofeina .....	59
4.2.1.6. Određivanje sadržaja hlorogenske kiseline .....	59
4.2.1.7. Određivanje sadržaja proteina .....	60
4.2.1.8. Određivanje sadržaja slobodne masti .....	60
4.2.1.9. Određivanje sastava masnih kiselina.....	60
4.2.1.10. Određivanje vrijednosti pH .....	61



4.2.1.11. Određivanje gustine zrna kafe .....	61
4.2.1.12. Određivanje aktivnosti vode (vrijednost $a_w$ ) .....	61
4.2.1.13. Instrumentalno određivanje boje .....	62
4.2.1.14. Instrumentalno određivanje teksture zrna kafe .....	62
4.2.1.15. Određivanje gubitka mase .....	63
4.2.2. ODREĐIVANJE ANTIOKSIDATIVNE AKTIVNOSTI .....	63
4.2.2.1. Priprema uzorka, ekstrakta kafe za određivanje ukupnih fenola, flavonoida i flavonola i antioksidativne aktivnosti uzoraka .....	63
4.2.2.2. Određivanje ukupnih fenola .....	64
4.2.2.3. Određivanje ukupnih flavonoida .....	65
4.2.2.4. Određivanje flavonola .....	65
4.2.2.5. Određivanje antioksidativne aktivnosti DPPH testom .....	66
4.2.2.6. Određivanje antioksidativnog kapaciteta ABTS testom .....	67
4.2.3. Senzorska analiza .....	67
4.2.3.1. Izbor i obuka ocjenjivača .....	68
4.2.3.2. Priprema uzoraka napitka od kafe .....	68
4.2.3.3. Metodologija provođenja senzorske analize .....	69
4.2.3.4. Deskriptivna senzorska analiza .....	69
4.2.3.5. Ocjena prihvatljivosti – metoda rangiranja .....	73
4.2.4. Statistička obrada podataka .....	74
5. PRIKAZ REZULTATA I DISKUSIJA .....	75
5.A. Hemijsko-fizičke analize ispitivanih uzoraka .....	75
5.B. Antioksidativna aktivnost ispitivanih uzoraka .....	112
5.C. Senzorska analiza ispitivanih uzoraka .....	125
6. ZAKLJUČAK .....	158
7. LITERATURA .....	162

## 1. UVOD

Svježe pripremljen napitak kafe, svojim specifičnim senzorskim svojstvima pruža potrošačima zadovoljstvo prilikom konzumiranja i predstavlja jedan od najpopularnijih napitaka sa kojim ljudi širom svijeta započinju dan. Popularnosti ovog napitka u najvećoj mjeri doprinose prijatna aroma i specifičan ukus, kao i stimulativni efekt pojedinih sastojaka kafe na centralni nervni sistem organizma čovjeka.

Postoje različite vrste biljke kafe, a komercijalno dostupne vrste, kako na svijetском tako i na našem tržištu (Srbija i Bosna i Hercegovina), su najčešće *Coffea Arabica* i *Coffea Robusta*. Kafa se priprema i stavlja u promet, obično kao mješavina ove dvije vrste kafe. Optimalan odnos mješavine kafa Arabika i Robusta doprinosi kvalitetu napitka kafe kao finalnog proizvoda. U zavisnosti od porijekla, vrste i kvaliteta kafe, kao i postupaka prerade, na tržištu se nudi kafa različitog kvaliteta i cijene. Pripremanjem različitih komercijalnih mješavina kafe nastoji se postići izbalansiran odnos sastojaka koji utiču na prihvatljivost arome i ukusa kafe, ali istovremeno obezbjediti i prihvatljiva tržišna cijena proizvoda. Industrijska proizvodnja obezbjeđuje potrošačima adekvatno upakovanu prženu, mljevenu kafu za pripremu ovog napitka. Potrošači očekuju da napitak ima prijatnu aromu i punoću ukusa, dobro izbalansiran ukus skoncentrisan oko gorčine i kiselosti koje karakterišu ovaj proizvod.

Postoji veliki broj različitih vrsta napitaka kafe, kao i načina njihove pripreme i rituala konzumiranja što prvenstveno zavisi od tradicije i kulture društva, ali i od navika potrošača. Za naše prostore (Srbija i Bosna i Hercegovina) karakteristično je konzumiranje crne kafe, koja se obično priprema u domaćinstvu, prema tradicionalnom načinu pripreme. Ovako pripremljen napitak treba da ima specifičnu, intezivnu i konstantno prijatnu aromu kao i odgovarajući odnos gorčine i kiselosti što obezbjeđuje prijatan i karakterističan ukus napitka. Zbog toga je izuzetno značajno obezbjediti i održavati kvalitet kafe koja se koristi za pripremu napitka.

Prženje predstavlja ključni korak u procesu proizvodnje kafe jer omogućava razvoj boje, arome i ukusa koji su neophodni za karakterizaciju kvaliteta kafe. Željena aroma i ukus koji su karakteristični za napitak kafe razvijaju se u toku prženja sirovih zrna u temperaturno-vremenski zavisnom procesu u kome zrna kafe prođu čitav niz reakcija koje dovode do brojnih promjena u fizičko-hemijskom sastavu. Mljevenjem prženih zrna omogućava se oslobađanje aroma kafe u toku ekstrakcije, odnosno pripreme napitka kafe.

Kvalitet kafe koja se koristi za pripremu napitka je direktno povezan sa hemijskim sastavom sirovog i prženog zrna kafe. Kada su supstance, nosioci arome i ukusa, sadržane u proizvodu u optimalnoj količini i međusobnom odnosu, može se očekivati prijatan opšti utisak o prihvatljivosti kvaliteta, zadovoljstvo i užitek u konzumiranju ovog napitka.

Jedan od najvažnijih kriterijuma za ocjenu kvaliteta kafe je senzorska analiza napitka pripremljenog od prženog, mljevenog zrna kafe. Kafa kao napitak ima kompleksan senzorski kvalitet, a posebno aromu i ukus. Oni predstavljaju najvažnije parametre za ocjenu kvaliteta kafe i prihvatljivosti od strane potrošača, kao krajnjih korisnika. Primjena deskriptivne senzorske analize omogućava identifikovanje i objektivnu ocjenu odabranih senzorskih svojstva napitka crne kafe koja utiču na kvalitet proizvoda. Dobijeni rezultati mogu biti korisni za upravljanje kvalitetom proizvoda i procesa proizvodnje pržene kafe kao komercijalnih proizvoda.

Napici pripremljeni od kafe, predstavljaju značajan izvor antioksidanasa u ishrani i značajno doprinose njihovom dnevnom unosu u organizam potrošača. Podaci o antioksidativnom djelovanju kafe, utiču na povećano interesovanje potrošača za ovim napitkom. S obzirom na veliku potrošnju kafe na našim prostorima i nedostatak naučnih podataka o njenoj antioksidativnosti, javlja se potreba da se ispita antioksidativna aktivnost kafe, kao sirovine za pripremu napitka crne kafe, kao i uticaj vrste kafe i procesa prženja na njenu antioksidativnost.

S obzirom na naprijed navedena saznanja odlučeno je da se u ovoj doktorskoj disertaciji ispita kvalitet različitih vrsta kafe u procesu proizvodnje pržene, mljevene kafe u cilju postizanje optimalnog senzorskog kvaliteta napitka crne kafe, definisanjem parametara procesa prženja kafe u industrijskim uslovim proizvodnje i definisanjem optimalnog odnosa kafe vrste Arabika i kafe vrste Robuste, kao i da se definiše senzorski profil i sistem senzorskog ocjenjivanja napitka crne kafe koji se priprema na tradicionalan način.

## 2. PREGLED LITERATURE

Kafa predstavlja jedan od najpopularnijih i najviše konzumiranih napitaka na svijetu (Ferraz i sar., 2010). Zbog svog prijatnog ukusa, arome i stimulativnog efekta na centralni nervni sistem, od ukupne količine bezalkoholnog pića koje se redovno konzumira širom svijeta, 75% otpada na kafu. Kafa je univerzalni proizvod, predstavlja posebnu kategoriju napitaka i može se konzumirati u svim prilikama (Fujioka i Shibamoto, 2008; Ferraz i sar., 2010; Martins i Gloria, 2010; Misik i sar., 2010). Sa tržišnim udjelom od oko 15 milijardi US\$, kafa je poslije nafte druga roba po prometu, širom svijeta. Uzgoj i proizvodnja kafe predstavljaju globalnu gigantsku industriju koja uključuje veliki broj radnika u ogromnom lancu proizvodnje (Naidu i sar., 2008). Zajedno sa čajem, kafa predstavlja najpopularniji napitak širom svijeta. Stoga je komercijalni i socijalni značaj kafe očigledan (Martin i sar., 2001; Romano i sar., 2014).

Smatra se da kafa vodi porijeklo iz Etiopije iz oblasti Kaffa po kojoj je i dobila ime, a u Evropu je stigla u 17 vijeku ilegalnim putevima preko Arapskih trgovaca (Džinić i Jokanović, 2010). Uzgoj kafe lociran je uglavnom u Južnoj Americi, a Brazil je vodeća zemlja u proizvodnji kafe (42%). Afrika učestvuje sa 20,4% u ukupnoj proizvodnji kafe, a Azija sa 18,5%. Evropa je najveći uvoznik, odnosno potrošač kafe (Parras i sar., 2007; Alves i sar., 2009).

### 2.1. BILJKA KAFE

Biljka kafe pripada rodu zimzelenog šiblja ili niskog drveća *Coffea* iz porodice *Rubiaceae*. Na drvetu kafe se prvo pojavljuju veoma aromatični bijeli cvjetovi koji se veoma kratko zadržavaju na stablu, oslobađajući miris koji podsjeća na kombinaciju mirisa jasmina i narandžinog cvijeta (slika 2.1.). Iz njih nastaju plodovi koji se nazivaju koštunice ili trešnje. Za prvi rod drveta podrebnost je od tri do pet godina, a prosječno drvo u sezoni rađa od 1 do 3 kg. Plod dobija jasnu crvenu boju tek kada potpuno sazri, poslije šest do dvanaest mjeseci i tada ima prečnik do 15 mm. Svaki plod sadrži dva sjemena ili zrna (slika 2.2.), opšte poznata kao "zeleno zrno", odnosno sirova zrna kafe (Buffo i Freire, 2004) i koristi se kao osnovna sirovina za proizvodnju pržene i mljevene kafe, rastvorljivog kafa praha, kao i kafe likera.



Slika 2.1. Grana kafe sa plodom i cvijetom  
(www.illy.com)



Slika 2.2. Plod kafe sa dva sirova zrna  
(www.illy.com)

Ravne strane ova dva zrna okrenute su jedna prema drugoj, a duboki žlijeb se nalazi na sredini svakog zrna, dok je druga strana ispupčena. Zrno ima prečnik oko 10 mm i teško je oko 0,15 g. Različite vrste kafe razlikuju se po veličini i obliku zrna.

Od mnogih vrsta, u trgovini kafom, zbog izuzetnog hemijskog sastava i senzornih svojstava, najznačajnije su kafa Arabika (*Coffea arabica*) i kafa Robusta (*Coffea canephora*) kioje zajedno čine 90% ukupne proizvodnje u svijetu (Parras i sar., 2007; Enyan i sar., 2013).



Slika 2.3. Komercijalne vrste kafe Arabika i Robusta

U zavisnosti od geografskog porijekla cijena Arabike može da bude 2 do 10 puta veća od cijene Robuste. Arabika čini 75-80% ukupne svjetske proizvodnje kafe. Žetva za ovu vrstu kafe je relativno skupa, jer se pojedinačna zrna, koja su u optimalnoj fazi tehnološke zrelosti,

kafe moraju brati ručno. Zrna sirove Arabika kafe od svijetlo do tamno zelene boje, sa plavičastom nijansom, ravna su i izdužena, a središnji žljeb je talasast (Butt i sar., 2011). Kod nas, kao i u svijetu najpoznatije vrste Arabike su „minas“ i „santos“ što su imena izvedena iz oblasti Brazila u kojima su one uzgajane. Napitak kafe koji se priprema od Arabika vrste kafe ima izraženiju kiselost, prijatnu i izraženiju aromu od napitaka pripremljenih od drugih vrsta kafe (Džinić i Jokanović, 2010) i najviše se koristi za proizvodnju ovog visoko cijenjenog napitka. Aroma napitka Arabika kafe je sofisticirana i kompleksna, a može da sadrži voćnu, cvjetnu ili čokoladnu notu (Kreicbergs i sar., 2011). Ukus kafe Arabika se može opisati kao sladak, zaokružen, sa izraženim aromatskim notama, neznatno kiseo i često čokoladan, sa prijatnom notom gorčine.

Robusta se uzgaja u tropskim predjelima Afrike, Indije, Indonezije i Vijetnama i to na područjima sa manjom nadmorskom visinom (Džinić i Jokanović, 2011). Usjevi Robuste su otporniji na bolesti nego usjevi Arabike. Robusta u svjetskoj proizvodnji zauzima oko 25% i znatno je jeftinija od Arabike, niži su troškovi proizvodnje (Franca i sar., 2009). Razlikuje se od Arabike po krupnoći i izgledu zrna koja su svijetlo braon boje, okrugla i nepravilnog oblika i njihov žljeb je prav (Butt i sar., 2011). Sitnija je od Arabike i ima više otpadnih primjesa i crnih zrna, pa je i to jedan od faktora zašto je Arabika kafa boljeg kvaliteta. Napitak od čiste Robuste je oporog ukusa i gorak bez izražene arome. Robusta se koristi za pripremanje mješavina kafe sa Arabikom, jer svojim ekstraktom, visokim procentom kofeina i hlorogenske kiseline dobrinosi stvaranju skladnijeg senzorskog profila napitka kafe (Džinić i Jokanović, 2010). Arabika u mješavini pržene, mljevene kafe potrebne za pripremu napitka crne kafe, koji se konzumira na našim prostorima, učestvuje u mnogo većem procentu nego Robusta, a od procentualnog odnosa ove dvije vrste zavisi i senzorski kvalitet napitka kafe. Zbog lošijeg kvaliteta Robuste u odnosu na Arabiku, istraživanjima vezano za ovu vrstu kafe nije se posvećivana velika pažnja kao za istraživanja Arabike. U posljednje vrijeme u cilju poboljšanja senzorskih karakteristika Robuste, a na taj način i dobijanja njene veće konkurentnosti na tržištu, ulaže se u istraživanja, razvoj i optimizaciju ove kafe različitim metodama obrade (Mendes i sar., 2001, Ferrari i sar., 2010; Naidu i sar., 2008). Optimizacijom parametara u toku procesa prženja može se poboljšati kvalitet Robuste i povećati njen udio u komercijalnim mješavinama kafe. Posebna pažnja je posvećena temperaturi i vremenu prženja, odnosno stepenu prženja kafe (Džinić i sar., 2010, Mendes i sar., 2001). U cilju postizanja specifične, poželjne arome napitka kafe, potrošačima se na

tržištu često nude mješavine različitih vrsta kafe, a najčešće Arabike i Robuste (Kreicbergs i sar., 2011).

### 2.1.1. Proizvodnja i kvalitet sirove kafe

Nakon berbe, plodovi kafe se obrađuju suvim, mokrim ili polusuvim postupkom u cilju proizvodnje zrna sirove kafe. Svaki od izabranih postupaka ima za cilj uklanjanje mesnatog dijela ploda i oslobađanje zrna kafe. Ključna razlika između suvog i mokrog postupka proizvodnje sirove kafe je u načinu uklanjanja kože i pulpe mesnatog dijela ploda (Duarte i sar., 2010).

Suvi postupak proizvodnje sirove kafe se koristi u područjima koja nemaju dovoljne količine vode (Brazil, Indija, Etiopija), a koja imaju veliki broj sunčanih dana u godini. Ovaj postupak se najčešće koristi u procesu proizvodnje sirove Robusta vrste kafe. Zreli plodovi kafe se rašire u tankom sloju na podlogu gdje ostaju dvije do tri sedmice izloženi na suncu. Povremeno se okreću kako bi se spriječilo zadržavanje vlage u unutrašnjim dijelovima i da bi se omogućilo ravnomjerno sušenje. Ovim postupkom dobija se „prirodna sirova kafa - natural coffee“ (Illy i Viani., 2005).

Mokri postupak proizvodnje sirove kafe se primjenjuje u područjima koja nemaju dovoljno sunčanih dana, a imaju visoki udio vlage ili dugo kišno razdoblje. Ovaj postupak se najčešće koristi u procesu proizvodnje sirove Arabika vrste kafe. Zreli plodovi kafe se nakon branja potapaju u bazene sa vodom pri čemu pulpa omekšava, a strane primjese isplivavaju na površinu ili se talože na dno bazena. U vodi započinje proces fermentacije. Nakon fermentacije, zrna se suše prirodno na suncu ili u sušarama sa toplim vazduhom. Ovim postupkom dobija se „prana sirova kafa - washed coffee“ (Illy i Viani., 2005).

Polusuvim postupkom se uklanja dio pulpe, zrno se suši sa ostatkom pulpe, ali se primjenjuje i fermentacija (Duarte i sar., 2010). U oba slučaja, oljušteno ili „polirano“ sirovo zrno se razvrstava i označava prema kategoriji kvaliteta i pakuje za izvoz.

Poslije uklanjanja pulpe, sirova zrna kafe su suva, očišćena i obično se pakuju u vreće od 60 kg i skladište prema propisanim uslovima sve do procesa prženja.

Saglasno Pravilniku o kafi, proizvodima od kafe, surogatima i proizvodima od surogata („Službeni glasnik BiH“, broj 72/2011) i Pravilniku o kvalitetu sirove kafe, proizvoda od kafe, surogata kafe i srodnih proizvoda („Službeni glasnik RS“, broj 54/2012)

pod sirovom kafom podrazumijevaju se osušene sjemenke (zrna kafe) biljke roda *Coffea* dobijene odgovarajućim tehnološkim postupkom od ploda kafe, uklanjanjem mezokarpa, endokarpa i po mogućnosti potpuno i djelimično tegumenta, odnosno pergamenta (srebrnaste opne), a stavlja se na tržište pod nazivom sirova kafa ili sirova kafa bez kofeina. Sirova kafa, u zavisnosti od botaničke vrste, razvrstava se kao: Arabika, Robusta, Liberika, Ekselsa i Arabusta.

Deklaracija sirove kafe koja se stavlja na tržište u vrećama i/ili kontejnerima mora sadržati najmanje: naziv kafe, zemlju porijekla, oznaku lota i neto masu dok se ostali podaci moraju nalaziti na propratnoj dokumentaciji.

Sirovu kafu prilikom stavljanju na tržište, kao i dostavljanja na analizu, mora da prati dokumentacija koja sadrži sljedeće podatke: naziv kafe (npr. Minas, Santos, Sharry); tip kafe (npr. prana, neprana, monsunska); naziv proizvođača i uvoznika; zemlja porijekla; godina berbe; oznaka lota i broj vreća u lotu; količina otpadnih i stranih primjesa, u procentima; količina vode na 105°C, u procentima; krupnoća zrna (prema broju sita); dokaz o pripadnosti klasi na osnovu propisa zemlje izvoznice; neto masa vreće sirove kafe. Sirova kafa koja se stavlja u promet mora da ispunjava sljedeće uslove:

1. da ne sadrži više od 12% vode, odnosno ne više od 11%, za kafu bez kofeina, (Službeni Glasnik BiH 72/11), odnosno da ne sadrži više od 13,5% vode, odnosno 12% vode za kafu bez kofeina (Službeni Glasnik RS 54/2012);
2. da ne sadrži više od 5,5% ukupnog pepela;
3. da ne sadrži više od 0,5% stranih primjesa (Službeni Glasnik BiH 72/11), odnosno 2,0% (Službeni glasnik RS 54/2012).
4. da količina otpadnih primjesa ne prelazi 10% kod svih vrsta kafe, osim kod kafe Robusta i nepranih Arabika kod kojih ta količina ne smije prelaziti 15%;
5. da nije zagađena insektima u bilo kom stadijumu razvoja;
6. da ne sadrži smrdljiva zrna;
7. da nije oštećena vodom;
8. da nema strani miris;
9. da je karakteristične i ujednačene krupnoće, oblika i boje za deklarisanu vrstu kafe;
10. da je napitak karakteristične arome, mirisa i ukusa za vrstu kafe koja je deklarirana;
11. da u uzorku od 300 g ne sadrži više od 140 ukupno negativnih bodova, odnosno ne više od 180 negativnih bodova.



Sirova kafa se, zavisno od ukupnog broja negativnih bodova, broja prisutnih crnih zrna i ocjene napitka, razvrstava u šest kvalitetnih klasa na način dat u tabeli 2.1.

Tabela 2.1. Kvalitet različitih klasa kafe

Klase	Ukupan broj negativnih bodova u uzorku od 300 g sirove kafe		Broj crnih zrna u uzorku od 300 g sirove kafe		Ocjena napitka
	Arabika, Liberika, Ekscelza, Arabusta	Robusta	Arabika, Liberika, Ekscelza, Arabusta	Robusta	
I	do 6	do 12	bez crnih zrna	bez crnih zrna	odlično izraženog mirisa, ukusa, arome i boje
II	7 do 13	13 do 25	Do 5	5	vrlo dobro izraženog mirisa, ukusa, arome i boje
III	14 do 30	25 do 50	Do 5	10	zadovoljavajuće izraženog mirisa, ukusa, arome i boje
IV	31 do 60	51 do 90	Do 10	15	zadovoljavajuće izraženog mirisa, ukusa, arome i boje
V	91 do 120	91 do 140	Do 10	20	zadovoljavajuće izraženog mirisa, ukusa, arome i boje
VI	121 do 140	140 do 180	Neograničeno	Neograničeno	slabo izraženog mirisa, ukusa arome i boje

Česti kriteriji koji se koriste za ocjenu kvaliteta zrna kafe uključuju veličinu zrna, boju, oblik, potencijal za prženje, metode prerade, godina usjeva, "cup" kvalitet i prisustvo defektnih zrna. Klasifikacija kvaliteta zrna koja podrazumjeva ekvivalenciju svih defekata zrna sa crnim zrnom kao osnovom "black bean count basis" prikazana je u tabeli 2.2. (Rodrigues i sar., 2003).

Tabela 2.2. Oznake sirovih zrna kafe na osnovu maksimalno dozvoljenih defekata

Oznaka	Maksimalno dozvoljeni broj defekata (crnih zrna) za 300g uzorka
NY ½	4
NY 2/3	8
NY ¾	19
NY 4	26
NY 4/5	36
NY 5/6	79
NY 6	86
NY 7	160
NY 8	360

### 2.1.2. Hemijski sastav sirove kafe

U toku zrenja i samog procesa obrade kafe dolazi do značajnih promjena i različitih reakcija uslijed čega se mijenja i hemijski sastav kafe, što svakako utiče na njen kvalitet (Rogers i sar., 1999). Zbog toga se sve veća pažnja poklanja istraživanjima hemijskog sastava sirove kafe, promjenama koje nastaju u toku obrade sirovog zrna kafe ali i procesa prženja kafe, kao i fizičko-hemijskog sastava i svojstava napitka kafe kao finalnog proizvoda. Na kvalitet i hemijski sastav sirovog zrna kafe utiču uslovi gajenja ove biljke kao što su lokacija, nadmorska visina, vrijeme sađenja biljke, sastav zemljišta i đubrenje, zatim berba, metode čišćenja i uslovi skladištenja sirovog zrna do prerade (Ribeiro i sar., 2010).

Tabela 2.3. Prosječan hemijski sastav sirove kafe Arabika i Robusta vrste

Komponente	Arabika		Robusta	Sastojci
<b>Rastvorljivi ugljeni hidrati</b>	9 – 12,5		6 – 11,5	
Monosaharidi		0,2 – 0,5		Fruktoza, glukoza, galaktoza, arabinoza (u tragovima)
Oligosaharidi	6 – 9		3 – 7	Saharoza (>90%), rafinoza (0 – 0,9%), stahiloza (0 – 0,13%)
Polisaharidi		3 – 4		Polimeri galaktoze (55 – 65%), manoze (10 – 20%), arabinoze (20 – 35%) i glukoze (0 – 2%)
<b>Nerastvorljivi ugljeni hidrati</b>	46 – 53		34 – 44	
Hemiceluloza	5 – 10		3 – 4	Polimeri galaktoze (65 – 75%), arabinoze (25 – 30%) i manoze (0 – 10%)
Celuloza	41 – 43		32 – 40	
<b>Kiseline i fenoli</b>				
Isparljive kiseline		0,1		
Neisparljive alifatske kiseline	2 – 2,9		1,3 – 2,2	Limunska, jabučna, kininska kiselina
Hlorogenska kiselina	6,7 – 9,2		7,1 – 12,1	Mono-, dikafeoil-, i feruloilkininska kiselina
<b>Lignini</b>		1 – 3		
<b>Lipidi</b>	15 – 18		8 – 12	
Vosak		0,2 – 0,3		
Ulje		7,7 – 17,7		Osnovne masne kiseline: 16:0 i 18:2 (9,12)
<b>Azotne komponente</b>		11 – 15		
Slobodne aminokiseline		0,2 – 0,8		Osnovne aminokiseline: Glu, Asp, Asp-NH <sub>2</sub>
Proteini		8,5 – 12		
Kofein	0,8 – 1,4		1,7 – 4,0	
Trigonelin	0,6 – 1,2		0,3 – 0,9	
<b>Minerali</b>		3 – 5,4		

Neisparljive komponente zrna kafe koje mogu imati značajan uticaj na senzorski kvalitet napitka kafe uključuju kiseline (hlorogenska, jabučna, limunska, kininska, mravlja, sirćetna, glikolna i druge), alkaloide (kofein, trigonelin), ugljene hidrate, lipide, proteine, minerale, a u prženom zrnu i melanoidine (Buffo i Cardelli-Freire, 2004; Sunarharum i sar., 2014). Prosječan sastav sirove kafe prikazan je u tabeli 2.3. (Belitz i sar., 2009).

### **Ugljeni hidrati**

U sastavu sirove kafe dominiraju ugljeni hidrati i to polisaharidi (glukomanan i celuloza), disaharidi (saharoza) i monosaharidi (glukoza, galaktoza, arabinoza, fruktoza, manitol, manoza, ksiloza i riboza). Polisaharidi ćelijskog zida čine polovinu suve materije zrna kafe (Parras i sar., 2007). Ukupan sadržaj polisaharida u kafi se razlikuje u zavisnosti od vrste kafe. Sadržaj polisaharida se u kafi Robusta kreće od 38 do 48%, a u kafi Arabika sadržaj polisaharida je veći i kreće se od 48 do 58% (Fischer i sar., 2001). Sadržaj saharoze u sirovoj kafi je relativno nizak i zavisi od vrste kafe. Arabika sorte sadrže oko dva puta više saharoze (5 – 8,5%) od Robusta sorti (2 – 5% saharoze). Robusta sa druge strane, sadrži više redukujućih šećera od Arabike. U sirovom zrnu kafe dominiraju tri polimera i to arabinogalaktan, manan i celuloza.

### **Kiseline**

Osnovne kiseline u sirovoj kafi su limunska, jabučna, hlorogena i kininska kiselina. U sirovoj kafi su još prisutne mravlja i sirćetna kiselina. Tokom pečenja koncentracije prisutnih kiselina se mijenjaju u zavisnosti od reakcija koje se pri tome odvijaju. U sirovom zrnu Arabike nalazi se prosječno 5,5 g/kg kiniske kiseline, a u Robusti prosječno 3,5 g/kg. Njihov sadržaj u sirovom zrnu zavisi od faktora kao što su starost, obrada i fermentacija zrna. Analizom je utvrđeno da prosječna koncentracija jabučne kiseline u Arabika kafi iznosi 5,6 g/kg i 3,0 g/kg u Robusta kafi. Prosječna koncentracija limunske kiseline u Arabika kafi iznosi 12,3g/kg i 8,6g/kg u Robusti. Sirovo zrno Arabike sadrži manje fosforne kiseline (prosječno 1,3 g/kg) nego zrno Robusta sorti (prosječno 1,7 g/kg) (Nicoli i sar., 1997).

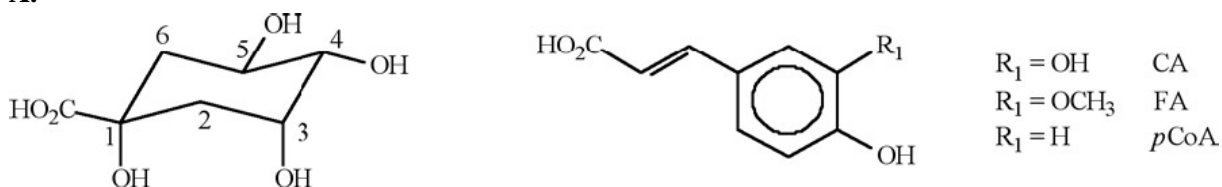
**Hlorogenska kiselina (CGA)** je široko rasprostranjena u biljnom svijetu. Hlorogenska kiselina predstavlja osnovno fenolno jedinjenje u kafi i čini od 4 do 14% kompozicije sirove kafe. Hlorogenska kiselina ima značajan uticaj u određivanju kvaliteta kafe i igra važnu ulogu

u formiranju ukusa kafe kao napitka. Pored toga, ova jedinjenja imaju nekoliko blagotvornih zdravstvenih svojstva koja se uglavnom pripisuju njihovoj potencijalnoj antioksidativnoj aktivnosti. Sirova kafa je glavni izvor CGA u prirodi. Ukupni sadržaj CGA u sirovoj kafi može varirati u zavisnosti od genetike – vrsta i sorta kafe, zatim od stepen sazrijevanja, klime i zemljišta. Generalno, ukupni sadržaj CGA u zrnima sirove kafe, računato na suhu materiju, može da varira od 4 do 8,4% za *Coffea arabica* i od 7 do 14,4% za *Coffea canephora* (Farah i Donangelo, 2006).

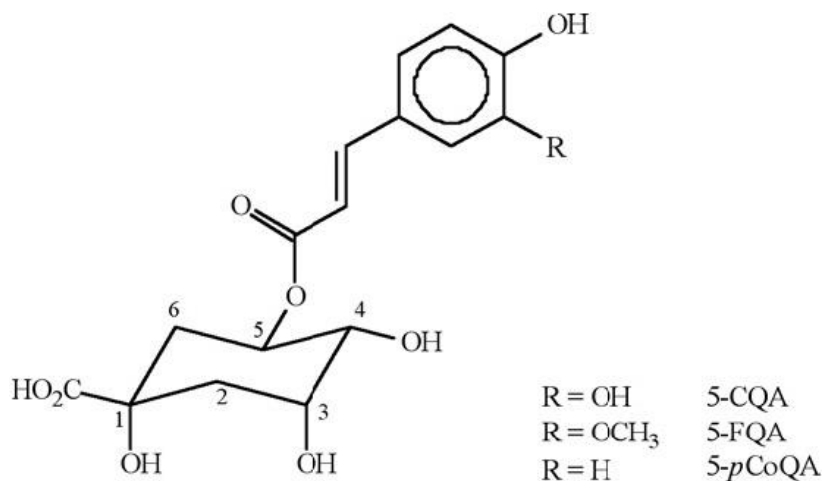
Tri važna izomera ove kiseline u kafi su: kafeoilhininska kiselina, dikafeoilhininska kiselina i ferulna kiselina (Ferah i sar., 2010). CGA obuhvataju različite grupe jedinjenja i srodnih izomera formiranih esterifikacijom jednog molekula hininske kiseline i jedne do tri molekule specifične trans-hidroksicimetne kiseline. Hidroksi-cimetne kiseline su trans-fenil-3-propenske kiseline sa različitim supstitucijama u aromatičnom prstenu, a one koje su u kafi najčešće prisutne su kofeinska kiselina (3,4-dihidroksi-cimetna kiselina) zatim ferulna kiselina (3-metoksi, 4-hidroksi-cimetna kiselina) i *p*-kumarna kiselina (4-hidroksi-cimetna kiselina).

Hlorogenske kiseline predstavljaju osnovne komponente fenolne frakcije sirovog zrna kafe. Glavne komponente hlorogenskih kiselina (slika 2.4.) koje se nalaze u zrnju sirove kafe su: kafeoilhininska kiselina (CQA) sa 3 izomera (3-, 4- and 5-CQA); dikafeoilhininska kiselina (diCQA) sa 3 izomera (3,4-diCQA; 3,5-diCQA; 4,5-diCQA); feruloilhininske kiseline (FQA) sa tri izomera (3-, 4- and 5-FQA); *p*-kumaroilhininske kiseline (*p*CoQA) sa 3 izomera (3-, 4- and 5- *p*CoQA), i 6 diestera kafeoilfeuroil-hininske kiseline (CFAQ) (Farah i Donangelo, 2006). Sama 5-CQA je odgovorna za oko 56-62% od ukupne CGA.

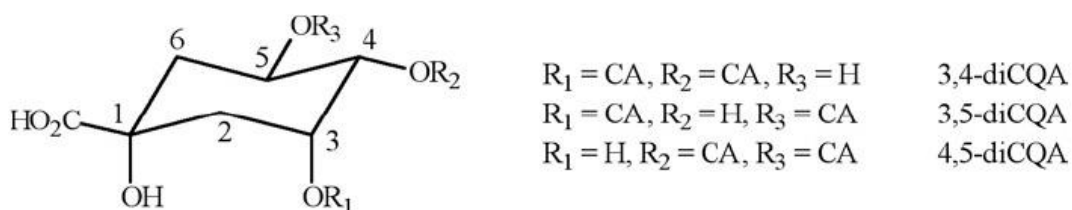
A.



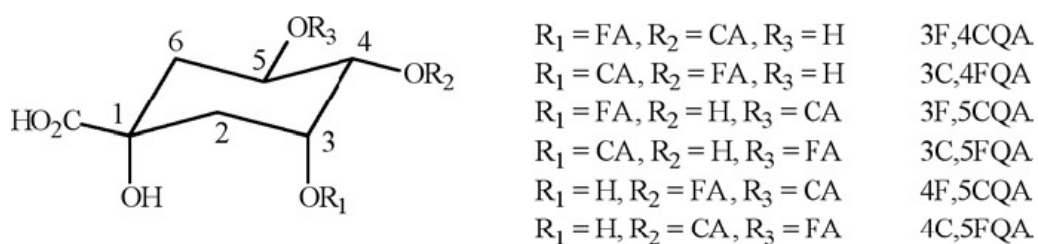
B.



C.



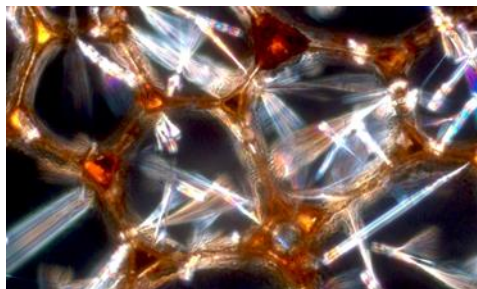
D.



Slika 2.4. Hlorogenske kiseline i jedinjenja srodna prema hemijskim karakteristikama. (A) Osnovna jedinjenja; (B) monoestri hininske i hidroksi-cimetne kiseline; (C) di-estri hininske kiseline sa kofeinskom kiselinom i (D) kombinovani estri

**Kofein**

Kofein je fiziološki aktivna komponenta (slika 2.5), a osim u kafi, prisutan je i u velikom broju drugih biljnih vrsta (čaj, kakao) (Clarke i Vitzthum, 2001). Otkrio ga je njemački hemičar Friedrich Ferdinand Runge 1819. godine (Džinić i Jokanović, 2010). Sa hemijskog stanovišta, kofein je bijela, kristalna supstanca koja pripada alkaloidima, a kao svi alkaloidi ima gorak ukus. Sirova zrna kafe sadrže između 0,8 i 4,0% kofeina, u zavisnosti od vrste i porijekla (Bermejo i sar., 2013).



Slika 2.5. Kofein

Iako zastupljen u relativno malom udjelu, kofein predstavlja supstancu koja je odlučujuća za kvalitet i upotrebnu vrijednost kafe. Sadržaj kofeina zavisi u prvom redu od vrste kafe, a zatim i od toga da li se radi o sirovoj ili prženoj kafi (Barone i Roberts, 1996; Ljubisavljević, 2001). Sadržaj kofeina je veći u Robusta vrsti kafe i kreće se od 1,7 do 4,0%, dok je u Arabikama manje zastupljen i kreće se od 0,8 do 1,4% (Belay i sar., 2008; Belitz i sar., 2009; Mussatto i sar., 2011).

**Proteini**

Proteini su polimeri sastavljeni od aminokiselina međusobno povezanih peptidnom vezom (Velagić-Habul, 2010). Sadržaj proteina u kafi uključuje i prisustvo slobodnih aminokiselina, uglavnom asparagina, glutaminske kiseline, alanina, lizina i arginina (Martins i Gloria, 2010). Tako se na primjer, sušenjem svježe ubranih zrna kafe na temperaturama od 20 i 40°C povećava koncentracija glutaminske kiseline, valina, fenilalanina, leucina i izoleucina, a smanjuje koncentracija arginina. Sadržaj aminokiselina u sirovim zrnima kafe ima značajan uticaj na razvoj arome kafe u procesu prženja (Sunarharum i sar., 2014).

Sadržaj proteina u sirovim Arabika i Robusta vrstama kafe kreće se od 8,5 do 12% (Beliz i sar., 2009; Mussatto i sar., 2011). U sirovim zrnima kafe sadržaj proteina može da bude i veći u zavisnosti od uslova uzgoja kafe (Pittia i sar., 2001). Sadržaj proteina u Arabika

vrsti kafe neznatno je niži u odnosu na sadržaj proteina u Robusta vrsti kafe (Sunarharum i sar., 2014).

### **Lipidi**

U zrnju sirove kafe lipidi se uglavnom nalaze u endospermu, dok se samo mala količina nalazi u spoljašnjem sloju (Calligaris i sar., 2009). Lipidi su glavne komponente kafe, a njihov ukupni sadržaj znatno varira između Arabika i Robusta vrste. Analiziranjem ove dvije, komercijalno relevantne, vrste kafe utvrđen je sadržaj lipida u količinama između 7 i 17%. Prosječni sadržaj lipida u sirovoj kafi Arabike je znatno veći (15% računato na suhu materiju), nego u sirovoj kafi Robuste (10%).

Lipidna frakcija kafe se sastoji uglavnom od triacilglicerola, diterpena, slobodnih masnih kiselina, sterola, voskova i tokoferola. Triacilgliceroli čine glavnu lipidnu klasu u sirovoj kafi, oko 8-17 g/100 g (75% od ukupnih lipida u kafi), a sa masnim kiselinama nalaze se u proporciji sličnoj onoj koja se nalazi u drugim biljnim uljima. U sirovoj kafi su prisutne i druge važne grupe lipida, a to su slobodni diterpeni i esterifikovani alkoholi (20%), estri terpena (14%), pojedinačni acilgliceroli (5%), ukupni slobodni i esterifikovani steroli (5% - 2,2% neesterifikovanih i 3,2% esterifikovanih sa masnim kiselinama), slobodne masne kiseline (1%) i tokoferoli (0,05%) koji se obično nalaze u jestivim biljnim uljima (Calligaris i sar., 2009; Ferrari, 2010).

Sirova kafa sadrži sterole (stigmasterol i sitosterol), masne kiseline i pentaciklične diterpene (metilkafestol, kafestol, kahveol). Glavni diterpeni u kafi su kafestol i kahveol. U ulju kafe, diterpeni su uglavnom esterifikovani sa raznim masnim kiselinama i samo mala količina diterpena je prisutna u slobodnoj formi (Parras i sar., 2007). Tokoferoli i tokotrienoli su takođe prisutni u sirovoj kafi. Tokoferoli ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  i  $\delta$ ) su lipofilna jedinjenja antioksidativnih svojstava i često su prisutni u jestivim biljnim uljima. Zajedno sa odgovarajućim tokotrienolima, tokoferoli predstavljaju vitamin E. Dva glavna tokoferola ( $\alpha$  i  $\beta$ ) su identifikovani u zrnju Arabike i Robuste kafe. Tokoferoli se nalaze u sirovoj kafi, u kojoj se zadržavaju i nakon procesa pečenja kafe (Alves i sar., 2010).

### **Masne kiseline**

Najveći dio lipida predstavlja derivate masnih kiselina. U acil lipidima masne kiseline su prisutne kao estri, a u manjoj mjeri u amidnoj formi. Masne kiseline biljnog, životinjskog i mikrobnog porijekla obično sadrže ujednačen broj atoma ugljenika u ravnim lancima, sa

karboksilnom grupom u jednom ekstremitetu i sa dvostrukim vezama u cis konfiguraciji u određenim pozicijama. Biljne masne kiseline mogu da sadrže širok spektar funkcionalnih grupa, uključujući trans-dvostruke veze, acetilenske veze, epoksil, hidroksil i keto grupe i ciklopropenske, ciklopropanske i ciklopentenske prstenove (Christie, 1989). Palmitinska, oleinska i linolna kiselina se često javljaju u većim količinama, dok se ostale masne kiseline, iaoko široko rasprostranjene, javljaju u malim količinama (Velagić-Habul, 2010). Zasićene masne kiseline ne sadrže dvostruke (kovalentne) veze ili druge funkcionalne grupe u molekularnom lancu. Pojam "zasićen" se odnosi na vodonik koji se u maksimalnom mogućem broju veže na atome ugljenika u lancu, osim kod karboksilne grupe. Zasićene masne kiseline dominantno čine molekule nerazgranatog, ravnog lanca parnog broja C atoma, najčešće sa 14, 16 i 18 C atoma. U slobodnoj ili esterifikovanoj formi sa alkoholima male molekulske mase, u prirodi se javljaju u malim količinama, posebno u biljkama, odnosno namirnicama biljnog porijekla, u kojima su one supstance arome (Christie, 1989; Velagić-Habul, 2010). Nezasićene masne kiseline, koje su dominantne u lipidima, sadrže jednu, dvije ili tri alil grupe u kiselinskom ostatku. Kiseline sa izolovanim dvostrukim vezama obično se označavaju kao kiseline izolenskog tipa ili nekonjugovanje masne kiseline. Masne kiseline sa više dvostrukih veza (linolna, linoleinska i arahidinska) ubrajaju se u esencijalne sastojka hrane, jer se ne mogu sintetizovati u organizmu (Velagić-Habul, 2010).

Sadržaj slobodnih masnih kiselina u kafi iznosi oko 0,1-0,2 g/100 g (oko 1% od ukupne količine lipida u kafi) (Toci i sar., 2013). Masne kiseline su prisutne u ekstraktu lipida kafe, slobodne ili uglavnom u kombinovanim oblicima, većina ih je esterifikovana sa glicerolom u triacilglicerol frakciji, 20% ih je esterifikovano sa diterpenima, i mali dio masnih kiselina nalazi se u sterol estrima. Glavne masne kiseline prisutne u ulju kafe su miristinska (C14:0), palmitinska (C16:0), palmitoleinska (C16:1), stearinska (C18:0), oleinska (C18:1), linolna (C18:2), linolenska (C18:3), arahidinska (C20:0), eikozenoinska (C20:1) i beheninska kiselina (C22:0) (Martin i sar., 2001). Većina masnih kiselina u kafi su nezasićene masne kiseline. Zasićene masne kiseline dominiraju u terpene- i sterol estrima, dok nezasićene masne kiseline dominiraju u triacilglicerinima slobodnih masnih kiselina (Nikolova-Damyanova i sar., 1998). Nezasićene kiseline, naročito linolna kiselina, esterifikovane su sa sekundarnom hidroksil pozicijom glicerola (Alves i sar., 2003). Linolna kiselina (18:2), oleinska kiselina (18:1) i linolenska kiselina (18:3) čine oko 43%-54%, 7%-4%, i 1%-2,6%, redom od triacilglicerol frakcije i približno 46%, 11% i 1% od frakcije slobodnih masnih kiselina (Farah, 2012).



Slobodne masne kiseline su približno ravnomjerno raspoređene u obe vrste kafe. Sve Arabike imaju nešto niži sadržaj slobodnih masnih kiselina u odnosu na Robusta vrste (u rasponu od 1 do 1,5 g u 100 g lipida). Dok je udio stearinske kiseline primjetno manji od oleinske u Robusti, sadržaj ove dvije kiseline u Arabiki je skoro jednak.

Calligaris i sar. (2009) su odredili sastav masnih kiselina ulja sirove kafe. Ustanovili su da su dominantne masne kiseline linolna (46,1%) i palmitinska (34,3%). Značajne količine stearinske (6,5%) i oleinske kiseline (8,5%) su takođe prisutne u ulju kafe, dok su linolenska (1,2%) i arahidinska kiselina (2,1%) prisutne u manjim količinama. Gadolenska (0,2%) i beheninska (0,3%) kiselina se mogu naći samo u tragovima. Proces prženja dovodi do neznatnih promjena u sastavu masnih kiselina.

Nikolova-Damyanova i sar. (1998) su u sirovim zrnima Arabike identifikovali deset masnih kiselina tipičnih za lipide sirove kafe i utvrdili njihovu specifičnu raspodjelu između lipidnih klasa. Palmitinska (16:0) i linolna kiselina (18:2) su dominantne masne kiseline u sirovjoj Arabici (30,4 i 44,8%). Ukupni lipidi sadrže umjerene i gotovo jednake količine stearinske (18:0) i oleinske (18:1) masne kiseline (4,8 i 14,1%), a sadržaj miristinske (14:0), palmitoleinske (16:1), arahidinske (20:0) i beheninske (22:0) kiseline je manji od 1%. Uzorak takođe sadrži preko 1% alfa-linolenske kiseline (18:3). McLeod i sar. (2013) su odredili sastav masnih kiselina u kafi različitog porijekla u cilju načina diskriminacije geografskog porijekla ovog proizvoda. Šest masnih kiselina je identifikovano, a među njima je najzastupljenija bila palmitinska kiselina čiji se sadržaj kretao od 43,8% (Brazil) do 46,2% (Uganda). Nezasićena linolna masna kiselina je druga po zastupljenosti, sa sadržajem od 31,0% (Brazil, Uganda, Kona-Havaji) do 34,0% (Gvatemala). Sadržaj oleinske kiseline kretao se od 7,87% (Papa Nova Gvineja) do 9,82% (Etiopija); stearinske od 8,20% (Gvatemala) do 9,56% (Brazil) i arahidinske od 4,11% (Etiopija i Kona) do 4,87% (Brazil).

Sadržaj pojedinačnih slobodnih masnih kiselina u svježe ubranoj sirovjoj kafi je niži nego u skladištenoj sirovjoj kafi. Kod brazilske kafe koja je svježe pripremljena, bilo u vlažnom ili suhom postupku, utvrđen je sadržaj slobodnih masnih kiselina od oko 1 g/kg, dok u 10 – godišnjoj sirovjoj kafi iz Brazila, sadržaj slobodnih masnih kiselina iznosi više od 30 g/kg. Iz ovih podataka je moguće zaključiti da enzimi koji cijepaju masti imaju veliki uticaj. Speer i sar. (2004) detektovali su aktivnosti lipaze u svim ispitivanim sirovjim kafama (svježe ubranim i 10 godina starim). Aktivnost lipaze može se smatrati razlogom većeg sadržaja slobodnih masnih kiselina u starijim sirovjim kafama.

Sadržaj lipida i masnih kiselina ne zavisi samo od sastava zrna kafe već i od uslova ekstrakcije i faktora kao što su veličina i površina čestice, izbor rastvarača i trajanje ekstrakcije. Za dobijanje ulja kafe koje će se koristiti za detaljnije proučavanje njenog hemijskog sastava, neophodno je primjeniti direktnu ekstrakciju rastvaračem bez kiselinskog tretmana. Različiti rastvarači se mogu koristiti u ovu svrhu: dietiletar, petroletar sa različitim opsegom tačke ključanja, n-heksan i smješa dietiletra i n-heksana. Sastav masnih kiselina u izdvojenim lipidnim klasama najčešće se određuje gasnom hromatografijom u kombinaciji sa masenom spektrometrijom uz prethodnu derivatizaciju masnih kiselina u metil estre. Speer i sar. (1993) analizirali su masne kiselina u triacilglicerolima zrna kafe i u diterpen estrima. Masne kiseline u sterol estrima takođe su bile predmet brojnih istraživanja. Za razdvajanje različitih klasa lipida korištena je Florisil kolona. Speer i sar. izolovali su triacilglicerole pomoću gel hromatografije, transesterifikovali ih sa kalijum metilatom i metilisane masne kiseline hromatografisali koristeći 60 m „fused silica“ kapilarnu kolonu sa RTKS 2330 stacionarnom fazom. Nema značajne razlike između ukupnih masnih kiselina i masnim kiselinama u triacilglicerolima. Speer i sar. (1993) razvili su metod za direktno određivanje slobodnih masnih kiselina. Korišćenjem gel hromatografije (sa BioBeads S Ks3), lipidi ekstrahovani iz kafe sa tercijarnim butil metil etrom, mogu se podeliti u tri pojedinačne frakcije: frakcija sa triacilglicerolima, frakcije koja sadrži diterpen estre masnih kiselina i frakcija sa slobodnim masnim kiselinama. Posljednja frakcija je konvertovana sa  $\text{BF}_3$ /metanolom i slobodne masne kiselina su određene kapilarnom gasnom hromatografijom kao metil estari. Detektovano je 9 slobodnih masnih kiselina, a njihov sadržaj je bio sličan u Arabika i Robusta kafi. U obe vrste kafe, najzastupljenije masne kiseline su linolna i palmitinska, zatim stearinska, oleinska, arahidinska i beheninska, a najmanje zastupljene su miristinska, linolenska i lignocerinska kiselina. Sadržaj stearinske kiseline proporcionalno je znatno manji od oleinske u Robusta kafi, a procentualni sadržaj ove dvije kiseline u Arabika kafi je skoro jednak.

### **Tokoferoli i karotenoidi**

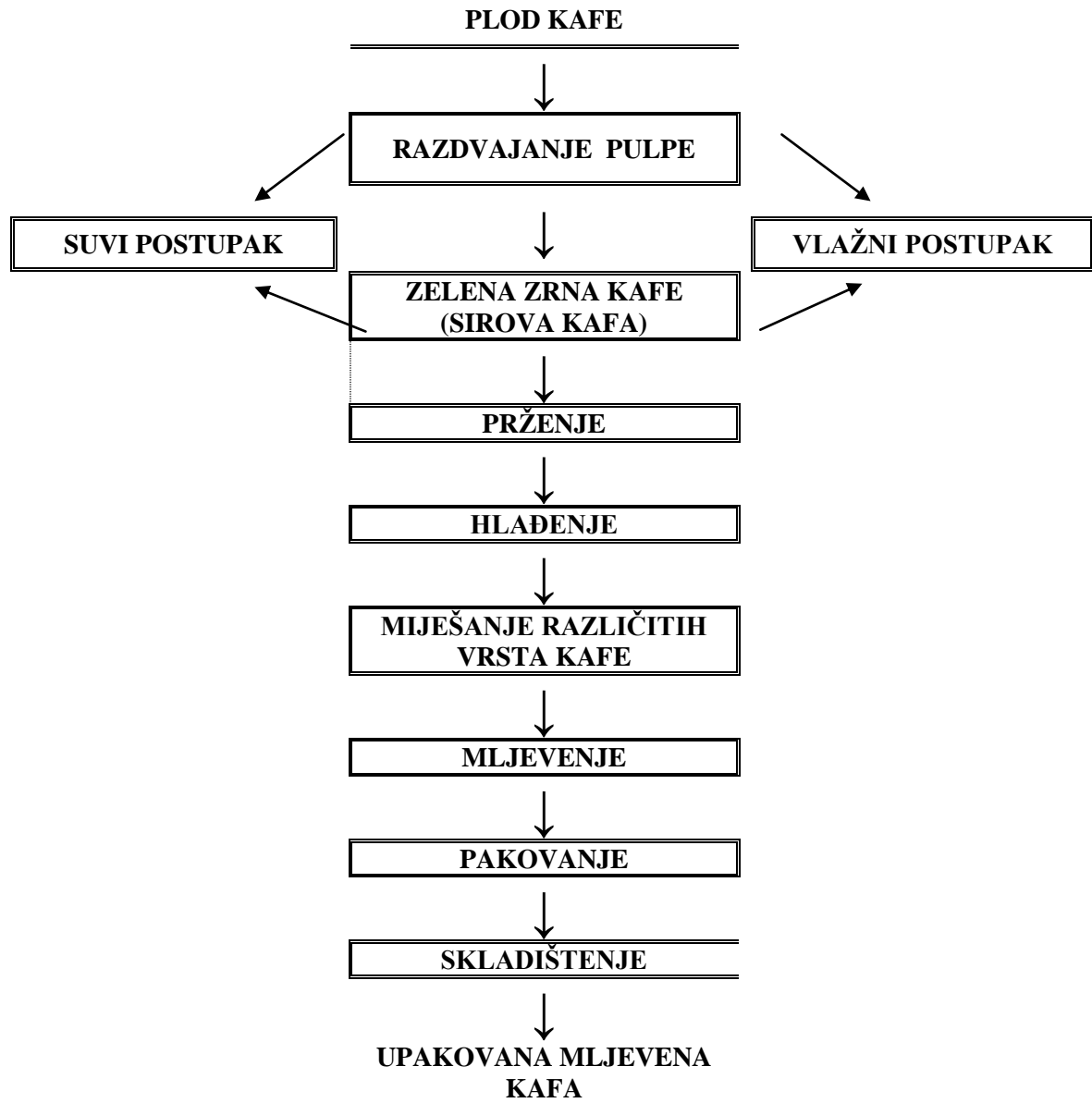
Tokoferoli su takođe prisutni sirovoj kafi. Tokoferoli ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  i  $\delta$ ) su lipofilna jedinjenja antioksidativnih svojstava i često su prisutni u jestivim biljnim uljima. Zajedno sa odgovarajućim tokotrienolima, tokoferoli predstavljaju vitamin E. Dva glavna tokoferola ( $\alpha$  i  $\beta$ ) su identifikovani u zrnu kafe Arabike i Robuste. Tokoferoli se nalaze u sirovoj kafi, ali se u njoj zadržavaju i nakon procesa pečenja kafe (Alves i sar., 2009; Alves i sar., 2010).

Analizama je ustanovljeno da se u ulju sirove Arabike nalazi 161 mg/kg  $\alpha$ -tokoferola i 597 mg/kg  $\beta$ -tokoferola. Ulje sirove Robuste sadrži 107 mg/kg  $\alpha$ -tokoferola i 260 mg/kg  $\beta$ -tokoferola (Džinić i Jakanović, 2010).

U sirovoj kafi su zastupljeni i karotenoidi. Smatra se da nekoliko aromatičnih komponenti kafe mogu biti izvedeni kao prekursori karotenoida. Razvijeno zrno kafe sadrži značajne količine  $\alpha$  i  $\beta$  karotena. Karotenoidi u zrnu kafe učestvuju u fiziologiji i kontroli razvoja zrna, te doprinose formiranju arome i ukusa kafe (Simkin i sar., 2010).

## 2.2. TEHNOLOŠKI PROCES PROIZVODNJE PRŽENE, MLJEVENE KAFE

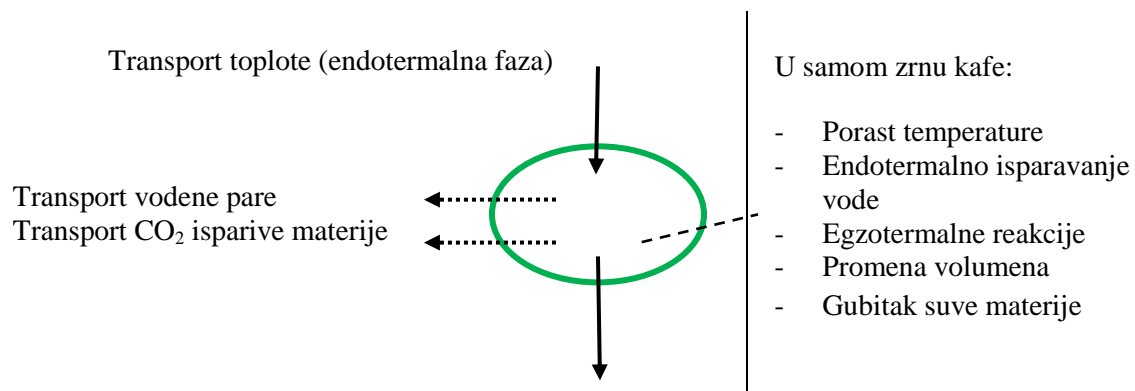
Proces prerade ploda kafe do finalnog proizvoda – pržene, mljevene kafe, obuhvata više faza kao što je prikazano na slici 2.6.



Slika 2.6. Tehnološka šema prerade ploda kafe u prženu, mljevenu kafu

### 2.2.1. Proces prženja kafe

Prženje predstavlja ključni korak u procesu proizvodnje kafe jer omogućava razvoj boje, arome i ukusa koji su neophodni za karakterizaciju kvaliteta kafe (Orecchio i sar., 2009). Željena aroma i ukus koji su karakteristični za napitak kafe razvijaju se u toku prženja sirovih zrna u temperaturno-vremenski zavisnom procesu u kome zrna kafe prođu čitav niz reakcija koje dovode do brojnih promjena u hemijskom sastavu (Fareez i sar., 2015). Sa tehnološkog aspekta proces prženja je kompleksan i više parametara utiču jedan na drugi. Glavni aspekti prženja kafe ilustrovani su na slici 2.7. Prženje je indukovano toplotnom energijom u pržioniku. U toku procesa prženja započinje odvijanje endotermnih i egzotermnih procesa uslijed prenosa toplote na zrna kafe putem vrelih gasova ili u kontaktu sa zagrijanom metalnom površinom pržionika, čime se smanjuje sadržaj vode u zrnima kafe što izaziva isparavanje poželjno u procesu prženja (Sunarharum i sar., 2014). Diferencijalna termička analiza pokazuje da egzotermne reakcije počinju pri temperaturi od 160°C, a maksimum je pri 210°C. Gasoviti proizvodi reakcije su ugljen dioksid i vodena para, koji izlaze iz zrna. Gasovi zatvoreni u ćelijama izazivaju interni pritisak u zrnju, koje zatim ekspandira i u jednom momentu puca. Kada se postigne željeni stepen prženja (boja, ukus, gubitak mase pri prženju), proces prženja se zaustavlja hlađenjem prženih zrna kafe.



Slika 2.7. Prženje zrna kafe – glavni aspekti

Kompozicija pržene kafe varira u zavisnosti od uslova obrade karakteriziranih stepenom prženja, a odražava se na promjenu boje zrna, od svijetlo do tamno smeđe, na razvijen ukus, na količinu gubitka suve materije koji se javlja i određene promjene u hemijskom sastavu. Jednostavno rečeno, pržena kafa je opisana kao predstavljanje svijetlijeg, srednjeg ili tamnog stepena prženja u zavisnosti od boje prženog zrna kafe (Franca i sar., 2009). Kafa se prži da bi zrna postala krta i lomljiva kako bi se lakše samljela i kao takva

koristila za pripremu napitka. Prženje je hemijski proces za vrijeme kog kiseline, aromatične i druge karakteristične komponente nastaju, preraspoređuju se ili mijenjaju i na taj način utiču na formiranje senzorskog kvaliteta napitka kafe (Džinić i sar., 2010). U tabeli 2.4. su prikazane prosječne fizičke osobine sirovog i prženog zrna Arabika kafe, na osnovu težine 0,15 g sirovog zrna kafe.

Tabela 2.4. Neke prosječne fizičke osobine zrna Arabika vrste kafe (početna masa 0,15 g).

	Masa (g)	Vlažnost (% vode)	Gubitak pri prženju (% vode)	Gubitak suve materije (%)	Gustina (g/ml)	Zapremina (ml)	Prečnik (mm)	Poroznost (-)
<b>Sirovo zrno</b>	0,15	10 – 12	0	0	1,2 – 1,4	0,11 – 0,13	3	<0.1
<b>Srednje prženo zrno</b>	0,13	2 – 3	15 – 18	5 – 8	0,7-0,8	0,16 – 0,19	3,5	0,5

Proces prženja direktno utiče na senzorski kvalitet napitka kafe jer pretvara miris sirove kafe koji podsjeća na miris zrna graška u prijatnu aromu svojstvenu prženoj kafi koja nastaje zbog formiranja brojnih aromatskih jedinjenja. Najveći kompleks aroma formira se prilikom srednjeg stepena prženja, za svijetli stepen prženja karakteristično je formiranje arome oraha i žitarica, dok je za tamni stepen prženja karakteristično formiranje arome na zagoreno i arome prašine koje se povezuju sa osjećajem gorčine i oporosti (Sunarharum i sar., 2014).

Proces prženja kafe se sastoji od tri uzastopne faze. Prva faza, sušenje, karakteriše se sporim isparavanjem vode i isparljivih supstanci. Boja zrna mijenja se od zelene do žute. Prva faza toplotne obrade je endotermna, a žuto obojena zrna dobijaju miris tosta ili kokica (Džinić i sar., 2010).

U drugoj fazi se odvijaju reakcije pirolize, što dovodi do značajne promjene fizičkih i hemijskih osobina zrna kafe. Sa hemijskog stanovišta, ovo je veoma kompleksan proces, jer dolazi do istovremenog odvijanja nekoliko stotina reakcija. Velika količina CO<sub>2</sub>, vode i isparljivih supstanci se oslobađa, boja zrna prelazi u smeđu zbog karamelizacije šećera i Majlardove reakcije i Štrekerove degradacije. U ovoj fazi dolazi do degradacije termolabilnih komponenti kafe, koji se u tom momentu mogu ponašati kao prekursori arome, stvarajući brojna jedinjenja, koja utiču na miris i ukus samog napitka. Rezultat druge faze su značajne promjene u fizičkim i hemijskim osobinama zrna kafe, koja postaju duplo veća, boja zrna kafe je svijetlo smeđa, a gubitak mase je oko 5%. Sa porastom temperature, boja zrna kafe se

mijenja od svijetlo smeđe do srednje smeđe, a gubitak mase je oko 13%. Sa porastom temperature boja pržene kafe postaje srednje tamno smeđa, a površina zrna kafe postaje uljana i sjajna. U ovom momentu, neophodno je preći na treću fazu, hlađenje kafe, kako ne bi došlo do zagorjevanja kafe. Hlađenje prženih zrna kafe najčešće se vrši u struji hladnog vazduha ili rijeđe korištenjem hladne vode (Oliveira i sar., 2005).

Zrna sirove kafe se prže u smješi gasova ili vazduha, na različitim temperaturama, da bi se razvila karakteristična aroma, boja i miris. Glavni gas koji tada nastaje je ugljen dioksid. Prema istraživanjima Anderson i sar. (2003), on čini 87% gasova otpuštenih tokom prženja kafe. Ugljen dioksid, nastaje kao rezultat mnogih reakcija koje se dešavaju tokom prženja kafe, kao što su: Štrekerova reakcija (reakcija između amino kiseline i  $\alpha$ -dikarbonila pri čemu se formira amino-keton koji se kondenzuje formirajući nitrogen heterociklična jedinjenja ili reagujući sa formaldehidom da formira oksazole), Majlardova reakcija (reakcija redukujućih monosaharida i aminokiselina na visokim temperaturama), piroliza šećera. Iako se određena količina ovog gasa oslobađa za vrijeme prženja i kasnije mljevenja, nešto ugljen dioksida ostaje "zarobljeno" i može stvarati problem u upakovanom proizvodu. Ovoj problem se rješava vakuumskim pakovanjem ili pakovanjem u specijalnom filmu koji propušta gas ka spoljašnjoj sredini. Takođe, pomoć za rješavanje ovog problema je i temperiranje kafe prije pakovanja. Pakovanje u struji inertnih gasova (azota i ugljen dioksida), pomaže u produžavanju održivosti espresso kafe.

Kolika će količina gasa nastati za vrijeme prženja zavisi od tipa kafe i uslova prženja. Dijametar pora koje nastaju tokom prženja i promjene teksture zrna imaju značajnu ulogu u adsorpciji ugljen dioksida na zrno kafe. Mreža pora u zrnu, sastoji se od mikropora i makropora. Veličina makropora je prečnika 20 – 40  $\mu\text{m}$ . Tamnije prženo zrno, inicijalno sadrži više  $\text{CO}_2$  (6,4 mg/g) nego svetlije prženo (5,1 mg/g). Ova konstatacija je očekivana, jer se pri tamnom prženju odvija veći broj reakcija, pa samim tim nastaje i više ugljen dioksida. (Anderson i sar., 2003). Isti naučnici su još zaključili, da 60 – 120 minuta poslije mljevenja, efektivna brzina difuzije opadne za 50%. Na količinu zadržanog  $\text{CO}_2$  utiče i vrsta kafe i utvrđeno je da Robusta zadržava veću količinu  $\text{CO}_2$  tokom prženja od Arabike, zbog većeg početnog sadržaja ugljenih hidrata (Anderson i sar., 2003).

Degasifikacija je proces oslobađanja gasova iz zrna kafe. Ovi gasovi su vrlo snažni i imaju karakteristične arome. Proces degasifikacije cijelog zrna kafe završava se za oko mjesec dana, dok kod mljevene kafe, koja nije hermetički zatvorena, on prestaje poslije ~ 24h (Popov-Raljić i sar., 2007). Istraživanja (Illy i Viani, 1995) pokazuju da je vrijeme potrebno

za potpuno oslobađanje CO<sub>2</sub> iz pržene, mljevene kafe čak do 360 sati, a za prženu kafu u zrnu, što je najčešći slučaj za espresso kafu, do 2400 sati, u tom periodu, kafa može da izgubi puno na kvalitetu. Cardelli i Labuza (2001) su ukazali, da je održivost smanjena 10%, za svakih 24 sata skladištenja kafe na sobnoj temperaturi, na vazduhu. CO<sub>2</sub> koji nastaje tokom toplotne obrade sirovog zrna kafe difunduje brže iz mljevene kafe, nego iz kafe u zrnu, zbog razrušavanja strukture i povećanja slobodne površine u odnosu na zapreminu, odnosno smanjenja puta difuzije. Zabilježeno je da se oko 45% CO<sub>2</sub> oslobodi u prvih 5 minuta poslije mljevenja kafe. Količina oslobođenog kiseonika se udvostručava pri smanjenju veličine čestice sa 1000 μm na 500 μm, ali sa druge strane redukcijom veličine čestica, mljevena kafa postaje podložnija oksidaciji, u poređenju sa cijelim zrnima, zbog većeg odnosa slobodne površine prema zapremini, tj. veće dodirne površine sa kiseonikom (Anderson i sar., 2003). Ako je kafa upakovana prije završetka pravilnog temperiranja, mogući nastanak CO<sub>2</sub>, može dovesti do eksplozije pakovanja. Za postizanje visokog kvaliteta kafe neophodno je pronaći optimalan odnos između vremena temperiranja i održivosti kafe, što zahtijeva i poznavanje kinetike difuzije ugljen dioksida (Anderson i sar., 2003).

Formiranje karakteristične arome i ukusa kafe u toku procesa prženja rezultat je pirolitičkih reakcija i zato je neophodno utvrditi adekvatan tip procesa prženja kafe. To podrazumjeva kontrolu vremena i temperature prženja tako da su one dovoljne za javljanje željenih hemijskih reakcija, bez sagorjevanja zrna i kompromitovanja ukusa i arome napitka kafe. U principu, u konvencionalnim načinima prženja kafe ovaj proces se odvija u pržioniku, a najčešći opseg temperatura koji se koristi je od 200 do 230°C u rasponu vremena od 12 do 20 minuta (Franca i sar., 2005) ili od 188°C do 282°C, u trajanju do 30 minuta (Džinić i Jakanović, 2010). Međutim ove vrijednosti mogu varirati u velikoj mjeri u zavisnosti od potrebnog stepena prženja, od vrste pržionika koji se koristi i drugih razlika: starosti, sadržaja vlage kafe i drugo (Franca i sar., 2005). Zbog toga se u svakom pojedinačnom pogonu posebna pažnja mora posvetiti temperaturi i vremenu prženja, odnosno stepenu prženja kafe (Mendes i sar., 2001; Naidu i sar., 2008; Ferrari i sar., 2010). S obzirom da proces prženja predstavlja najvažniji dio prerade kafe, neophodno je postići i kontrolisati idealnu temperaturu prženja i zaustaviti ovaj proces kada su mirisi potupno razvijeni, a boja homogena kroz cijelo zrno kafe (Noor i sar., 2015).

U literaturi naučnih studija kao čest problem navodi se nedostatak standardne definicije stepena prženja (Sacchetti i sar., 2009). Stepenu prženja (slika 2.8.) se može pratiti po boji i teksturi zrna, gubitku mase, po ukusu i aromi koji su se razvili ili po hemijskim



promjenama pojedinih komponenti (Gonzalez-Rios i sar., 2007). Pored ovih, kao indikatori stepena prženja, mogu se koristiti i parametri kao što su temperatura zrna, pH, sastav i zapremina gasa (Hernandez i sar., 2007).



Slika 2.8. Uzorci različito pržene kafe (Davids, 2010)

#### 2.2.1.1. Hemijski sastav i kvalitet pržene kafe

Kafa je kompleksna hemijska mješavina koja se sastoji od preko 1000 različitih hemijskih supstanci. Kvalitet kafe zavisi od brojnih faktora kao što su način uzgoja kafe, hemijski sastav sirovog zrna kafe, metode i uslovi prerade sirovog zrna nakon berbe (sušenje, skladištenje, prženje i mljevenje), kao i od pripreme pržene kafe i njenog sastava kao gotovog proizvoda (Oliviera i sar., 2005). Kvalitet napitka kafe je usko povezan sa hemijskim sastavom pržene kafe, a on zavisi od hemijskog sastava sirovih zrna kafe. Hemijski sastav napitka kafe zavisi od nekoliko faktora, uključujući sadržaj Arabike i Robuste koje se koristi za pripremu mješavina, zatim od njihovog stepena prženja, kao i odnosa kafe i vode koji se koristi za pripremu napitka kafe, a što zavisi od kulturoloških i ličnih navika potrošača (Alves i sar., 2010). Hemijski sastav kafe znatno utiče na kvalitet i prihvatljivost napitka kafe kao gotovog proizvoda. Sirova kafa sadrži široku paletu različitih hemijskih jedinjenja koja međusobno reaguju u svim fazama prženja zrna kafe i tako dolazi do formiranja karakterističnog ukusa i arome napitka kafe (Ribeiro i sar., 2010). Raznovrsnošću isparljivih aromatičnih jedinjenja, prvi gutljaj kafe ostavlja prijatan utisak dobro izbalansiranog ukusa skoncentrisanog oko gorčine i kiselosti koje karakterišu ovaj proizvod, pružajući potrošačima užitak prilikom konzumiranja (Kreppenhof i sar., 2010). Pored toga što ova jedinjenja utiču na formiranje karakteristične arome, ukusa i boje kafe kao napitka, istraživanjima je dokazano

da ona utiču i na održavanje oksidativne stabilnosti prerađene hrane i imaju značajnu ulogu kao potencijalni zdravstveni zaštitni faktori (Nicoli i sar., 1997).

### Ugljeni hidrati

Struktura polisaharida, komercijalnih proizvoda od kafe koji se nude na tržištu zavisi od stepena prženja. U toku procesa prženja kafe, saharoza brzo podliježe degradaciji i njen sadržaj u srednje prženoj kafi je minimalan. Gubitak saharoze u uzorcima Arabika i Robusta kafe pri svijetlom prženju je oko 97%, a pri tamnom prženju oko 99%. Glukoza i fruktoza, koje nastaju prilikom prženja kafe kao rezultat hidrolize saharoze, takođe podliježu termičkoj degradaciji i njihov sadržaj u srednje prženoj kafi je minimalan. U studijama koje se odnose na stabilnost ugljenih hidrata u toku prženja Robusta kafe, utvrđena je najmanja stabilnost kod arabinoze, dok je celuloza najstabilnija. Primarni proizvodi degradacije saharoze, glukoza, fruktoza i arabinoza, reaguju na više načina prilikom prženja kafe (Clarke i Vitzthum, 2001):

- Fragmentacija – formiranje alifatične kiseline. Većina kiselina generisanih tokom prženja zrna kafe formiraju se u ranim fazama prženja. Glavne kiseline generisane iz ugljenih hidrata su mravlja, sirćetna, glikolna i mliječna.
- Dehidracija (karamelizacija) – formiranje brojnih heterocikličnih jedinjenja (hidroksimetilfurfural). Mnoga od ovih jedinjenja su nestabilna i bitno doprinose razvoju arome kafe. Neki od njih su reaktivni i mogu da grade molekule tipa melanoidin.
- Majlardova reakcija – formiranje polimernih jedinjenja (melanoidini) i jedinjenja male molekulske mase koja bitno utiču na formiranje ukusa i arome kafe, bilo da se radi o isparljivim aromatskim jedinjenjima ili neisparljivim jedinjenjima koja utiču na ukus kafe. Proizvodi Majlardove reakcije su odgovorni za smeđu boju pržene kafe.

Na tržištu se danas nudi veliki broj različitih komercijalnih proizvoda dobivenih prženjem kafe. Rastvorljivi ekstrakt kafe kao komercijalni proizvod sadrži oko 30% ugljenih hidrata, prisutnih u svim fazama hidrolize. Shodno tome, fizičke osobine ugljenih hidrata su ključni faktor u preradi kafe u obliku pravih rastvora (filter kafa). Molekulska masa rastvorljivih materija u komercijalnim proizvodima od kafe omogućava lakšu obradu, dajući pri tome dobru stabilnost proizvodu. Ugljeni hidrati u kafi utiču na povećanje viskoziteta ekstrakta kafe što je karakteristično za instant kafu. Formiranje taloga u toku obrade svježe pripremljenog ekstrakta kafe je dobro poznat fenomen u industriji kafe. Talog sadrži manan kao glavnu komponentu. Stabilnost pjene kafe, posebno kod *espressa*, zavisi od koncentracije

prisutnih polisaharida. Enzimi u organizmu čovjeka ne hidrolizuju polisaharide kafe koji se zahvaljujući tome ponašaju kao dijetetska vlakna. Studije vezane za ishranu su pokazale da vlakna izolovana iz ekstrakta pržene kafe smanjuju rizik od nastanka raka debelog crijeva (Clarke i Vitzthum, 2001).

### **Kiseline**

Kiselost napitka kafe zavisi od stepena prženja. Osnovne kiseline u prženoj kafi su mravlja, jabučna, hlorogenska, limunska, sirćetna, fosforna i glikolna. Prilikom procesa prženja kafe, sadržaj jabučne i limunske kiseline se smanjuje, dok se sadržaj kininske kiseline i ostalih alifatičnih kiselina povećava. Sadržaj kininske kiseline raste uslijed raspada hlorogenske kiseline pri visokim temperaturama. Na višim temperaturama prženja koncentracije mravlje i sirćetne kiseline opadaju. Veliki dio kiselosti nastale u toku prženja kafe se može pripisati stvaranju četiri alifatične kiseline: mravlje, sirćetne, glikolne i mliječne. Sirćetna i mravlja kiselina se formiraju do maksimuma na temperaturi prženja od 240°C, a daljim prženjem se njihova koncentracija smanjuje. Nasuprot tome, koncentracija mliječne i glikolne kiseline će se nastaviti povećavati i na temperaturama iznad 240°C, čak do 280°C.

*Hlorogenska kiselina (CGA)* je jedana od komponenti kafe koja doprinosi konačnoj kiselosti napitka kafe, kao i gorčine kafe. CGA učestvuju u stvaranju boje, ukusa i arome kafe tokom prženja. U toku procesa prženja kafe dolazi do degradacije i promjene molekule hlorogenske kiseline. Degradacija ove kiseline i njenih derivata je utoliko veća ukoliko je temperatura prženja veća (Feraz i sar., 2010). Proces prženja kafe utiče na smanjenje sadržaja CGA zbog brojnih reakcija kao što su izomerizacija, hidroliza, oksidacija, fragmentacija, polimerizacija i udruživanje ovih jedinjenja sa denaturisanim proteinima (Bicho i sar., 2011). Zbog svoje toplotne nestabilnosti, CGA mogu biti gotovo potpuno degradirane u derivate fenola koji podnose intenzivnije uslove prženja. Tokom prženja, dio CGA je izomerizovan, dio se transformiše u laktone zbog dehidratacije i formiranja intramolekulske veze što doprinosi povećanju gorčine u napitku kafe, a dio je hidrolizovan i degradiran u jedinjenja niske molekulske težine. CGA takođe učestvuju u formiranju polimernog materijala kao što je melanoidin. Drastični uslovi prženja mogu proizvesti gubitke do 95% CGA, sa 8-10% gubitka za svaki 1% gubitka suve materije. Ukupni sadržaj CGA u komercijalnim prženim kafama, kreće se od oko 0,5 do 7%, zavisno od vrste prerade, stepena prženja, mješavina i analitičkih uslova. Sadržaj CGA u svijetlo i srednje prženim kafama i dalje se ističe u odnosu na većinu

drugih izvora ove kiseline u hrani (Farah i Donangelo, 2006). Računato na bazi 10 g kafe u šoljici napitka, šoljica od 100 ml napitka, sadrži 15-325 mg hlorogenske kiseline, tako da dnevni unos hlorogenske kiseline kod osoba koje konzumiraju kafu iznosi 0,5-2,0 g. Sadržaj hlorogenske kiseline u napitku kafe, u najvećoj mjeri zavisi od vrste ili mješavine kafa, stepena prženja kafe i načina pripreme napitka kafe (Seifert i sar., 2004). Unos hlorogenske kiseline u organizam osoba koje ne konzumiraju kafu je manji od 100 mg na dan (Trandafir i sar, 2013). U cilju očuvanja ove korisne komponente potrebno je prilagoditi sam proces obrade kafe (Feraz i sar., 2010).

Moreira i sar. (2005) su određivali sadržaj hlorogenske kiseline u instant kafi i uzorcima svijetlo i tamno pržene, mljevene kafe. Obe grupe uzoraka su proizvedene i kao uzorci sa i kao uzorci bez kofeina. Rezultati analiza su pokazali da su svi uzoci koji su prošli proces dekofeinizacije imali niži sadržaj CGA u odnosu na uzorke koji sadrže kofein.

Ekstrakcija hlorogenske kiseline u napitku, zavisi od mljevenja kafe, od metode pripreme napitka, od odnosa kafe i vode, temperature vode i dužine vremena kontakta kafe i vode. Rezultat kontakta kafe sa vodom zagrijanom do 100°C je veća ekstrakcija hlorogenske kiseline. U toku pripreme napitka u kućnim uslovima, stopa ekstrakcije se povećava u prvih deset minuta pripreme. Najveća stopa ekstrakcije hlorogenske kiseline, obično se javlja u prve dvije minute na 93°C, nakon čega se stopa ekstrakcije može povećati ali znatno sporije. Ekstrakcija hlorogenske kiseline, prilikom pripreme napitka u domaćinstvu, rezultuje sa 70-200 mg CGA u 200 ml napitka kafe za Arabiku i 70-350 mg CGA u 200 ml napitka kafe za Robustu (Farah i Donangelo, 2006).

## **Kofein**

Kofein ima veliku ulogu u formiranju ukusa, jer svojim karakterističnim gorkim ukusom doprinosi gorčini kafenog napitka (Perrone i sar., 2008). Kofein može da se izučava zajedno sa trigonelinima i hlorogenskim kiselinama, jer postoje studije koje predlažu da se preko ovih supstanci prati stepen prženja, kao i da služe kao parametar i kriterijum za genotipsku selekciju i diferenciranje vrsta kafa (Franca i sar., 2005).

Prženje zrna kafe redukuje sadržaj kofeina za oko 30%. Ova pojava se objašnjava time što rastvorljivost kofeina u vodi raste sa porastom temperature, pa dio kofeina vjerovatno odlazi zajedno sa oslobođenom vodenom parom. Ove tvrdnje su uočili Dutra i sar. (2001) ispitujući sadržaj kofeina u ekshaustiranom gasu od prženja zrna. Međutim prema istraživanjima drugih autora gubici kofeina u toku procesa prženja su zanemarljivi, odnosno u

nekim slučajevima sadržaj kofeina raste sa porastom temperature zbog degradacije nekih drugih komponenti (Gichimu i sar., 2014).

Različite metode pripreme napitka kafe utiču na sadržaj kofeina u napitku. Tako naprimjer filter kafa sadrži 0,67 g kofeina u 1l napitka, moka 2,36 g/l, a napitak koji se dobija kuhanjem mljevene kafe, kao što je „turska“ kafa sadrži 0,57 g/l kofeina. Kod pripreme espresso napitka, ekstrakcija kofeina iz krupno mljevene kafe u procesu filtriranja nije potpuna. Razlog je kratak vremenski period za izdvajanje kofeina iz ćelijske strukture. Zbog toga koncentracija kofeina u espresso varira od 1,2 g/l do 4 g/l, zavisno od veličine šoljice i kompozicije mješavine (Clarke i Vitzthum, 2001).

Poslije konzumiranja, kofein se veoma brzo i direktno apsorbuje iz gastrointestinalnog trakta i podiže krvni pritisak, nakon 15 – 30 minuta od unošenja u organizam. Ne akumulira se u organizmu, već prolazi kroz njega, tako da je njegovo dejstvo kratko i prolazno (Clarke i Vitzthum, 2001). Kofein ima niz farmakoloških i ćelijskih odgovora u širokom spektru bioloških sistema. Ovo uključuje stimulaciju centralnog nervnog sistema i srčanog mišića, povećanu urinarnu proizvodnju i relaksaciju glatkih mišića. Istraživanja su pokazala da kofein može dati potencijalni doprinos smanjenju faktora rizika koji su uključeni u metabolički sindrom, uključujući tip 2 dijabetes melitusa, gojaznosti i simptome povezane sa Parkinsonovom bolesti. Antioksidativno dejstvo kofeina igra važnu ulogu u smanjenju rizika od pojave različitih oblika raka (Trandafir i sar., 2013).

Na opšti kvalitet napitka kafe u velikoj mjeri utiču kofein, hlorogenska kiselina (Franca i sar., 2005) kao i proteini i lipidi (Ribeiro i sar., 2010).

### **Proteini**

Aminokiseline učestvuju u formiranju ukusa, arome i boje napitka kafe, a količina i vrsta aminokiseline utiče na intezitet i kvalitet arome. Slobodne aminokiseline se u velikoj mjeri transformišu u toku procesa prženja, što ima za posljedicu smanjenje ili povećanje njihove količine u prženoj kafi. Zbog toga je izuzetno značajno praćenje količine aminokiselina u kafi poslije berbe i u toku svakog daljeg procesa obrade zrna kafe. Majlardova reakcija i reakcija karamelizacije predstavljaju reakciju između amino grupe aminokiselina ili komponenti koje sadrže azot i karboksilne grupe redukujućih šećera, a kao rezultat dolazi do formiranja melanoidina koji utiču na formiranje boje i arome kafe i drugih komponenti koje doprinose formiranju ukusa i arome kafe (Sunarharum i sar., 2014).

S obzirom da se prilikom prženja zrna kafe postižu visoke temperature, mogle bi se očekivati značajne promjene u sadržaju proteina, međutim tokom procesa prženja dolazi i do formiranja isparljivih komponenti koje sadrže azot, pa se zbog toga sadržaj proteina neznatno mijenja. Rezultati sadržaja azota dobiveni metodom po Kjeldalh – u ne mogu se pripisati samo aminokiselinama i proteinima već i drugim izvorima azota, kao što su kofein i trigonelin na koje otpada 17 do 30% od ukupnog sadržaja azota (Martins i sar., 2009).

Proteini utiču na punoću ukusa napitka kafe (Ribeiro i sar., 2010). Utvrđeno je da proteini i peptidi utiču na formiranje mirisa, odnosno arome i gorkog ukusa napitka kafe. Proteini igraju ključnu ulogu u formiranju melanoidina u zrnu kafe, u toku obrade zrna, zbog velike reaktivnosti amino, tiol i metiltio grupe. S obzirom na navedeno uloga proteina u formiranju opšteg kvaliteta napitka kafe je velika.

### **Lipidi**

Sadržaj lipida u napitku kafe može varirati u zavisnosti od načina pripreme samog napitka. Dok filter kafa sadrži manje od 7 mg lipida po šolji napitka, u napitku kafe pripremljene kuvanjem bez filtriranja, kao i u espresso kafi, sadržaj lipida može dostići i do 160 mg po šolji kafe. Lipidi su tijesno povezani sa osjećajem punoće u ustima prilikom konzumiranja kafe koji se u literaturi karakteriše kao „body“ (Ribeiro i sar. 2010). Prilikom prženja kafe, ulje kafe iz unutrašnjosti zrna izbija na površinu zrna (Sunarharum i sar., 2014).

Prženje utiče na smanjenje koncentracije i distribucije sterola u kafi. Količina sterola zavisi i od vrste napitka kafe. Filter kafa zbog specifičnog načina pripreme sadrži najmanju količinu sterola. U toku procesa prženja kafe formiraju se nova jedinjenja diterpena. U prženoj kafi su identifikovana dva nova proizvoda nastala iz kahveola i kafestola: „dehydrocafestol“ i „dehydrokahweol“. Koncentracije ovih jedinjenja rastu sa porastom temperature prženja u odnosu na koncentraciju kahveola i kafestola u zelenoj kafi (Clarke i Vitzthum, 2001).

### **Masne kiseline**

Tokom procesa prženja kafe uočene su manje promjene u sastavu masnih kiselina kafe. Promjene u sastavu lipida i masnih kiselina u kafi su izglednije u toku skladištenja kafe (Calligaris i sar., 2009; Farah i sar., 2012). U kafi prženoj na različitim temperaturama, nema značajnih promjena u visini i distribuciji pojedinih masnih kiselina. Koncentracija linolne kiseline neznatno opada sa povećanjem temperature prženja kafe. U Arabika i Robusta

vrstama kafe, u toku procesa prženja povećava se nivo trans masnih kiselina, posebno sadržaj C18:2ct i C18:2tc (Alves, 2003; Speer i Kolling-Speer, 2006; Ferrari, 2010).

Masne kiseline nisu važne samo za zdravlje, već i za očuvanje svežine kafe, u cilju da se izbjegne bajatost uzrokovana hidrolizom i oksidacijom triacilglicerola (Farah, 2012). Masne kiseline su važan pokazatelj održivosti kafe u toku skladištenja. Među najvažnijim nezasićenim masnim kiselinama koje su odgovorne za svježinu kafe su oleinska (18:1n9), linolna (18:2) i linoleinska (18:3) kiselina, sa sadržajem od 0,6-1,1 g/100 g, 2,9-5,4 g/100 g i 0,08-0,15 g/100 g, redom. S druge strane, nepoželjne promjene u lipidima mogu uticati na smanjenje kvaliteta kafe, uglavnom zbog hidrolize acilglicerola u toku skladištenja uz oslobađanje slobodnih masnih kiselina koje zatim podliježu oksidaciji. Sa aspekta senzorskog kvaliteta napitka kafe lipidi i masne kiseline imaju važnu ulogu jer doprinose punoći ukusa ovog napitka (Toci i sar., 2008; Toci i sar., 2013).

### **Tokoferoli i karotenoidi**

Neke studije pokazuju da se u toku prženja, značajno povećava sadržaj  $\alpha$ , a u nekim slučajevima i  $\beta$  tokoferola u kafi. Alves i saradnici (2009) su ustanovili da se u kafi Arabika nalazi veća koncentracija  $\beta$  tokoferola, nego u kafi Robusta. Oni su takođe ustanovili da se u kafi Robusta, u toku prženja, smanjuje koncentracija tokoferola, posebno  $\beta$  tokoferola (Alves i sar., 2009). Preostala dva tokoferola ( $\gamma$  i  $\delta$ ) su takođe indentifikovana u kafi. Pržena kafa (Arabika i Robusta) sadrži veću koncentraciju  $\gamma$  tokoferola. Detaljnijim analizama je utvrđeno da napitak „turska“ crna kafa sadrži najveću koncentraciju ukupnih tokoferola (422 ng/ml), zatim moka kafa (329 ng/ml), *espresso* (234 ng/ml), a najmanju koncentraciju sadrži filter kafa (29 ng/ml). Dakle, količina tokoferola u kafi zavisi od vrste kafe, stepena prženja i načina pripreme napitka kafe (Alves i sar., 2009; Alves i sar., 2010).

U toku procesa prženja kafe karotenoidi utiču na formiranje jedinjenja koja doprinose razvoju arome, ukusa i izgleda kafe. Na taj način karotenoidi utiču na kvalitet boje i arome napitka kafe kao gotovog proizvoda. Antioksidativna svojstva karotenoida čine ova jedinjenja vrijednim sastojcima kafe (Simkin i sar., 2010).

### **Mehanizmi formiranja arome u kafi**

Pržena kafa sadrži kompleks isparljivih organskih jedinjenja koji značajno doprinose formiranju karakterističnog ukusa, mirisa i arome napitka kafe. Većina isparljivih supstanci potiču od neisparljivih jedinjenja koja reaguju u toku procesa prženja i formiraju kompleksne

mješavine. Dokazano je da su šećeri, trigonellini, hlorogenska kiselina i proteini direktno uključeni u proces formiranja arome kafe. Mehanizmi formiranja arome u kafi su izuzetno kompleksni. Glavni mehanizmi uključuju (Ribeiro i sar., 2009):

- Majlardovu reakciju,
- Štrekertovu reakciju,
- Razlaganje sulfo amino kiseline (cistein) u merkaptane, kao i tiazola i tiofena poslije Majlardove reakcije sa redukujućim šećerima,
- Razlaganje hidroksi kiselina serina i treonina tako da budu u mogućnosti da reaguju sa saharozom,
- Razlaganje prolina i hidroksiprolina i njihove reakcije sa intermedijarnim produktima Majlardove reakcije,
- Degradaciju trigonelina, formiranje alkil piridina i pirola,
- Degradaciju pigmenata, uglavnom karotenoida. U manjoj količini se degradiraju lipidi, uglavnom diterpeni.

### **Kvalitet pržene kafe**

Saglasno Pravilniku o kafi, proizvodima od kafe, surogatima i proizvodima od surogata („Službeni glasnik BiH“, broj 72/2011) i Pravilniku o kvalitetu sirove kafe, proizvoda od kafe, surogata kafe i srodnih proizvoda („Službeni glasnik RS“, broj 54/2012) proizvodi od kafe su pržena kafa i ekstrakti kafe. Pržena kafa dobija se odgovarajućim tehnološkim postupkom, prženjem sirove kafe do stepena prženja koji proizvodu obezbjeđuje karakterističnu boju, miris, ukus i aromu. Pržena kafa u daljem postupku može da se podvrgne mljevenju. Pržena kafa može se stavljati na tržište pod nazivom pržena kafa u zrnu; mješavina pržene kafe u zrnu; pržena kafa bez kofeina u zrnu; mješavina pržene kafe bez kofeina u zrnu; mljevena kafa; mješavina mljevene kafe; mljevena kafa bez kofeina; mješavina mljevene kafe bez kofeina. Pržena kafa koja se stavlja na tržište mora ispunjavati sljedeće uslove:

1. da ne sadrži više od 5% vode;
2. da ne sadrži više od 6% ukupnog pepela;
3. da količina ukupnih stranih primjesa ne prelazi 0,1%;
4. da ne sadrži više od 2% preprženih (ugljenisanih) zrna;
5. da sadrži najmanje 22% ekstraktivnih materija rastvorljivih u vodi;
6. da ne daje napitak neprijatnog mirisa, ukusa i arome;



7. da oblik i veličina zrna odgovaraju deklariranoj vrsti kafe, da su pržena zrna zdrava i da nemaju oštećenja od insekata.

### 2.2.2. Proces mljevenja kafe

Mljevenje kafe je neophodna faza u tehnološkom procesu proizvodnje koja se obavlja nakon procesa prženja i hlađenja zrna kafe (Murray i Laredo, 2015). Ova operacija se nekad obavljala na vrlo primitivan način, drobljenjem zrna pržene kafe u avanu ili žrvnju uz upotrebu kamena. Početkom 18. vijeka sa pronalaskom mlina, kafa se počela mljeti, pa je time i kvilitet kafe bio sačuvan (Džinić i Jokanović, 2010). Mljevenje kafe može se postići na slijedeće načine (Murray i Laredo, 2015):

- upotrebom mašine za mljevenje sa sječivima, pri čemu se zrna kafe sjeku u male čestice brzim struganjem pomoću sječiva (ravna i konusna), što stvara raspodjelu veličine čestica koja je obično široka i proizvođaču omogućava velik izbor stepena mljevenja na osnovu donekle proizvoljnog vremena mljevenja i
- upotrebom mlinskog kremenog kamenja za mljevenje, a za ovu metodu mljevenja se generalno smatra da nudi bolju kontrolu proizvodnje i užu raspodjelu veličine čestica.

Mljevenje kafe je veoma bitan segment u procesu proizvodnje kafe. Miris, ukus i aroma kafe u mnogome zavisi upravo od strukture mljevene kafe i zbog toga je ovaj proces posebno kontrolisan u proizvodnji. Mljevenjem prženih zrna kafe omogućava se oslobađanje aroma kafe u toku ekstrakcije, odnosno pripreme napitka kafe. Veličina čestica mljevene kafe utiče na ekstrakciju, a samim tim i na kvalitet pripremljenog napitka. Suviše sitno mljevena kafa mogla bi uticati na dobijanje napitka sa suviše izraženom i neprijatnom gorčinom, dok bi s druge strane krupnije mljevena kafa mogla da smanji ekstrakciju aromatskih komponenti zbog male površine što može da utiče na dobijanje bljutavog napitka kafe (Sunarharum i sar., 2014).

Sam proces sastoji se u mljevenju u specijalnim mlinovima, a veličina čestica pržene mljevene kafe ne prelazi 0,8 mm. Za različite vrste napitaka od kafe koristi se sitnije ili krupnije mljevenje zrna pržene kafe. Za espresso kafu, koja zahtijeva 20 do 30 sekundi za ekstrakciju, potrebna je mljevena kafa krupnije ujednačene granulacije, dok je za filter kafu, koja je prilikom pripremanja duže u kontaktu sa vodom, potrebno srednje krupno mljevenje

(oko 0,3 mm veličine čestice). Za napitak crne kafe, koja se priprema na tradicionalan način i koja se ekstrahuje gotovo trenutno dajući izuzetno aromatičan napitak, potrebna je sitno mljevena kafa (oko 0,1 mm veličine čestice) (Džinić i Jakanović, 2010).

Nakon procesa mljevenja, kafa se puni i pakuje u adekvatnu ambalažu (polipropilen, aluminijum, polietilen – kaširana ambalaža) kako bi se spriječilo izlaganje kafe kiseoniku i na taj način sačuvala svježina, aromatičnost i ispravnost pržene mljevene kafe (Džinić i Jakanović, 2010).

### 2.3.VRSTE NAPITAKA KAFE

Kafa je univerzalni proizvod i može se konzumirati u svim prilikama. Mješanjem dvije ili više vrsta pržene i mljevene kafe dobija se napitak prijatnog ukusa i arome (Džinić i Jakanović, 2010). Napitak kafe se može pripremiti na različite načine, ali se svaki od njih bazira na upotrebi tople vode, kako bi se iz mljevenog zrna pržene kafe ekstrahovale materije koje daju karakterističan ukus i miris ovom napitku. Način pripreme napitka kafe zavisi od geografskog područja, klimatskih uslova, tradicije i kulture zemlje, socijalnih navika i navika potrošača (Petit i Sieffermann, 2007; Vignoli i sar., 2011). Postoje brojne metode za pripremu napitka kafe koje se generalno mogu svrstati pod metode ekstrakcije kuvanjem (metoda dobijanja esencije „decoction method“), čime se dobijaju guste suspenzije (crna kafa, turska kafa, grčka kafa, vakuum kafa); metode infuzije ili natapanja pri čemu se dobijaju pravi rastvori (filter kafa) i metode pritiska ili perkolacije pri čemu se dobijaju emulzije (*espress*, moka) (Navarini i sar. 2004, Petracco, 2001).

- Metode ekstrakcije kuvanjem („decoction method“) uključuju kontakt mljevene kafe sa vodom na visokoj temperaturi za određeno vrijeme. Ekstrakcija je intenzivnija i brža od drugih metoda ali može da rezultuje djelimičnim gubitkom nekih aroma jer ova metoda često podrazumjeva kuhanje na direktnom izvoru toplote na visokim temperaturama.
- Metoda infuzije podrazumijeva potapanje ili natapanje mljevene kafe (ekstra krupne čestice ili ekstra grubo – srednje mljevene) zagrijanom ili hladnom vodom za određeno vrijeme prije filtriranja. Ovako dobijen napitak kafe je blaži od napitka dobijenog kuvanjem, sa izraženijom kiselošću i aromom.

- Metode pritiska uključuju perkolaciju tečnosti kroz porozni medijum ili filter primjenom visokog pritiska toplote kako bi se dobio napitak kafe izuzetne punoće ukusa karakteristične za *esspreso* kafu.

Na našim prostorima (Srbija i Bosna i Hercegovina) postoji duga tradicija konzumiranja napitka kafe. I pored mogućnosti izbora mnogih vrsta napitaka kafe kao što su *esspresso*, filter kafa i sve popularnija instant kafa, na našim prostorima najviše se konzumira crna kafa (poznatija kao „turska kafa“), koja se obično priprema u domaćinstvu, prema tradicionalnom načinu pripreme. Crna kafa se priprema uz korištenje svježije vode, koja se u momentu ključanja sklanja sa zagrijane površine i u nju se dodaje pržena, mljevena kafa. Voda sa kafom se zatim zagrijava do podizanja obilne pjene, a mljevena kafa pri tome tone na dno posude (slika 2.9.). Da bi plemenita svojstva kafe došla do punog izražaja napitak kafe se ostavi kratko vrijeme da se formira talog od čestica mljevene kafe u napitku, nakon čega se sipa u šolju. Crna kafa se od ostalih napitaka kafe razlikuje po crnom talogu koji ostaje u posudi u kojoj se priprema ili iz koje se konzumira. Ovako pripremljen napitak treba da ima specifičnu, intenzivnu i konstantno prijatnu aromu kao i odgovarajući odnos gorčine i kiselosti što obezbeđuje prijatan i karakterističan ukus (Odžaković i sar., 2015).



Slika 2.9. Priprema i serviranje tradicionalne crne kafe na našim prostorima

### 2.3.1. Kvalitet napitka kafe

Visoko cijenjeni kvalitet napitka kafe opisuje se kao prijatan osjećaj uravnotežen sa kombinacijom arome, ukusa i punoće ukusa u toku konzumiranja ovog napitka (Sunarharum i sar., 2014). Aromatski profil je jedan od najkarakterističnijih obilježja prehrambenih proizvoda u pogledu senzorskog kvaliteta i autentičnosti (Kreppenhofer i sar., 2010; Ribeiro i sar., 2010). Aroma i ukus napitka, određeni kompleksnom mješavinom komponenata,

predstavljaju najvažniji kriterij za ocjenu kvaliteta kafe (Oliveira i sar., 2005; Farah i sar., 2006; Feria-Morales, 2002). Miris odnosno aroma kafe je jedna od njenih najcjenjenijih karakteristika. Miris se definiše kao olfaktorni utisak pri udisanju i/ili izdisanju vazduha preko nosa, pa tako pozitivno doživljen miris jeste dobar (svojstveni) miris, a neprijatno doživljen – loš miris. Loš miris kafe ukazuje na proizvod lošijeg ili neprihvatljivog kvaliteta, a može da bude indikator njegovog kvarenja pri čemu dolazi do transformacije postojećeg mirisa usljed promjene hemijskog sastava. Retronazalna percepcija arome nastaje kada se isparljive supstance iz hrane oslobađaju u ustima i preko spoja usne šupljine i nosa dospijevaju u nos. Na taj način isparljive supstance stupaju u interakciju sa receptorima na mirisnom epitelu, generišući olfaktorni nervni podsticaj i prenos signala preko mirisnih glavica ka mozgu koji zatim obrađuje senzorske informacije koje prepoznamo kao miris (Radovanović i Popov-Raljić, 2001; Sunarharum i sar., 2014). Aroma sirovih zrna kafe je siromašna i nerazvijena i teško je opisati je (Hashim i Chaveron, 1996). Prijatna, karakteristična aroma i ukus napitka kafe, razvijaju se u toku prženja u kome nastaju fizičke i hemijske promjene i reakcije koje vode do formiranja širokog spektra isparljivih organskih komponenti u kafi (Gonzalez-Rios i sar., 2007). Aromatska jedinjenja su u prženoj kafi prisutna kao kompleksna mješavina isparljivih supstanci (preko 850) sa različitim funkcionalnim grupama i od njih zavisi senzorski kvalitet napitka kafe, kao i ukupni kvalitet arome napitka (Hashim i Chaveron, 1996; Sanz i sar., 2001; Franca i sar., 2009; Ribeiro i sar., 2010). Svijetlim prženjem se dobijaju najniže koncentracije isparljivih supstanci, dok je u toku srednjeg i tamnog prženja ukupna količina isparljivih jedinjenja veoma slična (Gonzalez-Rios i sar., 2007). Prženjem kafe od svijetlog to tamnog stepena prženja, povećavaju se sumporaste note, na pečeno, dim i zemlju u aromatskom profilu.

Osim arome, na kvalitet napitka kafe utiču i drugi faktori kao što su ukus, tekstura, boja, odnosno komponente koje utiču na percepciju ukusa, strukture i vizualnog doživljaja hrane (Sunarharum i sar., 2014).

Kiselost kafi daje oštrinu, suv ali osvježavajući osjećaj. Kiselost napitka kafe doprinosi boljem ukusu i aromi proizvoda i može uticati na reakciju potrošača prilikom konzumiranja (Rodrigues i sar., 2007). Odlika je kafa dobijenih vlažnim postupkom, dok kafe dobijene suvim postupkom imaju manje naglašenu kiselost. Ova osobina je poželjna, ali do određenog stepena. Kiselost napitka kafe u velikoj mjeri zavisi od vrste kafe i stepena prženja. Kafe sa izraženom kiselošću obično rastu na velikim nadmorskim visinama i na vulkanskom zemljištu koje je bogato mineralima. U visoko kvalitetnim zrnima Arabika kafe, prženim do

svijetlog ili srednjeg stepena prženja, veliki uticaj na ukus ima kiselost koja je veoma izražena. Tamno pržena Arabika, s druge strane, pokazuje manju kiselost i pri tome gorčina postaje dominantan ukus. Robusta vrste kafe imaju najnižu kiselost (Clarke, 2001; Sunarharum i sar., 2014). Kiselost napitka kafe potiče od brojnih kiselina prisutnih u zrnju kafe, a čija se koncentracija mijenja pod uticajem temperature. Hlorogenska kiselina je jedana od komponenti kafe koja doprinosi konačnoj kiselosti napitka kafe. Tamni stepen prženja je najučinkovitiji način da se smanji sadržaj kiselina u kafi, a samim tim i kiselost napitka kafe (Sunarharum i sar., 2014).

Blagi porast kiselosti može se osjetiti u napitku kafe koji je skladišten, čak i na sobnoj temperaturi. Ovaj efekat se povećava vremenom i značajno raste sa porastom temperature skladištenja, te ima neželjen efekat na kvalitet napitka kafe.

Gorčina je bitna karakteristika kafe, kada je prisutna u manjim količinama. Sa kiselošću upotpunjuje ukus napitka od kafe, a njena prisutnost u većim količinama može da nadjača ostale komponente u kafi i na taj način stvori nepoželjne efekte. Gorčina napitka predstavlja važan pokazatelj senzorskog kvaliteta napitka i zavisi od stepena prženja i pirolize iz kofeina, heterocikličnih i peptidnih jedinjenja i hlorogenske kiseline (Ribeiro i sar., 2010). Ako se želi dobiti kafa sa manjom gorčinom koristi se srednje pržena kafa koja ima manje rastvorljivih materija, veću kiselost i izraženiju aromu. Gorak ukus iz kafe je povezan sa granicom ekstrakcije. Granica ekstrakcije zavisi od prženja, sadržaja minerala u vodi, temperature vode, vremena, veličine mljevenog zrna i načina kuhanja kafe. Gorčina je povezana sa količinom rastvorenih materija u kafi. Gorčina napitka zavisi od vrste kafe. Robusta kafa sadrži više kofeina i hlorogenih kiselina, koje su pojedinačno odgovorne za gorčinu i opor ukus (Džnić i Jakanović, 2010).

Boja je osnovna osobina po kojoj se sortiraju mnogi proizvodi u komercijalne kategorije, ali koncentracija pigmenata ili nekih drugih specifičnih konstituenata možda bolje karakteriše kvalitet. Boja je direktnije povezana sa percepcijom potrošača o svojstvu izgleda, a koncentracija pigmenata može biti direktnije povezana sa stepenom zrelosti (Abbott, 1999). Boja se može definisati kao kombinacija vizuelno shvaćene informacije sadržane u svjetlosti koju odašilje ili rasipa uzorak pri čemu male promjene svjetlosti mogu da proizvedu veće promjene boje. Tokom sazrijevanja ploda kafe dolazi do promjene njegove boje, od zelene, preko žute, do mrko-narandžaste. Takođe, proces prženja kafe, usljed Majlardove reakcije, utiče na tamnjenje proizvoda, gdje visina temperature i vrijeme prženja igraju značajnu ulogu u formiranju boje i nijanse boje kafe. U zavisnosti od različitih načina prženja (američko,

bečko, cimet, after-dinner, moderno, francusko, italijansko, espresno) kafa može imati različitu boju (od svijetlo preko tamno smeđe, pa do crne). Boja prženog zrna može biti standard uz čiju pomoć se karakteriše optimalni stepen prženja za odgovarajući tip kafe. Boja može da se ocjeni senzorski ili da se odredi instrumentalno, aparatima koji daju rezultate u zavisnosti od refleksije svjetla koristeći standard. Mjerenjem boje u *CIELab* sisitemu,  $L^*$  (sjajnost),  $a^*$  (udio crvene i zelene boje) i  $b^*$  (udio plave i žute boje) opadaju linearno sa povećanjem vremena i temperature prženja (Pittia i sar., 1996).

Tekstura je osobina hrane nastala iz kombinacije fizičkih svojstava i onih registrovanih čulima dodira, vida i sluha. Osobina teksture nastaje kao kombinacija fizičkih osobina, što predstavlja osnovu za većinu instrumentalnih metoda koje se koriste u ovoj oblasti. Najčešće korišćeni princip instrumentalnih metoda je podvrgavanje uzorka, namirnice, dejstvu spoljašnje sile dok ne dođe do deformacije. Rezultat testa je izmjereni stepen deformacije ili otpor koji uzorak pruža djelovanju sile (Abbott, 2004). Teksturalne karakteristike zrna kafe zavise od stepena hidratacije kao i od stepena prženja. Toplotnim tretmanom, odnosno prženjem kafe, tekstura zrna kafe se značajno mijenja. Mehaničke karakteristike sirovog i različito prženog zrna kafe mogu se karakterisati različitim empirijskim mjerama. U zavisnosti od temperature i vremena prženja sila loma biće različita i daje nam podatak o teksturi i krtosti samog zrna. Gubitak vode, do kojeg dolazi prilikom toplotne obrade kafe, utiče na krtost i otpornost (žilavost) zrna kafe, odnosno na njihovu otpornost prema lomu pod pritiskom (Pittia i sar., 2001). Tokom prženja dolazi do strukturnih promjena, kao što su porast broja i veličina pora, izduženje zrna, povećanje volumena uslijed nakupljanja nastalih gasova unutar zrna, poroznost zrna i smanjenje mase i gustine, a blisko su povezane sa količinom oslobođenog ugljen dioksida uslijed pirolitičkih reakcija indukovanih visokim temperaturama. Pri uobičajenim temperaturama prženja, zrno kafe je podignuto iznad svoje temperature faznog prelaza i postaje gumasto. Ovo, zajedno sa porastom pritiska, čini da se struktura širi, odnosno zrno se širi. Kada se zrna kafe ponovo ohlade na sobnu temperaturu, struktura kafe je ispod temperature faznog prelaza, čineći zrno krtim i povoljnim za mljevenje, praveći takođe, džepove, i poroznu strukturu, sa velikom površinom i mjestima za zadržavanje i apsorbovanje  $\text{CO}_2$ . Masa suvog zrna kafe, uslijed pirolize, opada, a time i gustina zrna (Anderson i sar., 2003; Džinić i Jakanović, 2010). Produženjem vremena prženja, sila loma opada, što ukazuje na progresivno opadanje tvrdoće zrna (Pittia i sar., 2001).

## 2.4. ANTIOKSIDATIVNA AKTIVNOST KAFE

Hrana i neke komponente hrane mogu značajno uticati na ljudsko zdravlje. Pod određenim uslovima, pojedini sastojci hrane bi mogli potrošačima obezbjediti osim osnovnih prehrambenih funkcija i neke fiziološke prednosti (Dziki i sar., 2015). Pri ukupnoj procjeni uticaja hrane i prehrambenih sastojaka na zdravlje ljudi potrebno je da se razmotre svi mogući aspekti, uključujući potencijal ishrane i korisni i štetni uticaji (Martins i Gloria, 2010). Ishrana koja uključuje voće, povrće, čaj, kafu i slično, predstavlja izvor brojnih antioksidanata (Yashin i sar, 2013).

Kafu konzumira veliki dio ljudske populacije (oko 70 do 80%). Vrsta napitka kafe, veličina standardne šoljice i količina konzumirane kafe mogu značajno da se razlikuju i na geografskoj i na individualnoj osnovi. Umjereno konzumiranje kafe se dovodi u vezu sa značajnim smanjenjem rizika od razvoja nekih hroničnih bolesti (Cavin i sar, 2008). Upravo iz tog razloga, u posljednje vrijeme, sve veća pažnja se usmjerava proučavanju blagotvornog dejstva kafe na zdravlje potrošača. S obzirom da kafa sadrži značajne količine antioksidanasa, ali i druge pozitivno aktivne komponente, naučnici u svojim istraživanjima sugerišu na potencijalno korisne zdravstvene uticaje kafe (Clarke i Vitzthum, 2001; Nicoli i sar., 1997).

Pored svog stimulativnog djelovanja, utvrđeno je da kafa posjeduje svojstva da spriječi štetne radnje slobodnih radikala i virusnih infekcija. U raznim biološkim testovima, vodeni ekstrakt kafe je pokazao „skevindžer“ efekte u odnosu na slobodne radikale kao što je superoksid jon, inhibitornu aktivnost lipidne peroksidacije, suzbijanje površinskog antigena virusa hepatitis B i slično (Trandafir i sar., 2013). Brojne epidemiološke studije ukazuju da je potrošnja kafe u obrnutoj vezi sa pojavom bolesti u kojima su uključene reaktivne vrste kiseonika (ciroza jetre, određeni oblici raka i određeni neurodegenerativni poremećaji). Pretpostavlja se da su upravo antioksidativna svojstva kafe odgovorna za ovaj fenomen i da antioksidativne komponente kafe inaktiviraju reaktivne vrste kiseonika. Brojne *in vitro* studije su pokazale da su sastavni dijelovi kafe, kao što su hlorogenska kiselina, proizvodi Majlardove reakcije i kofein, sposobni da dezaktiviraju reaktivne vrste kiseonika, direktnim istjerivanjem gasova (Misik i sar., 2010). Rezultati istraživanja su pokazali da instant kafa ima veću antioksidativnu aktivnost od crnog vina i zelenog čaja. Pellegrini i sar. (2003) su analizirali različite napitke (pivo, čaj od kamilice, kafa, konjak, rum, zeleni i crni čaj, vinsko sirće, viski, tri vrste crvenog, bijelog i roze vina) u cilju određivanja njihove ukupne antioksidativne aktivnosti. Dobijeni rezultati su pokazali da, u odnosu na ostale analizirane

napitke, kafa ima najveću ukupnu antioksidativnu aktivnost. Nedavne studije su pokazale da sastojci kafe tokoferoli, karotenoidi, kofein, fenolna jedinjenja, hlorogenska kiselina, hidroksicimetna kiselina ili jedinjenja formirana Majlardovom reakcijom, kao što su melanoidini, imaju antioksidantna svojstva. Prema rezultatima do kojih su došli Svilaas i sar. (2004) i Votavova i sar. (2009) kafa kao napitak doprinosi do 66% od ukupnog unosa antioksidanata, zatim slijed voće, bobice, čaj, vino, žitarice i povrće.

### **Sastojci kafe kao nosioci antioksidativne aktivnosti**

Antioksidanti su supstance koje inhibiraju oksidaciju i koje su u stanju da ublaže posljedice štetnih efekata oksidacije na tkivo organizma. Oni sprečavaju oštećenja izazvana slobodnim radikalima. Antioksidanti stvaraju barijeru koja štiti tkivo od slobodnog radikalnog oštećenja (Sarma i sar., 2010). Antioksidanti mogu da djeluju na različite načine. Jedan od načina je da neutrališu slobodne radikale donacijom jednog od svojih elektrona. Antioksidanti pri tome ne prelaze u oblik slobodnih radikala doniranjem jer ostaju stabilni u bilo kom obliku. Oni deluju kao „skevindžeri“ - sakupljači sekundarnih sirovina, i na taj način sprječavaju oštećenja ćelija i tkiva koja mogu dovesti do razvoja bolesti. Antioksidanti mogu da kompleksiraju jone metala, koji deluju kao katalizatori u reakciji stvaranja inicijatora oksidacije lipida ili razgradnje hidroperoksida lipida. Oni takođe mogu da djeluju kao inhibitori enzima, sinergisti, metalni helatni agensi, mogu da razgrađuju perokside i neutrališu djelovanje singletnih oblika kiseonika (Sarma i sar., 2010; Labo i sar., 2010).

### **Fenoli**

Fenolna jedinjenja ili polifenoli su sveprisutni sastojci viših biljaka sa više od 8000 registrovanih struktura (Sisein, 2014). Obično se nalaze u širokom spektru najčešće konzumiranih namirnicama biljnog porekla, kao što su voće, povrće, žitarice i mahunarke, kao i u napicima biljnog porijekla, kao što su vino, čaj i kafa koji čine značajan dio ishrane ljudi. Ova jedinjenja su sekundarni metaboliti biljaka generalno uključeni u odbranu od ultraljubičastog zračenja ili uticaja patogena. Fenolna jedinjenja mogu da se grupišu u različite klase prema njihovoj osnovnoj hemijskoj strukturi (tip i broj fenolnih prstenova) i u različite podklase, u skladu sa specifičnim supstitucijama u osnovnoj strukturi, povezivanjem sa ugljenim hidratima i polimerizovanim oblicima. Fenolna jedinjenja sadrže najmanje jedan aromatski prsten (C<sub>6</sub>) sa jednom ili više priključenih -OH grupa, pored ostalih supstituenata. Mnogi fenoli su derivati nastali reakcijama kondenzacije ili adicije. Međusobno se razlikuju prema putu biosinteze i različitim funkcijama u biljnom metabolizmu. Mnoge od ovih



komponenti dobile su posebnu pažnju kao potencijalni zaštitni faktori protiv degenerativnih bolesti (katarakte, neurodegenerativne bolesti i dijabetes melitus), kancera i kardiovaskularnih bolesti (Tokusoglu i sar., 2005; Farah, 2006). Utvrđena je značajna antioksidativna, antibakterijska i antivirusna aktivnost fenolnih jedinjenja. U poslednjih nekoliko godina, redovno konzumiranje voća i povrća je vrlo preporučljivo, jer biljni fenoli i polifenoli igraju važnu ulogu u dugoročnom zdravlju i smanjenju rizika od hroničnih i degenerativnih bolesti. Priznavanje prednosti koje donose ova prirodna jedinjenja po zdravlje ljudi, ohrabrilo je uključivanje u svakodnevnim obrocima neke tipične, fabrički dobijene namirnice, a među najpoželjnijim su maslinovo i druga biljna ulja, citrusni i drugi voćni sokovi, čokolada, čaj, kafa i vino (Apak i sar., 2007). Procjenjuje se da dnevna potrošnja fenola, u zavisnosti od ishrane, iznosi od 25 mg do 1 g dnevno (Stalikas, 2007).

Fenolna jedinjenja su u sirovom zrnju kafe pretežno prisutna kao porodica estara, formiranih između određenih hidroksicimetnih kiselina i hininske kiseline, poznatih pod zajedničkim imenom hlorogenska kiselina (CGA). Druga fenolna jedinjenja, kao što su tanini, lignani i antocijani su takođe prisutni u zrnju sirove kafe u manjim količinama (Farah, 2006). U kafi su prisutni i proantocijanidi koji imaju potencijalno antioksidativno dejstvo, ali među njima nema katehina, koji se obično nalaze u zelenom čaju (Parras i sar., 2007).

Koncentracija visoko aktivnih polifenola u sirovoj kafi zavisi od vrste i porijekla kafe, dok u napitku kafe zavisi od stepena prženja i pripreme napitka. U toku procesa prženja, fenolne komponente se djelimično razlažu i/ili vezuju za polimerne strukture u zavisnosti od uslova prženja (Farah, 2006). U šolji napitka kafe detektovano je od 200 do 550 mg fenolnih jedinjenja. Među ovim jedinjenjima zastupljene su hlorogenske kiseline: kafeinska, ferulna, *p*-kumarna kiselina, kafeoilhininska kiselina, sa 5-O-kafeoilhininskom kiselinom (Parras i sar., 2007). Među slobodnim fenolnim kiselinama, u manjoj količini u kafi je prisutna i vanilinska kiselina. Količina ferulna i vanilinska kiseline se povećava u srednje i tamno prženim uzorcima kafe. Relativno visok nivo fenolnih kiselina u zrnju kafe, odražavaju njihov fiziološki značaj za biljku kafe, kao i njihov značajan doprinos u formiranju arome i ukusa napitka kafe. Metaboliti hlorogenske kiseline, kao što su ferulna, izoferulna i vanilinska imaju sposobnost djelovanja kao „skevindžeri“ radikala (Trandafir i sar., 2013). Fenolna jedinjenja kao antioksidanti uglavnom funkcionišu kao jedinjenja koja uništavaju slobodne radikale. U tom smislu u istraživanjima je izuzetno značajno praćenje i mjerenje njihovog kapaciteta sakupljanja (scavenging capacity) slobodnih radikala (Larrauri i sar., 1999; Koshiro i sar., 2007).

Hlorogenska kiselina predstavlja osnovno fenolno jedinjenje u kafi. Ishrana bogata hlorogenskom kiselinom igra veliku ulogu u sprečavanju različitih bolesti povezanih sa oksidativnim stresom kao što su kancer, kardiovaskularne, degenerativne i bolesti povezane sa procesom starenja (Ayeling i Sabally, 2013). Kafa je glavni izvor hlorogenske kiseline u ljudskoj ishrani. U raznim biološkim testovima, vodeni ekstrakt kafe je pokazao „skevindžer“ efekte, inhibitornu aktivnost lipidne peroksidacije i suzbijanje površinskog antigena virusa hepatitis B. Ove biološke aktivnosti su usko povezane sa prisustvom hlorogenske kiseline. Pozitivna ali ne i linearana veza pronađena je za količinu hlorogenskih kiselina koja ostaje nakon prženja i antioksidativnu aktivnost zrna kafe (Trandafir i sar., 2013). Istraživanja su pokazala da ekstrakt sirove kafe ima inhibitorni efekat na akumulaciju masti i tjelesne mase kao i modulaciju metabolizma glukoze kod ljudi. Ovi biološki efekti pripisuju se hlorogenskoj kiselini u sirovoj kafi (Ayeling i Sabally, 2013).

Flavonoidi, najvažnija pojedinačna polifenolna grupa, su glikozidi sa benzopiranom u jezgri. U flavonoide spadaju flavoni, flavonoli, flavanoni, flavanonoli i antocijani. Flavoni imaju dvostruku vezu između C2 i C3, dok flavanoni imaju zasićenu vezu C2-C3. Flavanonoli imaju dodatnu hidroksil grupu na C3 poziciji, a flavanonoli su zasićeni između C2 i C3 sa hidroksil grupom na C3 položaju. Najzastupljeniji flavonoid je kvercetin (3,5,7,3',4' – pentahidroksiflavon. Svaka grupa flavonoida se razlikuje u zavisnosti od broja hidroksil i metoksil grupa i drugih supstituenta na drugom benzenovom prstenu (Birangane i sar., 2011; Sisein, 2014). Flavonoidi djeluju kao „skevindžeri“, kao metalni helatni agenti i učestvuju u interakciji sa drugim antioksidantima (Apak i sar., 2007; Velagić-Habul, 2010).

## 2.5. SENZORSKA ANALIZA

Sistemi za ocjenu kvaliteta proizvoda uspostavljaju se sa ciljem da se omogući i olakša razmjena proizvoda širom svijeta. Kvalitet mnogih prehrambenih proizvoda može se utvrditi primjenom fizičko-hemijskih i instrumentalnih metoda analize, ali veoma važan pokazatelj kvaliteta prilikom izbora i kupovine prehrambenih proizvoda je senzorski kvalitet (Alvarado i Linnemann, 2010). Određivanje senzorskog kvaliteta prehrambenih proizvoda svakim danom ima sve veću važnost zahvaljujući naučnom pristupu, razvoju i primjeni standardnih metoda i testova za provođenje senzorske analize. Senzorska nauka koristi ljudska čula kao instrument za identifikovanje i mjerenje intenziteta posmatranog svojstva - parametra kvaliteta proizvoda (Amorim i sar., 2010; Petit i Sieffermann, 2007; Ribeiro i sar., 2010). Pojam senzorska analiza

ili analiza kvaliteta se može definisati kao naučna disciplina, odnosno metoda, koja se koristi za identifikovanje, mjerenje i analizu stečenih utisaka o proizvodu, doživljenih pomoću čula vida, mirisa, ukusa, dodira i sluha (Radovanović i Popov – Raljić, 2001; Grujić, 2015). Ako se uporedo sa senzorskom analizom odvija i analitička kontrola kvaliteta, dobija se sveobuhvatnija i egzaktnija ocjena kvaliteta datog proizvoda.

### **2.5.1. Osnovni uslovi neophodni za objektivno sprovođenje senzorske analize**

Internacionalnim standardima propisani su minimalni neophodni uslovi za objektivno provođenje senzorskih analiza (Grujić, 2015). Na taj način su definisani postupci, procedure i tehnički zahtjevi za provođenje senzorske analize hrane i obradu dobivenih rezultata ISO 6658:2005 (Sensory analysis – Methodology – General guidance). Da bi se uspješno realizovala ispitivanja kvaliteta prehrambenih proizvoda, neophodno je poznavanje osnovnih izraza i njihovog značenja, a koji se koriste prilikom senzorskih ispitivanja. Stoga je napravljen odgovarajući Riječnik (ISO 5492:2008, Sensory analysis – Vocabulary).

Za uspješno realizovanje planiranih senzorskih ispitivanja, neophodno je poznavanje principa provođenja pojedinih testova, njihove namjene i uslova koji moraju biti obezbjeđeni da bi rezultati bili validni, a izvedeni zaključci korisni za dalje aktivnosti (ISO 8586-1:1993). U skladu sa navedenim potrebno je (Grujić 2015):

- Definirati cilj senzorskih ispitivanja;
- Obezbjediti odgovarajuće uslove za rad (prostor, oprema, pribor);
- Izabrati odgovarajuće metode ispitivanja ili senzorskog testa;
- Izabrati ocjenjivače i obezbjediti dovoljan broj ponavljanja mjerenja i
- Obraditi rezultate ispitivanja.

Da bi senzorska ocjena kvaliteta prehrambenih proizvoda bila objektivna i uspješno obavljena, potrebno je obezbjediti odgovarajući prostor u kome se obavlja nesmetan rad osoba angažovanih za senzorska testiranja, kao što je propisano (ISO 8589:2007, Sensory analysis – General guidance for the design of test rooms). Minimalni uslovi propisani standardom, koje moraju da zadovolje prostorije za senzorska testiranja su prostorija za pripremanje uzoraka i prostorija za ocjenjivanje (za individualan rad u ocjenjivačkim boksovima ili za rad u grupama) (Popov-Raljić, 2013; Grujić, 2015). Kod planiranja i projektovanja ovih prostorija

potrebno je voditi računa o tome da se u toku ulaska u ove prostorije ne prolazi kroz odjeljenje za pripremu uzoraka. Na taj način se može spriječiti fizički ili vizualni kontakt ocjenjivača sa proizvodima i tako se može spriječiti mogućnost da ocjenjivači dobiju informacije o proizvodima koji su predmet ispitivanja, a što može uticati na objektivnost analize (Grujić i Spaho, 2010).

Kao analitičari se angažuju provjereni i obučeni ocjenjivači osposobljeni i kvalifikovani za primjenu odgovarajućih metoda senzorske analize (Feria-Morales, 2002). Ako se obučeni ocjenjivači angažuju kao senzorski panel, mogu se očekivati tačni, objektivni, precizni i pouzdani rezultati. U toku provođenja senzorske analize veoma je važna sposobnost ocjenjivača da identifikuju male razlike između proizvoda u posmatranim svojstvima (Amorim i sar., 2010). Važan uslov objektivizacije senzorske analize, jeste dosljedna primjena precizno definisanih postupaka izbora senzorskih analitičara, odnosno ocjenjivača, njihove stalne obuke i sistematskog monitoringa. Senzorsku analizu mogu da obavljaju samo lica obučena i provjeravana u skladu sa zahtjevima standarda ISO 8586-1:1993 (E), Sensory analysis – general guidance for selection, training and monitoring of assessors – Part 1: Selected assessors (Opšte uputstvo za izbor, obuku i nadzor ocjenjivača – Dio 1: Odabrani ocjenjivači) i standarda ISO 8586-2:2008 (E) Sensory analysis – general guidance for selection, training and monitoring of assessors – Part 2: Expert sensory assessors (Opšte uputstvo za izbor, obuku i nadzor ocjenjivača – Dio 2: Stručnjaci). Ovi standardi definišu tri tipa ocjenjivača:

- Ocjenjivač – osoba koja učestvuje u ocjenjivanju. Razlikuje se ocjenjivač laik, koji iskazuje svoj sud bez prethodnog uvođenja u zadatak i provjere sposobnosti opažanja pojedinim čulima i upućeni ocjenjivač koji je ukratko upoznat sa zadacima vezanim za ocjenjivanje.
- Odabrani ocjenjivač – osoba koja je odabrana na osnovu svojih sposobnosti da obavlja senzorsko ocjenjivanje.
- Stručnjak (ekspert) – osoba koja je na osnovu znanja, iskustva i sposobnosti izabrana da pruži mišljenje u oblasti za koju je kompetentna i konsultovana). Stručnjak ocjenjivač je odabrani ocjenjivač koji ima visok nivo senzorske osjetljivosti i iskustvo u senzorskoj metodologiji, sposoban da obavlja stalna i ponovljiva senzorska ocjenjivanja različitih proizvoda). Specijalizovani ocjenjivač je stručnjak ocjenjivač koji posjeduje dodatno iskustvo kao specijalista za proizvod i/ili proces i/ili tržište,

sposoban da izvrši senzorsku analizu proizvoda i da ocijeni ili predvidi uticaje na sirovine, recepture, procese, skladištenje, starenje.

Panel predstavlja grupu ocjenjivača odabranih da učestvuju u senzorskom ispitivanju. Osobe koje vrše ocjenjivanje ne smiju da imaju bilo kakve smetnje koje bi umanjile efikasnost funkcionisanja čula ili koje bi mogle da izmjene kapacitet njihove senzorske osjetljivosti. Poželjno je da kandidati budu kondiciono spremni, psihološki stabilni, na zavidnom intelektualnom nivou, postojane koncentracije i da ne podliježu spoljnim uticajima (Popov – Raljić, 2013; Grujić, 2015).

U nastojanju da se omogući precizna i pouzdana senzorska analiza potrebno je da temperatura proizvoda koji su predmet ocjenjivanja bude iste ili bliske vrijednosti. Bitna je i veličina uzorka, kao i da se prezentuje dovoljna količina uzorka. Svi uzorci koji su predmet ocjenjivanja obavezno se označavaju, odnosno šifriraju. Potrebno je da šifre budu odabrane tako da ocjenjivačima ni na koji način ne ukazuju na porijeklo i druge podatke vezane za identitet proizvoda. Pred organizatore ocjenjivanja postavlja se zahtjev da svi ocjenjivači budu ravnopravni. To znači da se svim ocjenjivačima uzorci dostavljaju u isto vrijeme, istim redosljedom i dinamikom uz uvažavanje vremena potrebnog svakom članu komisije za ispitivanje jednog prije nego što se dostavi drugi uzorak (Radovanović i Popov – Raljić, 2001; Grujić, 2015).

### **2.5.2. Metode senzorske analize**

Senzorska ocjena kvaliteta prehrambenih proizvoda obuhvata set tehnika pomoću kojih se može vršiti precizno mjerenje stečenih utisaka o hrani (Radovanović i Popov – Raljić, 2001; Stone i Sidel, 2010). Moderna prehrambena industrija već dugo koristi senzorske testove kako u projektima za razvoj novih proizvoda tako i za optimizaciju postojećih procesa (Mendes i sar., 2001). Senzorski testovi, koji se najčešće koriste za provođenje senzorske ocjene kvaliteta prehrambenih proizvoda, mogu se podjeliti u tri osnovne grupe (Grujić i Spaho, 2010; Grujić, 2015):

- Testovi razlika (diskriminatorni testovi) koriste se za ispitivanje postojanja razlika ili sličnosti između proizvoda (parni test, trojni test, duo – trio test, A – nije A testa).

- Testovi u kojima se koriste mjerne skale ili kategorije u cilju identifikovanja redosljeda ili inteziteta ustanovljenih razlika u posmatranom svojstvu, ili formiranja kategorija ili klasa kvaliteta u koje se ispitivani uzorci mogu razvrstati (nominalne skale, intervalne skale, skale odnosa), koje se koriste za klasifikovanje, vrednovanje kvaliteta od najmanjeg i najvećeg, rangiranje, ocjenjivanje i bodovanje.
- Deskriptivni testovi se koriste u situacijama kada je potrebno identifikovati specifična senzorska svojstva analiziranog proizvoda u kvalitativnom i kvantitativnom smislu (jednostavni opisni test, senzorski profil i metode deskriptivne analize sa ocjenjivanjem kvaliteta, metoda slobodnog izbora deskriptora).

#### 2.5.2.1. Deskriptivna senzorska analiza

Kod ocjene kvaliteta kafe primjenjuju se različiti sistemi klasifikacije. Kvalitet i prihvatljivost kafe zavisi od njenih senzorskih svojstava. Deskriptivna senzorska analiza je metoda koja se može koristiti za definisanje i kontrolu kvaliteta i uporednu ocjenu uzoraka za određivanje senzorskih svojstava koji utiču na prihvatljivost napitka kafe. Ispitivanjem i ocjenjivanjem odabranih senzorskih svojstava proizvoda dobija se precizna slika o njegovom realnom kvalitetu koji se može uporediti sa očekvanim ili standardnim kvalitetom i na taj način donijeti ocjena o prihvatljivosti ukupnog kvaliteta prehrambenih proizvoda (Oliviera i sar., 2005; Ribeiro i sar., 2010).

Deskriptivna analiza se koristi za ispitivanje jednog ili više uzoraka prehrambenih proizvoda, za kvalitativno i kvantitativno određivanje njihovih osobina. U toku izvođenja deskriptivne analize, korištenjem odgovarajućih atributa izrađuje se detaljan opis senzorskih svojstava proizvoda (Murray i sar., 2001; Grujić i Spaho 2010).

Deskriptivna senzorska analiza svojstava hrane predstavlja ispitivanje angažovanjem tima kvalifikovanih ocjenjivača, koji identifikuju i kvantitativno mjere intezitet senzorskih nadražaja. U toku ispitivanja kvaliteta hrane dolazi do nadražaja pet čovjekovih čula (vida, mirisa, zvuka, dodira i ukusa). Objedinjavanjem svih utisaka o kvalitetu posmatranih senzorskih svojstava proizvoda formira se opšti utisak nastao u toku analize. Dobri poznavaoци deskriptivne metode senzorske analize, svoje utiske o kvalitetu proizvoda transformišu u detaljan, potpun opis senzorskih svojstava proizvoda ili senzorski profil proizvoda. Deskriptivnom analizom se dobija kompletan senzorski opis svih bitnih svojstava

proizvoda na osnovu kojeg se može steći uvid u sličnost ili razlike između analiziranih proizvoda. Mogu se koristiti kao osnova za identifikovanje i definisanje kvaliteta senzorskih svojstava i za identifikovanje i mjerenje razlika u kvalitetu ispitivanih proizvoda, uticaja korištenih sastojaka ili promjena parametara procesa proizvodnje na promjene nivoa kvaliteta jednog ili više senzorskih svojstava proizvoda. Deskriptivne metode se koriste za definisanje odnosa između određenog nivoa kvaliteta odabranog senzorskog svojstva i odgovarajućih parametara kvaliteta proizvoda, koji se mogu mjeriti instrumentalnim ili fizičkim metodama (Grujić, 2015).

Pregled senzorskih svojstava proizvoda (engl. Sensory profile), predstavlja opis odabranih senzorskih svojstava proizvoda pomoću liste odgovarajućih termina (deskriptora) koji su prikazani u skladu sa njihovim ispoljenim, identifikovanim ili doživljenim intezitetom (ISO 13299:2003 (E) Sensory analysis – Methodology – General guidance for establishing a sensory profile). U toku provođenja deskriptivne senzorske analize, ocjenjivač vrši opis senzorskih svojstava kroz dodjelu odgovarajućih deskriptora za svako posmatrano svojstvo (Grujić i Grujić, 2012). Svojstva deskriptora koja se odnose na proizvod su jednodimenzionalnog karaktera i treba da budu takva da se mogu koristiti za prikaz ocjenjenog inteziteta na skali.

Izrada riječnika za deskriptivnu analizu sastoji se iz prikupljanja i izbora odgovarajućih termina, koji će na najbolji način opisati bitna senzorska svojstva proizvoda. Prikupljeni termini se grupišu prema sličnosti i namjeni, a zatim se formira riječnik termina sa odgovarajućim uputstvom za korištenje ili pojašnjenjem značenja za ispitivanu vrstu proizvoda. Lista obično sadrži oko 15 termina, koji najpribližnije oslikavaju očekivana svojstva proizvoda i varijacije u kvalitetu. U fazi obuke za primjenu određenih metoda deskriptivne analize, ocjenjivački panel se prvo upoznaje sa terminologijom ili sami formiraju svoj naučni riječnik termina za proizvode koji su predmet ispitivanja (Grujić, 2015).

Prilikom provođenja senzorske analize, prvo se ocjenjuje spoljašnji izgled proizvoda, zatim se pristupa ocjenjivanju mirisa i arome odnosno prepoznatljive mirisne note, a potom tekstura i konzistencija. Na kraju provođenja senzorske analize ocjenjuje se ukus proizvoda preko hemijskih receptora smještenih u ustima (Radovanović i Popov – Raljić, 2001).

Ocjena arome proizvoda je sama po sebi složena, pa je neophodna obuka ocjenjivača za samostalan rad. Na taj način se može obezbjediti da svi ocjenjivači koriste isti pristup realizovanja analize i da mogu nesmetano međusobno komunicirati, koisteći pažljivo odabran naučni riječnik. Pregled mogućih aroma i ukusa kafe dat je na slici 2.10. Profil arome (engl.





referentnim standardima, koji se može koristiti za opis senzorskih utisaka koji su povezani sa proučavanim proizvodom (Grujić, 2015.)

### **Metoda bodovanja**

Metoda bodovanja se primjenjuje kada je potrebno objediniti različita svojstva kvaliteta, važna za definisanje i ocjenu senzorskog kvaliteta prehrambenih proizvoda. Svaki nivo kvaliteta izražen je odgovarajućom ocjenom (bodom) i precizno definisan na verbalnoj skali. Razlike između bodova ne smiju biti velike, ali moraju biti dovoljne da ih ocjenjivači mogu registrovati. Prilikom formiranja skale ne treba koristiti više od 10 bodova. U većini slučajeva, koristi se skala sa 5 bodova (od 1 do 5).

Odabrana senzorska svojstva su reprezentativna za kvalitet ispitivanog proizvoda, ali se razlikuju prema važnosti svog uticaja na ukupan senzorski kvalitet. Iz tog razloga se vrši dodjeljivanje vrijednosti koeficijenta važnosti, pojedinim svojstvima kvaliteta, koje definiše komisija koja izvodi senzorsku analizu. Prema značaju svakog ispitivanog senzorskog svojstva kvaliteta za ukupan kvalitet i prihvatljivost proizvoda, određuje se numerička vrijednost koeficijenta važnosti. Zbir pojedinačnih vrijednosti koeficijenta važnosti treba da iznosi 20.

Množenjem koeficijenta važnosti sa dodijeljenom ocjenom dobijaju se ponderisani bodovi, odnosno srednja vrijednost datih ocjena za pojedina svojstva, a njihov zbir se izražava u procentima i naziva se „procentat (%) od maksimalnog mogućeg kvaliteta“ (Radovanović i Popov – Raljić, 2001).

#### **2.5.2.2. Rangiranje**

Metoda rangiranja se veoma često koristi u postupcima senzorske analize namirnica i to u situacijama kada se zahtjeva da se, u okviru analizirane serije, uzorci rangiraju prema nivou izražajnosti jednog ili više svojstava, odabranih elementata tih svojstava, odnosno prema ukupnom kvalitetu (Radovanović i Popov – Raljić, 2001). Ova metoda analize se koristi za upoređivanje kvaliteta proizvoda na osnovu prethodno definisanih senzorskih svojstava. Obično se određeni broj proizvoda (tri do pet) dostavlja ocjenjivačima, sa zadatkom da ih rangiraju određenim redosljedom, prema stepenu izražajnosti posmatranog svojstva. Metoda rangiranja se provodi relativno brzo, jednostavna je i praktična za

realizaciju, pošto je omogućeno istovremeno međusobno upoređivanje kvaliteta više uzoraka koji su dostavljeni na ispitivanje (Grujić, 2015).

Metoda rangiranja se uspješno koristi za upoređivanje proizvoda na osnovu kvaliteta jednog ili više svojstava ili nivoa ukupne prihvatljivosti kvaliteta analiziranih proizvoda. Takav vid rangiranja se često provodi u toku razvoja proizvoda ili poboljšanja kvaliteta proizvoda, kada se uvode određene izmjene u recepturi proizvoda i/ili u načinu proizvodnje (Grujić i Spaho, 2010).

Prije provođenja rangiranja potrebno je ocjenjivače upoznati sa terminima koji se koriste prilikom definisanja određenog senzorskog svojstva i uvježbati ih kako da koriste te termine. Da bi uzorci bili rangirani prema kvalitetu, potrebno je ocjenjivače upoznati sa referentnim vrijednostima za očekivani nivo kvaliteta posmatranog senzorskog svojstva proizvoda, kao i mogućim nedostacima ili odstupanjima koji se mogu javiti. Na ovaj način se mogu izbjeći sistematske greške u radu i nepouzdana rezultati (Grujić, 2015).

Princip provođenja metode rangiranja vrlo je jednostavan. Nakon dostavljanja serije uzoraka, od ocjenjivača se zahtijeva da poredaju uzorke odgovarajućim redoslijedom i to prema ispoljenosti posmatranog svojstva (od intezivnijeg do najmanje izraženog ili obratno). Rangiranjem se može smatrati i upoređivanje samo dva uzorka ili proizvoda, kada se od ocjenjivača traži da odaberu uzorak koji, na primjer, ima prijatnu aromu, ili da odaberu proizvod koji im se više sviđa i slično (Grujić, 2015).

### 3. ZADATAK RADA

Kao što je u Uvodu i Pregledu literature predočeno brojni su faktori koji utiču na kvalitet napitka crne kafe koji se priprema na tradicionalan način. Od kvalitetnog napitka kafe se očekuje da bude aromatičan sa posebnim akcentom na umjerenu, prijatnu aromu kafe, aromu na prženo zrno ili prženu, mljevenu kafu. Umjerena gorčina i osvježavajuća kiselost, zajedno sa zaokruženom, punom aromom i umjerenom, prijatnom punoćom ukusa ostavljaju blag, skladan i harmoničan utisak u ustima.

Imajući u vidu naprijed navedeno postavljena je Hipoteza:

- Hipoteza 1: Primjenom različitih parametara procesa prženja kafe može se postići optimalan kvalitet napitka crne kafe koja se priprema na tradicionalan način.
- Hipoteza 2: Modelovanjem odnosa različitih vrsta kafe i različitih stepena mljevenja može se postići optimalan kvalitet napitka crne kafe koja se priprema na tradicionalan način.

Da bi se to postiglo potrebno je definisati parametre procesa prženja u industrijskim uslovima proizvodnje, kao i optimalan odnos različitih vrsta kafe koje se koriste kao sirovina i optimalan stepen mljevenja. Za odabir uzorka optimalnog kvaliteta neophodno je, primjenom senzorskih metoda i fizičko-hemijskih metoda analize, ispitati kvalitet svakog uzorka i definisati senzorski profil napitka crne kafe.

Mješavine kafe koje se koriste na našim prostorima, koje se u neformalnoj komunikaciji označavaju kao „blendovi“, namjenjene su i prilagođene ukusu potrošača. Veoma je bitno kako i u kom procentualnom odnosu se mješaju razne vrste kafe sa različitih podneblja. Neke kafe su aromatičnije, neke imaju više ili manje irazenu punoću ukusa. Neke poseduju autentičnu kiselost ili gorčinu, a svako podneblje daje drugačiji ukus, miris i kvalitet kafi. Osnova mješavina kafe je najkvalitetnija vrsta brazilske Arabike koja važi za jednu od najkvalitetnijih na svijetu i ona čini najveći dio svake mješavine.

Prilikom izbora vrsta kafe za pripremu mješavine potrebno je ispitati aromu, gorčinu, kiselost, punoću ukusa i opšti utisak u ustima napitka kafe za svaku pojedinačnu vrstu, u cilju identifikovanja i praćenja kvaliteta svakog pojedinačnog uzorka i definisanja optimalnog odnosa mješavine. Mješanjem pojedinačnih vrsta kafe u različitim odnosima, nastoji se postići optimalan kvalitet napitka kafe, bolji od kvaliteta svake pojedinačne vrste kafe. Na kvalitet

gotovog proizvoda utiče tehnološki proces proizvodnje i kvalitet pojedinačnih vrsta kafe koje se koriste za kreiranje novog proizvoda kvaliteta usaglašenog sa definisanim. Za postizanje uspjeha u tim istraživanjima ne postoji propisana receptura nego se zahtjeva više uzastopnih variranja ispitivanih parametara.

Prženje je ključni korak u procesu proizvodnje pržene, mljevene kafe, koja se koristi za pripremu napitka crne kafe, jer utiče na značajne hemijske, fizičke, strukturne i senzorske promjene zrna kafe. U toku procesa prženja zrno se podvrgava dejstvu visokih temperatura u različitim vremenskim intervalima u zavisnosti od željenih karakteristika finalnog proizvoda. Kako je sam proces pečenja i promjene koje se dešavaju u zrnu kafe veoma kompleksan potrebna je permanentna kontrola procesa.

U svjetlu navedenih činjenica potrebno je usmjeriti istraživanja na izučavanje procesa prženja kafe, modelovanja odnosa različitih vrsta kafe i različitog stepena mljevenja kafe za postizanje optimalnog kvaliteta napitka kafe koji se priprema na tradicionalan način.

Polazeći od predhodno navedenih činjenica, odlučeno je da se u okviru ove doktorske disertacije ispita uticaj različitih faktora:

- vrste kafe,
- temperature prženja,
- odnosa pojedinačnih vrsta kafe i
- stepena mljevenja pržene kafe,

na kvalitet napitka crne kafe koji se priprema na tradicionalan način.

Da bi se utvrdio kvalitet sirove i pržene kafe ispitaće se sljedeći parametri :

#### A. HEMIJSKI-FIZIČKO

- sadržaj vlage,
- sadržaj ukupno rastvorljivih materija,
- sadržaj ukupnog pepela,
- titraciona kiselost,
- sadržaj hlorogenske kiseline,
- sadržaj kofeina,
- sadržaj proteina,
- sadržaj slobodne masti,
- sadržaj masnih kiselina,

- vrijednost pH,
- aktivnost vode ( $a_w$ ),
- boja (CIE  $L^*a^*b^*$ ),
- gustina i
- tekstura.

#### B. ANTIOKSIDATIVNA AKTIVNOST

- sadržaj ukupnih fenola ((mg/CGA)/g)
- sadržaj ukupnih fenola ((mg/GAE)/g)
- flavonoidi ((mgQ)/g)
- flavonoli ( $\mu\text{molTE/g}$ )
- DPPH ( $\mu\text{molTE/g}$ )
- ABTS ( $\mu\text{molTE/g}$ )

Da bi se utvrdio kvalitet napitka crne kafe koji se priprema na tradicionalan način ispitaće se:

#### C. SENZORSKI KVALITET

- Aroma,
- Gorčina,
- Kiselost,
- Punoća ukusa,
- Opšti utisak u ustima,
- Procenat od maksimalnog mogućeg kvaliteta i
- Rangiranje prihvatljivosti kvaliteta napitka crne kafe.

## 4. MATERIJAL I METODE RADA

### 4.1. MATERIJAL

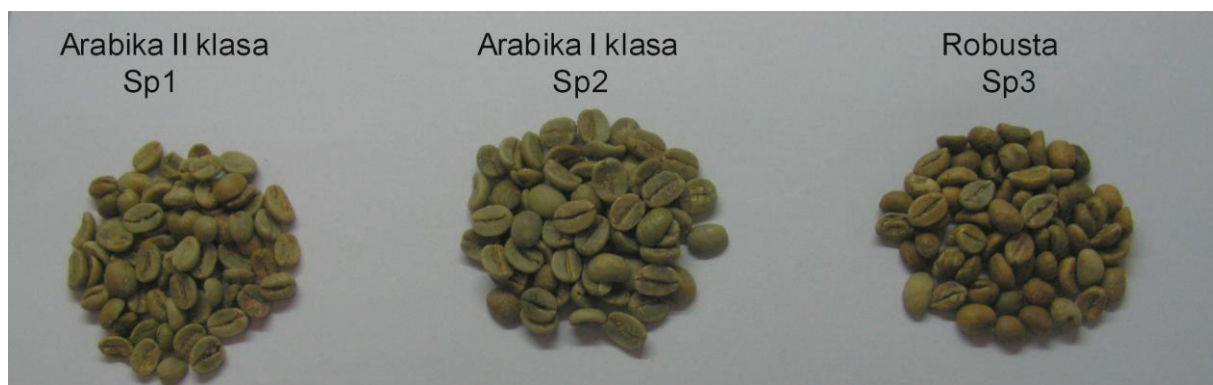
U realizaciji ove doktorske disertacije korišćeni su sirovi uzorci (slika 4.1.1. i slika 4.1.2.) kafe Arabika (*Coffea Arabica*) i kafe Robusta (*Coffea Robusta*) navedeni u tabeli 4.1.1., kao i uzorci mješavina sirovih kafa navedenih u tabeli 4.1.2., koji se koriste kao sirovine za proizvodnju pržene, mljevene kafe, koja se nudi na tržištu Srbije i Bosne i Hercegovine.

Tabela 4.1.1. Uzorci pojedinačnih vrsta sirove kafe

Naziv i vrsta sirove kafe	Šifre uzoraka	Klasa kafe	Trgovački naziv	Proizvođač
Arabika	Sp1, Sp4	II	Rio Minas	Brazil
Arabika	Sp2, Sp5	I	Rio Minas	Brazil
Robusta	Sp3, Sp6	-	Cherry	Indija

Tabela 4.1.2. Uzorci mješavina sirovih kafa

Šifre uzoraka	Mješavine sirove kafe	Šifre uzoraka	Mješavine sirove kafe
Sm1	Sp1:Sp2:Sp3=38% : 38% : 24%	Sm4	Sp4:Sp5:Sp6=38% : 38% : 24%
Sm2	Sp1:Sp2:Sp3=34,28% : 51,42% : 14,30%	Sm5	Sp4:Sp5:Sp6=34,28% : 51,42% : 14,30%
Sm3	Sp1:Sp2:Sp3=30,40% : 45,60% : 24%	Sm6	Sp4:Sp5:Sp6=30,40% : 45,60% : 24%



Slika 4.1.1. Uzorci sirove kafe Sp1, Sp2 i Sp3



Slika 4.1.2. Uzorci sirove kafe Sp4, Sp5 i Sp6

Proizvodnja pržene, mljevene kafe u okviru ove doktorske disertacije realizovana je u pogonu privrednog subjekta „Minea“ d.o.o. (Gradiška, Bosna i Hercegovina). Sve predviđene, senzorske i hemijsko-fizičke i instrumentalne analize realizovane su u laboratorijama Tehnološkog fakulteta Univerziteta u Banjoj Luci i u laboratorijama Tehnološkog fakulteta Univerziteta u Novom Sadu.

Tehnološki proces proizvodnje pržene, mljevene kafe u industrijskim, kontrolisanim uslovima odvija se u četiri faze:

- Prva faza – proces termičke obrade, odnosno prženja odabranih uzoraka na zadatoj temperaturi i vremenu u rotacionom bubnju pržionika kapaciteta 150 kilograma.
- Druga faza – proces hlađenja kafe u trajanju od 10 minuta, u struji hladnog vazduha u košu za hlađenje.
- Treća faza – proces mljevenja na mlinu, odnosno u kućištu mlina gdje se rotacijom dva kamena za mljevenje vrši usitnjavanje prženih zrna kafe.
- Četvrta faza – proces pakovanja na automatskoj pakerici u ambalažne vrećice - folije (kasirana ambalaža – polipropilen, aluminijum i polietilen) i proces zavarivanja.

Na početku ovog rada proizvedeni su uzorci pržene kafe prema proizvođačkoj specifikaciji u industrijskim uslovima proizvodnje na 167°C u trajanju od 25 minuta (tabela 4.1.3.). Sirovi uzorci (Sp1, Sp2 i Sp3) su prženi zajedno, kao mješavine prikazane u tabeli 4.1.3. (uzorak A0 i B0), koje se nakon procesa prženja mješaju u jednakom odnosu i melju za dobijanje konačnog proizvoda mješavine pržene mljevene kafe (uzorak C0).

Tabela 4.1.3. Uzorci sirove, pržene i mljevene kafe proizvedeni prema proizvođačkoj specifikaciji

Šifre uzoraka	Mješavine sirove kafe za prženje	Parametri procesa prženja		Šifra uzorka	Mješavina pržene mljevene kafe
		T (°C)	t (min)		
A0	Sp1:Sp3=85,70%:14,30%	167	25	C0	A0:B0 (50% : 50%)
B0	Sp2:Sp3=85,70%: 14,30%	167	25		

U cilju postizanja optimalnog odnosno, očekivanog senzorskog kvaliteta napitka crne kafe koja se priprema na tradicionalan način postavljen je plan eksperimenta (tabela 4.1.4.).

Tabela 4.1.4. Uzorci različitih vrsta sirove kafe, prženi na različitim temperaturama i mješani u različitim odnosima

Vrste kafe		Parametri procesa prženja		Mješavine prženih uzoraka kafe	
Šifre uzoraka	Uzorci kafe	T (°C)	t (min)	Šifre uzoraka	Vrste i odnos kafe
A1	<i>Arabika II (Sp1)</i>	167	25	D1	A1:B1:C1 = 38% : 38% : 24%
B1	<i>Arabika I (Sp2)</i>	167	25	E1	A1:B1:C1 = 34,28%:51,42%:14,30%
C1	<i>Robusta (Sp3)</i>	167	25	F1	A1:B1:C1 = 30,40% : 45,60% : 24%
A2	<i>Arabika II (Sp1)</i>	175	25	D2	A2:B2:C2 = 38% : 38% : 24%
B2	<i>Arabika I (Sp2)</i>	175	25	E2	A2:B2:C2 = 34,28%:51,42%:14,30%
C2	<i>Robusta (Sp3)</i>	175	25	F2	A2:B2:C2 = 30,40% : 45,60% : 24%
J1	<i>Arabika II (Sp4)</i>	171	26	M1	J1:K1:L1 = 38% : 38% : 24%
K1	<i>Arabika I (Sp5)</i>	171	26	N1	J1:K1:L1 = 34,28%:51,42%:14,30%
L1	<i>Robusta (Sp6)</i>	171	26	O1	J1:K1:L1 = 30,40% : 45,60% : 24%

Prema planu eksperimenta (tabela 4.1.4.) uzorci sirove kafe Sp1, Sp2 i Sp3 posebno su prženi na temperaturama 167°C i 175 °C u trajanju od 25 minuta (slike 4.1.3. i 4.1.4.), u cilju ispitivanja kvaliteta pojedinačnih vrsta pržene kafe (A1, B1, C1, A2, B2, C2) kao i utvrđivanja odnosa različitih vrsta pržene kafe za proizvodnju mješavina kafe (D1, E1, F1, D2, E2, F2) optimalnog senzorskog kvaliteta. Uzorci različitih vrsta sirove kafe Sp4, Sp5 i Sp6 posebno su prženi na temperaturi 171°C u trajanju od 26 minuta (slika 4.1.5.) u cilju ispitivanja kvaliteta pojedinačnih vrsta pržene kafe (J1, K1, L1) kao i utvrđivanja odnosa



različitih vrsta pržene kafe za proizvodnju mješavina kafe (M1, N1, O1) optimalnog senzorskog kvaliteta.



Slika 4.1.3. Uzorci kafe prženi na 167°C



Slika 4.1.4. Uzorci kafe prženi na 175°C



Slika 4.1.5. Uzorci kafe prženi na 171°C

Nakon druge faze proizvodnje, hlađenja prženih uzoraka kafe proizvedenih prema preporuci i recepturi proizvođača (A0, B0, C0) i planu eksperimenta (A1, B1, C1, A2, B2, C2, D1, E1, F1, D2, E2, F2, J1, K1, L1, M1, N1, O1) u trajanju od 10 minuta, uzorci kafe su podvrgnuti procesu mljevenja na mlinu prema standardnom postupku proizvođača. Uzorci kafe pržene na temperaturi 171°C (J1, K1, L1, M1, N1, O1) su podvrgnuti i modifikovanom procesu mljevenja (tabela 4.1.5.) u cilju dobijanja mljevene kafe manje granulacije (P1, R1, S1, T1, U1, V1).

Tabela 4.1.5. Uzorci pržene kafe, različito mljeveni i mješavine prženih uzoraka sitno mljevene kafe

Pržena kafa - šifre uzoraka		Mješavine prženih uzoraka sitno mljevene kafe	
Krupno mljevenje (čestice veće od 0,8mm su 0,7%)	Sitno mljevenje (čestice veće od 0.8mm su 0.1%)	Šifre uzoraka	Vrste i odnos kafe
J1	P1	T1	P1:R1:S1 = 38% : 38% : 24%
K1	R1	U1	P1:R1:S1 = 34,28% : 51,42% : 14,30%
L1	S1	V1	P1:R1:S1 = 30,40% : 45,60% : 24%

Uzorci pržene mljevene kafe, do početka senzorske analize su skladišteni na odgovarajući način, u uobičajenim uslovima, na sobnoj temperaturi, na suvom i tamnom mjestu, zaštićeni od stranih mirisa i uredno upakovani u ambalažu (kombinovana ambalaža

aluminijum i polietilen). Do početka hemijsko-fizičkih i instrumentalnih metoda analize uzorci sirove i pržene mljevene kafe su skladišteni u šifriranim staklenim, adekvatno zatvorenim, ambalažnim jedinicama na temperaturi od  $+4^{\circ}\text{C}$ , odnosno na  $-20^{\circ}\text{C}$ . Sirova i pržena zrna kafe su, do početka analiza za određivanje fizičkih svojstava zrna, skladišteni na odgovarajući način, u uobičajenim uslovima, na sobnoj temperaturi, na suvom i tamnom mjestu i uredno upakovani u ambalažu (kombinovana ambalaža aluminijum i polietilen).

## 4.2. METODE RADA

### 4.2.1. Hemijsko-fizičke analize

#### 4.2.1.1. Određivanje sadržaja vlage

Sadržaj vlage u uzorcima kafe određen je referentnom metodom ISO 6673:2003. Princip određivanja vlage se sastoji u sušenju uzorka na  $105\pm 2^{\circ}\text{C}$  do postizanja konstantne mase. Sadržaj vlage u uzorku izražen je u g/100 g, odnosno u procentima (%).

#### 4.2.1.2. Određivanje sadržaja ukupnih rastvorljivih materija

Princip određivanja ukupnih rastvorljivih materije sastoji se u ekstrakciji rastvorljivih materija toplom vodom, pa zatim uparavanjem alikvota i sušenjem na  $105\pm 2^{\circ}\text{C}$  do konstantne mase (Ramalakshmi et al., 2007; Butt i sar., 2011). Sadržaj ukupnih rastvorljivih materija u uzorku izražen je u g/100 g, odnosno u procentima (%).

#### 4.2.1.3. Određivanje sadržaja ukupnog pepela

Sadržaj ukupnog pepela u uzorku, određuje se sušenjem, sagorjevanjem i zatim žarenjem na  $580\pm 25^{\circ}\text{C}$  dijela uzorka do konstantne mase (Franca i sar., 2005). Sadržaj ukupnog pepela u uzorku izražen je u g/100 g, odnosno u procentima (%).

#### 4.2.1.4. Određivanje vrijednosti titracione kiselosti

Princip određivanja titracione kiselosti kafe, se sastoji u rastvaranju uzorka u 80% etanolu tokom 16 sati. Nakon filtriranja uzorka uzima se alikvot i titriše rastvorom natrijum-hidroksida, uz prisustvo fenolftaleina kao indikatora, do promjene boje. Količina natrijum-hidroksida, utrošenog za neutralizaciju se koristi za izračunavanje titracione kiselosti (Ramalakshmi et al., 2007). Sadržaj titracione kiselosti u uzorku izražen je u ml (0,1 mol) NaOH /100 g

#### 4.2.1.5. Određivanje sadržaja kofeina

Princip određivanja kofeina sastoji se u ekstrakciji kofeina iz mljevene kafe dihlormetanom i mjerenju apsorbancije ekstrakta UV spektrofotometrom (Belay i sar., 2008). Usitnjeni uzorak kafe se pomješa sa dejonizovanom vodom uz blago zagrijavanje miješa na magnetnoj mješalici (1 sat), zatim se filtrira i u lijevku za odjeljivanje mješa sa dihlormetanom u zapreminskom odnosu 25:25. Dihlormetanski sloj, sa ekstrahovanim kofeinom, se odvaja i prenosi u odmjerni sud, a postupak se ponavlja 4 puta. Apsorbancija dihlormetanskog rastvora mjeri se na talasnoj dužini od 273 nm. Sadržaj kofeina se određuje sa baždarne krive koja je napravljena sa standardnim rastvorom čistog kofeina:  $y = 4,9228x + 0,0773$ ;  $R^2 = 0,9994$ , a izražava se u procentima (%). Mjerenja su izvedena na UV/Vis spektrofotometru PerkinElmer Lambda 25.

#### 4.2.1.6. Određivanje sadržaja hlorogenske kiseline

Nakon ekstrakcije kofeina dihlormetanom iz uzorka mljevene kafe, hlorogenska kiselina ostaje u vodenom rastvoru i prenosi u odmjerni sud (Belay i Gholap, 2009). Apsorbancija vodenog rastvora mjeri se na talasnoj dužini od 325 nm. Sadržaj hlorogenske kiseline se određuje sa baždarne krive koja je napravljena sa standardnim rastvorom čiste hlorogenske kiseline:  $y = 50,418x + 0,0923$ ;  $R^2 = 0,9993$ , a izražava se u procentima (%). Mjerenja su izvedena na UV/Vis spektrofotometru PerkinElmer Lambda 25.

#### 4.2.1.7. Određivanje sadržaja proteina

Sadržaj proteina u uzorcima kafe određen je metodom po Kjeldahl-u (ISO (1992)). Princip metode se sastoji u digestiji uzorka koncentrovanom sumpornom kiselinom uz korišćenje bakar-(2)-sulfata kao katalizatora, da bi se organski azot preveo u amonijum jone. Dodatkom jake baze oslobađa se amonijak koji se destilacijom uvodi u rastvor borne kiseline. Vezana borna kiselina se zatim titriše hlorovodoničnom kiselinom, odnosno jača kiselina istiskuje slabiju. Na osnovu utroška hlorovodonične kiseline izračunava se količina azota vezana za bornu kiselinu. Sadržaj proteina u uzorku je izračunat po sljedećem obrascu:

$$\text{Sadržaj proteina (\%)} = \text{N (\%)} \times 6,25$$

#### 4.2.1.8. Određivanje sadržaja slobodne masti

Slobodne masti su iz uzorka ekstrahovane petroletrom metodom po Soxhlet-u (JUS ISO 1444, 1997). Zaostali dio rastvarača se otklanja otparavanjem, a zatim se baloni sa ekstrahovanim mastima suše u sušnici na 105°C do postizanja konstantne mase. Sadržaj ukupne masti u uzorku izražen je u g/100 g, odnosno u procentima (%).

#### 4.2.1.9. Određivanje sastava masnih kiselina

##### **Priprema metil estara masnih kiselina**

Priprema metil estara je izvedna uz neznatne modifikacije prema dokumentovanoj metodi (Kravić et al., 2010). 60 mg prethodno ekstrahovane masti iz kafe je rastvoreno u 2,4 cm<sup>3</sup> heksana. Dodato je 0,6 cm<sup>3</sup> rastvora kalijum hidroksida u metanolu koncentracije 2 mol dm<sup>-3</sup>. Epruveta je zatvorena i intenzivno mućkana 20 sekundi, nakon čega je ostavljena jedan minut u vodenom kupatilu na 70°C. Nakon 20 sekundi mućkanja dodato je 1,2 cm<sup>3</sup> hlorovodonične kiseline (1 mol dm<sup>-3</sup>). Nakon završetka fazne separacije, gornja faza koja sadrži metil estre masnih kiselina je dekantovana i korišćena za dalju analizu.

##### **Gasno hromatografska – maseno spektrometrijska analiza**

Za analizu metil estara masnih kiselina korišćen je gasni hromatograf Hewlett-Packard (HP) 5890 sa maseno spektrometrijskim detektorom HP 5971A. Razdvajanje metil estara masnih kiselina izvedeno je primenom kapilarne kolone SP-2560 (Supelco) dužine 100 m, unutrašnjeg prečnika 0,25 mm sa slojem stacionarne likvidne faze od 0,20 µm. Kao gas nosač

korišćen je helijum sa konstantnim protokom od 0,58 cm<sup>3</sup>/min. Analize su izvedene primenom sledećeg temperaturnog programa: početna temperatura kolone od 100°C održavana je 5 minuta, nakon čega je sledio porast temperature brzinom od 6°C/min do konačne temperature od 240°C koja je održavana narednih 10 minuta. Temperatura injektora iznosila je 230°C, zapremina uzorka 2,0 µl, a odnos razdeljivanja 1:30. Maseni spektri su snimani SCAN tehnikom u intervalu m/z 40–400 a.m.u. Kvalitativno određivanje izvedeno je na osnovu masenih spektara i retencionih vremena, a kvantitativno u skladu sa AOAC metodom pri čemu je za definisanje korekcionih faktora korišćen standardni rastvor smeše 37 metil estara masnih kiselina (37 component FAME Mix, 47885-U, Supelco).

#### 4.2.1.10. Određivanje vrijednosti pH

Kiselost kafe, izražena preko vrednosti pH, određuje se u ekstraktu koji se priprema rastvaranjem mljevene kafe u određenoj zapremini vruće vode. Vrijednost pH meri se u ekstraktu koji je ohlađen do sobne temperature, upotrebom pH-metra (Ramalakshmi i sar., 2007). Vrijednost pH je izmjerena pH-metrom, proizvođač Hanna instruments sa kombinovanom staklenom elektrodom u ekstraktu ohlađenom do sobne temperature (20°C).

#### 4.2.1.11. Određivanje gustine zrna kafe

Princip određivanja gustine zrna kafe zasniva se na mjerenju ukupne mase poznatog broja zrna kafe (npr. 100) i određivanju ukupne zapremine istih zrna u menzuri od 100 ml. Prosječna gustina zrna kafe predstavlja odnos izmjerene mase 100 zrna i očitane zapremine (Ramalakshmi i sar., 2007).

#### 4.2.1.12. Određivanje aktivnosti vode (vrijednost $a_w$ )

Aktivnost vode ( $a_w$ ) u uzorcima kafe određena je upotrebom višenamjenskog uređaja Testo 650 (Testo, Inc., 40 White Lake Rd, Sparta, NJ, USA) sa specijalnom sondom za mjerenje  $a_w$  vrednosti. Postupak određivanja se zasniva na punjenju mjerne posude do 2/3 njene visine sa mljevenim uzorkom kafe, postavljanje u mjerni deo sonde i sam proces mjerenja na sobnoj temperaturi (oko 20°C) do uspostavljanja ravnotežnog stanja u mjernom dijelu sonde tokom 2 časa.

#### 4.2.1.13. Instrumentalno određivanje boje

Boja kafe mljevenog uzorka sirove i pržene mljevene kafe određena je upotrebom hromametra MINOLTA, tip CP 410 (Japan) (slika 4.2.1.). Hromametar je opremljen sa standardnim izvorom svjetlosti  $D_{65}$  ( $2^\circ$  ugao standardnog posmatrača). Karakteristike boje se iskazuju u CIE  $L^*a^*b^*$  sistemu prema kojem se boja definiše preko psihometrijske svjetlosti ( $L^*$ ) ili svjetloće boje, psihometrijskog tona ( $a^*$ ) (udjela crvene i zelene boje) i psihometrijske hrome ( $b^*$ ) (udjela žute i plave boje).



Slika 4.2.1. Instrumentalno mjerenje boje kafe

#### 4.2.1.14. Instrumentalno određivanje teksture zrna kafe

Instrumentalno određivanje teksture zrna kafe izvedeno je na univerzalnom aparatu za određivanje teksture svih prehrambenih proizvoda "INSTRON" 014-405 (slika 4.2.2.). Zrna kafe se postavljaju između dvije paralelne metalne ploče sa ravnom stranom zrna okrenutom prema gore. Deformacija zrna se izvodi kompresijom pri konstantnoj brzini od 50 mm/min. Rezultati teksturnih karakteristika zrna predstavljaju srednju vrijednost mjerenja za 32 zrna, a ispitivanje je obavljeno na sobnoj temperaturi (oko  $20^\circ\text{C}$ ). Sila loma je sila potrebna da izazove lom zrna kafe. Dobijena vrijednost sile iskazuje se u (N) ili (g), a pokazatelj je čvrstoće uzorka.



Slika 4.2.2. Univerzalni Instrument za mjerenje teksture - Instron 014-405

#### 4.2.1.15. Određivanje gubitka mase

Ukupni gubitak mase izražen je u g/100 g, odnosno u procentima (%), a izračunava se na osnovu mase uzorka vaganog prije prženja (WBR) i poslije prženja (WAR) prema jednačini (Farah i sar., 2006):  $\%WL = 100 \times (WBR - WAR) / WBR$ .

## 4.2.2. ODREĐIVANJE ANTIOKSIDATIVNE AKTIVNOSTI

### 4.2.2.1. Priprema uzorka, ekstrakta kafe za određivanje ukupnih fenola, flavonoida i flavonola i antioksidativne aktivnosti uzoraka

Ekstrakti su pripremljeni modifikovanom metodom po Perez-Hernandez-u i sar. (2012). Uzorci mljevene sirove i pržene kafe ekstrahovani su sa dejonizovanom vodom (90°C) u odnosu kafa:rastvarač 0,5:100 i homogenizovani na magnetnoj mješalici (5 minuta) i podvrgnuti centrifugiranju na 2000 obrtaja/min u trajanju od 5 minuta. Ekstrakt je dekantovan i razblažen dejonizovanom vodom do 100 ml ( $C = 0,005$  g/ml) pri čemu je dobijen radni rastvor za određivanje ukupnih fenola, flavonoida i flavona, odnosno osnovni rastvor za određivanje antioksidativne aktivnosti uzoraka DPPH i ABTS testom. Za određivanje antioksidativne aktivnosti DPPH testom od osnovnog rastvora pripremljen je radni rastvor ( $C$



= 0,0001 g/ml), kao i za određivanje antioksidativne aktivnosti ABTS testom ( $C = 0,00005$  g/ml).

#### 4.2.2.2. Određivanje ukupnih fenola

Ukupni fenoli određivani su spektrofotometrijski modifikovanom metodom Folin-Ciocalteu (Wolfe i sar., 2003) koja se zasniva na bojenoj reakciji fenola s Folin-Ciocalteu reagensom, te mjerenju inteziteta nastalog obojenja. Folin-Ciocalteu (FC) reagens je smjesa fosfovolframove i fosfomolibden kiseline, a pri oksidaciji fenolnih jedinjenja ove kiseline se redukuju u volframov oksid i molibdenov oksid, koji su plavo obojeni i čija se apsorpcija mjeri na 765 nm. Kao standard u ovom radu korištene su hlorogenska i galna kiselina. Mjerenja su izvedena na UV/Vis spetrofotometru PerkinElmer Lambda 25.

Na osnovu izmjerenih vrijednosti apsorbcija i poznatih vrijednosti koncentracija hlorogenske kiseline (50, 100, 200, 300, 400  $\mu\text{g/ml}$ ), definisana je kalibraciona kriva (1) na osnovu koje je određena koncentracija ukupnih fenola u uzorcima. Rezultati su izraženi kao ekvivalent hlorogenske kiseline.

$$A = 2,543C + 0,022; R^2 = 1,0000 \quad (1)$$

Na osnovu izmjerenih vrijednosti apsorbcija i poznatih vrijednosti koncentracija galne kiseline (50, 100, 150, 200, 250  $\mu\text{g/ml}$ ), definisana je kalibraciona kriva (2) na osnovu koje je određena koncentracija ukupnih fenola u uzorcima. Rezultati su izraženi kao ekvivalent galne kiseline.

$$A = 0,0043C - 0,0247; R^2 = 0,9954 \quad (2)$$

Rezultati su izraženi kao mg hlorogenske kiseline u 1 gramu uzorka kafe (mg (CGA)/g uzorka kafe) kada se kao standard koristi hlorogenska kiselina, odnosno kao mg galne kiseline u 1 gramu uzorka kafe (mg (GAE)/g uzorka kafe) kada se kao standard koristi galna kiselina.

#### 4.2.2.3. Određivanje ukupnih flavonoida

Za određivanje ukupnih flavonoida u biljnim ekstraktima koristi se spektrofotometrijska metoda sa  $\text{AlCl}_3$  (Ordon i sar., 2006). Žuta boja se razvija tokom reakcije, a njen se intenzitet mjeri na 420nm. Mjerenja su izvedena na UV/Vis spektrofotometru PerkinElmer Lambda 25.

Na osnovu izmjerenih vrijednosti apsorbancija i poznatih vrijednosti koncentracija rastvora kvercetina (10-80  $\mu\text{g/mL}$ ), definisana je kalibraciona kriva (3) na osnovu koje je određena koncentracija ukupnih flavonoida u uzorcima. Rezultati su izraženi kao ekvivalent kvercetina.

$$A = 0,032C + 0,0445; R^2 = 0,9980 \quad (3)$$

Rezultati su izraženi kao mg kvercetina u 1 gramu uzorka kafe (mg (Q)/g uzorka kafe).

#### 4.2.2.4. Određivanje flavonola

Za određivanje ukupnih flavonola u biljnim ekstraktima koristi se spektrofotometrijska metoda sa  $\text{AlCl}_3$  (Kumaran i Karunakaran, 2007). Boja se razvija tokom reakcije, a njen intenzitet se mjeri na 440nm. Mjerenja su izvedena na UV/Vis spektrofotometru PerkinElmer Lambda 25.

Na osnovu izmjerenih vrijednosti apsorbancija i poznatih vrijednosti koncentracija rastvora kvercetina (10-80  $\mu\text{g/mL}$ ), definisana je kalibraciona kriva (4) na osnovu koje je određena koncentracija ukupnih flavonoida u uzorcima. Rezultati su izraženi kao ekvivalent kvercetina.

$$A = 0,0228C + 0,0345; R^2 = 0,9996 \quad (4)$$

Rezultati su izraženi kao mg kvercetina u 1 gramu uzorka kafe (mg (Q)/g uzorka kafe).

#### 4.2.2.5. Određivanje antioksidativne aktivnosti DPPH testom

Efekat ekstrakta na DPPH radikal određivan se dokumentovanom metodom (Liyana-Pathiranan i Shaidi, 2005). 2,2-difenil-1-pikril-hidrazil (DPPH) je stabilan slobodni radikal koji ima jedan nesporeni valentni elektron na jednom atomu azotovog mosta. "Gašenje" DPPH radikala je osnova vrlo popularne antioksidativne „DPPH metode”. Reakcijski mehanizam između antioksidanata i DPPH<sup>•</sup> zavisi o samoj strukturi antioksidanata. Neki spojevi vrlo brzo reaguju s DPPH<sup>•</sup> smanjujući broj molekula radikala za količinu jednaku njihovom broju slobodnih hidroksilnih grupa, dok većina spojeva reaguje sporije i mehanizmi tih reakcija su znatno složeniji. Antioksidativna sposobnost je mjera otpuštanja vodonika iz molekule antioksidanta, odnosno sposobnosti vezivanja radikala na nju.

DPPH test se zasniva na ispitivanju sposobnosti antioksidanata (obično biljnih ekstrakata) da neutrališu DPPH<sup>•</sup> radikale. Pri tome se prati transformacija ljubičasto obojenog, stabilnog, azot-centriranog DPPH<sup>•</sup> radikala (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil) u redukovanu, žuto obojenu formu DPPH-H. Apsorbancija se mjeri na talasnoj dužini od 515 nm. Mjerenja su izvedena na UV/Vis spetrofotometru PerkinElmer Lambda 25.

Antioksidativna aktivnost se vrlo često opisuje TEAC vrijednošću (Trolox ekvivalent antioksidativne aktivnosti od eng. „Trolox equivalent antioxidant activity“). Ova vrijednost je definisana kao koncentracija rastvora, u vodi rastvorljivog analoga vitamina E, (Troloxa, 6-hidroksi-2,5,6,7,8-tetrametilokroman-2 karbonska kiselina) izražena u mmol/L, koji ima ekvivalentnu antioksidativnu aktivnosti kao i 1 mmol/L rastvora ispitivanog antioksidansa. Da bi se odredio ovaj ekvivalent konstruiše se kalibraciona kriva: apsorpcija u funkciji koncentracije Trolox-a. Koristeći kalibraciona kriva očita se koncentracija troloxa koja odgovara apsorpciji ispitivanog antioksidansa. Nakon toga se preračuna antioksidativni kapacitet na početnu masu uzorka i rezultati se predstavljaju kao  $\mu\text{mol TE (trolox-a)/g}$  uzorka (što predstavlja trolox ekvivalent).

Na osnovu izmjerenih vrijednosti apsorbcija i poznatih vrijednosti koncentracija troloxa (0,005; 0,01; 0,02; 0,04  $\mu\text{mol/mL}$ ), konstruiše se kalibraciona kriva (5). Koristeći kalibracionu krivu, ista se preračuna na koncentraciju Trolox-a kojom se postiže isti reakcijski učinak (obezbojenje rastvora radikala pri istim uslovima).

$$A = 2019,5C + 1,3948; R^2 = 0,9994 \quad (5)$$

Rezultati su izraženi kao  $\mu\text{mol trolox-a}$  u 1 gramu uzorka kafe ( $\mu\text{mol (TE)/g}$  uzorka).

#### 4.2.2.6. Određivanje antioksidativnog kapaciteta ABTS testom

Za ABTS određivanje korišćena je modifikovana metoda (Re i sar., 1999). Ova metoda zasniva se na oksidaciji ABTS-a (2,2-azinobis-(3-etilbenzotiazolin-6-sulfonil) diamonijumova so) pomoću kalijum persulfata pri čemu nastaje zeleno-plavi ABTS radikal katjon ( $ABTS^{+}$ ). Ovaj radikal katjon će se redukovati pomoću antioksidanata koji će dati H atom ABTS katjon radikal. Redukcijom  $ABTS^{+}$  vratiće se u bezbojni ABTS oblik. ABTS kapacitet gašenja radikala od strane antioksidanta poredi se sa standardnim jedinjenjima kao što su: butilhidroksitoluenom (BHT), butilhidroksi anizol (BHA), askorbinska kiselina, rutin itd. Apsorbancija se mjeri na talasnoj dužini od 734 nm. Mjerenja su izvedena na UV/Vis spektrofotometru PerkinElmer Lambda 25.

Na osnovu izmjerenih vrijednosti apsorbancija i poznatih vrijednosti koncentracija troloxa (0,003; 0,005; 0,010; 0,012; 0,016  $\mu\text{mol/mL}$ ), konstruiše se kalibraciona kriva (6). Koristeći kalibracionu krivu (6), ista se preračuna na koncentraciju Trolox-a kojom se postiže isti reakcijski učinak (obezbojenje rastvora radikala pri istim uslovima).

$$A = 4515C + 0,1882; R^2 = 0,9934 \quad (10)$$

Rezultati su izraženi kao  $\mu\text{mol}$  trolox-a u 1 gramu uzorka kafe ( $\mu\text{mol TE/g}$  uzorka).

#### 4.2.3. Senzorska analiza

Za ispitivanje kvaliteta odabranih senzorskih svojstava uzoraka kafe korištena je deskriptivna metoda senzorske analize (ISO 13299:2003 (E)), koja se ubraja u jednu od najkomplicovanijih metoda senzorske analize, zbog svoje preciznosti i mogućnosti da se dobije potpun opis bitnih senzorskih svojstava napitka kafe, koja utiču na kvalitet i prihvatljivost proizvoda na tržištu. Prilikom provođenja deskriptivne analize proizvoda identifikovani su svi utisci i njihov intenzitet (boja i nijanse boje, aromatske komponente, modaliteti ukusa, punoća ukusa, utisak u ustima, i sklad identifikovanih svojstava napitka), a koji su povezani sa kvalitetom finalnog proizvoda, odnosno napitka od kafe.

Za ocjenjivanje prihvatljivosti kvaliteta napitaka kafe korištena je diskriminatorska metoda senzorske analize, metoda rangiranja (ISO 8587:2006). Diskriminatorska metoda senzorske analize (metoda rangiranja) se koristi kada je potrebno provesti ispitivanje i

upoređivanje razlika između nekoliko uzoraka, da bi se uzorci rasporedili (rangirali) prema nivou izraženosti jednog ili više svojstava, odabranih elemenata tih svojstava ili prema ukupnom kvalitetu.

#### 4.2.3.1. Izbor i obuka ocjenjivača

Senzorska analiza kafe realizovana je u Laboratoriji za senzorsku analizu namirnica, projektovanoj u skladu sa ISO standardima, u individualnim ocjenjivačkim boksovima. Za analizu je angažovano 7 ocjenjivača koji su podvrgnuti provjeri sposobnosti za učestvovanje u senzorskoj analizi, poznavajući metodologije provođenja senzorske analize i odgovaranućih senzorskih testova. Grupa odabranih ocjenjivača je prošla posebnu obuku i uvježbavanje za senzorsku analizu napitaka od kafe, uz korištenje niza uzoraka kafe različitog kvaliteta, kao i standarda za određene arome i druga svojstva karakteristična za ispitivane uzoraka kafe.

#### 4.2.3.2. Priprema uzoraka napitka od kafe

Za pripremu napitka kafe korišteno je 7 g pržene mljevene kafe i 100 ml vode u skladu sa ISO standardom 6668:2008 (E). Za pripremanje uzoraka kafe za senzorsku analizu, korištena je voda za piće iz sistema za javno snabdjevanje, srednje tvrdoće.

Voda se zagrijava do momenta ključanja ( $90^{\circ}\text{C}$ ), a prethodno se potrebna količina kafe stavlja u posudu za pripremanje kafe kuhanjem (džezvu). U momentu ključanja voda se sipa u posudu sa kafom i zagrijava do podizanja obilne pjene, a nakon toga se sklanja sa grejne površine. Napitak se ostavlja 5 minuta da bi se mljevena kafa djelimično istaložila na dnu posude i poslije toga se sipa u termos boce, koje su prethodno zagrijane vrućom vodom.

Uzorci se serviraju topli, temperature oko  $55^{\circ}\text{C}$  u šifriranim zagrijanim šoljicama bijele boje, proizvedenim od arkopala, zapremine 130 ml. Šoljice su prije sipanja uzorka zagrijane na temperaturu  $50^{\circ}\text{C}$ , a za senzorsku analizu je servirano ~50 ml uzorka/šoljici. Količina uzorka je bila približno ujednačena u svim šoljicama.

Za regeneraciju čula, odnosno za ispiranje usta ocjenjivačima je servirana voda za piće Jana (prirodna izvorska voda), pakovana u PVC flaše zapremine 5 L proizvođača Jamnica d.d. Zagreb, Hrvatska. Voda za piće ocjenjivačima je dostavljena u staklenim bezbojnim čašama i bila je sobne temperature  $25^{\circ}\text{C}$ . Pored vode, za regeneraciju čula ocjenjivačima su servirani i neutralni krekeri, mase ~30 g uz jedno serviranje uzoraka kafe ocjenjivaču (proizvođač

Koncern „BAMBI – BANAT“, Beograd, Srbija). Osnovi sastojci koji su korišteni za izradu krepera, označeni na deklaraciji su: pšenično brašno, biljna mast, šećer, sredstva za dizanje tijesta (E 503, E 500), so, ekstrakt ječmenog slada, emulgatori (E 472, sojin lecitin).

Ocjenjivačima je dostavljeno upustvo za senzorsku ocjenu, sa kojim su upoznati u toku prethodne obuke za analizu kafe, ocjenjivački list, olovka, papirne salvete i posuda za ispljuvak.

#### 4.2.3.3. Metodologija provođenja senzorske analize

Kada se vrši složenije ispitivanje većeg broja uzoraka, koje ocjenjivači ne mogu analizirati u jednoj sesiji, kao što je ispitivanje arome proizvoda, ispitivanje se može provesti u više odvojenih sesija. Svaki ocjenjivač je učestvovao u 2 sesije, a servirana su po 3 uzorka/sesiji (slika 4.2.3).

Za svaku sesiju pripremano je kuhanjem, po tri uzoraka (pojedinačni uzorci kafe) i to neposredno pred samo ocjenjivanje kako bi uzorci bili svježije pripremljeni, da ne bi dugo stajali u termos boci. Svakom ocjenjivaču se dostavljaju istovremeno sva tri pripremljena uzorka. Za ocjenjivanje tri uzorka, senzoričarima analitičarima je bilo potrebno oko 20 minuta, a nakon analize, ocjenjivači su se odmarali oko 30 minuta, kako bi se omogućila regeneracija čula. U tom periodu organizator ispitivanja priprema za analizu drugu seriju uzorka napitka od kafe (tri mješavine pripremljene od pojedinačnih uzoraka), koja je nakon odmora dostavljena ocjenjivačima na analizu.

#### 4.2.3.4. Deskriptivna senzorska analiza

Ispitivanje boje, arome, ukusa, punoće ukusa i opšteg utiska u ustima uzoraka napitka kafe provedeno je primjenom deskriptivne senzorske analize (ISO 13299:2003 (E)).

Boja napitaka od kafe je definisana opisno, koristeći odgovarajuće izraze date u prethodno pripremljenom upustvu (tabela 4.2.1.). Rezultati deskriptivne senzorne analize boje su obrađeni evidentiranjem deskriptora za identifikovane boje i nijanse, kao pokazatelja kvaliteta boje analiziranih napitaka kafe.

Tabela 4.2.1. Oznake i izrazi korišteni za opis boje napitka kafe

<b>IZRAZI KOJIMA SE MOŽE OPISATI BOJA I NIJANSE BOJE KAFE</b>			
<b>Šifra</b>	<b>BOJE</b>	<b>Šifra</b>	<b>NIJANSE</b>
B1	SVIJETLO SMEĐA	N1	ŽUČKASTA
B2	SMEĐA	N2	NARANDŽASTA
B3	TAMNO SMEĐA	N3	CRVENKASTA
		N4	SIVKASTA
		N5	CRNA

Aroma napitka od kafe ispitivana je retronazalnom metodom, uz identifikovanje osjećaja u ustima i grlu u toku analize svakog od dostavljenih uzoraka. Modaliteti ukusa kafe, odnosno gorčina i kiselost identifikovani su nakon unošenja uzorka u usta, kao i punoća ukusa i opšti utisak u ustima. Ocjena kvaliteta uzoraka vršena je metodom bodovanja uz primjenu intervalne skale u rasponu vrijednosti ocjena (bodova) od 1 (neprihvatljivo odstupanje) do 5 (izražen, svojstven kvalitet) uz mogućnost korištenja polubodova (0,5; 1,5; 2,5; 3,5; 4,5), čime je skala od 5 bodova proširena na 10 nivoa (tabela 4.2.2.) (ISO 4121:2003 (E)). Za ukupni kvalitet prehrambenog proizvoda sva senzorska svojstva, kao parametri kvaliteta, nemaju isti značaj, odnosno, ukupni kvalitet se ne može posmatrati kao zbir ocjena za pojedinačno izmjerena odabrana senzorska svojstva proizvoda. Senzorskom analizom ispitivana su, prethodno definisana, odabrana svojstva kvaliteta, kojima su dodijeljeni odgovarajući koeficijenti važnosti: aroma ( $C_v=8$ ), ukus ( $C_v=6$ ) i punoća ukusa i opšti utisak u ustima ( $C_v=6$ ). Kada se ocjene dodijele za posmatrana senzorska svojstva, pomnože se odgovarajućim koeficijentom važnosti i saberu te vrijednosti, dobije se pokazatelj dostignutog ukupnog kvaliteta proizvoda izražen kao procenat (%) od maksimalnog mogućeg kvaliteta, koji ima vrijednost 100% u idealnim uslovima.

Za evidentiranje rezultata provedene senzorske analize odabranih senzorskih svojstava (pokazatelja kvaliteta), odnosno identifikovanja vrste aromatskih supstanci, modaliteta ukusa, punoće ukusa i opšteg utiska u ustima i njihovog intenziteta i nivoa izraženosti u uzorcima napitka od kafe, korištena je metoda intervalnih skala, sa definisanim vrijednostima intervala od 5 (intenzivan intezitet) do 1 (veoma slab intezitet), kao što je prikazano u tabeli 4.2.2., uz mogućnost korištenja polubodova (0,5; 1,5; 2,5; 3,5; 4,5), čime je skala od 5 bodova proširena na 10 nivoa (ISO 4121:2003 (E)).

Tabela 4.2.2. Upustvo za deskriptivnu senzorsku analizu napitka od kafe

Šifra	AROMATSKE SUPSTANCE IDENTIFIKOVANE RETRONAZALNOM METODOM		
A1	Aroma <b>kafe</b> (sklad punoće arome kafe, nijanse gorčine i kiselkastog utiska u ukupnoj aromi kafe – retronazalno ocjenjena aroma)		
A2	Aroma na <b>prženo</b> (prijatna aroma, asocira na aromu prženog zrna kafe ili pržene mljevene kafe)		
A3	Aroma <b>čokolade</b>		
A4	Aroma <b>karamela</b> (asocira na karamel bombone, karamelizovani šećer)		
A5	<b>Cvjetna</b> aroma (asocira na suvo poljsko cvijeće)		
A6	Sladunjava <b>voćna</b> aroma (asocira na sušeno voće)		
A7	Aroma <b>žitarica i slada</b>		
A8	Aroma <b>oraha, badema, gorkog badema</b> (asocira na aromu svježeg jestivog jezgra oraha ili badema)		
A9	Aroma <b>trave</b> (asocira na svježe pokošenu zelenu travu ili usitnjeni zeleni list)		
A10	Aroma <b>zemlje</b> (asocira na vlažnu zemlju, mokru prašinu)		
A11	Aroma <b>prašine</b>		
A12	Aroma na <b>zagoreno</b> (nepoželjna aroma zagorene kafe)		
A13	Aroma <b>dima</b> (aroma spaljene, izgorene kafe ili drveta)		
A14	Aroma <b>lijekova</b> (asocira na medicinske dezinficijense – fenole, jod)		
A15	Aroma na <b>plijesni</b> (nepoželjna aroma na plijesni, buđ)		
Šifra	PUNOĆA UKUSA	Šifra	OPŠTI UTISAK U USTIMA
P1	Nema punoće ukusa	U1	<b>Bezličan, prazan, bljutav</b> utisak u ustima, vodnjikav napitak
P2	<b>Umjerena, prijatna</b> punoća ukusa	U2	<b>Blag, skladan, harmoničan</b> utisak u ustima
P3	Punoća ukusa je <b>teška i neprijatna</b>	U3	<b>Jak, oštar, težak</b> utisak u ustima
OCJENA INTENZITETA		OCJENA KVALITETA	
<b>1 = veoma slab intezitet (jedva primjetno)</b>		5 = izražen, svojstven kvalitet	
<b>2 = slabo izražen intezitet</b>		4 = svojstven kvalitet	
<b>3 = umjereno izražen intezitet</b>		3 = blago odstupanje	
<b>4 = izrazit intezitet</b>		2 = primjetno odstupanje	
<b>5 = intenzivan intezitet (veoma izraženo)</b>		1 = neprihvatljivo odstupanje	



Tabela 4.2.3. Ocjenjivački list za deskriptivnu senzorsku analizu napitka kafe

Laboratorija za senzornu analizu		OCJENJIVAČKI LIST		Ocjenjivačko mjesto			
Prezime i ime ocjenjivača				Datum ocjenjivanja			
Naziv proizvoda		NAPITAK OD KAFE – CRNA KAFA		Šifra uzorka			
	ODABRANA SENZORNA SVOJSTVA (pokazatelji kvaliteta)	OCJENA INTEZITETA senzornog svojstva (od 1 do 5)	OCJENA KVALITETA senzornog svojstva (od 5 do 1)	Srednja ocjena	Cv	*Korigovana ocjena	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
(a) AROMA	Prijatne i poželjne arome (A1 – A6)	A1				8	
		A2					
		A3					
		A4					
		A5					
		A6					
	Manje prijatne arome (A7 – A9)	A7					
		A8					
		A9					
	Neprijatne i nepoželjne arome (A10 – A15)	A10					
		A11					
		A12					
		A13					
		A14					
		A15					
(b) UKUS	Gorčina	Intezitet			6		
	Kiselost	Intezitet					
(c) PUNOĆA UKUSA I OPŠTI UTISAK U USTIMA	Nivo izraženosti za P (P1 ili P2 ili P3) i U (U1 ili U2 ili U3) (zaokružiti identifikovano svojstvo)	P1	U1		6		
		P2	U2				
		P3	U3				
Srednja ocjena ukupnog kvaliteta					$\Sigma = 20$	-	
*Korigovana ocjena = ocjena x koeficijent važnosti (Cv). Zbir korigovanih ocjena se izražava u % i naziva se: "Procenat od maksimalno mogućeg kvaliteta"					$\Sigma =$	%	
(3)	OCJENE INTEZITETA posmatranog senzornog svojstva daju se u rasponu od 1 (jedva primjetno) do 5 (veoma izraženo)						
(4)	OCJENE KVALITETA posmatranog senzornog svojstva daju se u rasponu od 5 (za svojstven kvalitet) do 1 (neprihvatljiv)						
<b>ZADATAK: Označite intezitet specifičnog svojstva (3) koje ste prepoznali i koje utiču na dodjeljenu Ocjenu kvaliteta (4) za posmatrano senzorno svojstvo proizvoda</b>							

Koristeći uputstvo za senzorsku ocjenu kvaliteta napitka kafe, prethodno pripremljeno u skladu sa odgovarajućim standardom (ISO 11035:1994 (E)) dat je pregled aroma koje mogu biti zastupljene u napitku kafe sa riječnikom deskriptora za svaku aromu i opis nivoa izražajnosti za punoću ukusa i opšti utisak u ustima (tabela 4.2.2.), što omogućava definisanje senzorskog profila i sistema senzorskog ocjenjivanja napitka kafe koji se priprema na tradicionalan način.



Slika 4.2.3. Senzorska analiza napitaka kafe

#### 4.2.3.5. Ocjena prihvatljivosti – metoda rangiranja

Diskriminatorna senzorska analiza provedena je rangiranjem (ISO 8587:2006) sveukupnog utiska o prihvatljivosti kvaliteta napitaka kafe. Ocjenjivači su imali zadatak da 3 analizirana uzorka razvrstaju na 1. mjesto uzorak najprijetnijeg kvaliteta, 2. mjesto uzorak manje prijetnog i 3. mjesto uzorak najmanje prijetnog kvaliteta. Ocjenjivanje 3 uzorka trajalo je oko 5 minuta.

Tabela 4.2.4. Ocjenjivački lista za rangiranje uzoraka napitka kafe

Laboratorija za senzornu analizu namirnica		OCJENJIVAČKI LIST		Ocjenjivačko mjesto
Prezime i ime ocjenjivača				Datum ocjenjivanja
Naziv proizvoda	<i>NAPITAK OD KAFE – CRNA KAFA</i>			
Šifre uzoraka				
Rangiranje uzoraka				
<b>ZADATAK:</b> Upišite šifre analiziranih uzoraka. Ocjenite sveukupni utisak o prihvatljivosti kvaliteta napitka kafe, ocjenama od 1 do 3.				1 – najprijetniji 2 – manje prijetan 3 – najmanje prijetan

#### 4.2.4. Statistička obrada podataka

Svi dobijeni rezultati izraženi su kao srednje vrijednosti tri mjerenja za svaki uzorak  $\pm$  standardna devijacija (SD). Izuzetak su rezultati senzorske analize koji su izraženi kao srednje vrijednosti sedam mjerenja za svaki uzorak  $\pm$  standardna devijacija (SD), rezultati instrumentalnog mjerenja, odnosno određivanja boje (srednje vrijednosti pet mjerenja za svaki uzorak  $\pm$  SD) i rezultati instrumentalnog određivanja teksture (srednje vrijednosti 32 mjerenja za svaki uzorak  $\pm$  SD).

Podaci su obrađeni primjenom softverskog paketa Microsoft Excel i računarskog programa Statistica 12.0 za Windows (StatSoft, Inc., Tulsa, OK, USA). Značajnost razlika između aritmetičkih sredina određena je sa 95% vjerovatnoće ( $P < 0,05$ ) primenom analize varijanse sa jednom nezavisnom promjenljivom (One way ANOVA) i višestrukog testa intervala (Dunckan-ov test), između više aritmetičkih sredina.

## 5. PRIKAZ REZULTATA I DISKUSIJA

Kafa je kompleksna mješavina koja sadrži više od hiljadu različitih hemijskih jedinjenja. Kvalitet napitka kafe je usko povezan sa hemijskim sastavom pržene kafe, a on zavisi od hemijskog sastava sirovih zrna kafe (Ribeiro i sar., 2010). U toku procesa prženja kafe dolazi do niza reakcija različitih hemijskih jedinjenja sadržanih u zrnu kafe, pri čemu nastaju nova jedinjenja koja daju karakterističan ukus, aromu i boju napitku od kafe. Pravilno vođenim procesom pripreme i obrade zrna kafe u toku procesa prženja, može se kontrolisati tok reakcija i nastanka određenih jedinjenja koja doprinose formiranju aromatskih i drugih jedinjenja i užitku u toku konzumiranja kafe kao toplog ili hladnog napitka. U cilju definisanja i kontrole kvaliteta sirovih i različito prženih uzoraka kafe u ovom radu obavljena su ispitivanja hemijsko-fizičkih, antioksidativnih i senzorskih svojstava. Značajne korelacije između posmatranih biohemijskih komponenti i senzorskih osobina kvaliteta ukazuju na to da biohemijski sastav igra glavnu ulogu u određivanju senzorskog kvaliteta kafe. Dalje ukazuju da se hemijska analiza sirove kafe može koristiti kao pomoćno sredstvo za procjenu kvaliteta kafe (Gichimu i sar., 2014).

### 5.A. Hemijsko-fizičke analize ispitivanih uzoraka

U tabelama od 5.A.1. do 5.A.12. prikazani su rezultati hemijsko-fizičkih analiza uzoraka pržene kafe proizvedene prema proizvođačkoj specifikaciji (A0, B0, C0), uzoraka sirove kafe pojedinačnih vrsta (Sp1, Sp2, Sp3), uzoraka kafe pržene na 167°C (A1, B1, C1) i na 175°C (A2, B2, C2) i njihovih mješavina u različitim odnosima (Sm1, Sm2, Sm3, D1, E1, F1, D2, E2, F2) i uzoraka sirove kafe pojedinačnih vrsta (Sp4, Sp5, Sp6), uzoraka kafe pržene na 171°C (J1, K1, L1) i njihovih mješavina u različitim odnosima (Sm4, Sm5, Sm6, M1, N1, O1).

U tabeli 5.A.1. prikazane su vrijednosti hemijsko-fizičkih parametara uzoraka pržene kafe proizvedene prema proizvođačkoj specifikaciji (A0, B0, C0).

Najveći sadržaj vlage utvrđen je uzoraku B0 (1,77%) i statistički značajno se razlikuje ( $P < 0,05$ ) od sadržaja vlage u uzorku A0 (1,63%) koji ima najmanji sadržaj vlage. Najveći sadržaj ukupnih rastvorljivih materija i to statistički se značajno veći ( $P < 0,05$ ) utvrđen je u uzorku A0 (23,69%) u odnosu na uzorak B0 (23,01%) i uzorak C0 (23,39%). Uzorak C0 ima

najveći sadržaj ukupnog pepela (4,22%) i statistički se značajno razlikuje ( $P < 0,05$ ) od uzoraka A0 (4,19%) i B0 (4,17%). Na osnovu dobijenih rezultata, može se konstatovati da uzorci pržene kafe A0, B0 i C0 imaju sadržaj vlage, ukupnih rastvorljivih materija i ukupnog pepela, u skladu sa Pravilnicima („Službeni glasnik BiH“, broj 72/2011 i „Službeni Glasnik RS“, broj 54/2012). Pravilnicima je propisano da sadržaj vode u prženoj kafi ne bi smio da bude iznad 5%, a sadržaj ukupnog pepela najviše do 6%. Pravilnicima o kvalitetu još je propisano da pržena kafa treba da sadrži najmanje 22% ekstraktivnih materija rastvorljivih u vodi.

Najveća vrijednost titracione kiselosti utvrđena je u uzorku C0 (131,92) i statistički značajno se razlikuje ( $P < 0,05$ ) u odnosu na uzorak B0 (131,52), ali ne ( $P > 0,05$ ) i u odnosu na uzorak A0 (131,82). Uzorak B0 ima najveći sadržaj hlorogenske kiseline (4,47%) i to statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) u odnosu na uzorke A0 i C0.

Sadržaj kofeina od 2,18% u uzorku B0 statistički je značajno veći ( $P < 0,05$ ) od sadržaja kofeina u uzorku C0 (2,12%), ali ne i statistički značajno ( $P > 0,05$ ) u odnosu na uzorak A0 (2,14%). Sadržaj proteina u uzorcima kafe proizvedene po proizvođačkoj specifikaciji kretao se od 12,34 (C0) do 13,96% (A0) i statistički su utvrđene značajne razlike ( $P < 0,05$ ) između uzoraka. Sadržaj slobodne masti kretao se od 13,27 (A0) do 13,49% (B0) i statistički su utvrđene značajne razlike ( $P < 0,05$ ) između uzoraka.

Uzorak A0 imao je najveću vrijednost pH (5,27) koja se statistički značajno razlikovala ( $P < 0,05$ ) u odnosu na vrijednost pH u uzorcima B0 i C0 (5,20).

Aktivnosti vode ( $a_w$ ) uzoraka pržene kafe bila je ujednačena i razlike u vrijednosti nisu statistički značajne ( $P > 0,05$ ).

Tabela 5.A.1. Vrijednosti hemijsko-fizičkih parametara uzoraka pržene kafe proizvedene prema proizvođačkoj specifikaciji (A0, B0, C0)

Ispitivani parametri	Šifre uzoraka i srednje vrijednosti parametara ± standardna devijacija (n = 5)			
	A0	B0	C0	
Sadržaj vlage (%)	1,63 <sup>b</sup> ±0,02	1,77 <sup>a</sup> ±0,02	1,69 <sup>ab</sup> ±0,01	
Sadržaj ukupnih rastvorljivih materija (%)	23,69 <sup>a</sup> ±0,02	23,01 <sup>c</sup> ±0,04	23,39 <sup>b</sup> ±0,03	
Sadržaj ukupnog pepela (%)	4,19 <sup>b</sup> ±0,01	4,17 <sup>b</sup> ±0,01	4,22 <sup>a</sup> ±0,02	
Titraciona kiselost <sup>x</sup>	131,82 <sup>a</sup> ±0,04	131,52 <sup>b</sup> ±0,03	131,92 <sup>a</sup> ±0,09	
Sadržaj hlorogenske kiseline (%)	4,15 <sup>b</sup> ±0,05	4,47 <sup>a</sup> ±0,03	4,14 <sup>b</sup> ±0,02	
Sadržaj kofeina (%)	2,14 <sup>ab</sup> ±0,04	2,18 <sup>a</sup> ±0,03	2,12 <sup>b</sup> ±0,02	
Sadržaj proteina (%)	13,96 <sup>a</sup> ±0,05	12,70 <sup>b</sup> ±0,12	12,34 <sup>c</sup> ±0,11	
Sadržaj slobodne masti (%)	13,27 <sup>c</sup> ±0,04	13,49 <sup>a</sup> ±0,05	13,36 <sup>b</sup> ±0,04	
Vrijednost pH	5,27 <sup>a</sup> ±0,02	5,20 <sup>b</sup> ±0,02	5,20 <sup>b</sup> ±0,01	
Aktivnost vode (a <sub>w</sub> )	0,103 <sup>a</sup> ±0,04	0,103 <sup>a</sup> ±0,08	0,099 <sup>a</sup> ±0,01	
Boja (CIE- Lab)	L*	42,70 <sup>b</sup> ±0,05	42,98 <sup>a</sup> ±0,06	42,77 <sup>b</sup> ±0,06
	A*	8,10 <sup>a</sup> ±0,19	3,32 <sup>b</sup> ±0,08	8,15 <sup>a</sup> ±0,05
	B*	5,12 <sup>a</sup> ±0,03	5,05 <sup>b</sup> ±0,08	5,21 <sup>a</sup> ±0,06

<sup>x</sup> Titraciona kiselost izražava se kao ml 0,1M NaOH potrebnih za neutralizaciju kiselosti 100 g uzorka kafe

<sup>a-b</sup> Srednje vrijednosti sa različitim slovom u istom redu se statistički značajno razlikuju sa 95% vjerovatnoće (P<0,05)

Vrijednost  $L^*$ , odnosno svjetloća boje uzorka B0 (42,98) je statistički značajno veća ( $P < 0,05$ ) u odnosu na svjetloću boje uzoraka A0 (42,70) i C0 (42,77). Vrijednosti  $a^*$  kod uzoraka A0 (8,10) i C0 (8,15) nisu statistički značajno različite ( $P > 0,05$ ), dok je kod uzorka B0 ta vrijednost statistički značajno manja ( $P < 0,05$ ) (3,32). Ovako veliko odstupanje u izmjerenoj  $a^*$  vrijednosti ovog uzorka može se tumačiti kao posljedica neravnomjernog, istovremenog prženja dvije različite vrste kafe (Arabika I klasa i Robusta). Vrijednost  $b^*$  je statistički značajno najmanja ( $P < 0,05$ ) u uzorku B0 (5,05) u odnosu na vrijednost  $b^*$  u uzorku A0 (5,12) i uzorku C0 (5,21).

U tabeli 5.A.2. prikazane su vrijednosti hemijsko-fizičkih parametara uzoraka sirove kafe pojedinačnih vrsta (Sp1, Sp2, Sp3), uzoraka kafe pržene na 167°C (A1, B1, C1) i uzoraka kafe pržene na 175°C (A2, B2, C2).

Sadržaj vlage u uzorcima kafe Sp1, Sp2 i Sp3 kreće se od 8,56 (Sp2) do 8,72% (Sp3) i utvrđena je statistički značajna razlika ( $P < 0,05$ ) između sadržaja vlage u uzorcima. U uzorcima kafe prženim na 167°C najveći sadržaj vlage je u uzorku B1 (1,87%) i statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) u odnosu na sadržaj vlage u uzorcima A1 (1,68%) i C1 (1,67%). Razlike u sadržaju vlage su statistički značajne ( $P < 0,05$ ) između uzoraka A2, B2, C2, a među njima najveći sadržaj vlage je u uzorku A2 (1,23%). Sadržaj vlage je statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) u sirovim uzorcima pojedinačnih vrsta kafe (Sp1, Sp2 i Sp3) u odnosu na sadržaj vlage u uzorcima kafe prženih na 167°C (A1, B1 i C1) i u uzorcima kafe prženih na 175°C (A2, B2 i C2). Uzorci kafe prženi na 167°C imaju statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) sadržaj vlage u odnosu na uzorke kafe pržene na 175°C. Ove statistički značajne ( $P < 0,05$ ) promjene u sadržaju vlage između sirovih i prženih uzoraka kafe uzrokovane su toplotno indukovanim reakcijama u toku procesa prženja kafe (Pittia i sar., 2007; Martins i sar., 2010). Sadržaj vlage ima značajan uticaj na kvalitet i stabilnost osušenog zrna kafe u uobičajenim uslovima čuvanja, jer se povećanjem sadržaja vlage, iznad graničnih vrijednosti propisanih pravilnikom, u kafi stvaraju povoljni uslovi za kvarenja uzrokovana oksido-redukcionim procesima ili dejstvom mikroorganizama. Takve promjene imaju uticaj na skraćenje roka upotrebe, odnosno perioda u kojem proizvod mora zadržati prihvatljiv nivo kvaliteta.

Tabela 5.A.2. Vrijednosti hemijsko-fizičkih parametara uzoraka sirove kafe pojedinačnih vrsta (Sp1, Sp2, Sp3), uzoraka kafe pržene na 167°C (A1, B1, C1) i uzoraka kafe pržene na 175°C (A2, B2, C2)

Ispitivani parametri	Šifre uzoraka i srednje vrijednosti parametara ± standardna devijacija (n = 5)									
	Sp1	Sp2	Sp3	A1	B1	C1	A2	B2	C2	
Sadržaj vlage (%)	8,62 <sup>b</sup> ±0,02	8,56 <sup>c</sup> ±0,01	8,72 <sup>a</sup> ±0,02	1,68 <sup>e</sup> ±0,02	1,87 <sup>d</sup> ±0,01	1,67 <sup>e</sup> ±0,02	1,23 <sup>f</sup> ±0,01	1,19 <sup>g</sup> ±0,02	0,69 <sup>h</sup> ±0,02	
Sadržaj ukupnih rastvorljivih materija (%)	28,79 <sup>b</sup> ±0,05	28,68 <sup>c</sup> ±0,04	29,42 <sup>a</sup> ±0,02	23,37 <sup>g</sup> ±0,03	22,77 <sup>i</sup> ±0,01	25,36 <sup>f</sup> ±0,02	25,20 <sup>h</sup> ±0,03	26,78 <sup>e</sup> ±0,04	27,34 <sup>d</sup> ±0,05	
Sadržaj ukupnog pepela (%)	3,77 <sup>d</sup> ±0,33	4,07 <sup>c</sup> ±0,03	4,39 <sup>ab</sup> ±0,08	4,15 <sup>c</sup> ±0,01	4,10 <sup>c</sup> ±0,03	4,43 <sup>ab</sup> ±0,03	4,28 <sup>bc</sup> ±0,04	4,15 <sup>c</sup> ±0,03	4,50 <sup>a</sup> ±0,01	
Titraciona kiselost <sup>x</sup>	32,75 <sup>g</sup> ±0,09	29,23 <sup>i</sup> ±0,07	29,54 <sup>h</sup> ±0,02	135,08 <sup>a</sup> ±0,08	133,93 <sup>b</sup> ±0,05	117,44 <sup>e</sup> ±0,05	126,96 <sup>c</sup> ±0,11	126,22 <sup>d</sup> ±0,07	107,44 <sup>f</sup> ±0,05	
Sadržaj hlorogenske kiseline (%)	5,93 <sup>c</sup> ±0,03	7,45 <sup>b</sup> ±0,01	9,36 <sup>a</sup> ±0,02	3,89 <sup>g</sup> ±0,06	4,32 <sup>e</sup> ±0,03	5,29 <sup>d</sup> ±0,03	3,14 <sup>i</sup> ±0,07	3,49 <sup>h</sup> ±0,06	3,98 <sup>f</sup> ±0,03	
Sadržaj kofeina (%)	1,84 <sup>e</sup> ±0,03	1,86 <sup>de</sup> ±0,03	2,81 <sup>b</sup> ±0,03	1,90 <sup>de</sup> ±0,03	1,96 <sup>d</sup> ±0,01	2,97 <sup>a</sup> ±0,06	1,55 <sup>i</sup> ±0,06	1,49 <sup>f</sup> ±0,09	2,59 <sup>c</sup> ±0,14	
Sadržaj proteina (%)	11,10 <sup>e</sup> ±0,12	10,36 <sup>f</sup> ±0,03	13,49 <sup>c</sup> ±0,09	14,69 <sup>b</sup> ±0,11	13,50 <sup>c</sup> ±0,01	15,05 <sup>a</sup> ±0,13	12,74 <sup>d</sup> ±0,12	12,80 <sup>d</sup> ±0,06	14,57 <sup>b</sup> ±0,03	
Sadržaj slobodne masti	16,35 <sup>a</sup> ±0,08	16,39 <sup>a</sup> ±0,08	9,49 <sup>d</sup> ±0,08	14,16 <sup>c</sup> ±0,01	14,41 <sup>b</sup> ±0,05	7,92 <sup>f</sup> ±0,02	16,37 <sup>a</sup> ±0,02	16,35 <sup>a</sup> ±0,05	9,12 <sup>e</sup> ±0,05	
Vrijednost pH	5,83 <sup>a</sup> ±0,01	5,81 <sup>a</sup> ±0,01	5,80 <sup>a</sup> ±0,01	5,27 <sup>e</sup> ±0,02	5,16 <sup>f</sup> ±0,03	5,47 <sup>c</sup> ±0,02	5,49 <sup>c</sup> ±0,01	5,31 <sup>d</sup> ±0,01	5,76 <sup>b</sup> ±0,02	
Aktivnost vode (a <sub>w</sub> )	0,567 <sup>a</sup> ±0,09	0,550 <sup>b</sup> ±0,05	0,570 <sup>a</sup> ±0,09	0,119 <sup>c</sup> ±0,04	0,120 <sup>c</sup> ±0,06	0,128 <sup>c</sup> ±0,07	0,098 <sup>d</sup> ±0,07	0,093 <sup>de</sup> ±0,08	0,083 <sup>e</sup> ±0,04	
Boja (CIE-Lab)	L*	67,74 <sup>b</sup> ±0,07	67,08 <sup>c</sup> ±0,20	68,30 <sup>a</sup> ±3,97	42,16 <sup>f</sup> ±0,15	42,55 <sup>e</sup> ±0,13	44,21 <sup>d</sup> ±0,19	40,72 <sup>g</sup> ±0,06	40,81 <sup>g</sup> ±0,12	40,40 <sup>h</sup> ±0,12
	a*	4,00 <sup>h</sup> ±0,02	4,22 <sup>g</sup> ±0,07	3,97 <sup>h</sup> ±0,02	7,92 <sup>c</sup> ±0,06	8,29 <sup>b</sup> ±0,06	8,65 <sup>a</sup> ±0,02	6,67 <sup>f</sup> ±0,11	7,20 <sup>d</sup> ±0,11	7,06 <sup>e</sup> ±0,02
	b*	11,94 <sup>b</sup> ±0,10	12,09 <sup>a</sup> ±0,03	11,94 <sup>b</sup> ±0,11	4,08 <sup>e</sup> ±0,10	4,89 <sup>d</sup> ±0,13	6,72 <sup>c</sup> ±0,13	1,87 <sup>h</sup> ±0,10	3,00 <sup>f</sup> ±0,13	2,72 <sup>g</sup> ±0,04

<sup>x</sup> Titraciona kiselost izražava se kao ml 0,1M NaOH potrebnih za neutralizaciju kiselosti 100 g uzorka kafe

<sup>a-i</sup> Srednje vrijednosti sa različitim slovom u istom redu se statistički značajno razlikuju sa 95% vjerovatnoće (P<0,05)



Razlike u sadržaju ukupnih rastvorljivih materija između uzoraka Sp1, Sp2 i Sp3 su statistički značajne ( $P < 0,05$ ), a najviše ukupnih rastvorljivih materija ima uzorak Sp3 (29,42%). Najveći sadržaj ukupnih rastvorljivih materija među uzorcima kafe pržene na 167°C je u uzorku C1 (25,36%) i statistički se značajno razlikuje ( $P < 0,05$ ) u odnosu na sadržaj ukupnih rastvorljivih materija u uzorcima A1 (23,37%) i B1 (22,77%). Među uzorcima kafe pržene na 175°C najveći sadržaj ukupnih rastvorljivih materija je u uzorku C2 (27,34%) i statistički se značajno razlikuje ( $P < 0,05$ ) u odnosu na sadržaj ukupnih rastvorljivih materija u uzorcima A2 (25,20%) i B2 (26,78%). Na osnovu rezultata može se zaključiti da uzorci Robusta vrste kafe (Sp3, C1 i C2) imaju najveći sadržaj ukupnih rastvorljivih materija. Veći sadržaj ukupnih rastvorljivih materija u Robusta vrsti kafe ustanovili su i Albanese i sar. (2009). Sadržaj ukupnih rastvorljivih materija je statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) u sirovim uzorcima kafe u odnosu na taj sadržaj u uzorcima kafe pržene na 167°C i uzorcima kafe pržene na 175°C. Uzorci A1, B1 i C1 imaju statistički značajno manji ( $P < 0,05$ ) sadržaj ukupnih rastvorljivih materija u odnosu na uzorke A2, B2 i C2, što znači da se sa porastom temperature prženja sadržaj ukupnih rastvorljivih materija u kafi povećava. Ovi rezultati su u skladu sa podacima iz literature (Albanese i sar. 2009). Rastvorljivi ekstrakt u prženoj mljevenoj kafi sadrži oko 30% ugljenih hidrata, prisutnih u svim fazama hidrolize. Fizičke osobine ugljenih hidrata su ključni faktor u preradi kafe u obliku pravih rastvora. Molekulska masa rastvorljivih materija u komercijalnim proizvodima od kafe omogućava lakšu obradu, dajući pri tome dobru stabilnost proizvodu. Ekstrakti kafe su proizvodi dobijeni ekstrakcijom iz prženih zrna kafe, pri čemu se kao sredstvo za ekstrakciju koristi samo voda, a isključuje svaki postupak hidrolize dodavanjem kiseline ili baze. Ekstrakt kafe mora da sadrži samo rastvorljive i aromatske sastojke kafe uz nerastvorljive materije koje je tehnički nemoguće odstraniti, te nerastvorljiva ulja koja potiču iz kafe (Albanese i sar. 2009).

Sadržaj ukupnog pepela je statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) u uzorku Sp3 (4,39%) u odnosu na sadržaj ukupnog pepela u uzorcima Sp1 (3,77%) i Sp2 (4,07%). Iz tabele 5.A.2 uočava se da uzorak C1 ima statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) sadržaj ukupnog pepela od 4,43% u odnosu na uzorke A1 (4,15%) i B1 (4,10%), a uzorak C2 ima statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) sadržaj ukupnog pepela od 4,50% u odnosu na uzorke A2 (4,28%) i B2 (4,15%). Na osnovu rezultata može se zaključiti da uzorci Robusta vrste kafe (Sp3, C1 i C2) imaju najveći sadržaj ukupnog pepela. Sadržaj ukupnog pepela je najmanji u sirovim uzorcima, a najveći u uzorcima kafe pržene na 175°C što znači da se sadržaj pepela povećava sa povećanjem temperature u procesu prženja uzoraka. Sadržaj ukupnog pepela zavisi od vrste

minerala, vrste namirnice, porijekla namirnice, a povećan sadržaj pepela i pojedinih mineralnih materija djelimično može biti porijeklom i od ostataka zemlje na zrnju kafe i drugim namirnicama biljnog porijekla. Određivanje sadržaja pepela u namirnicama je od velikog značaja, jer se na osnovu sadržaja pojedinih mineralnih materija određuje biološka vrijednost namirnice, a sadržaj pepela je i pokazatelj kvaliteta i higijenske ispravnosti namirnica. Vasconcelos i sar. (2007) iznose tvrdnju da je sadržaj pepela podatak koji može da posluži i za diferenciranje prženih zdravih od prženih defektnih zrna kafe i navode da je sadržaj ukupnog pepela niži u zdravim zrnima, i iznosi 4,4 - 4,7%, u zavisnosti od stepena prženja.

Pravilnikom o kvalitetu kafe, proizvoda od kafe, surogata i proizvoda od surogata („Službeni glasnik BiH“, broj 72/2011) i Pravilnikom o kvalitetu sirove kafe, surogata kafe i srodnih proizvoda („Službeni Glasnik RS“, broj 54/2012), dati su uslovi koje mora da ispunjava kafa koja se stavlja u promet. Ovim Pravilnicima je propisano da sadržaj vode u sirovoj kafi ne bi smio da bude iznad 13,5%, a sadržaj ukupnog pepela najviše do 5,5%. Pravilnicima je propisano da sadržaj vode u prženoj kafi ne bi smio da bude iznad 5%, a sadržaj ukupnog pepela najviše do 6%. Pravilnicima o kvalitetu još je propisano da pržena kafa treba da sadrži najmanje 22% ekstraktivnih materija rastvorljivih u vodi. Na osnovu dobijenih rezultata hemijske analize uzoraka prikazanih u tabeli 5.A.2., može se konstatovati da su svi ispitivani uzorci kafe imali odgovarajući sadržaj vlage, ukupnih rastvorljivih materija i ukupnog pepela, koji odgovaraju sadržajima propisanim u Pravilnicima.

Titraciona kiselost izraženu u ml 0,1 M NaOH potrebnim za neutralizaciju kiselosti 100 g uzorka kafe u uzorcima kafe Sp1, Sp2 i Sp3 kreće se od 29,23 (Sp2) do 32,75 (Sp1) i utvrđena je statistički značajna razlika između uzoraka ( $P < 0,05$ ). Ako se uporede vrijednosti titracione kiselosti ispitivanih uzoraka kafe pržene na 167°C i uzoraka kafe pržene na 175°C, može se konstatovati da uzorak C1 ima statistički značajno manju vrijednost titracione kiselosti od 117,44 u odnosu na uzorke A1 (135,08) i B1 (133,93), a uzorak C2 ima statistički značajno ( $P < 0,05$ ) manju vrijednost titracione kiselosti od 107,44 u odnosu na uzorke A2 (126,96) i B2 (126,22). Na osnovu rezultata može se zaključiti da uzorci Arabika vrste kafe imaju znatno veću titracionu kiselost u odnosu na uzorak Robusta vrste kafe kako za uzorke kafe pržene na 167°C, tako i za uzorke kafe pržene na 175°C, što je uticalo na senzorski kvalitet napitaka pripremljenih od ovih uzoraka. Veću vrijednost titracione kiselosti u Arabika vrsti kafe ustanovili su i Albanese i sar. (2009). Na osnovu rezultata prikazanih u tabeli 5.B.2. uočava se da uzorci pržene kafe A1, B1, C1, A2, B2 i C2 imaju statistički značajno veću

( $P < 0,05$ ) vrijednost titracione kiselosti u odnosu na sirove uzorke kafe. Uzorci pržene kafe A1, B1, C1 imaju statistički značajno veću ( $P < 0,05$ ) vrijednost titracione kiselosti u odnosu na uzorke pržene kafe A2, B2 i C2, što znači da se sa povećanjem temperature prženja, titraciona kiselost smanjuje. Nagli porast titracione kiselosti od sirove do srednje pržene kafe, a zatim manji pad ove vrijednosti u nastavku procesa prženja utvrdili su Balzer (2001) i Rodrigues i sar. (2007).

U sirovim uzorcima Arabika vrste kafe sadržaj hlorogenske kiseline iznosi 5,93% u uzorku Sp1, odnosno 7,45% u uzorku Sp2, što je u skladu sa rezultatima koje navode Gichimu i sar. (2014). Sadržaj hlorogenske kiseline statistički se značajno razlikuje ( $P < 0,05$ ) između uzorka Sp1, uzorka Sp2 i uzorka Sp3. Sadržaj hlorogenske kiseline u uzorcima Arabika vrste kafe pržene na  $167^{\circ}\text{C}$  je 3,89% (A1) i 4,32% (B1), odnosno u uzorcima iste vrste kafe pržene na  $175^{\circ}\text{C}$  je 3,14% (A2) i 3,49% (B2). Najveći sadržaj hlorogenske kiseline utvrđen je u uzorcima Robusta kafe (Sp3=9,36%, C1=5,29% i C3=3,98%), što je u skladu sa podacima koje navode Mussatto i sar. (2011), Belitz i sar. (2009), Farah i sar. (2006) i Gichimu i sar. (2014).

Sadržaj hlorogenske kiseline je statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) u sirovim uzorcima kafe u odnosu na taj sadržaj u prženim uzorcima kafe A1, B1, C1, A2, B2 i C2. Prženi uzorci kafe A1, B1 i C1 imaju statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) sadržaj hlorogenske kiseline u odnosu na pržene uzorke A2, B2 i C2 što znači da sa povećanjem temperature prženja, sadržaj hlorogenske kiseline opada, što je u skladu sa podacima iz literature (Rodrigues i sar., 2007; Ferraz i sar., 2010). S obzirom da hlorogenska kiselina utiče na kiselost napitka kafe (Rodrigues i sar., 2007; Ribeiro i sar., 2010), sadržaj hlorogenske kiseline može se povezati sa senzorskom ocjenom kvaliteta kiselosti u različito prženim uzorcima.

Sadržaj kofeina u uzorku Sp3 (2,81%) je statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) u odnosu na sadržaj kofeina u uzorcima Sp1 (1,84%) i Sp2 (1,86%). Iz tabele 5.A.2 uočava se da uzorak C1 ima statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) sadržaj kofeina od 2,97% u odnosu na uzorke A1 (1,90%) i B1 (1,96%), a uzorak C2 ima statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) sadržaj kofeina od 2,59% u odnosu na uzorke A2 (1,55%) i B2 (1,49%). Na osnovu rezultata može se zaključiti da uzorci Robusta vrste kafe (Sp3, C1 i C2) imaju najveći sadržaj kofeina što je u skladu sa podacima iz literature (Belay i sar., 2008; Belitz i sar., 2009; Mussatto i sar., 2011).

Sadržaj kofeina u prženim uzorcima kafe A1, B1 i C1 je veći u odnosu na sirove uzorke kafe. Sadržaj kofeina u prženim uzorcima kafe A2, B2 i C2 je statistički značajno

manji ( $P < 0,05$ ) u odnosu na sirove uzorke kafe Sp1, Sp2 i Sp3 i pržene uzorke kafe A1, B1 i C1.

Sadržaj proteina u sirovom uzorku Robusta vrste kafe (Sp3) je najveći (13,49%) i statistički se značajno razlikuje ( $P < 0,05$ ) od sadržaja proteina u sirovim uzorcima Arabika vrste kafe (Sp1=11,10% i Sp2=10,36%). Dobijene vrijednosti se dosta dobro slažu sa podacima iz literature prema kojima se sadržaj proteina u sirovim Arabika i Robusta vrstama kafe kreće od 8,5 do 12% (Beliz i sar., 2009; Mussatto i sar., 2011; Sunarharum i sar., 2014). Sadržaj proteina u uzorcima kafe pržene na 167°C kreće se od 13,50 (B1) do 15,05% (C1), a razlike u sadržaju proteina uzorka A1, uzorka B1 i uzorka C1 je statistički značajna ( $P < 0,05$ ). Statistički značajna razlika ( $P < 0,05$ ) u sadržaju proteina konstantovana je i između uzorka A2 (12,74%), uzorka B2 (12,80%) i uzorka C2 (14,57%).

Sadržaj proteina je statistički značajno manji ( $P < 0,05$ ) u uzorcima sirove kafe, što su u svojim istraživanjima ustanovili i Martins i sar. (2009) u odnosu na sadržaj proteina u različito prženim uzorcima kafe. S obzirom da se prilikom prženja zrna kafe postižu visoke temperature, mogle bi se očekivati značajne promjene u sadržaju proteina, međutim tokom procesa prženja dolazi i do formiranja isparljivih komponenti koje sadrže azot, pa se zbog toga sadržaj proteina neznatno mijenja. Rezultati sadržaja azota dobiveni metodom po Kjeldalh – u ne mogu se pripisati samo amino kiselinama i proteinima već i drugim izvorima azota, kao što su kofein i trigonelin na koje otpada 17 do 30% od ukupnog sadržaja azota (Martins i sar., 2009). Uzorci kafe prženi na 167°C (A1, B1, C1) imaju statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) sadržaj proteina u odnosu na uzorke kafe pržene na 175°C (A2, B2, C2). Rezultati su u saglasnosti sa navodima iz literature, gdje se ukazuje da u toku procesa prženja dolazi do degradacije amino kiselina (Buffo i Cardelli-Freire, 2004).

Sadržaj masti u uzorcima Arabika vrste kafe statistički je značajno veći ( $P < 0,05$ ) u odnosu na sadržaj masti u uzorku Robusta vrste kafe, kako u sirovim, tako i u različito prženim uzorcima kafe. Dobijene vrijednosti sadržaja slobodne masti u sirovim uzorcima kafe se veoma dobro slažu sa podacima iz literature (Ferrari i sar., 2010).

Sadržaj slobodne masti je statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) u sirovim uzorcima kafe (16,35, 16,39, 9,49%) u odnosu na sadržaj slobodne masti u uzorcima kafe pržene na 167°C (14,16, 14,41, 7,92%). Uzorci kafe pržene na 175°C imaju statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) sadržaj masti (16,37, 16,35, 9,12%) u odnosu na uzorke kafe pržene na 167°C, što je u skladu sa podacima iz literature (Buffo i Cardelli-Freire, 2004).

Vrijednosti pH sirovih uzoraka kafe su približno iste, iznose oko 5,80. U uzorcima kafe pržene na 167°C vrijednosti pH se kreću od 5,16 do 5,47, a u uzorcima kafe pržene na 175°C vrijednosti pH se kreću od 5,31 do 5,76. U sirovim uzorcima kafe Sp1, Sp2 i Sp3 (Arabika II klasa, Arabika I klasa i Robusta) vrijednost pH je statistički značajno veća ( $P < 0,05$ ) u odnosu na vrijednost pH u uzorcima pržene kafe A1, B1 i C1 i uzorcima pržene kafe A2, B2 i C2. Prženi uzorci kafe A1, B1 i C1 imaju statistički značajno manje ( $P < 0,05$ ) vrijednosti pH u odnosu na uzorke pržene kafe A2, B2 i C2, što znači da se sa povećanjem temperature u procesu prženja uzoraka kafe, vrijednost pH povećava. Vrijednosti pH rastu sa povećanjem stepena prženja zrna kafe (Mwithiga i Jindal, 2007; Vasconcelos i sar., 2007), što se pripisuje opadanju sadržaja hlorogenih kiselina. Rast vrijednosti pH može da promjeni stepen jonizacije hemijskih komponenti i može da poboljša ukus napitka (Dutra i sar., 2001). Na osnovu rezultata prikazanih u tabeli 5.B.2., konstantovano je da su uorci pržene kafe A1, B1 i C1 imali statistički značajno veću ( $P < 0,05$ ) vrijednost titracione kiselosti u odnosu na uzorke pržene kafe A2, B2 i C2, što znači da se sa povećanjem temperature prženja, titraciona kiselost smanjuje. Poređenjem vrijednosti pH i vrijednosti titracione kiselosti može se zaključiti da su ova dva pokazatelja kiselosti različito prženih uzoraka kafe usklađena.

U sirovim uzorcima kafe (Sp1, Sp2 i Sp3), aktivnost vode kreće se od 0,550 do 0,570. U uzorcima kafe pržene na 167°C aktivnost vode kreće se od 0,119 do 0,128, a u uzorcima kafe pržene na 175°C aktivnost vode kreće se od 0,083 do 0,098. Aktivnost vode ( $a_w$ ) je najveća u sirovim uzorcima kafe (Sp1, Sp2 i Sp3), kao što je i očekivano, i statistički se značajno razlikuje ( $P < 0,05$ ) od aktivnosti vode u prženim uzorcima kafe A1, B1, C1, A2, B2 i C2. Uzorci kafe prženi na 167°C imaju statistički značajno veću ( $P < 0,05$ )  $a_w$  vrijednost u odnosu na uzorke kafe pržene na 175°C, odnosno aktivnost vode se smanjuje sa povećanjem temperature prženja, što su ustanovili i drugi autori (Pittia i sar., 2007) i što ukazuje na to da su uzorci sa nižom  $a_w$  vrijednošću manje dostupni djelovanju mikroorganizama koji dovode do kvarenja proizvoda. Kako zrna kafe imaju vrlo higroskopnu matricu, oni lako mogu da upijaju vlagu iz atmosfere tokom skladištenja. Aktivnost vode u prženoj kafi je rezultat početnog sadržaja vlage u sirovim zrnima kafe, stepena prženja, finoće mljevenja i sobnih uslova skladištenja, uključujući vlažnost, temperaturu i pritisak. Mjerenje aktivnosti vode može pružiti dragocjene informacije o kafi u sirovoj, prženoj i pakovanoj formi.

Vrijednost svjetloće boje  $L^*$  u sirovim uzorcima kafe se kreće od 67,08 (Sp2) do 68,30 (Sp3), a razlike između uzoraka sirove kafe su statistički značajne ( $P < 0,05$ ). Uzorci kafe

prženi na 167°C imaju  $L^*$  vrijednost, odnosno svjetloću boje od 42,16 (A1) do 44,21 (C1), a uzorci kafe prženi na 175°C imaju  $L^*$  vrijednost od 40,40 (C2) do 40,81 (B2). Sirovi uzorci kafe (Sp1, Sp2 i Sp3) imaju statistički značajno veću ( $P < 0,05$ )  $L^*$  vrijednost u odnosu na pržene uzorke kafe A1, B1, C1, A2, B2 i C2. Uzorci pržene kafe A1, B1 i C1 imaju statistički značajno veću ( $P < 0,05$ )  $L^*$  vrijednost u odnosu na uzorke pržene kafe A2, B2 i C2.  $L^*$  vrijednost se kreće od 0 za crnu boju do 100 za bijelu boju (Gokmen i sar., 2006) što znači da manje  $L^*$  vrijednosti imaju tamniji uzorci. Mendes i sar. (2001) i Sacchetti i sar. (2009) ustanovili su da se  $L^*$  vrijednost linearno smanjuje sa povećanjem temperature prženja. Sirovi uzorci kafe imaju statistički značajno manju ( $P < 0,05$ )  $a^*$  vrijednost (udio crvene i zelene boje) i statistički značajno veću ( $P < 0,05$ )  $b^*$  vrijednost (udio plave i žute boje) u odnosu na različito pržene uzorke kafe. Uzorci kafe prženi na 167°C imaju statistički značajno veću ( $P < 0,05$ )  $a^*$  i  $b^*$  vrijednost u odnosu na uzorke kafe pržene na 175°C. Dobijeni podaci su u skladu sa literaturnim navodima (Gokmen i sar., 2006).

U tabeli 5.A.3. prikazane su prosječne vrijednosti hemijsko-fizičkih parametara uzoraka mješavina sirove kafe (Sm1, Sm2, Sm3), uzoraka mješavina kafe pržene na 167°C (D1, E1, F1) i uzoraka mješavina kafe pržene na 175°C (D2, E2, F2).

Sadržaj vlage između uzoraka mješavina sirove kafe Sm1, Sm2 i Sm3 se statistički značajno ne razlikuje ( $P > 0,05$ ). Najveći sadržaj vlage utvrđen je u uzorku E1 (1,81%) među uzorcima mješavina kafe pržene na 167°C i statistički se značajno razlikuje od sadržaja vlage u uzorku D1 ( $P < 0,05$ ). Uzorak E2 ima najveći sadržaj vlage (1,14%) među uzorcima mješavina kafe pržene na 175°C i statistički se značajno razlikuje od sadržaja vlage u uzorcima D2 i F2 ( $P < 0,05$ ). Sadržaj vlage je statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) u uzorcima mješavina sirove kafe (Sm1, Sm2 i Sm3) u odnosu na sadržaj vlage u uzorcima mješavina pržene kafe D1, E1, F1, D2, E2 i F2, što je u skladu sa literaturnim podacima (Pittia i sar., 2007; Martins i sar., 2010).

Tabela 5.A.3. Vrijednosti hemijsko-fizičkih parametara uzoraka mješavina sirove kafe (Sm1, Sm2, Sm3), uzoraka mješavina kafe pržene na 167°C (D1, E1, F1) i uzoraka mješavina kafe pržene na 175°C (D2, E2, F2)

Ispitivani parametri		Šifre uzoraka i srednje vrijednosti parametara ± standardna devijacija (n = 5)								
		Sm1	Sm2	Sm3	D1	E1	F1	D2	E2	F2
Sadržaj vlage (%)		8,65 <sup>a</sup> ±0,04	8,60 <sup>a</sup> ±0,03	8,64 <sup>a</sup> ±0,05	1,75 <sup>c</sup> ±0,01	1,81 <sup>b</sup> ±0,01	1,78 <sup>bc</sup> ±0,01	1,09 <sup>e</sup> ±0,01	1,14 <sup>d</sup> ±0,15	1,07 <sup>e</sup> ±0,02
Sadržaj ukupnih rastvorljivih materija (%)		28,93 <sup>a</sup> ±0,06	28,83 <sup>b</sup> ±0,08	28,90 <sup>ab</sup> ±0,10	23,62 <sup>e</sup> ±0,01	23,35 <sup>f</sup> ±0,01	23,58 <sup>e</sup> ±0,02	27,07 <sup>d</sup> ±0,03	27,35 <sup>c</sup> ±0,04	27,38 <sup>c</sup> ±0,02
Sadržaj ukupnog pepela (%)		4,10 <sup>de</sup> ± 0,03	4,07 <sup>e</sup> ±0,05	4,11 <sup>de</sup> ±0,08	4,20 <sup>bc</sup> ±0,02	4,17 <sup>cd</sup> ±0,01	4,19 <sup>bc</sup> ±0,02	4,28 <sup>a</sup> ±0,03	4,25 <sup>ab</sup> ±0,02	4,29 <sup>a</sup> ±0,02
Titraciona kiselost <sup>x</sup>		30,64 <sup>h</sup> ±0,11	30,49 <sup>f</sup> ±0,10	30,32 <sup>g</sup> ±0,08	132,29 <sup>a</sup> ±0,09	132,04 <sup>b</sup> ±0,05	132,00 <sup>b</sup> ±0,07	122,05 <sup>d</sup> ±0,04	122,23 <sup>c</sup> ±0,04	121,90 <sup>e</sup> ±0,10
Sadržaj hlorogenske kiseline (%)		7,32 <sup>b</sup> ±0,02	7,19 <sup>c</sup> ± 0,05	7,43 <sup>a</sup> ±0,05	4,39 <sup>e</sup> ±0,01	4,35 <sup>e</sup> ±0,03	4,49 <sup>d</sup> ±0,07	3,47 <sup>fg</sup> ±0,04	3,43 <sup>g</sup> ±0,04	3,51 <sup>f</sup> ±0,02
Sadržaj kofeina (%)		2,07 <sup>bc</sup> ±0,06	1,99 <sup>c</sup> ±0,05	2,10 <sup>ab</sup> ±0,06	2,18 <sup>a</sup> ±0,01	2,08 <sup>bc</sup> ±0,02	2,19 <sup>a</sup> ±0,01	1,76 <sup>de</sup> ±0,07	1,67 <sup>e</sup> ±0,10	1,78 <sup>d</sup> ±0,06
Sadržaj proteina (%)		11,39 <sup>e</sup> ±0,06	11,27 <sup>e</sup> ±0,11	11,32 <sup>e</sup> ±0,07	14,41 <sup>a</sup> ±0,08	14,19 <sup>b</sup> ±0,10	14,26 <sup>b</sup> ±0,08	13,23 <sup>c</sup> ±0,08	13,05 <sup>d</sup> ±0,07	13,21 <sup>c</sup> ±0,06
Sadržaj slobodne masti (%)		14,72 <sup>c</sup> ±0,05	15,39 <sup>a</sup> ±0,04	14,72 <sup>c</sup> ±0,09	12,76 <sup>f</sup> ±0,02	13,39 <sup>e</sup> ±0,02	12,81 <sup>f</sup> ±0,03	14,61 <sup>d</sup> ±0,01	15,31 <sup>b</sup> ±0,01	14,63 <sup>d</sup> ±0,03
pH		5,81 <sup>a</sup> ±0,01	5,83 <sup>a</sup> ±0,02	5,79 <sup>b</sup> ±0,02	5,26 <sup>f</sup> ±0,01	5,22 <sup>g</sup> ±0,02	5,20 <sup>g</sup> ±0,01	5,47 <sup>d</sup> ±0,01	5,43 <sup>e</sup> ±0,02	5,51 <sup>c</sup> ±0,01
Aktivnost vode (a <sub>w</sub> )		0,557 <sup>a</sup> ±0,08	0,563 <sup>a</sup> ±0,05	0,559 <sup>a</sup> ±0,08	0,125 <sup>b</sup> ±0,09	0,120 <sup>b</sup> ±0,04	0,123 <sup>b</sup> ±0,06	0,094 <sup>c</sup> ±0,05	0,095 <sup>c</sup> ±0,04	0,093 <sup>c</sup> ±0,02
Boja (CIE-Lab)	L*	67,64 <sup>b</sup> ±0,09	67,48 <sup>b</sup> ±0,18	68,22 <sup>a</sup> ±0,10	42,82 <sup>cd</sup> ±0,05	42,69 <sup>d</sup> ±0,27	42,89 <sup>c</sup> ±0,10	40,70 <sup>e</sup> ±0,09	40,83 <sup>e</sup> ±0,08	40,66 <sup>e</sup> ±0,04
	a*	4,08 <sup>d</sup> ±0,09	4,09 <sup>d</sup> ±0,12	4,06 <sup>d</sup> ±0,10	8,24 <sup>a</sup> ±0,04	8,22 <sup>a</sup> ±0,04	8,28 <sup>a</sup> ±0,15	6,97 <sup>c</sup> ±0,10	7,03 <sup>bc</sup> ±0,14	7,11 <sup>b</sup> ±0,05
	b*	12,00 <sup>a</sup> ±0,12	12,05 <sup>a</sup> ±0,10	11,91 <sup>a</sup> ±0,09	5,03 <sup>bc</sup> ±0,11	4,86 <sup>c</sup> ±0,22	5,12 <sup>b</sup> ±0,24	2,53 <sup>d</sup> ±0,13	2,60 <sup>d</sup> ±0,21	2,61 <sup>d</sup> ±0,10

<sup>x</sup> Titraciona kiselost izražava se kao ml 0,1M NaOH potrebnih za neutralizaciju kiselosti 100 g uzorka kafe

<sup>a-h</sup> Srednje vrijednosti sa različitim slovom u istom redu se statistički značajno razlikuju sa 95% vjerovatnoće (P<0,05)

Sadržaj ukupnih rastvorljivih materija se statistički značajno razlikuje ( $P < 0,05$ ) između uzorka Sm1 i uzorka Sm2, između uzorka E1 i uzorka D1 i F1 i između uzorka D2 i uzorka E2 i F2. Sadržaj ukupnih rastvorljivih materija je statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) u uzorcima mješavina sirove kafe u odnosu na sadržaj ukupnih rastvorljivih materija u uzorcima mješavina kafa prženih na različitim temperaturama. Uzorci mješavina pržene kafe D2, E2 i F2 imaju statistički značajno veće ( $P < 0,05$ ) vrijednosti za sadržaj ukupnih rastvorljivih materija u odnosu na uzorke mješavina pržene kafe D1, E1 i F1, što je u skladu sa navodima Albanese i sar. (2009).

Razlike u sadržaju ukupnog pepela između uzorka Sm1, Sm2 i Sm3, zatim između uzorka D1, D2 i D3, kao i između uzorka D2, E2 i F2 nisu statistički značajne ( $P > 0,05$ ). Sadržaj ukupnog pepela je statistički značajno manji ( $P < 0,05$ ) u uzorcima mješavina sirove kafe u odnosu na taj sadržaj u uzorcima mješavina kafa prženih na različitim temperaturama. Uzorci mješavina pržene kafe D2, E2 i F2 imaju statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) sadržaj ukupnog pepela u odnosu na uzorke mješavina pržene kafe D1, E1 i F1.

Na osnovu dobijenih rezultata hemijske analize, može se konstatovati da svi ispitivani uzorci mješavina kafe Arabike II klasa, Arabike I klasa i Robuste imaju odgovarajući sadržaj vode, ukupnih rastvorljivih materija i ukupnog pepela, koji odgovaraju sadržajima propisanim u Pravilnicima („Službeni glasnik BiH“, broj 72/2011 i „Službeni Glasnik RS“, broj 54/2012).

Iz rezultata hemijske analize vidi se da uzorci mješavina kafe pržene na  $167^{\circ}\text{C}$  imaju statistički značajno veću ( $P < 0,05$ ) vrijednost titracione kiselosti u odnosu na uzorke mješavina sirove kafe i u odnosu na uzorke mješavina kafe pržene na  $175^{\circ}\text{C}$  što je u skladu sa rezultatima koje navode Balzer (2001) i Rodrigues i sar. (2007).

Sadržaj hlorogenske kiseline je statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) u uzorcima mješavina sirove kafe u odnosu na sadržaj hlorogenske kiseline u uzorcima mješavina različito pržene kafe, što je u skladu sa literaturnim podacima (Rodrigues i sar., 2007; Ferraz i sar. 2010). Prženi uzorci mješavina kafe D1, E1 i F1 imaju statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) sadržaj ove kiseline u odnosu na uzorke D2, E2 i F2.

Sadržaj kofeina je najveći u uzorcima mješavina kafe pržene na  $167^{\circ}\text{C}$ , sa statistički značajnom razlikom ( $P < 0,05$ ) u odnosu na sadržaj kofeina u uzorcima mješavina kafe pržene na  $175^{\circ}\text{C}$  u kojima je najmanji, što potvrđuju i rezultati drugih autora (Vignoli i sar., 2011). Uzorak E2 ima statistički značajno manji ( $P < 0,05$ ) sadržaj kofeina (1,67%) u odnosu na uzorke D2 (1,76%) i F2 (1,78%).



Sadržaj proteina u uzorcima mješavina sirove kafe Sm1 (11,39%), Sm2 (11,27%) i Sm3 (11,32%) se statistički značajno ne razlikuje ( $P > 0,05$ ). Najveći sadržaj proteina među uzorcima mješavina D1, E1 i F1 ima uzorak D1 (14,41%) i statistički se značajno razlikuje ( $P < 0,05$ ) od uzoraka E1 i F1. Najveći sadržaj proteina među uzorcima mješavina D2, E2 i F2 ima uzorak D2 (13,23%) i statistički se značajno razlikuje ( $P < 0,05$ ) od uzorka E2 sa najmanjim sadržajem proteina (13,05%). Sadržaj proteina je statistički značajno manji ( $P < 0,05$ ) u uzorcima mješavina sirove kafe u odnosu na sadržaj proteina u uzorcima mješavina različito pržene kafe. Uzorci mješavina kafe pržene na  $167^{\circ}\text{C}$  imaju statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) sadržaj proteina u odnosu na uzorke mješavina kafe pržene na  $175^{\circ}\text{C}$ , što je u skladu sa podacima iz literature (Buffo i Cardelli-Freire, 2004).

Sadržaj slobodne masti je statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) u uzorcima mješavina sirove kafe u odnosu na sadržaj slobodne masti u uzorcima mješavina različito pržene kafe. Uzorci mješavina D2, E2 i F2 imaju statistički značajno veće ( $P < 0,05$ ) vrijednosti slobodne masti u odnosu na uzorke mješavina D1, E1 i F1.

Vrijednosti pH u uzorcima mješavina sirove kafe Sm1, Sm2 i Sm3 su statistički značajno veće ( $P < 0,05$ ) u odnosu na vrijednosti pH u uzorcima mješavina različito pržene kafe D1, E1, F1, D2, E2 i F2. Uzorci mješavina D1 (5,26), E1 (5,22) i F1 (5,20) imaju statistički značajno manje ( $P < 0,05$ ) vrijednosti pH u odnosu na uzorke mješavina D2 (5,47), E2 (5,43) i F2 (5,51). Dobijeni rezultati vrijednosti pH su u skladu sa podacima iz literature (Mwithiga i Jindal, 2007; Vasconcelos i sar., 2007; Fujioka i sar., 2008) i u skladu su sa vrijednostima titracione kiselosti uzoraka mješavina različito prženih kafa.

Aktivnost vode je najveća u uzorcima mješavina sirove kafe (Sm1, Sm2 i Sm3) i statistički se značajno razlikuje ( $P < 0,05$ ) od aktivnosti vode u uzorcima mješavina D1, E1, F1, D2, E2 i F2. Uzorci mješavina D1, E1 i F1 imaju statistički značajno veću ( $P < 0,05$ )  $a_w$  vrijednost u odnosu na uzorke mješavina D2, E2 i F2, odnosno aktivnost vode se smanjuje sa povećanjem temperature prženja što su potvrdili i Pittia i sar. (2007).

Uzorci mješavina sirove kafe (Sm1, Sm2 i Sm3) imaju statistički značajno veću ( $P < 0,05$ )  $L^*$  vrijednost u odnosu na uzorke mješavina D1, E1, F1, D2, E2 i F2. Uzorci mješavina D1, E1, F1 imaju statistički značajno veću ( $P < 0,05$ )  $L^*$  vrijednost u odnosu na uzorke mješavina D2, E2 i F2, što je u skladu sa podacima iz literature (Mendes i sar., 2001; Gokmen i sar., 2006; Sacchetti i sar., 2009). Uzorci mješavina sirove kafe imaju statistički značajno manju ( $P < 0,05$ )  $a^*$  vrijednost i statistički značajno veću ( $P < 0,05$ )  $b^*$  vrijednost u odnosu na uzorke mješavina različito pržene kafe. Uzorci mješavina D1, E1, F1 imaju

statistički značajno veću ( $P < 0,05$ )  $a^*$  i  $b^*$  vrijednost u odnosu na uzorke mješavina D2, E2 i F2, što potvrđuju i rezultati Gokmen i sar. (2006).

U tabeli 5.A.4. prikazane su vrijednosti hemijsko-fizičkih parametara uzoraka sirove kafe pojedinačnih vrsta (Sp4, Sp5, Sp6) i uzoraka kafe pržene na  $171^{\circ}\text{C}$  (J1, K1, L1).

Sadržaj vlage je najveći u uzorku Sp4 (9,20%) i statistički se značajno razlikuje ( $P < 0,05$ ) u odnosu na sadržaj vlage u uzorcima Sp5 (7,69%) i Sp6 (7,79%). Uzorci kafe pržene na  $171^{\circ}\text{C}$  imaju statistički značajno različit sadržaj vlage ( $P < 0,05$ ), najveći je u uzorku J1 (1,31%), a najmanji u uzorku L1 (0,96%). Sadržaj vlage je statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) u uzorcima sirove kafe pojedinačnih vrsta u odnosu na sadržaj vlage u uzorcima kafe pržene na  $171^{\circ}\text{C}$ , što je u skladu sa ispitivanjima navedenim u radovima Pittia i sar. (2007) i Martins i sar. (2010).

Sadržaj ukupnih rastvorljivih materija u uzorcima sirove kafe pojedinačnih vrsta kreće se od 29,16% (Sp5) do 31,57% (Sp6), a u uzorcima kafe pržene na  $171^{\circ}\text{C}$  od 24,38% (K1) do 27,42% (L1). Statistički značajna razlika ( $P < 0,05$ ) u sadržaju ukupnih rastvorljivih materija utvrđena je između uzoraka Sp4, Sp5 i Sp6, kao i između uzorka L1 i uzoraka J1 i K1. U skladu sa literaturnim podacima (Albanese i sar. 2009), najveći sadržaj ukupnih rastvorljivih materija imaju uzorci Robusta vrste kafe (Sp6 i L1). Uzorci sirove kafe Sp4, Sp5, Sp6 imaju statistički značajno ( $P < 0,05$ ) veći sadržaj ukupnih rastvorljivih materija u odnosu na pržene uzorka kafe J1, K1, L1.

Tabela 5.A.4. Vrijednosti hemijsko-fizičkih parametara uzoraka sirove kafe pojedinačnih vrsta (Sp4, Sp5, Sp6) i uzoraka kafe pržene na 171°C (J1, K1, L1)

Ispitivani parametri	Šifre uzoraka i srednje vrijednosti parametara ± standardna devijacija (n = 5)						
	Sp4	Sp5	Sp6	J1	K1	L1	
Sadržaj vlage (%)	9,20 <sup>a</sup> ±0,03	7,69 <sup>c</sup> ±0,03	7,79 <sup>b</sup> ±0,05	1,31 <sup>d</sup> ±0,01	1,19 <sup>e</sup> ±0,03	0,96 <sup>f</sup> ±0,05	
Sadržaj ukupnih rastvorljivih materija (%)	29,54 <sup>b</sup> ±0,05	29,16 <sup>c</sup> ±0,03	31,57 <sup>a</sup> ±0,04	24,43 <sup>e</sup> ±0,05	24,38 <sup>e</sup> ±0,07	27,42 <sup>d</sup> ±0,03	
Sadržaj ukupnog pepela (%)	4,03 <sup>c</sup> ±0,04	3,88 <sup>e</sup> ±0,07	4,26 <sup>b</sup> ±0,01	4,35 <sup>a</sup> ±0,05	4,10 <sup>c</sup> ±0,04	4,43 <sup>a</sup> ±0,04	
Titraciona kiselost <sup>x</sup>	29,58 <sup>d</sup> ±0,02	29,47 <sup>d</sup> ±0,07	25,22 <sup>e</sup> ±0,08	126,77 <sup>b</sup> ±0,03	129,89 <sup>a</sup> ±0,10	122,96 <sup>c</sup> ±0,08	
Sadržaj hlorogenske kiseline (%)	6,96 <sup>b</sup> ±0,05	6,70 <sup>c</sup> ±0,03	8,91 <sup>a</sup> ±0,03	3,45 <sup>f</sup> ±0,04	3,59 <sup>e</sup> ±0,04	5,17 <sup>d</sup> ±0,03	
Sadržaj kofeina (%)	1,89 <sup>c</sup> ±0,08	1,92 <sup>c</sup> ±0,10	2,88 <sup>a</sup> ±0,06	2,11 <sup>b</sup> ±0,05	2,15 <sup>b</sup> ±0,05	3,03 <sup>a</sup> ±0,15	
Sadržaj proteina (%)	10,69 <sup>f</sup> ±0,06	10,79 <sup>e</sup> ±0,02	14,40 <sup>b</sup> ±0,04	13,96 <sup>c</sup> ±0,03	13,06 <sup>d</sup> ±0,01	14,80 <sup>a</sup> ±0,01	
Sadržaj slobodne masti (%)	16,94 <sup>a</sup> ±0,10	16,83 <sup>b</sup> ±0,09	10,04 <sup>e</sup> ±0,02	14,82 <sup>d</sup> ±0,02	15,63 <sup>c</sup> ±0,04	8,85 <sup>f</sup> ±0,03	
pH	5,85 <sup>a</sup> ±0,01	5,83 <sup>b</sup> ±0,01	5,82 <sup>c</sup> ±0,00	5,42 <sup>c</sup> ±0,01	5,28 <sup>f</sup> ±0,01	5,50 <sup>d</sup> ±0,01	
Aktivnost vode (a <sub>w</sub> )	0,586 <sup>a</sup> ±0,05	0,505 <sup>b</sup> ±0,06	0,512 <sup>b</sup> ±0,08	0,105 <sup>c</sup> ±0,08	0,098 <sup>c</sup> ±0,07	0,096 <sup>c</sup> ±0,03	
Boja (CIE-Lab)	L*	68,24 <sup>b</sup> ±0,07	66,59 <sup>c</sup> ±0,11	70,53 <sup>a</sup> ±0,10	42,04 <sup>e</sup> ±0,16	41,70 <sup>f</sup> ±0,04	42,72 <sup>d</sup> ±0,11
	a*	3,84 <sup>a</sup> ±0,11	3,90 <sup>c</sup> ±0,02	3,01 <sup>d</sup> ±0,07	7,75 <sup>b</sup> ±0,10	7,82 <sup>b</sup> ±0,09	8,41 <sup>a</sup> ±0,03
	b*	9,82 <sup>a</sup> ±0,08	9,56 <sup>b</sup> ±0,13	9,70 <sup>ab</sup> ±0,03	4,10 <sup>e</sup> ±0,15	4,40 <sup>d</sup> ±0,13	6,11 <sup>c</sup> ±0,20

<sup>x</sup> Titraciona kiselost izražava se kao ml 0,1M NaOH potrebnih za neutralizaciju kiselosti 100 g uzorka kafe

<sup>a-f</sup> Srednje vrijednosti sa različitim slovom u istom redu se statistički značajno razlikuju sa 95% vjerovatnoće (P<0,05)

Sadržaj ukupnog pepela je statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) u uzorku sirove kafe Robusta Sp6 (4,26%) u odnosu na uzorke sirove kafe Arabike II klasa Sp4 (4,03%) i sirove kafe Arabike I klasa Sp5 (3,88%). Uzorak pržene kafe Arabike I klasa K1 ima statistički značajno manji ( $P < 0,05$ ) sadržaj ukupnog pepela (4,10%) u odnosu na uzorke pržene kafe Arabika II klasa J1 (4,35%) i pržene kafe Robuste L1 (4,43%). Sadržaj ukupnog pepela u uzorcima kafe pržene na  $171^{\circ}\text{C}$  je statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) u odnosu na uzorke sirove kafe pojedinačnih vrsta.

Na osnovu dobijenih rezultata hemijske analize, može se zaključiti da ispitivani uzorci kafe Sp4, Sp5, Sp6, J1, K1 i L1 imaju odgovarajući sadržaj vlage, ukupnih rastvorljivih materija i ukupnog pepela, koji odgovaraju vrijednostima propisanim u Pravilnicima („Službeni glasnik BiH“, broj 72/2011 i „Službeni Glasnik RS“, broj 54/2012).

Titraciona kiselost u uzorcima Sp4 (29,58) i Sp5 (29,47) se statistički značajno ne razlikuje ( $P > 0,05$ ). Uzorak Sp6 ima statistički značajno najmanju ( $P > 0,05$ ) titracionu kiselost (25,22). Uzorak pržene kafe Arabike I klasa K1 ima statistički značajno veću ( $P < 0,05$ ) titracionu kiselost (129,89) u odnosu na uzorke pržene kafe Arabike II klasa J1 (126,77) i pržene kafe Robuste K1 (122,96). Uzorci kafe prženi na  $171^{\circ}\text{C}$  imaju statistički značajno veću ( $P < 0,05$ ) titracionu kiselost u odnosu na uzorke sirove kafe, što je u skladu sa podacima iz literature (Balzer, 2001; Rodrigues i sar., 2007).

Sadržaj hlorogenske kiseline od 6,96, 6,70 i 8,91% u sirovim uzorcima kafe Sp4, Sp5 i Sp6 statistički značajno se razlikuje ( $P < 0,05$ ). Najveći sadržaj hlorogenske kiseline statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) utvrđen je u uzorku pržene kafe Robusta vrste L1 (5,17%) u odnosu na uzorke pržene kafe Arabike II i I klasa J1 (3,45%) i K1 (3,59%). Rezultati sadržaja hlorogenske kiseline u ispitivanim uzorcima pržene kafe su u skladu sa podacima iz literature (Farah i sar., 2006; Belitz i sar., 2009; Mussatto i sar., 2011; Gichimu i sar., 2014). Sadržaj hlorogenske kiseline je statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) u uzorcima sirove kafe Sp4, Sp5 i Sp6 u odnosu na sadržaj hlorogenske kiseline u prženim uzorcima kafe J1, K1 i L1, što potvrđuju rezultati drugih autora (Rodrigues i sar., 2007; Ferraz i sar. 2010).

U uzorcima sirove Arabika vrste kafe sadržaj kofeina se kreće od 1,89% (Sp1) do 1,92% (Sp2), a u uzorku sirove Robusta vrste kafe (Sp3) sadržaj kofeina je 2,88%. Dobijene vrijednosti su u rasponu objavljenom u literaturi za sadržaj kofeina u Arabika vrsti kafe od 0,6 do 1,9% (Franca i sar., 2005; Belay i sar., 2008) i za sadržaj kofeina u Robusta vrsti kafe od 1,7 do 4,0% (Beliz i sar., 2009). Statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) sadržaj kofeina utvrđen je u uzorku pržene kafe Robuste L1 (3,03%) u odnosu na uzorke pržene Arabike J1 (2,11%) i

K1 (2,15%). Sadržaj kofeina u uzorcima pržene kafe J1, K1 i L1 je veći u odnosu na sirove uzorke kafe Sp4, Sp5 i Sp6. Razlika u sadržaju kofeina između uzorka Sp4 i uzorka J1 između uzorka Sp5 i K1 je statistički značajna ( $P < 0,05$ ), a razlika između uzorka Sp6 i uzorka C1 nije statistički značajna ( $P > 0,05$ ). Poređenjem sadržaja kofeina u različito prženim uzorcima, može se zaključiti da uzorci kafe prženi na  $171^{\circ}\text{C}$  imaju najveći, a uzorci kafe pržene na  $175^{\circ}\text{C}$  imaju najmanji sadržaj kofeina. Do istih rezultata su došli Vignoli i sar. (2011).

Sadržaj proteina je najveći u uzorku sirove Robusta vrste kafe (Sp6=14,40%) i statistički se značajno razlikuje ( $P < 0,05$ ) od sadržaja proteina u uzorcima sirove Arabika vrste kafe (Sp4=10,69% i Sp5=10,79%) što potvrđuju i rezultati drugih autora (Beliz i sar., 2009; Mussatto i sar., 2011). Razlika u sadržaju proteina između uzorka kafe J1 (13,96%), K1 (13,06%) i L1 (14,80%) pržene na  $171^{\circ}\text{C}$  je statistički značajna ( $P < 0,05$ ). Sadržaj proteina je statistički značajno manji ( $P < 0,05$ ) u uzorcima sirove kafe pojedinačnih vrsta, što navode i Martins i sar. (2009) u odnosu na sadržaj proteina u uzorcima kafe pržene na  $171^{\circ}\text{C}$ .

Sadržaj slobodne masti statistički se značajno razlikuje ( $P < 0,05$ ) između uzoraka Sp4 (16,94%), Sp5 (16,83%) i Sp6 (10,04%). Razlika u sadržaju slobodne masti je statistički značajna ( $P < 0,05$ ) između uzorka kafe pržene na  $171^{\circ}\text{C}$ . Sadržaj slobodne masti u prženim uzorcima J1, K1 i L1 je statistički značajno manji ( $P < 0,05$ ) u odnosu na sadržaj masti u sirovim uzorcima kafe Sp4, Sp5 i Sp6.

Vrijednosti pH u uzorcima sirove kafe Sp4, Sp5 i Sp6 (5,85, 5,83 i 5,82) su statistički značajno veće ( $P < 0,05$ ) u odnosu na vrijednosti pH prženih uzoraka kafe J1, K1 i L1 (5,42, 5,28 i 5,50). Poređenjem vrijednosti pH i titracione kiselosti može se zaključiti da su ova dva pokazatelja kiselosti uzoraka kafe pržene na  $171^{\circ}\text{C}$  usklađena.

U sirovim uzorcima kafe (Sp4, Sp5 i Sp6), aktivnost vode se kreće od 0,505 do 0,586, a u uzorcima kafe pržene na  $171^{\circ}\text{C}$  aktivnost vode se kreće od 0,096 do 0,105. Aktivnosti vode ( $a_w$ ) je statistički značajno veća ( $P < 0,05$ ) u sirovim uzorcima kafe (Sp4, Sp5 i Sp6) u odnosu na aktivnosti vode u prženim uzorcima kafe (J1, K1 i L1), što je u skladu sa literaturnim podacima (Pittia i sar., 2007). Na osnovu rezultata  $a_w$  vrijednosti izmjerenih u različito prženim pojedinačnim uzorcima kafe (tabele 5.A.3. i 5.A.4.) može se zaključiti da uzorci kafe pržene na  $175^{\circ}\text{C}$  imaju znatno manju  $a_w$  vrijednost što znači da su ovi uzorci najstabilniji, odnosno najmanje podložni procesu kvarenja.

Vrijednosti svjetloće boje  $L^*$  u sirovim uzorcima kafe se statistički značajno razlikuju ( $P < 0,05$ ) i kreću su se od 66,59 do 70,53. Statistički značajna razlika ( $P < 0,05$ ) u svjetloći boje

utvrđena je i između uzoraka kafe pržene na 171 °C. Sirovi uzorci kafe Sp4, Sp5 i Sp6, imaju statistički značajno veće ( $P < 0,05$ )  $L^*$  vrijednosti u odnosu na uzorake pržene kafe J1, K1 i L1, što znači da  $L^*$  vrijednost opada sa povećanjem temperature (Mendes i sar., 2001; Gokmen i sar., 2006; Sacchetti i sar., 2009). Uzorci sirove kafe imaju statistički značajno manju ( $P < 0,05$ )  $a^*$  vrijednost (udio crvene i zelene boje) i statistički značajno veću ( $P < 0,05$ )  $b^*$  vrijednost (udio žute i plave boje) u odnosu na uzorake pržene kafe. Dobijeni podaci su u skladu sa literaturom (Gokmen i sar., 2006).

U tabeli 5.A.5. prikazane su vrijednosti hemijsko-fizičkih parametara uzoraka mješavina sirove kafe (Sm4, Sm5, Sm6) i uzoraka mješavina kafe pržene na 171°C (M1, N1, O1).

Sadržaj vlage u uzoraku Sm4 (8,29%) je statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) od sadržaja vlage u uzorcima Sm5 (8,20%) i Sm6 (8,18%). Razlike u sadržaju vlage između uzoraka mješavina kafe pržene na 171°C (M1, N1 i O1) nisu statistički značajne ( $P > 0,05$ ). Sadržaj vlage je statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) u uzorcima mješavina sirove kafe u odnosu na sadržaj vlage u uzorcima mješavina kafe pržene na 171°C, što je u skladu sa rezultatima koje navode Pittia i sar. (2007) i Martins i sar. (2010).

Tabela 5.A.5. Vrijednosti hemijsko-fizičkih parametara uzoraka mješavina sirove kafe (Sm4, Sm5, Sm6) i uzoraka mješavina kafe pržene na 171°C (M1, N1, O1)

Ispitivani parametri	Šifre uzoraka i srednje vrijednosti parametara ± standardna devijacija (n = 5)						
	Sm4	Sm5	Sm6	M1	N1	O1	
Sadržaj vlage (%)	8,29 <sup>a</sup> ±0,02	8,20 <sup>b</sup> ±0,06	8,18 <sup>b</sup> ±0,07	1,18 <sup>c</sup> ±0,03	1,20 <sup>c</sup> ±0,02	1,17 <sup>c</sup> ±0,02	
Sadržaj ukupnih rastvorljivih materija (%)	29,89 <sup>a</sup> ±0,02	29,60 <sup>b</sup> ±0,02	29,86 <sup>a</sup> ±0,03	25,12 <sup>d</sup> ±0,03	24,85 <sup>e</sup> ±0,03	25,18 <sup>c</sup> ±0,02	
Sadržaj ukupnog pepela (%)	4,03 <sup>a</sup> ±0,04	3,99 <sup>a</sup> ±0,07	4,02 <sup>a</sup> ±0,07	4,30 <sup>b</sup> ±0,02	4,24 <sup>b</sup> ±0,01	4,27 <sup>b</sup> ±0,01	
Titraciona kiselost <sup>x</sup>	28,49 <sup>d</sup> ±0,09	28,90 <sup>c</sup> ±0,06	28,48 <sup>d</sup> ±0,08	127,76 <sup>b</sup> ±0,02	128,86 <sup>a</sup> ±0,09	127,81 <sup>b</sup> ±0,01	
Sadržaj hlorogenske kiseline (%)	7,34 <sup>a</sup> ±0,04	7,08 <sup>b</sup> ±0,06	7,29 <sup>a</sup> ±0,06	3,97 <sup>c</sup> ±0,03	3,77 <sup>d</sup> ±0,03	4,01 <sup>c</sup> ±0,05	
Sadržaj kofeina (%)	2,16 <sup>b</sup> ±0,06	2,08 <sup>b</sup> ±0,06	2,12 <sup>b</sup> ±0,04	2,35 <sup>a</sup> ±0,09	2,29 <sup>a</sup> ±0,06	2,38 <sup>a</sup> ±0,08	
Sadržaj proteina (%)	11,62 <sup>c</sup> ±0,09	11,44 <sup>d</sup> ±0,06	11,65 <sup>c</sup> ±0,04	13,82 <sup>a</sup> ±0,08	13,79 <sup>a</sup> ±0,04	13,90 <sup>b</sup> ±0,06	
Sadržaj slobodne masti (%)	15,25 <sup>b</sup> ±0,07	15,90 <sup>a</sup> ±0,09	15,23 <sup>b</sup> ±0,08	13,69 <sup>d</sup> ±0,02	14,37 <sup>c</sup> ±0,03	13,75 <sup>d</sup> ±0,03	
pH	5,84 <sup>a</sup> ±0,06	5,83 <sup>a</sup> ±0,03	5,84 <sup>a</sup> ±0,03	5,40 <sup>b</sup> ±0,01	5,35 <sup>c</sup> ±0,01	5,38 <sup>bc</sup> ±0,09	
Aktivnost vode (a <sub>w</sub> )	0,540 <sup>a</sup> ±0,07	0,535 <sup>a</sup> ±0,09	0,531 <sup>a</sup> ±0,06	0,100 <sup>b</sup> ±0,01	0,102 <sup>b</sup> ±0,03	0,098 <sup>b</sup> ±0,06	
Boja (CIE-Lab)	L*	67,47 <sup>a</sup> ±0,11	64,38 <sup>c</sup> ±0,14	65,07 <sup>b</sup> ±0,07	42,02 <sup>e</sup> ±0,09	42,38 <sup>d</sup> ±0,11	42,48 <sup>d</sup> ±0,06
	a*	3,66 <sup>b</sup> ±0,04	3,70 <sup>b</sup> ±0,05	3,60 <sup>b</sup> ±0,03	7,97 <sup>a</sup> ±0,11	7,94 <sup>a</sup> ±0,12	8,01 <sup>a</sup> ±0,10
	b*	9,75 <sup>a</sup> ±0,12	9,69 <sup>a</sup> ±0,15	9,71 <sup>a</sup> ±0,08	4,57 <sup>a</sup> ±0,11	3,39 <sup>c</sup> ±0,11	4,56 <sup>a</sup> ±0,08

<sup>x</sup> Titraciona kiselost izražava se kao ml 0,1M NaOH potrebnih za neutralizaciju kiselosti 100 g uzorka kafe

<sup>a-d</sup> Srednje vrijednosti sa različitim slovom u istom redu se statistički značajno razlikuju sa 95% vjerovatnoće (P<0,05)

Sadržaj ukupnih rastvorljivih materija u uzorku Sm5 (29,60%) je statistički značajno manji ( $P < 0,05$ ) od sadržaja ukupnih rastvorljivih materija u uzorcima Sm4 (29,89%) i Sm6 (29,86%). Razlike u sadržaju ukupnih rastvorljivih materija između uzoraka mješavina pržene kafe M1, N1 i O1 su statistički značajne ( $P < 0,05$ ) i kreće se od 24,85 do 25,18%. Sadržaj ukupnih rastvorljivih materija je statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) u uzorcima mješavina sirove kafe u odnosu na uzorke mješavina kafe pržene na 171°C.

Sadržaj ukupnog pepela je statistički značajno manji ( $P < 0,05$ ) u uzorcima mješavina sirove kafe (3,99 – 4,03%) u odnosu na sadržaj ukupnog pepela u uzorcima mješavina pržene kafe (4,24 – 4,30%).

Dobijeni rezultati hemijskih analiza sadržaja vlage, ukupnih rastvorljivih materija i ukupnog pepela ispitivanih uzoraka mješavina Sm4, Sm5, Sm6, M1, N1 i O1, odgovaraju zahtjevima propisanim Pravilnicima („Službeni glasnik BiH“, broj 72/2011 i „Službeni Glasnik RS“, broj 54/2012).

Titraciona kiselost u sirovim uzorcima mješavina kreće se od 28,48 u uzorku (Sm6) do 28,90 u uzorku Sm5. Uzorak mješavine pržene kafe N1 ima najveću titracionu kiselost (128,86), statistički značajno veću ( $P < 0,05$ ) od uzoraka mješavina pržene kafe M1 i O1. Titraciona kiselost uzoraka mješavina kafe pržene na 171°C je statistički značajno veća ( $P < 0,05$ ) u odnosu na uzorke mješavina sirove kafe, što je u skladu sa podacima iz literature (Balzer, 2001; Rodrigues i sar., 2007).

Sadržaj hlorogenske kiseline u uzorku mješavine sirove kafe Sm5 (7,08%) je statistički značajno manji ( $P < 0,05$ ) u odnosu na sadržaj hlorogenske kiseline u uzorcima Sm4 (7,34%) i Sm6 (7,29%). Uzorak mješavine pržene kafe N1 (3,77%) ima statistički značajno manji ( $P < 0,05$ ) sadržaj hlorogenske kiseline u odnosu na uzorke mješavine pržene kafe M1 (3,97%) i O1 (4,01%).

Sadržaj kofeina u uzorcima mješavina sirove kafe kretao se od 2,08 do 2,16% i statistički je značajno manji ( $P < 0,05$ ) u odnosu na sadržaj kofeina u uzorcima mješavina kafe pržene na 171°C. Razlike u sadržaju kofeina između uzoraka M1, N1 i O1 nisu statistički značajne ( $P > 0,05$ ). Najveći sadržaj kofeina utvrđen je u uzorku O1 (2,38%), a najmanji u uzorku N1 (2,29%).

Najmanji sadržaj proteina među uzorcima mješavina sirove kafe utvrđen je u uzorku Sm5 (11,44%) i statistički se značajno razlikuje ( $P < 0,05$ ) od sadržaja proteina u uzorcima Sm4 (11,62%) i Sm6 (11,65%). Najveći sadržaj proteina 13,90% utvrđen je u uzorku O1 i statistički značajno je veći ( $P < 0,05$ ) od sadržaja proteina u uzorku M1 (13,82%) i uzorku N1



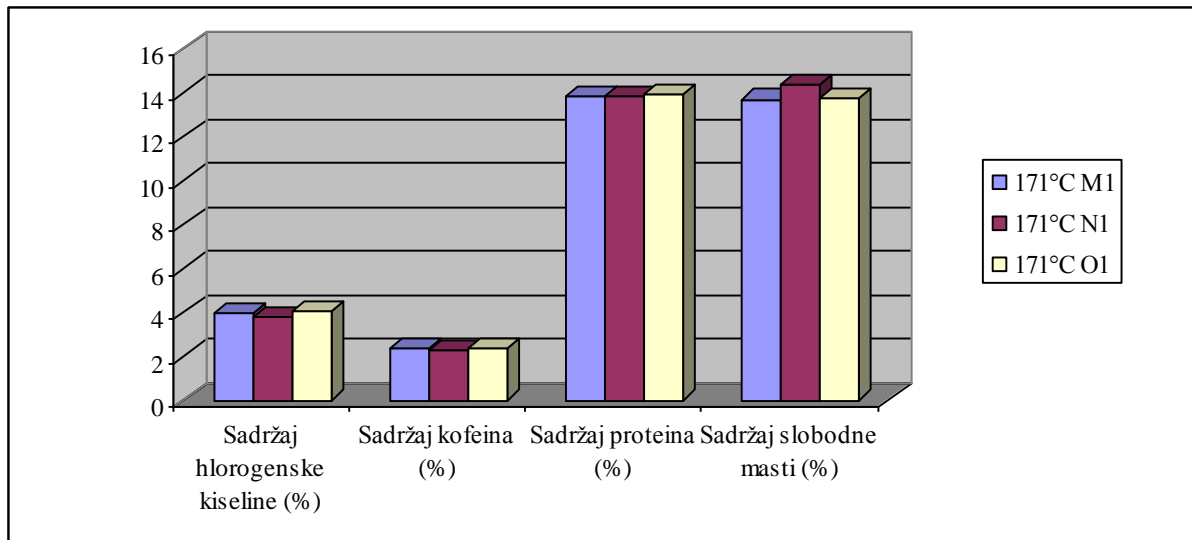
(13,79%). Sadržaj proteina je statistički značajno manji ( $P < 0,05$ ) u uzorcima mješavina sirove kafe u odnosu na uzorke mješavina pržene kafe.

Sadržaj slobodne masti je statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) u uzorku mješavine sirove kafe Sm5 (15,90%) u odnosu na sadržaj slobodne masti u uzorcima Sm4 i Sm6 (oko 15,24%). Statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) sadržaj masti utvrđen je u uzorku mješavine pržene kafe N1 (14,37%) u odnosu na sadržaj slobodne masti u uzorcima M1 (13,69%) i O1 (13,75%).

Vrijednosti pH u uzorcima mješavina sirove kafe Sm4, Sm5 i Sm6 (oko 5,84) su statistički značajno veće ( $P < 0,05$ ) u odnosu na vrijednosti pH u uzorcima mješavina pržene kafe M1, N1 i O1 (oko 5,38). Dobijeni rezultati vrijednosti pH su u skladu sa podacima iz literature (Mwithiga i Jindal, 2007; Vasconcelos i sar., 2007; Fujioka i sar., 2008) i u skladu su sa vrijednostima titracione kiselosti uzoraka mješavina pržene kafe.

Aktivnost vode u uzorcima mješavina sirove kafe Sm4, Sm5 i Sm6 je statistički značajno veća ( $P < 0,05$ ) u odnosu na uzorke mješavina pržene kafe M1, N1 i O1, što je u skladu sa literaturnim podacima (Pittia i sar., 2007).

Vrijednosti svjetloće boje  $L^*$  u uzorcima mješavina sirove kafe Sm4, Sm5 i Sm6 su se kretale od 64,38 do 67,47, a u uzorcima mješavina pržene kafe M1, N1 i O1 od 42,02 do 42,48. Uzorci mješavina sirove kafe imaju statistički značajno veće ( $P < 0,05$ )  $L^*$  vrijednosti u odnosu na uzorke mješavina kafe pržene na 171°C. Uzorci mješavina sirove kafe imaju statistički značajno manje ( $P < 0,05$ )  $a^*$  vrijednosti i statistički značajno veće ( $P < 0,05$ )  $b^*$  vrijednosti u odnosu na uzorke mješavina pržene kafe, što je u skladu sa istraživanjima koja navode autori Mendes i sar., 2001; Gokmen i sar., 2006 i Sacchetti i sar., 2009. Na grafiku 5.A.1. dat je komparativni prikaz sadržaja hlorogenske kiseline, kofeina, proteina i slobodne masti u uzorcima mješavina kafe pržene na 171°C.



Odnosi kafa u mješavinama:

M1 = Arabika II klasa : Arabika I klasa : Robusta = 38% : 38% : 24%

N1 = Arabika II klasa : Arabika I klasa : Robusta = 34,28% : 51,42% : 14,30%

O1 = Arabika II klasa : Arabika I klasa : Robusta = 30,40% : 45,60% : 24%

Grafik 5.A.1. Komparativni prikaz sadržaja hlorogenske kiseline, kofeina, proteina i slobodne masti u uzorcima mješavina kafe pržene na 171°C

U tabeli 5.A.6. dat je prikaz sadržaja masnih kiselina uzoraka pržene kafe proizvedene prema proizvođačkoj specifikaciji (A0, B0, C0).

Tabela 5.A.6. Sadržaj masnih kiselina u uzorcima pržene kafe proizvedene prema proizvođačkoj specifikaciji (A0, B0, C0)

Masne kiseline	Šifre uzoraka i srednje vrijednosti masnih kiselina ± standardna devijacija (n = 3)		
	A0	B0	C0
Palmitinska (%)	33,10 <sup>a</sup> ±0,03	32,98 <sup>a</sup> ±0,30	32,88 <sup>a</sup> ±0,11
Stearinska (%)	7,05 <sup>a</sup> ±0,08	7,01 <sup>a</sup> ±0,02	6,90 <sup>b</sup> ±0,05
Arahidinska (%)	2,13 <sup>a</sup> ±0,02	2,06 <sup>b</sup> ±0,04	2,04 <sup>b</sup> ±0,02
Beheninska (%)	0,56 <sup>a</sup> ±0,01	0,49 <sup>b</sup> ±0,02	0,53 <sup>a</sup> ±0,02
<i>Ukupno zasićenih masnih kiselina (%)</i>	42,84±0,04	42,54±0,09	42,35±0,05
Oleinska (%)	7,67 <sup>b</sup> ±0,04	7,81 <sup>a</sup> ±0,06	7,76 <sup>a</sup> ±0,02
Linolna (%)	48,39 <sup>b</sup> ±0,19	48,58 <sup>a</sup> ±0,14	48,77 <sup>a</sup> ±0,14
Linolenska (%)	1,09 <sup>b</sup> ±0,03	1,07 <sup>b</sup> ±0,02	1,14 <sup>a</sup> ±0,01
Eikozenoinska (%)	-	-	-
<i>Ukupno nezasićenih masnih kiselina (%)</i>	57,15±0,09	57,46±0,07	57,67±0,06

<sup>a-b</sup> Srednje vrijednosti sa različitim slovom u istom redu se statistički značajno razlikuju sa 95% vjerovatnoće (P<0,05)

Osnovne masne kiseline u uzorcima pržene kafe proizvedene prema proizvođačkoj specifikaciji (A0, B0, C0) su linolna i palmitinska, dok je sadržaj stearinske, arahidinske, beheninske, oleinske i linolenske, koje su identifikovanih u ovim uzorcima znatno niži, što je u skladu sa podacima iz literature (Vila i sar., 2005; de Souza i Benassi, 2012; Hurtado i Dorado, 2013; Odžaković i sar., 2015). Sadržaj linolne kiseline je statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) u uzorku C0 (48,77%) u odnosu na sadržaj linolne kiselina u uzorku A0 (48,39%). Najveći sadržaj ukupnih zasićenih masnih kiselina utvrđen je u uzorku A0 (42,84%), a najveći sadržaj ukupnih nezasićenih masnih kiselina utvrđen je u uzorku C0 (57,67%).

U tabeli 5.A.7. dat je prikaz sadržaja masnih kiselina uzoraka sirove kafe pojedinačnih vrsta (Sp1, Sp2, Sp3), uzoraka kafe pržene na 167°C (A1, B1, C1) i uzoraka kafe pržene na 175°C (A2, B2, C2).

U sirovim uzorcima kafe Sp1, Sp2 i Sp3 (Arabika II klasa, Arabika I klasa i Robusta) identifikovano je 7 masnih kiselina i to 4 zasićene masne kiseline: palmitinska, stearinska, arahidinska i beheninska kiselina i 2 nezasićene: oleinska i linolna, a u uzorku Sp3 identifikovana je i linolenska kiselina (0,54%). Na osnovu dobijenih rezultata prikazanih u tabeli 5.A.7., može se zaključiti da su u sirovim uzorcima kafe dominantne masne kiseline palmitinska (35,14 – 46,55%) i linolna (30,19 – 43,99%). Značajan je i sadržaj stearinske (6,82 – 9,98%) i oleinske kiseline (9,26 – 10,47%), dok je sadržaj arahidinske kiseline znatno manji (2,46 – 3,01%) u ovim uzorcima. Sadržaj beheninske i linolenske kiseline je manji od 1%. Dobijeni rezultati su u saglasnosti sa podacima iz literature (Nikolova-Damyanova i sar., 1998; Calligaris i sar., 2009; McLeod i sar., 2013). Najveći sadržaj zasićenih masnih kiselina utvrđen je u uzorku Sp2 (60,24%) u odnosu na sadržaj zasićenih masnih kiselina u uzorcima Sp1 (57,82%) i Sp3 (45,00%).

Sadržaj palmitinske, stearinske i beheninske kiseline u uzorku Sp2 je statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) u odnosu na sadržaj ovih kiselina u uzorcima Sp1 i Sp3. Sadržaj arahidinske kiseline u uzorku Sp2 statistički je značajno veći ( $P < 0,05$ ) u odnosu na sadržaj ove kiseline u uzorku Sp3, dok razlika u sadržaju arahidinske kiseline nije statistički značajna ( $P > 0,05$ ) između uzoraka Sp2 i Sp1. U uzorku Sp3 sadržaj oleinske i linolne kiseline statistički je značajno veći ( $P < 0,05$ ) u odnosu na sadržaj u uzorcima Sp1 i Sp2. Veći sadržaj oleinske kiseline u Robusta vrsti kafe u odnosu na sadržaj ove kiseline u Arabika vrsti kafe ustanovili su Martin i sar., (2001). Speer i sar. (1993) su istražujući sadržaj masnih kiselina u Arabika i Robusta vrstama ustanovili da je u Robusta kafi sadržaj stearinske kiseline proporcionalno znatno manji od oleinske, dok je procentualni sadržaj ove dvije kiseline u

Arabika kafi skoro jednak. Isti odnosi su utvrđeni u sirovom uzorku Robusta vrste kafe (Sp3) gdje je odnos sadržaja stearinske i oleinske kiseline iznosio 6,81:10,47%, kao i u sirovim uzorcima Arabika vrste kafe gdje je odnos ove dvije kiseline iznosio 9,77:9,26% za uzorak Sp1 (Arabika II klasa) i 9,98:9,56% za uzorak Sp2 (Arabika I klasa).

U uzorcima pojedinačnih vrste Arabika kafe prženih na 167°C, A1 i B1, ustanovljen je statistički značajno manji ( $P < 0,05$ ) sadržaj palmitinske, stearinske i oleinske kiseline, što u svojim istraživanjima potvrđuju Martin i sar. (2001), kao i arahidinske kiseline od sadržaja ovih kiselina u uzorku Robusta kafe C1. S druge strane, uzorci A1 i B1 imaju statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) sadržaj linolne, linolenske i beheninske kiseline u odnosu na uzorak C1. Veći sadržaj linolne i linolenske kiseline ustanovili su Martin i sar. (2001). Linolenska kiselina koja nije identifikovana u uzorcima sirove Arabika vrste kafe (Sp1 i Sp2) i kafe pržene na 167°C je prisutna u 1,12% za uzorak A1 i 1,06% za uzorak B1. Eikozenoninska kiselina je identifikovana samo u uzorku Robusta vrste kafe pržene na 167°C C1 (0,30%). U uzorku kafe pržene na 167°C C1 odnos stearinske i oleinske kiseline iznosi 8,04:12,03%, u uzorku A1 7,40:9,01%, a u uzorku B1 ovaj odnos je iznosio 7,17:7,51%, što je u skladu sa podacima iz literature (Speer i sar., 1993). Ukupan sadržaj zasićenih masnih kiselina u uzorcima kafe A1, B1 i C1 je niži od ukupnog sadržaja nezasićenih masnih kiselina u istim uzorcima.

Tabela 5.A.7. Sadržaj masnih kiselina uzoraka sirove kafe pojedinačnih vrsta (Sp1, Sp2, Sp3), uzoraka kafe pržene na 167°C (A1, B1, C1) i uzoraka kafe pržene na 175°C (A2, B2, C2)

Masne kiseline	Šifre uzoraka i srednje vrijednosti masnih kiselina ± standardna devijacija (n = 3)								
	Sp1	Sp2	Sp3	A1	B1	C1	A2	B2	C2
Palmitinska (%)	44,43 <sup>c</sup> ±0,05	46,55 <sup>b</sup> ±0,06	35,14 <sup>e</sup> ±0,06	30,42 <sup>h</sup> ±0,48	33,52 <sup>f</sup> ±0,07	36,40 <sup>d</sup> ±0,14	46,83 <sup>b</sup> ±0,07	32,88 <sup>g</sup> ±0,08	52,06 <sup>a</sup> ±0,001
Stearinska (%)	9,77 <sup>c</sup> ±0,02	9,98 <sup>b</sup> ±0,08	6,81 <sup>h</sup> ±0,08	7,40 <sup>e</sup> ±0,11	7,17 <sup>f</sup> ±0,03	8,04 <sup>d</sup> ±0,02	9,92 <sup>b</sup> ±0,07	6,98 <sup>g</sup> ±0,05	10,19 <sup>a</sup> ±0,02
Arahidinska (%)	2,99 <sup>b</sup> ±0,06	3,01 <sup>b</sup> ±0,01	2,46 <sup>e</sup> ±0,02	2,15 <sup>f</sup> ±0,06	2,08 <sup>f</sup> ±0,01	2,90 <sup>c</sup> ±0,01	2,76 <sup>d±</sup> 0,02	2,10 <sup>f</sup> ±0,02	3,63 <sup>a</sup> ±0,07
Beheninska (%)	0,63 <sup>b</sup> ±0,03	0,70 <sup>a</sup> ±0,01	0,59 <sup>bc</sup> ±0,05	0,59 <sup>bc</sup> ±0,01	0,58 <sup>c</sup> ±0,01	0,46 <sup>e</sup> ±0,01	0,60 <sup>bc</sup> ±0,03	0,51 <sup>d</sup> ±0,03	0,53 <sup>d</sup> ±0,02
<i>Ukupno zasićenih masnih kiselina (%)</i>	57,82 ±0,04	60,24 ±0,04	45,00 ±0,05	40,56 ±0,17	43,35 ±0,03	47,80 ±0,05	60,11 ±0,05	42,47 ±0,05	66,41 ±0,03
Oleinska (%)	9,26 <sup>ef</sup> ±0,11	9,56 <sup>de</sup> ±0,11	10,47 <sup>c</sup> ±0,08	9,01 <sup>f</sup> ±0,06	7,51 <sup>h</sup> ±0,03	12,03 <sup>b</sup> ±0,01	9,75 <sup>d</sup> ±0,17	7,75 <sup>h</sup> ±0,02	13,80 <sup>a</sup> ±0,08
Linolna (%)	32,92 <sup>f</sup> ±0,10	30,19 <sup>h</sup> ±0,01	43,99 <sup>d</sup> ±0,15	49,32 <sup>a</sup> ±0,08	48,08 <sup>c</sup> ±0,01	39,22 <sup>e</sup> ±0,12	30,14 <sup>h</sup> ±0,12	48,55 <sup>b</sup> ±0,03	19,48 <sup>g</sup> ±0,01
Linolenska (%)	-	-	0,54 <sup>e</sup> ±0,01	1,12 <sup>b</sup> ±0,04	1,06 <sup>c</sup> ±0,02	0,65 <sup>d</sup> ±0,01	-	1,23 <sup>a</sup> ±0,01	-
Eikozenoinska (%)	-	-	-	-	-	0,30 <sup>b</sup> ±0,01	-	-	0,32 <sup>a</sup> ±0,02
<i>Ukupno nezasićenih masnih kiselina (%)</i>	42,18 ±0,11	39,75 ±0,06	55,00 ±0,08	59,45 ±0,06	56,65 ±0,02	52,20 ±0,02	39,89 ±0,04	57,53 ±0,14	33,60 ±0,04

<sup>a-h</sup> Srednje vrijednosti sa različitim slovom u istom redu se statistički značajno razlikuju sa 95% vjerovatnoće (P<0,05)

Slično kao u uzorcima Arabika vrste kafe pržene na 167°C, u uzorcima Arabika vrsta kafe pržene na 175°C A2 i B2 ustanovljen je statistički značajno manji sadržaj ( $P < 0,05$ ) palmitinske, stearinske, oleinske i arahidinske kiseline u odnosu na uzorak Robuste C2. Uzorci A2 i B2 sadrže statistički značajno veće ( $P < 0,05$ ) količine linolne kiseline u odnosu na uzorak C2. Linolenska kiselina je identifikovana samo u uzorku B2 (Arabika I klasa) (1,23%), a eikozenoninska samo u uzorku Robuste C2 (0,32%). Sadržaj beheninske kiseline je statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) u uzorku A2 (0,60%) u odnosu na sadržaj ove kiseline u uzorcima B2 (0,51%) i C2 (0,53%) koji se nisu statistički značajno razlikovali ( $P > 0,05$ ). U uzorku C2 odnos stearinske i oleinske kiseline iznosi 10,19:13,80%, u uzorku A2 9,92:9,75%, a u uzorku B2 ovaj odnos iznosi 6,98:7,75%. Do sličnih rezultata su došli Speer i sar. (1993). Ukupan sadržaj zasićenih masnih kiselina najveći je u uzorku Robuste C2 (66,41%), dok je ukupan sadržaj nezasićenih masnih kiselina najveći u uzorku Arabike I klasa B2 (57,53%).

U tabeli 5.A.8. dat je prikaz sadržaja masnih kiselina u uzorcima mješavina sirove kafe (Sm1, Sm2, Sm3), uzorcima mješavina kafe pržene na 167°C (D1, E1, F1) i uzorcima mješavina kafe pržene na 175°C (D2, E2, F2)

U sirovim uzorcima mješavina Sm1, Sm2 i Sm3 identifikovane su palmitinska, stearinska, oleinska, linolna, linolenska, arahidinska i beheninska kiselina. Palmitinska (42,96 – 44,15%) i linolna kiselina (33,10 – 34,54%) su dominantne masne kiseline u sirovim uzorcima mješavina. Sadržaj stearinske kiseline kreće se od 9,14 – 9,45%, a oleinske od 9,59 – 9,69%. Sadržaj arahidinske kiseline je znatno manji (2,87 – 3,59%). Sadržaj beheninske i linolenske kiseline je manji od 1% u sirovim uzorcima mješavina. Uzorak Sm2 ima statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) sadržaj palmitinske i stearinske kiseline i statistički značajno manji ( $P < 0,05$ ) sadržaj oleinske i linolne kiseline u odnosu na uzorke Sm1 i Sm3. Sadržaj linolenske, kao i sadržaj beheninske kiseline je ujednačen bez statistički značajne razlike ( $P > 0,05$ ) u uzorcima Sm1, Sm2 i Sm3, dok je sadržaj arahidinske kiseline najveći u uzorku Sm1 i statistički se značajno razlikuje ( $P < 0,05$ ) u odnosu na sadržaj ove kiseline u uzorcima Sm2 i Sm3. Najveći sadržaj ukupno zasićenih masnih kiselina je u uzorku Sm2 (Arabika I klasa), a najveći sadržaj ukupno nezasićenih masnih kiselina je u uzorku Sm1 (Arabika II klasa).

Tabela 5.A.8. Sadržaj masnih kiselina uzoraka mješavina sirove kafe (Sm1, Sm2, Sm3), uzoraka mješavina kafe pržene na 167°C (D1, E1, F1) i uzoraka mješavina kafe pržene na 175°C (D2, E2, F2)

Masne kiseline	Šifre uzoraka i srednje vrijednosti masnih kiselina ± standardna devijacija (n = 3)								
	Sm1	Sm2	Sm3	D1	E1	F1	D2	E2	F2
Palmitinska (%)	42,96 <sup>c</sup> ±0,03	44,15 <sup>a</sup> ±0,07	43,12 <sup>b</sup> ±0,02	33,04 <sup>g</sup> ±0,01	32,87 <sup>h</sup> ±0,02	32,27 <sup>i</sup> ±0,02	42,78 <sup>d</sup> ±0,01	40,40 <sup>f</sup> ±0,02	41,72 <sup>e</sup> ±0,05
Stearinska (%)	9,14 <sup>b</sup> ±0,09	9,45 <sup>a</sup> ±0,03	9,15 <sup>b</sup> ±0,04	7,31 <sup>de</sup> ±0,02	7,26 <sup>ef</sup> ±0,07	7,22 <sup>f</sup> ±0,01	7,47 <sup>c</sup> ±0,01	7,37 <sup>d</sup> ±0,02	7,45 <sup>c</sup> ±0,02
Arahidinska (%)	3,59 <sup>a</sup> ±0,02	2,92 <sup>b</sup> ±0,05	2,87 <sup>c</sup> ±0,03	2,30 <sup>f</sup> ±0,02	2,22 <sup>g</sup> ±0,02	2,30 <sup>f</sup> ±0,01	2,71 <sup>d</sup> ±0,03	2,55 <sup>e</sup> ±0,04	2,67 <sup>d</sup> ±0,01
Beheninska (%)	0,65 <sup>ab</sup> ±0,04	0,66 <sup>a</sup> ±0,03	0,65 <sup>ab</sup> ±0,03	0,60 <sup>abc</sup> ±0,01	0,57 <sup>bc</sup> ±0,08	0,59 <sup>abc</sup> ±0,05	0,55 <sup>c</sup> ±0,08	0,54 <sup>c</sup> ±0,02	0,54 <sup>c</sup> ±0,03
<i>Ukupno zasićenih masnih kiselina (%)</i>	56,34 ±0,07	57,18 ±0,05	55,74 ±0,03	45,71 ±0,01	42,92 ±0,08	42,38 ±0,02	53,51 ±0,04	51,13 ±0,02	52,38 ±0,03
Oleinska (%)	9,67 <sup>c</sup> ±0,01	9,59 <sup>d</sup> ±0,01	9,69 <sup>c</sup> ±0,02	9,17 <sup>f</sup> ±0,02	8,67 <sup>h</sup> ±0,03	9,05 <sup>g</sup> ±0,01	9,96 <sup>a</sup> ±0,04	9,30 <sup>e</sup> ±0,02	9,81 <sup>b</sup> ±0,03
Linolna (%)	34,54 <sup>f</sup> ±0,03	33,10 <sup>h</sup> ±0,02	34,33 <sup>g</sup> ±0,02	46,42 <sup>b</sup> ±0,04	47,24 <sup>a</sup> ±0,01	46,33 <sup>c</sup> ±0,02	34,58 <sup>f</sup> ±0,04	38,08 <sup>d</sup> ±0,09	35,98 <sup>e</sup> ±0,02
Linolenska (%)	0,13 <sup>e</sup> ±0,02	0,08 <sup>e</sup> ±0,05	0,13 <sup>e</sup> ±0,03	0,98 <sup>a</sup> ±0,03	1,02 <sup>a</sup> ±0,02	0,98 <sup>a</sup> ±0,02	0,47 <sup>d</sup> ±0,01	0,63 <sup>b</sup> ±0,05	0,56 <sup>c</sup> ±0,04
Eikozenoinska (%)	-	-	-	0,07 <sup>ab</sup> ±0,01	0,04 <sup>b</sup> ±0,03	0,07 <sup>ab</sup> ±0,02	0,08 <sup>a</sup> ±0,02	0,05 <sup>ab</sup> ±0,02	0,08 <sup>a</sup> ±0,01
<i>Ukupno nezasićenih masnih kiselina (%)</i>	44,34 ±0,08	42,77 ±0,06	44,15 ±0,09	56,64 ±0,03	56,97 ±0,03	56,43 ±0,01	45,09 ±0,02	48,06 ±0,03	46,43 ±0,04

<sup>a-h</sup> Srednje vrijednosti sa različitim slovom u istom redu se statistički značajno razlikuju sa 95% vjerovatnoće (P<0,05)



Osnovne masne kiseline u uzorcima mješavina kafe pržene na 167°C (D1, E1, F1) su linolna i palmitinska, što je u skladu sa podacima iz literature (Vila i sar., 2005; Odžaković i sar., 2015). Sadržaj ostalih masnih kiselina identifikovanih u ovim uzorcima bio znatno niži, a do sličnih rezultata su došli i drugi autori (Vila i sar., 2005; de Souza i Benassi, 2012; Hurtado i Dorado, 2013; Odžaković i sar., 2015). Uzorak E1 (A1:B1:C1 = 34,28%:51,42%:14,30%) u poređenju sa uzorcima D1 (A1:B1:C1 = 38% : 38% : 24%) i F1 (A1:B1:C1 = 30,40% : 45,60% : 24%), ima statistički značajno najmanji ( $P < 0,05$ ) procenat oleinske (8,67%) i arahidinske kiseline (2,22%), a statistički značajno najveći ( $P < 0,05$ ) procenat linolne kiseline (47,24%). Sadržaj palmitinske kiseline je statistički značajno manji ( $P < 0,05$ ) u uzorku E1 (32,87%) u odnosu na sadržaj ove kiseline u uzorku D1 (33,04%), a statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) u odnosu na taj sadržaj u uzorku F1 (32,27%). U uzorku E1 sadržaj stearinske, linolenske, eikozenoinske i beheninske kiseline se statistički značajno ne razlikuje ( $P > 0,05$ ) u odnosu na sadržaj tih kiselina u uzorcima D1 i E1. Ukupan sadržaj nezasićenih masnih kiselina je veći od ukupnog sadržaja zasićenih masnih kiselina u uzorcima mješavina kafe prženim na 167°C (D1, E1, F1).

U uzorcima mješavina kafe pržene na 175°C (D2, E2 i F2), palmitinska i linolna kiselina imaju najveći sadržaj, dok je sadržaj ostalih identifikovanih masnih kiselina znatno manji. Uzorak E2 (Arabika I klasa) ima statistički značajno manji ( $P < 0,05$ ) sadržaj palmitinske, stearinske, oleinske i arahidinske kiseline u odnosu na uzorke D2 (Arabika II klasa) i F2 (Robusta). Uzorak E2 ima statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) sadržaj linolne i linolenske kiseline u odnosu na uzorke D2 i F2. Sadržaj eikozenoinske i beheninske kiseline se statistički značajno ne razlikuje ( $P > 0,05$ ) između uzoraka D2, E2 i F2. Ukupan sadržaj zasićenih masnih kiselina je veći od ukupnog sadržaja nezasićenih masnih kiselina u uzorcima mješavina kafe pržene na 175°C (D2, E2, F2).

U tabeli 5.A.9. dat je prikaz sadržaja masnih kiselina u uzorcima sirove kafe pojedinačnih vrsta (Sp4, Sp5, Sp6) i uzorcima kafe pržene na 171°C (J1, K1, L1).

U sirovim uzorcima kafe Sp4, Sp5 i Sp6 (Arabika II klasa, Arabika I klasa i Robusta) identifikovano je 7 masnih kiselina: palmitinska, stearinska, oleinska, linolna, linolenska, arahidinska i beheninska kiselina. Na osnovu dobijenih rezultata, može se zaključiti da su u sirovim uzorcima kafe dominantne masne kiseline linolna (41,95 – 48,26%) i palmitinska (34,28 – 37,74%) što je u skladu sa podacima iz literature (Martin i sar., 2001). Sadržaj stearinske kiseline u sirovim uzorcima pojedinačnih vrsta kafe iznosi 6,83 – 8,09%, a oleinske 7,10 – 9,77%. Sadržaj arahidinske kiseline je znatno manji (2,02 – 2,51%) u ovim uzorcima.

Dobijeni rezultati su u skladu sa podacima iz literature (Calligaris i sar., 2009; Nikolova-Damyanova i sar., 1998; McLeod i sar., 2013). Sadržaj linolenske (0,57 – 1,04%) i beheninske kiseline (0,59 – 0,70%) je u skladu sa podacima koje navode Martin i sar. (2001).

Uzorak Sp4 ima najveći sadržaj pojedinačno, kao i ukupnih zasićenih masnih kiselina (48,91%) u odnosu na uzorke Sp5 (43,61%) i Sp6 (43,98%). Izuzetak je sadržaj arahidinske kiseline koji je jednak u uzorcima Sp4 i Sp6 (2,51%). U uzorku Sp4 sadržaj palmitinske, stearinske i beheninske kiseline je statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) u odnosu na uzorke Sp5 i Sp6. U uzorku Sp5 sadržaj ovih kiselina se statistički značajno ne razlikuje ( $P > 0,05$ ) u odnosu na uzorak Sp6. U uzorku Sp6 sadržaj oleinske kiseline je statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) u odnosu na uzorke Sp4 i Sp5 što je u skladu sa podacima iz literature (Martin i sar., 2001). Sadržaj linolne i linolenske kiseline je statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) u uzorku Sp5 u odnosu na sadržaj ovih kiselina u uzorcima Sp4 i Sp6. Sadržaj stearinske kiseline proporcionalno je znatno manji od oleinske u uzorku Robusta sirove kafe Sp6 (6,85:9,77%), dok je procentualni sadržaj ove dvije kiseline skoro jednak u uzorku sirove Arabika II klasa Sp4 (8,09:8,43%) i u uzorku sirove Arabika I klase Sp5 (6,83:7,10%), što navode i drugi autori (Speer i sar., 1993).

Tabela 5.A.9. Sadržaj masnih kiselina uzoraka sirove kafe pojedinačnih vrsta (Sp4, Sp5, Sp6) i uzoraka kafe pržene na 171°C (J1, K1, L1)

Masne kiseline	Šifre uzoraka i srednje vrijednosti masnih kiselina ± standardna devijacija (n = 3)					
	Sp4	Sp5	Sp6	J1	K1	L1
Palmitinska (%)	37,74 <sup>a</sup> ±0,05	34,28 <sup>c</sup> ±0,14	34,15 <sup>c</sup> ±0,04	33,16 <sup>d</sup> ±0,14	33,18 <sup>d</sup> ±0,10	35,35 <sup>b</sup> ±0,08
Stearinska (%)	8,09 <sup>a</sup> ±0,01	6,83 <sup>c</sup> ±0,04	6,85 <sup>c</sup> ±0,02	6,92 <sup>b</sup> ±0,01	6,65 <sup>d</sup> ±0,04	6,63 <sup>d</sup> ±0,04
Arahidinska (%)	2,51 <sup>a</sup> ±0,08	2,02 <sup>c</sup> ±0,03	2,51 <sup>a</sup> ±0,07	2,11 <sup>b</sup> ±0,01	1,96 <sup>c</sup> ±0,02	2,10 <sup>b</sup> ±0,01
Beheninska (%)	0,57 <sup>a</sup> ±0,02	0,48 <sup>b</sup> ±0,03	0,47 <sup>b</sup> ±0,02	0,42 <sup>c</sup> ±0,02	0,40 <sup>c</sup> ±0,01	0,25 <sup>d</sup> ±0,02
<i>Ukupno zasićenih masnih kiselina (%)</i>	48,91±0,06	43,61±0,10	43,98±0,05	42,61±0,11	42,19±0,08	44,33±0,04
Oleinska (%)	8,43 <sup>c</sup> ±0,03	7,10 <sup>f</sup> ±0,04	9,77 <sup>b</sup> ±0,07	7,39 <sup>d</sup> ±0,01	7,27 <sup>e</sup> ±0,07	10,35 <sup>a</sup> ±0,01
Linolna (%)	41,95 <sup>f</sup> ±0,04	48,26 <sup>c</sup> ±0,01	45,67 <sup>d</sup> ±0,06	48,72 <sup>b</sup> ±0,07	49,26 <sup>a</sup> ±0,06	44,66 <sup>e</sup> ±0,02
Linolenska (%)	0,72 <sup>b</sup> ±0,02	1,04 <sup>a</sup> ±0,05	0,57 <sup>c</sup> ±0,02	1,09 <sup>a</sup> ±0,04	1,07 <sup>a</sup> ±0,02	0,67 <sup>b</sup> ±0,03
Eikozenoinska (%)	-	-	-	0,18 <sup>a</sup> ±0,02	0,20 <sup>a</sup> ±0,02	-
<i>Ukupno nezasićenih masnih kiselina (%)</i>	51,10±0,03	56,40±0,03	56,01±0,04	57,38±0,04	57,80±0,06	55,68±0,02

<sup>a-f</sup> Srednje vrijednosti sa različitim slovom u istom redu se statistički značajno razlikuju sa 95% vjerovatnoće (P<0,05)

Uzorak kafe Arabike I klasa pržene na 171°C J1 ima statistički značajno veći sadržaj ( $P < 0,05$ ) stearinske kiseline (6,92%) u odnosu na uzorke K1 (6,65%) i L1 (6,63%). Sadržaj arahidinske kiseline je približno jednak u uzorcima J1 (2,11%) i L1 (2,10%) i statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) od sadržaja ove kiseline u uzorku K1 (1,96%). Uzorci J1 i K1 imaju statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) sadržaj linolne, linolenske, što su ustanovili i Martin i sar. (2001) i beheninske kiseline u odnosu na uzorak L1. Eikozenoninska kiselina koja nije identifikovana u sirovim uzorcima kafe, bila je prisutna u uzorku J1 (0,18%) i uzorku K1 (0,20%). Odnos sadržaja stearinske i oleinske kiseline između Arabika i Robusta vrsta kafe koju su ustanovili Speer i sar. (1993) bio je zastupljen i u uzorcima kafe pržene na 171°C. Sadržaj stearinske kiseline proporcionalno je znatno manji od oleinske u uzorku L1 (Robusta) i iznosi 6,63:10,35%, dok procentualni sadržaj ove dvije kiseline u uzorku J1 (Arabika II klasa) iznosi 6,92:7,39% i u uzorku K1 (Arabika I klasa) iznosi 6,65:7,27%. Ukupan sadržaj nezasićenih masnih kiselina u uzorcima kafe pržene na 171°C (J1, K1 i L1) je veći u odnosu na ukupni sadržaj zasićenih masnih kiselina u istim uzorcima. Najveći sadržaj ukupnih nezasićenih masnih kiselina utvrđen je u uzorku Arabike I klasa (57,80%).

U tabeli 5.A.10. dat je prikaz sadržaja masnih kiselina u uzorcima mješavina sirove kafe (Sm4, Sm5, Sm6) i uzorcima mješavina kafe pržene na 171°C (M1, N1, O1).

U sirovim uzorcima mješavina Sm4, Sm5 i Sm6 identifikovane su palmitinska, stearinska, oleinska, linolna, linolenska, arahidinska i beheninska kiselina, a linolna (45,24 – 45,73%) i palmitinska kiselina (35,30 – 35,57%) su najzastupljenije. Sadržaj stearinske kiseline kreće se od 8,45 – 8,87%, sadržaj oleinske od 7,94 – 8,24%, a sadržaj arahidinske kiseline je znatno manji (2,26 – 2,32%) u ovim uzorcima što je u skladu sa literaturnim navodima (Vila i sar., 2005; de Souza i Benassi, 2012; Hurtado i Dorado, 2013; Odžaković i sar., 2015). Uzorak Sm4 ima statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) sadržaj palmitinske, stearinske i oleinske kiseline u odnosu na uzorke Sm5 i Sm6. Uzorak Sm5 sadrži statistički značajno veće ( $P < 0,05$ ) količine linolne kiseline u odnosu na uzorke Sm4 i Sm6. Uzorci Sm5 i Sm6 sadrže jednaku količinu linolenske kiseline (0,87%) statistički značajno veću u odnosu na uzorak Sm4 (0,81%). Sadržaj arahidinske kiseline se statistički značajno razlikuje ( $P < 0,05$ ) između uzorka Sm4 (2,32%) i uzorka Sm5 (2,26%). Sirovi uzorci mješavina Sm4, Sm5 i Sm6 imaju jednak sadržaj beheninske kiseline (0,51%). Ukupan sadržaj nezasićenih masnih kiselina je veći u odnosu na ukupna sadržaj zasićenih masnih kiselina u sirovim uzorcima mješavina Sm4, Sm5 i Sm6.

Osnovne masne kiseline u uzorcima mješavina kafe pržene na 171°C (M1, N1, O1) su linolna i palmitinska, što su ustanovili i autori Vila i sar., (2005) i Odžaković i sar., (2015). Sadržaj ostalih masnih kiselina identifikovanih u ovim uzorcima je znatno niži što je u skladu sa literaturnim podacima (Vila i sar., 2005; de Souza i Benassi, 2012; Hurtado i Dorado, 2013; Odžaković i sar., 2015). Uzorak N1 (J1:K1:L1 = 34,28%:51,42%:14,30%), u poređenju sa uzorcima M1 (J1:K1:L1 = 38% : 38% : 24%) i O1 (J1:K1:L1 = 30,40% : 45,60% : 24%), ima statistički značajno najmanji ( $P < 0,05$ ) procenat palmitinske (33,49%) i oleinske (7,75%), a statistički značajno najveći ( $P < 0,05$ ) procenat linolne (48,43%) i linolenske kiseline (1,02%). U uzorku N1 sadržaj stearinske, arahidinske, eikozenoinske i beheninske kiseline se statistički značajno ne razlikuje ( $P > 0,05$ ) u odnosu na sadržaj tih kiselina u uzorcima M1 i O1. Sadržaj svih identifikovanih masnih kiselina u uzorcima M1 i O1 je približno ili kod nekih kiselina potpuno jednak, bez statistički značajne razlike ( $P > 0,05$ ). Ukupan sadržaj nezasićenih masnih kiselina je veći u odnosu na ukupan sadržaj zasićenih masnih kiselina u uzorcima mješavina kafe pržene na 171°C (M1, N1, O1).

Tabela 5.A.10. Sadržaj masnih kiselina uzoraka mješavina sirove kafe (Sm4, Sm5, Sm6), uzoraka mješavina kafe pržene na 171°C (M1, N1, O1)

Masne kiseline	Šifre uzoraka i srednje vrijednosti masnih kiselina ± standardna devijacija (n = 3)					
	Sm4	Sm5	Sm6	M1	N1	O1
Palmitinska (%)	35,57 <sup>a</sup> ±0,08	35,44 <sup>b</sup> ±0,05	35,30 <sup>c</sup> ±0,06	33,69 <sup>d</sup> ±0,03	33,49 <sup>c</sup> ±0,01	33,69 <sup>d</sup> ±0,01
Stearinska (%)	8,87 <sup>a</sup> ±0,010	8,45 <sup>c</sup> ±0,04	8,65 <sup>b</sup> ±0,04	6,75 <sup>d</sup> ±0,02	6,74 <sup>d</sup> ±0,03	6,73 <sup>d</sup> ±0,02
Arahidinska (%)	2,32 <sup>a</sup> ±0,04	2,26 <sup>b</sup> ±0,03	2,28 <sup>ab</sup> ±0,03	2,05 <sup>c</sup> ±0,02	2,03 <sup>c</sup> ±0,02	2,04 <sup>c</sup> ±0,02
Beheninska (%)	0,51 <sup>a</sup> ±0,01	0,51 <sup>a</sup> ±0,03	0,51 <sup>a</sup> ±0,01	0,37 <sup>b</sup> ±0,01	0,39 <sup>b</sup> ±0,04	0,37 <sup>b</sup> ±0,02
<i>Ukupno zasićenih masnih kiselina (%)</i>	47,27±0,06	46,66±0,03	46,74±0,04	42,86±0,02	42,65±0,02	42,83±0,02
Oleinska (%)	8,24 <sup>a</sup> ±0,02	7,94 <sup>c</sup> ±0,11	8,14 <sup>b</sup> ±0,04	8,05 <sup>b</sup> ±0,03	7,75 <sup>d</sup> ±0,01	8,05 <sup>b</sup> ±0,01
Linolna (%)	45,24 <sup>c</sup> ±0,03	45,73 <sup>c</sup> ±0,06	45,44 <sup>d</sup> ±0,05	47,95 <sup>b</sup> ±0,02	48,43 <sup>a</sup> ±0,03	48,00 <sup>b</sup> ±0,01
Linolenska (%)	0,81 <sup>d</sup> ±0,02	0,87 <sup>c</sup> ±0,01	0,87 <sup>c</sup> ±0,02	0,98 <sup>b</sup> ±0,03	1,02 <sup>a</sup> ±0,03	0,98 <sup>b</sup> ±0,01
Eikozenoinska (%)	-	-	-	0,14 <sup>a</sup> ±0,02	0,16 <sup>a</sup> ±0,01	0,15 <sup>a</sup> ±0,02
<i>Ukupno nezasićenih masnih kiselina (%)</i>	54,29±0,03	54,54±0,09	54,45±0,03	57,12±0,03	57,36±0,02	57,18±0,01

<sup>a-c</sup> Srednje vrijednosti sa različitim slovom u istom redu se statistički značajno razlikuju sa 95% vjerovatnoće (P<0,05)

U tabeli 5.A.11. prikazani su parametri, gubitak mase i svjetloća boja  $L^*$  za određivanje stepena prženja različitih vrsta kafe na temperaturama 167°C, 171°C i 175°C.

Gubitak mase u toku procesa prženja kafe Arabike II klasa kreće se od 14,00% na 167°C do 17,39% na 175°C. Gubitak mase u toku procesa prženja kafe Arabike II klasa na 171°C iznosi 15,42%.

Gubitak mase prženja kafe Arabike I klasa kreće se od 12,02% na 167°C do 17,25% na 175°C, a na temperaturi 171°C gubitak mase iznosi 14,22%. Poređenjem gubitka mase tokom procesa prženja kafe Arabike II klasa i I klasa može se zaključiti da su gubici tokom procesa prženja na različitim primjenjenim temperaturama veći kod Arabike II klasa. Gubitak mase tokom procesa prženja kafe Robuste iznosi 17,48% na 167°C, 18,14% na 171°C i 19,71% na 175°C. Gubici mase tokom procesa prženja kafe Robuste bili su veći od gubitaka mase tokom procesa prženja kafe Arabike (II i I klasa). Gubitak mase je različit u različitim uzorcima zrna kafe i povećava se sa povećanjem temperature, što je u skladu sa literaturnim podacima (Nicoli i sar., 1997; Gonzales-Rios i sar., 2007).

Tabela 5.A.11. Parametri (gubitak mase, svjetloća boja  $L^*$ ) za određivanje stepena prženja različitih vrsta kafe na temperaturama 167°C, 171°C i 175°C

Šifre uzoraka		Temperatura prženja (°C)	Gubitak mase (%)	$L^*$	Stepen prženja
Arabika II klasa	A1	167	14,00	42,16± 0,15	Svijetli
	J1	171	15,42	42,04±0,16	Srednji
	A2	175	17,39	40,72± 0,06	Tamni
Arabika I klasa	B1	167	12,02	42,55± 0,13	Svijetli
	K1	171	14,22	41,70±0,04	Srednji
	B2	175	17,25	40,81± 0,12	Tamni
Robusta	C1	167	17,48	44,21± 0,19	Svijetli
	L1	171	18,14	42,72±0,11	Srednji
	C2	175	19,71	40,40± 0,12	Tamni

U toku procesa proizvodnje, određeni faktori mogu se koristiti kao parametri za određivanje stepena prženja kafe (aroma, ukus, boja, temperatura zrna, pH, hemijski sastav, gubitak mase, sadržaj gasova i volumen) (Hernandez i sar., 2007). Najvažnije fizičke promjene koje se dešavaju u zrnu kafe u toku procesa prženja su gubitak mase, smanjenje gustine i promjena boje (Sacchetti i sar., 2009). Tokom zagrijavanja, u procesu prženja, zrna kafe gube masu zbog gubitka vode i isparljivih materija (Franca i sar., 2005).

Svjetloća boje  $L^*$  kafe Arabike II klasa pržene na temperaturi  $167^{\circ}\text{C}$  iznosi 42,16 i klasifikovana je kao svijetlo pržena, na  $171^{\circ}\text{C}$  iznosi 42,04 i klasifikovana je kao srednje pržena, a na temperaturi  $175^{\circ}\text{C}$  iznosi 40,72 i klasifikovana je kao tamno pržena. Na osnovu svjetloće boje  $L^*$  utvrđeno je da je kafa Arabika I klasa svijetlo pržena na temperaturi  $167^{\circ}\text{C}$  (42,55), srednje pržena na na temperaturi  $171^{\circ}\text{C}$  (41,70) i tamno pržena na temperaturi  $175^{\circ}\text{C}$  (40,81). Robusta kafa pržena na temperaturi  $167^{\circ}\text{C}$  ima svjetloću boje 44,21 i klasifikovana je kao svijetlo pržena, na temperaturi  $171^{\circ}\text{C}$  ima svjetloću boje 42,72 i klasifikovana je kao srednje pržena, dok na temperaturi  $175^{\circ}\text{C}$  ima svjetloću boje 40,40 i klasifikovana je kao tamno pržena. Boja pržene kafe je najčešće korišteni parametar za određivanje stepena prženja kafe koji se klasifikuje kao svijetli, srednji i tamni stepen prženja na osnovu  $L^*$  vrijednosti (Sacchetti i sar., 2009).

U tabeli 5.A.12. prikazani su parametri gustina zrna, sadržaj vlage i tekstura (sila loma) različitih vrsta kafe prženih na temperaturama  $167^{\circ}\text{C}$ ,  $171^{\circ}\text{C}$  i  $175^{\circ}\text{C}$

Tabela 5.A.12. Parametri gustine zrna, sadržaja vlage i teksture različitih vrsta kafe prženih na temperaturama  $167^{\circ}\text{C}$ ,  $171^{\circ}\text{C}$  i  $175^{\circ}\text{C}$

Šifre uzoraka		Temperatura prženja ( $^{\circ}\text{C}$ )	Gustina zrna (g/ml)	Sadržaj vlage (%)	Tekstura – sila loma (N)
Arabika II klasa	A1	167	0,35±0,00	1,68±0,02	75,30±24,74
	J1	171	0,34±0,02	1,31±0,01	69,46±20,74
	A2	175	0,32±0,00	1,23±0,01	67,55±18,59
Arabika I klasa	B1	167	0,37±0,01	1,87±0,01	80,25±35,78
	K1	171	0,35±0,01	1,19±0,03	69,07±27,73
	B2	175	0,34±0,00	1,19±0,02	63,24±24,09
Robusta	C1	167	0,38±0,01	1,68±0,02	68,56±24,85
	L1	171	0,36±0,01	0,96±0,05	63,31±20,22
	C2	175	0,35±0,00	0,69±0,02	61,54±14,78

Gustina zrna Arabike II klasa iznosi 0,35 g/ml na temperaturi  $167^{\circ}\text{C}$  i opada sa povećanjem temperature prženja i iznosi 0,32 g/ml na  $175^{\circ}\text{C}$ . Gustina zrna Arabike I klasa na istim temperaturama iznosi od 0,37 do 0,34 g/ml. Zrna Robusta kafe imaju gustinu 0,38 g/ml na temperaturi  $167^{\circ}\text{C}$ , 0,36 g/ml na temperaturi  $171^{\circ}\text{C}$ , odnosno 0,35 g/ml na temperaturi  $175^{\circ}\text{C}$ . Pomoću promjena gustine zrna, moguće je odrediti adekvatan stepen prženja kako bi



se dobila krhka i lomljiva zrna kafe i kao takva pogodna za mljevenje i pripremu napitka kafe sa prijatnim senzorskim svojstvima (Pitta i sar., 2007). Sila loma u zrnima kafe Arabike II klasa iznosi 75,30 N na temperaturi 167°C i opada sa povećanjem temperature prženja i iznosi 67,55 N na 175°C. Sila loma u zrnima Arabike I klasa na istim temperaturama iznosi od 80,25 do 63,24 N. Zrna Robusta kafe imaju silu loma 68,56 N na temperaturi 167°C, 63,31 N na temperaturi 171°C, odnosno 61,54 N na temperaturi 175°C. Teksturalne karakteristike zrna kafe zavise od stepena hidratacije kao i od stepena prženja kafe. Toplotnim tretmanom tekstura zrna kafe se značajno mijenja (Anderson i sar., 2003). Sila koja je potrebna za lom zrna, zavisi od sadržaja vode u zrnu. Što je sadržaj vlage niži, zrno ima krtiju i lomljiviju strukturu, dok pri visokom sadržaju vlage gubi hrskavost i postaje viskozno i plastično (Pittia i sar., 2007). Promjene gustine zrna u toku procesa prženja takođe utiču na formiranje karakteristične porozne strukture prženog zrna kafe (Pitta i sar., 2001). Na osnovu rezultata ispitivanja tekture zrna uzoraka, može se zaključiti da je sila loma najveća u uzorcima sa najvećim sadržajem vlage i najvećom gustinom zrna. Sa smanjenjem sadržaja vlage i gustine zrna opada vrijednost sile loma za uzorke različito pržene Arabike II klasa, Arabike I klasa i Robuste. Najveća sila loma je utvrđena za uzorak B1 (80,25 N) koji ima najveća sadržaj vlage (1,87%) u poređenju sa ostalim ispitivanim uzorcima iz tabele 5.A.12. Najmanja sila loma je utvrđena za uzorak C2 (61,54 N) koji ima najmanji sadržaj vode (0,69%). Smanjenje sile loma ukazuje na progresivno smanjenje jačine zrna što su u svom istraživanju potvrdili Jokanović i sar. (2012).

### **5.B. Antioksidativna aktivnost ispitivanih uzoraka**

Sirova kafa sadrži veliku koncentraciju fenolnih jedinjenja kao nosioca antioksidativne aktivnosti. Sadržaj fenolnih jedinjenja zavisi od vrste i porijekla kafe. U toku procesa prženja kafe koncentracija ovih jedinjenja se mijenja.

U tabeli 5.B.1. prikazane su vrijednosti sadržaja fenola, flavonoida, flavonola i antioksidativna aktivnost uzoraka pržene kafe proizvedene prema proizvođačkoj specifikaciji (A0, B0, C0).

U ovoj doktorskoj disertaciji sadržaj ukupnih fenola u ispitivanim uzorcima kafe izražen je kao ekvivalent hlorogenske kiseline (mg CGA/g uzorka) i kao ekvivalent galne kiseline (mg GAE/g uzorka). Najveći sadržaj ukupnih fenola (mg CGA/g uzorka i mg GAE/g

uzorka) utvrđen je u uzorku A0 i statistički se značajno razlikuje ( $P < 0,05$ ) u odnosu na sadržaj ukupnih fenola u uzorcima B0 i C0. U uzorku A0 sadržaj ukupnih fenola, predstavljen kao ekvivalent galne kiseline (mg GAE/g uzorka) je najveći i statistički značajno se razlikuje u odnosu na sadržaj ukupnih fenola u uzorku C0. Najveći sadržaj flavonoida i flavonola utvrđen je u uzorku A0. Za uzorak A0 sa najvećim sadržajem ukupnih fenola, flavonoida i flavonola ustanovljena je najveća antioksidativna aktivnost, određena DPPH testom, sa statistički značajnom razlikom ( $P < 0,05$ ) u odnosu na uzorke B0 i C0. Antioksidativna aktivnost, određena ABTS testom, je statistički značajno veća ( $P < 0,05$ ) u uzorcima C0 i A0 u odnosu na antioksidativnu aktivnost u uzorku B0.

U tabeli 5.B.2. prikazane su vrijednosti sadržaja fenola, flavonoida, flavonola i antioksidativna aktivnost uzoraka sirove kafe pojedinačnih vrsta (Sp1, Sp2, Sp3), uzoraka kafe pržene na  $167^{\circ}\text{C}$  (A1, B1, C1) i uzoraka kafe pržene na  $175^{\circ}\text{C}$  (A2, B2, C2)

Na osnovu rezultata prikazanih u tabeli 5.B.2. može se zaključiti da je sadržaj ukupnih fenola izražen kao ekvivalent hlorogenske kiseline u uzorcima sirove kafe pojedinačnih vrsta (Sp1, Sp2, Sp3), uzorcima kafe pržene na  $167^{\circ}\text{C}$  (A1, B1, C1) i uzorcima kafe pržene na  $175^{\circ}\text{C}$  (A2, B2, C2) veći u odnosu na sadržaj ukupnih fenola izražen kao ekvivalent galne kiseline u ovim uzorcima. Sadržaj ukupnih fenola (mg CGA/g uzorka i mg GAE/g uzorka) je najveći u uzorcima sirove kafe (Sp1, Sp2 i Sp3) u odnosu na sadržaj ukupnih fenola u uzorcima kafe pržene na  $167^{\circ}\text{C}$  (A1, B1 i C1) i u uzorcima kafe pržene na  $175^{\circ}\text{C}$  (A2, B2 i C2) sa statistički značajnim razlikama ( $P < 0,05$ ). Uzorci kafe pržene na  $167^{\circ}\text{C}$  sadrže statistički značajno veće ( $P < 0,05$ ) količine ukupnih fenola (mg CGA/g uzorka i mg GAE/g uzorka) u odnosu na uzorke kafe pržene na  $175^{\circ}\text{C}$ , što znači da sadržaj fenola opada sa porastom temperature, a što su potvrdili rezultati drugih autora (del Castillo i sar., 2002; Sacchetti i sar., 2009; Perez-Hernandez i sar., 2012; Trandafir i sar., 2013). Najveći sadržaj ukupnih fenola utvrđen je u uzorku Robusta vrste kafe i to statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) u odnosu na sadržaj ukupnih fenola u uzorcima Arabika vrste kafe kako sirove, tako i različito pržene. Ovi rezultati su u skladu sa navodima iz literature (Farah i sar., 2006; Belitz i sar., 2009; Sacchetti i sar., 2009; Mussatto i sar., 2011; Gichimu i sar., 2014; Farcas i sar., 2014). Između uzoraka Arabika vrste kafe nema statistički značajne razlike ( $P > 0,05$ ) u sadržaju ukupnih fenola.

Tabela 5.B.1. Vrijednosti sadržaja fenola, flavonoida, flavonola i antioksidativna aktivnost uzoraka pržene kafe proizvedene prema proizvođačkoj specifikaciji (A0, B0, C0)

Parametri	Šifre uzoraka i srednje vrijednosti ± standardna devijacija (n = 3)		
	A0	B0	C0
Ukupni fenoli <sup>1</sup> (mg (CGA)/g uzorka)	51,46 <sup>a</sup> ±3,26	47,95 <sup>b</sup> ±4,22	45,88 <sup>b</sup> ±1,13
Ukupni fenoli <sup>2</sup> (mg (GAE)/g uzorka)	32,61 <sup>a</sup> ±1,93	30,18 <sup>ab</sup> ±1,99	28,13 <sup>b</sup> ±0,68
Flavonoidi <sup>3</sup> (mg (Q)/g uzorka)	4,43 <sup>a</sup> ±0,07	4,20 <sup>b</sup> ±0,13	4,31 <sup>ab</sup> ±0,02
Flavonoli <sup>4</sup> (mg (Q)/g uzorka)	2,04 <sup>a</sup> ±0,13	1,80 <sup>b</sup> ±0,02	1,96 <sup>a</sup> ±0,01
DPPH <sup>5</sup> (μmol TE/g uzorka)	267,35 <sup>a</sup> ±3,19	213,17 <sup>b</sup> ±2,15	214,83 <sup>b</sup> ±2,28
ABTS <sup>6</sup> (μmol TE/g uzorka)	237,44 <sup>a</sup> ±2,82	224,10 <sup>b</sup> ±4,66	240,90 <sup>a</sup> ±2,06

<sup>1</sup>Ukupni fenoli izraženi kao ekvivalent hlorogenske kiseline (CGA) na masu uzorka (1g mljevene kafe)

<sup>2</sup>Ukupni fenoli izraženi kao ekvivalent galne kiseline (GAE) na masu uzorka (1g mljevene kafe)

<sup>3</sup>Sadržaj flavonoida izražen kao ekvivalent kvercetina (Q) na masu uzorka (1g mljevene kafe)

<sup>4</sup>Sadržaj flavonola izražen kao ekvivalent kvercetina (Q) na masu uzorka (1g mljevene kafe)

<sup>5</sup>Antioksidativni aktivnost kafe određena na DPPH slobodni radikal, izražen kao μmol trolox-a (TE) na masu uzorka (1g mljevene kafe)

<sup>6</sup>Antioksidativni aktivnost kafe određena na ABTS slobodni radikal, izražen kao μmol trolox-a (TE) na masu uzorka (1g mljevene kafe)

<sup>a-b</sup> Srednje vrijednosti sa različitim slovom u istom redu se statistički značajno razlikuju sa 95% vjerovatnoće (P<0,05)

Tabela 5.B.2. Vrijednosti sadržaja fenola, flavonoida, flavonola i antioksidativna aktivnost uzoraka sirove kafe pojedinačnih vrsta (Sp1, Sp2, Sp3), uzoraka kafe pržene na 167°C (A1, B1, C1) i uzoraka kafe pržene na 175°C (A2, B2, C2)

Parametri	Šifre uzoraka i srednje vrijednosti ± standardna devijacija (n = 3)								
	Sp1	Sp2	Sp3	A1	B1	C1	A2	B2	C2
Ukupni fenoli <sup>1</sup> (mg (CGA)/g uzorka)	49,90 <sup>cd</sup> ±3,19	51,75 <sup>c</sup> ±3,47	69,37 <sup>a</sup> ±3,69	46,74 <sup>de</sup> ±2,41	44,15 <sup>e</sup> ±1,04	61,95 <sup>b</sup> ±3,97	35,08 <sup>f</sup> ±1,04	37,83 <sup>f</sup> ±1,27	48,66 <sup>cde</sup> ±1,05
Ukupni fenoli <sup>2</sup> (mg (GAE)/g uzorka)	31,65 <sup>c</sup> ±1,84	32,78 <sup>c</sup> ±2,07	42,61 <sup>a</sup> ±3,20	29,81 <sup>cd</sup> ±1,43	28,28 <sup>d</sup> ±0,62	38,81 <sup>b</sup> ±2,35	23,66 <sup>e</sup> ±0,89	24,54 <sup>e</sup> ±0,75	30,95 <sup>cd</sup> ±0,62
Flavonoidi <sup>3</sup> (mg (Q)/g uzorka)	3,04 <sup>f</sup> ±0,17	2,98 <sup>f</sup> ±0,07	4,27 <sup>d</sup> ±0,02	4,21 <sup>de</sup> ±0,07	4,01 <sup>e</sup> ±0,21	5,45 <sup>b</sup> ±0,18	4,63 <sup>c</sup> ±0,12	4,46 <sup>cd</sup> ±0,18	5,89 <sup>a</sup> ±0,16
Flavonoli <sup>4</sup> (mg (Q)/g uzorka)	1,17 <sup>f</sup> ±0,11	1,33 <sup>ef</sup> ±0,08	1,45 <sup>e</sup> ±0,10	1,92 <sup>d</sup> ±0,01	1,84 <sup>d</sup> ±0,04	2,32 <sup>b</sup> ±0,14	2,36 <sup>b</sup> ±0,13	2,13 <sup>c</sup> ±0,07	3,11 <sup>a</sup> ±0,09
DPPH <sup>5</sup> (μmol TE/g uzorka)	179,23 <sup>f</sup> ±1,09	197,12 <sup>e</sup> ±3,77	225,95 <sup>c</sup> ±3,21	203,38 <sup>e</sup> ±4,51	212,08 <sup>d</sup> ±4,10	260,59 <sup>a</sup> ±4,38	176,44 <sup>f</sup> ±7,74	201,37 <sup>e</sup> ±4,63	236,31 <sup>b</sup> ±3,71
ABTS <sup>6</sup> (μmol TE/g uzorka)	160,67 <sup>h</sup> ±4,18	172,05 <sup>g</sup> ±3,54	251,71 <sup>b</sup> ±0,92	211,03 <sup>d</sup> ±2,40	215,09 <sup>d</sup> ±4,55	278,40 <sup>a</sup> ±2,87	179,28 <sup>f</sup> ±2,35	204,61 <sup>e</sup> ±3,84	224,36 <sup>c</sup> ±4,09

<sup>1</sup>Ukupni fenoli izraženi kao ekvivalent hlorogenske kiseline (CGA) na masu uzorka (1g mljevene kafe)

<sup>2</sup>Ukupni fenoli izraženi kao ekvivalent galne kiseline (GAE) na masu uzorka (1g mljevene kafe)

<sup>3</sup>Sadržaj flavonoida izražen kao ekvivalent kvercetina (Q) na masu uzorka (1g mljevene kafe)

<sup>4</sup>Sadržaj flavonola izražen kao ekvivalent kvercetina (Q) na masu uzorka (1g mljevene kafe)

Antioksidativni aktivnost kafe određena na DPPH slobodni radikal, izražen kao μmol trolox-a (TE) na masu uzorka (1g mljevene kafe)

<sup>6</sup>Antioksidativni aktivnost kafe određena na ABTS slobodni radikal, izražen kao μmol trolox-a (TE) na masu uzorka (1g mljevene kafe)

<sup>a-h</sup> Srednje vrijednosti sa različitim slovom u istom redu se statistički značajno razlikuju sa 95% vjerovatnoće (P<0,05)

U uzorcima sirove kafe pojedinačnih vrsta (Sp1, Sp2, Sp3), kafe pržene na 167°C (A1, B1, C1) i kafe pržene na 175°C (A2, B2, C2) identifikovani su flavonoidi i flavonoli u malim količinama, od 2,98 do 5,89 mg/g za flavonoide i od 1,17 do 3,11 mg/g za flavonole. Sadržaj flavonoida je statistički značajno manji ( $P < 0,05$ ) u sirovim uzorcima u odnosu na sadržaj flavonoida u različito prženim uzorcima kafe, što je u skladu sa podacima iz literature (Hečimović i sar., 2011), a ista zavisnost je ustanovljena i u sadržaju flavonola. Uzorci pržene kafe A1, B1 i C1 sadrže statistički značajno manje ( $P < 0,05$ ) flavonoida u odnosu na uzorke pržene kafe A2, B2 i C2, što znači da se sadržaj flavonoida povećava sa povećanjem temperature prženja. Do sličnih rezultata došli su Hečimović i sar. (2011), koji su ustanovili veću koncentraciju flavonoida u tamno prženim uzorcima Arabika vrste kafe (Minas i Cioccolato) u odnosu na svijetlo pržene Arabike. Sadržaj flavonola se takođe povećavao sa povećanjem temperature prženja i statistički je značajno veći ( $P < 0,05$ ) u odnosu na sadržaj u uzorcima kafe pržene na 167°C. Uzorak Robusta vrste kafe sadrži statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) sadržaj flavonoida, što su potvrdili i Hečimović i sar. (2011) i Farcas i sar. (2014), i flavonola u odnosu na uzorke Arabika vrste kafe za uzorke sirove i različito pržene kafe. Između uzoraka Arabika vrste kafe I i II klasa nema statistički značajne razlike ( $P > 0,05$ ) u sadržaju flavonoida i flavonola. Izuzetak predstavljaju uzorci Arabika vrste kafe pržene na 175°C koje sadrže statistički značajno ( $P < 0,05$ ) različite količine flavonola.

Antioksidativna aktivnost kafe pripisuje se prisustvu fenolnih jedinjenja i ustanovljeno je da proces prženja utiče na antioksidativna svojstva kafe. DPPH i ABTS test često se koriste u prehrambenoj industriji za mjerenje antioksidativne aktivnosti hrane. Ovi testovi se često nazivaju testovima Trolox ekvivalent antioksidativne aktivnosti (TEAC), odnosno antioksidativna aktivnost se vrlo često opisuje TEAC vrijednošću (Hečimović i sar., 2011). U ovom radu rezultati antioksidativne aktivnosti su predstavljeni kao  $\mu\text{mol trolox-a (TE)}$  na masu uzorka (1g mljevene kafe).

Na osnovu rezultata DPPH testa najveća antioksidativna aktivnost utvrđena je u uzorcima pojedinačnih vrsta kafe pržene na 167°C (A1, B1 i C1). Antioksidativna aktivnost ovih uzoraka je statistički značajno veća ( $P < 0,05$ ) u odnosu na antioksidativnu aktivnost uzoraka sirove kafe (Sp1, Sp2 i Sp3) i uzoraka kafe pržene na 175°C (A2, B2 i C2). Uzorci kafe B2 i C2 imaju veću antioksidativnu aktivnost u odnosu na uzorke sirove kafe Sp2 i Sp3, s tim da je statistički značajna razlika ( $P < 0,05$ ) ustanovljena samo između uzoraka C2 i Sp3. U uzorku A2 je utvrđena manja antioksidativna aktivnost u odnosu na uzorak sirove, iste vrste kafe Sp1 ( $P > 0,05$ ). Uzorci sirove i različito pržene Robusta kafe, imaju statistički značajno

veću ( $P < 0,05$ ) antioksidativnu aktivnost u odnosu na uzorke Arabika vrste što nije u skladu sa podacima iz literature (Perez-Hernandez i sar., 2012), a uzorci Arabike I klasa imaju statistički značajno veću ( $P < 0,05$ ) antioksidativnu aktivnost u odnosu na uzorke Arabike II klasa.

Na osnovu rezultata ABTS testa antioksidativna aktivnost uzoraka kafe pržene na  $167^{\circ}\text{C}$  je statistički značajno veća ( $P < 0,05$ ) u odnosu na antioksidativnu aktivnost uzoraka sirove kafe i uzoraka kafe pržene na  $175^{\circ}\text{C}$ . Hečimović i sar. (2011) su u svojim istraživanjima ustanovili veću antioksidativnu aktivnost u svijetlo prženom uzorku Robusta vrste (Vietnam) u odnosu na antioksidativnu aktivnost sirovih i tamno prženih uzoraka ove vrste kafe, dok su svijetlo prženi uzorci Arabika vrste (Minas) i Robusta vrste (Cherry) imali veću antioksidativnu aktivnost u odnosu na sirove, ali ne i u odnosu na tamno pržene uzorke ovih vrsta kafe. Veću antioksidativnu aktivnost u svijetlo prženim uzorcima Arabike i Robuste u odnosu na antioksidativnu aktivnost u sirovim i tamno prženim uzorcima Arabike i Robuste ustanovili su Sacchetti i sar. (2009).

Uzorci kafe pržene na  $175^{\circ}\text{C}$  A2 i B2 imaju statistički značajno veću ( $P < 0,05$ ) antioksidativnu aktivnost u odnosu na uzorke sirove kafe iste vrste Sp1 i Sp2, što je potvrđeno u istraživanjima drugih autora (Hečimović i sar., 2011), dok uzorak C2 ima statistički značajno manju ( $P < 0,05$ ) antioksidativnu aktivnost u odnosu na uzorak sirove kafe iste vrste Sp3, što je u skladu sa rezultatima Sacchetti i sar. (2009). Uzorci sirove i različito pržene Robuste, imaju statistički značajno veću ( $P < 0,05$ ) antioksidativnu aktivnost u odnosu na uzorke Arabika vrste (Sacchetti i sar., 2009), a uzorci Arabike I klasa imaju statistički značajno veću ( $P < 0,05$ ) antioksidativnu aktivnost u odnosu na uzorke Arabike II klasa.

U tabeli 5.B.3. prikazane su vrijednosti sadržaja fenola, flavonoida, flavonola i antioksidativna aktivnost uzoraka mješavina sirove kafe (Sm1, Sm2, Sm3), uzoraka mješavina kafe pržene na  $167^{\circ}\text{C}$  (D1, E1, F1) i uzoraka mješavina kafe pržene na  $175^{\circ}\text{C}$  (D2, E2, F2)

Sadržaj ukupnih fenola (mg CGA/g uzorka i mg GAE/g uzorka) je statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) u uzorcima mješavina sirove kafe (Sm1, Sm2 i Sm3) u odnosu na sadržaj ukupnih fenola u uzorcima mješavina kafe pržene na  $167^{\circ}\text{C}$  (D1, E1 i F1) i u uzorcima mješavina kafe pržene na  $175^{\circ}\text{C}$  (D2, E2 i F2). U uzorcima mješavina kafe pržene na  $167^{\circ}\text{C}$  utvrđen je statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) sadržaj ukupnih fenola u odnosu na uzorke mješavina kafe pržene na  $175^{\circ}\text{C}$ , što je u skladu sa podacima iz literature (del Castillo i sar., 2002; Sacchetti i sar., 2009; Perez-Hernandez i sar., 2012; Trandafir i sar., 2013).

Sadržaj flavonoida i sadržaj flavonola su statistički značajno manji ( $P < 0,05$ ) u uzorcima mješavina sirove kafe u odnosu na sadržaj flavonoida i sadržaj flavonola u uzorcima mješavina različito pržene kafe. Uzorci mješavina kafe pržene na  $167^{\circ}\text{C}$  (D1, E1 i F1) sadrže statistički značajno manji ( $P < 0,05$ ) sadržaj flavonoida i flavonola u odnosu na uzorke mješavina kafe pržene na  $175^{\circ}\text{C}$  (D2, E2 i F2), što znači da su se sadržaj flavonoida i sadržaj flavonola povećavaju sa povećanjem temperature prženja.

Na osnovu rezultata DPPH testa utvrđena je statistički značajno veća ( $P < 0,05$ ) antioksidativna aktivnost uzoraka mješavina kafe pržene na  $167^{\circ}\text{C}$  (D1, E1 i F1) u odnosu na antioksidativnu aktivnost uzoraka mješavina sirove kafe (Sm1, Sm2 i Sm3) i uzoraka mješavina kafe pržene na  $175^{\circ}\text{C}$  (D2, E2 i F2). Uzorci mješavina pržene kafe D2, E2 i F2 imaju statistički značajno veću ( $P < 0,05$ ) antioksidativnu aktivnost u odnosu na uzorke mješavina sirove kafe Sm1, Sm2 i Sm3.

Na osnovu rezultata ABTS testa utvrđena je statistički značajno veća ( $P < 0,05$ ) antioksidativna aktivnost uzoraka mješavina kafe pržene na  $167^{\circ}\text{C}$  (D1, E1 i F1) u odnosu na antioksidativnu aktivnost uzoraka mješavina sirove kafe (Sm1, Sm2 i Sm3) i uzoraka mješavina kafe pržene na  $175^{\circ}\text{C}$  (D2, E2 i F2). Uzorci mješavina pržene kafe D2, E2 i F2 imaju veću antioksidativnu aktivnost u odnosu na uzorke mješavina sirove kafe Sm1, Sm2 i Sm3, a statistički značajna razlika ( $P < 0,05$ ) ustanovljena je između uzorka D2 i uzorka Sm1 i između uzorka F2 i uzorka Sm3.

Tabela 5.B.3. Vrijednosti sadržaja fenola, flavonoida, flavonola i antioksidativna aktivnost uzoraka mješavina sirove kafe (Sm1, Sm2, Sm3), uzoraka mješavina kafe pržene na 167°C (D1, E1, F1) i uzoraka mješavina kafe pržene na 175°C (D2, E2, F2)

Parametri	Šifre uzoraka i srednje vrijednosti ± standardna devijacija (n = 3)								
	Sm1	Sm2	Sm3	D1	E1	F1	D2	E2	F2
Ukupni fenoli <sup>1</sup> (mg (CGA)/g uzorka)	55,28 <sup>a</sup> ±0,47	53,64 <sup>a</sup> ±0,99	55,42 <sup>a</sup> ±1,31	49,41 <sup>b</sup> ±0,95	47,58 <sup>b</sup> ±1,44	49,21 <sup>b</sup> ±0,93	39,39 <sup>c</sup> ±1,49	38,44 <sup>c</sup> ±1,36	39,59 <sup>c</sup> ±1,62
Ukupni fenoli <sup>2</sup> (mg (GAE)/g uzorka)	34,71 <sup>a</sup> ±0,99	33,8 <sup>a</sup> ±0,90	34,8 <sup>a</sup> ±1,95	31,39 <sup>b</sup> ±1,64	30,31 <sup>b</sup> ±1,29	31,27 <sup>b</sup> ±1,19	25,74 <sup>c</sup> ±0,51	25,16 <sup>c</sup> ±0,67	25,81 <sup>c</sup> ±0,27
Flavonoidi <sup>3</sup> (mg (Q)/g uzorka)	3,32 <sup>c</sup> ±0,10	3,19 <sup>c</sup> ±0,11	3,31 <sup>c</sup> ±0,09	4,43 <sup>b</sup> ±0,07	4,28 <sup>b</sup> ±0,12	4,42 <sup>b</sup> ±0,09	4,87 <sup>a</sup> ±0,26	4,72 <sup>a</sup> ±0,06	4,86 <sup>a</sup> ±0,06
Flavonoli <sup>4</sup> (mg (Q)/g uzorka)	1,30 <sup>c</sup> ±0,09	1,29 <sup>c</sup> ±0,08	1,31 <sup>c</sup> ±0,04	1,99 <sup>b</sup> ±0,06	1,94 <sup>b</sup> ±0,01	1,98 <sup>b</sup> ±0,05	2,45 <sup>a</sup> ±0,10	2,35 <sup>a</sup> ±0,06	2,44 <sup>a</sup> ±0,05
DPPH <sup>5</sup> (μmol TE/g uzorka)	194,25 <sup>c</sup> ±3,28	185,92 <sup>g</sup> ±1,74	190,45 <sup>f</sup> ±2,28	220,41 <sup>a</sup> ±1,03	211,03 <sup>b</sup> ±2,29	221,08 <sup>a</sup> ±1,06	200,28 <sup>cd</sup> ±1,57	197,82 <sup>d</sup> ±1,03	202,17 <sup>c</sup> ±0,55
ABTS <sup>6</sup> (μmol TE/g uzorka)	186,84 <sup>d</sup> ±2,67	197,54 <sup>c</sup> ±2,97	187,71 <sup>d</sup> ±1,21	233,55 <sup>a</sup> ±2,79	226,61 <sup>b</sup> ±3,21	233,86 <sup>a</sup> ±2,80	199,73 <sup>c</sup> ±1,94	198,75 <sup>c</sup> ±0,82	201,65 <sup>c</sup> ±3,28

<sup>1</sup>Ukupni fenoli izraženi kao ekvivalent hlorigenske kiseline (CGA) na masu uzorka (1g mljevene kafe)

<sup>2</sup>Ukupni fenoli izraženi kao ekvivalent galne kiseline (GAE) na masu uzorka (1g mljevene kafe)

<sup>3</sup>Sadržaj flavonoida izražen kao ekvivalent kvercetina (Q) na masu uzorka (1g mljevene kafe)

<sup>4</sup>Sadržaj flavonola izražen kao ekvivalent kvercetina (Q) na masu uzorka (1g mljevene kafe)

Antioksidativni aktivnost kafe određena na DPPH slobodni radikal, izražen kao μmol trolox-a (TE) na masu uzorka (1g mljevene kafe)

<sup>6</sup>Antioksidativni aktivnost kafe određena na ABTS slobodni radikal, izražen kao μmol trolox-a (TE) na masu uzorka (1g mljevene kafe)

<sup>a-g</sup> Srednje vrijednosti sa različitim slovom u istom redu se statistički značajno razlikuju sa 95% vjerovatnoće (P<0,05)



Na osnovu rezultata DPPH i ABTS testa prikazanih u tabelama 5.B.2. i 5.B.3., može se zaključiti da uzorci pojedinačnih vrsta kafe prženi na 167°C (A1, B1, C1), kao i njihove mješavine (D1, E1, F1), imaju najveću antioksidativnu aktivnost. S obzirom da sa se sadržaj fenola, kao osnovnih nosioca antioksidativne aktivnosti kafe, smanjuje od sirovih uzoraka kafe (Sp1, Sp2, Sp3, Sm1, Sm2, Sm3) do uzoraka kafe pržene na 175°C (A2, B2, C2, D2, E2, F2), moglo bi se očekivati da najveću antioksidativnu aktivnost imaju sirovi uzorci kafe. Međutim, antioksidativna aktivnost pržene kafe zavisi od fenolne frakcije koja u toku prženja opada i od ne-fenolne frakcije koja se u toku procesa prženja povećava zbog formiranja proizvoda Majlardove reakcije (Sacchetti i sar., 2009). Prema zapažanjima Nicoli i sar. (1997) antioksidativna aktivnost ovih jedinjenja, nastalih tokom prženja kafe, ne povećava se linearno sa povećanjem stepena prženja odnosno temperature, što ukazuje da u toku termičke obrade nastaju jedinjenja koja imaju različita antioksidativna svojstva.

U tabeli 5.B.4. prikazane su vrijednosti sadržaja fenola, flavonoida, flavonola i antioksidativna aktivnost uzoraka sirove kafe pojedinačnih vrsta (Sp4, Sp5, Sp6) i uzoraka kafe pržene na 171°C (J1, K1, L1)

Sadržaj ukupnih fenola, izražen kao ekvivalent hlorogenske kiseline, u uzorcima sirove kafe pojedinačnih vrsta (Sp4, Sp5 i Sp6) i uzorcima kafe pržene na 171°C (A1, B1 i C1) je veći od sadržaja ukupnih fenola, izraženog kao ekvivalent galne kiseline, u ovim uzorcima. Sadržaj ukupnih fenola (mg CGA/g uzorka i mg GAE/g uzorka) je statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) u uzorcima sirove kafe u odnosu na sadržaj ukupnih fenola u uzorcima kafe pržene na 171°C (A1, B1 i C1). Sadržaj ukupnih fenola izražen kao ekvivalent galne kiseline u uzorcima se statistički značajno ne razlikuje ( $P > 0,05$ ). Dobijeni rezultati su u skladu sa podacima iz literature (del Castillo i sar., 2002; Sacchetti i sar., 2009; Perez-Hernandez i sar., 2012; Trandafir i sar., 2013). Najveći sadržaj ukupnih fenola ustanovljen je u uzorcima sirove i pržene Robusta vrste kafe (Sp6 i L1) i statistički se značajno razlikuje ( $P < 0,05$ ) u odnosu na sadržaj ukupnih fenola u uzorcima sirove i pržene Arabika vrste kafe, što su potvrdila i istraživanja drugih autora (Farah i sar., 2006; Belitz i sar., 2009; Sacchetti i sar., 2009; Mussatto i sar., 2011; Gichimu i sar., 2014; Farcas i sar., 2014).

Sadržaj flavonoida je statistički značajno manji ( $P < 0,05$ ) u uzorcima pojedinačnih vrsta sirove kafe u odnosu na sadržaj flavonoida u uzorcima kafe pržene na 171°C. Hečimović i sar., (2011) su u svom istraživanju ustanovili veću koncentraciju flavonoida u srednje prženim uzorcima Arabike (Cioccolato) i Robuste (Cherry) u odnosu na sirove uzorke ove dvije vrste kafe. Sadržaj flavonola je takođe statistički značajno manji ( $P < 0,05$ ) u

uzorcima sirove kafe u odnosu na sadržaj flavonola u uzorcima kafe pržene na 171°C. Uzorak Robusta vrste kafe (Sp3 i L1) sadrži statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) sadržaj flavonoida, što potvrđuju i drugi autori (Hečimović i sar., 2011; Farcas i sar., 2014) i flavonola u odnosu na uzorke Arabika vrste kafe (Sp4, Sp5, J1, K1).

Uzorci kafe pržene na 171°C (J1, K1 i L1) imaju statistički značajno veću ( $P < 0,05$ ) antioksidativnu aktivnost, određenu DPPH i ABTS testom, u odnosu na uzorke pojedinačnih vrsta sirove kafe (Sp4, Sp5 i Sp6). Do istih rezultata određivanja antioksidativne aktivnosti ABTS testom, došli su Hečimović i sar. (2011). Oni su ustanovili veću antioksidativnu aktivnost u srednje prženom uzorku Robusta vrste (Cherry) i u srednje prženom uzorku Arabika vrste (Minas) u odnosu na antioksidativnu aktivnost sirovih uzoraka ove dvije vrste kafe. Na osnovu rezultata DPPH i ABTS testa ustanovljeno je da najveću antioksidativnu aktivnost imaju uzorci Robuste (Sp6 i L1), zatim uzorci Arabike I klasa (Sp5 i K1), a najmanju antioksidativnu aktivnost imaju uzorci Arabike II klasa (Sp4 i J1). Veću antioksidativnu aktivnost Robuste u odnosu na antioksidativnu aktivnost Arabike, za srednji stepen prženja, ustanovili su Sacchetti i sar. (2009) ABTS testom.

U tabeli 5.B.5. prikazane su vrijednosti sadržaja fenola, flavonoida, flavonola i antioksidativna aktivnost uzoraka mješavina sirove kafe (Sm4, Sm5, Sm6), uzoraka mješavina kafe pržene na 171°C (M1, N1, O1).

Sadržaj ukupnih fenola (mg CGA/g uzorka i mg GAE/g uzorka) je statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) u uzorcima mješavina sirove kafe (Sm4, Sm5 i Sm6) u odnosu na sadržaj fenola u uzorcima mješavina kafe pržene na 171°C (M1, N1 i O1), što je u skladu sa podacima iz literature (del Castillo i sar., 2002; Sacchetti i sar., 2009; Perez-Hernandez i sar., 2012; Trandafir i sar., 2013).

Sadržaj flavonoida i sadržaj flavonola je statistički značajno manji ( $P < 0,05$ ) u sirovim uzorcima mješavina u odnosu na sadržaj flavonoida i sadržaj flavonola u uzorcima mješavina kafe pržene na 171°C, što znači da se sadržaj flavonoida i sadržaj flavonola povećava sa povećanjem temperature prženja.

Na osnovu rezultata DPPH i ABTS testa, utvrđeno je da je antioksidativna aktivnost uzoraka mješavina kafe pržene na 171°C (M1, N1 i O1) statistički značajno veća ( $P < 0,05$ ) u odnosu na antioksidativnu aktivnost uzoraka mješavina sirove kafe (Sm4, Sm5 i Sm6).

Poređenjem rezultata antioksidativne aktivnosti uzoraka različito pržene kafe (na temperaturama 167°C, 175°C i 171°C) može se zaključiti da uzorci kafe prženi na 171°C, imaju najveću antioksidativnu aktivnost (grafik 5.B.1.). Ispitivanjem promjene

antioksidativne aktivnosti u napicima kafe dobijene pod različitim uslovima prženja, utvrđeno je da se antioksidativna aktivnost povećava sa povećanjem intenziteta prženja. Nicoli i saradnici (1997) su u svom radu naveli da je najveća antioksidativna aktivnost pronađena u srednje tamno prženoj kafi Arabika vrste, a Vignoli i sar. (2011) su došli do istih podataka za srednje prženu Robusta kafu. del Castillo i sar. (2002) su na osnovu svojih istraživanja ustanovili maksimalnu antioksidativnu aktivnost kod srednje pržene kafe, dok je tamno pržena kafa imala najnižu antioksidativnu aktivnost, uprkos povećanju inteziteta boje. Hečimović i sar. (2011) su ustanovili najveću antioksidativnu aktivnost u srednje prženim uzorcima Arabike (Minas) i Robuste (Cherry).

Tabela 5.B.4. Vrijednosti sadržaja fenola, flavonoida, flavonola i antioksidativna aktivnost uzoraka sirove kafe pojedinačnih vrsta (Sp4, Sp5, Sp6) i uzoraka kafe pržene na 171°C (J1, K1, L1)

Parametri	Šifre uzoraka i srednje vrijednosti ± standardna devijacija (n = 3)					
	Sp4	Sp5	Sp6	J1	K1	L1
Ukupni fenoli <sup>1</sup> (mg (CGA)/g uzorka)	50,91 <sup>c</sup> ±1,18	52,41 <sup>c</sup> ±2,14	67,45 <sup>a</sup> ±0,73	40,90 <sup>d</sup> ±0,99	42,72 <sup>d</sup> ±0,44	54,57 <sup>b</sup> ±0,32
Ukupni fenoli <sup>2</sup> (mg (GAE)/g uzorka)	32,28 <sup>c</sup> ±0,70	31,19 <sup>c</sup> ±4,62	42,06 <sup>a</sup> ±0,43	28,96 <sup>c</sup> ±0,47	24,94 <sup>d</sup> ±0,81	36,92 <sup>b</sup> ±0,89
Flavonoidi <sup>3</sup> (mg (Q)/g uzorka)	3,27 <sup>d</sup> ±0,09	3,57 <sup>c</sup> ±0,17	4,22 <sup>b</sup> ±0,07	4,26 <sup>b</sup> ±0,09	4,34 <sup>b</sup> ±0,03	5,44 <sup>a</sup> ±0,14
Flavonoli <sup>4</sup> (mg (Q)/g uzorka)	1,12 <sup>d</sup> ±0,04	1,32 <sup>c</sup> ±0,03	1,99 <sup>b</sup> ±0,06	2,04 <sup>b</sup> ±0,04	2,00 <sup>b</sup> ±0,03	2,35 <sup>a</sup> ±0,05
DPPH <sup>5</sup> (μmol TE/g uzorka)	185,10 <sup>e</sup> ±3,83	192,14 <sup>d</sup> ±4,48	237,34 <sup>b</sup> ±3,76	226,14 <sup>c</sup> ±4,37	229,42 <sup>c</sup> ±2,29	280,30 <sup>a</sup> ±3,64
ABTS <sup>6</sup> (μmol TE/g uzorka)	169,19 <sup>f</sup> ±2,94	192,13 <sup>e</sup> ±1,78	261,90 <sup>b</sup> ±3,77	223,66 <sup>d</sup> ±2,60	228,79 <sup>c</sup> ±2,38	286,98 <sup>a</sup> ±3,11

<sup>1</sup>Ukupni fenoli izraženi kao ekvivalent hlorigenske kiseline (CGA) na masu uzorka (1g mljevene kafe)

<sup>2</sup>Ukupni fenoli izraženi kao ekvivalent galne kiseline (GAE) na masu uzorka (1g mljevene kafe)

<sup>3</sup>Sadržaj flavonoida izražen kao ekvivalent kvercetina (Q) na masu uzorka (1g mljevene kafe)

<sup>4</sup>Sadržaj flavonola izražen kao ekvivalent kvercetina (Q) na masu uzorka (1g mljevene kafe)

Antioksidativni aktivnost kafe određena na DPPH slobodni radikal, izražen kao μmol trolox-a (TE) na masu uzorka (1g mljevene kafe)

<sup>6</sup>Antioksidativni aktivnost kafe određena na ABTS slobodni radikal, izražen kao μmol trolox-a (TE) na masu uzorka (1g mljevene kafe)

<sup>a-f</sup> Srednje vrijednosti sa različitim slovom u istom redu se statistički značajno razlikuju sa 95% vjerovatnoće (P<0,05)

Tabela 5.B.5. Vrijednosti sadržaja fenola, flavonoida, flavonola i antioksidativna aktivnost uzoraka mješavina sirove kafe (Sm4, Sm5, Sm6), uzoraka mješavina kafe pržene na 171°C (M1, N1, O1)

Parametri	Šifre uzoraka i srednje vrijednosti ± standardna devijacija (n = 3)					
	Sm4	Sm5	Sm6	M1	N1	O1
Ukupni fenoli <sup>1</sup> (mg (CGA)/g uzorka)	55,45 <sup>a</sup> ±2,16	54,05 <sup>a</sup> ±1,15	55,56 <sup>a</sup> ±1,17	44,88 <sup>b</sup> ±0,83	43,79 <sup>b</sup> ±1,01	45,00 <sup>b</sup> ±0,95
Ukupni fenoli <sup>2</sup> (mg (GAE)/g uzorka)	34,21 <sup>a</sup> ±1,16	33,12 <sup>a</sup> ±0,49	34,13 <sup>a</sup> ±1,90	29,34 <sup>b</sup> ±0,41	28,03 <sup>b</sup> ±0,71	29,04 <sup>b</sup> ±0,76
Flavonoidi <sup>3</sup> (mg (Q)/g uzorka)	3,61 <sup>b</sup> ±0,04	3,56 <sup>b</sup> ±0,11	3,63 <sup>b</sup> ±0,10	4,57 <sup>a</sup> ±0,11	4,47 <sup>a</sup> ±0,07	4,58 <sup>a</sup> ±0,05
Flavonoli <sup>4</sup> (mg (Q)/g uzorka)	1,41 <sup>b</sup> ±0,04	1,35 <sup>b</sup> ±0,09	1,42 <sup>b</sup> ±0,06	2,10 <sup>a</sup> ±0,07	2,06 <sup>a</sup> ±0,16	2,10 <sup>a</sup> ±0,05
DPPH <sup>5</sup> (μmol TE/g uzorka)	200,31 <sup>c</sup> ±0,76	196,19 <sup>a</sup> ±1,60	200,84 <sup>c</sup> ±1,84	240,38 <sup>a</sup> ±2,44	235,57 <sup>b</sup> ±2,90	240,63 <sup>a</sup> ±2,87
ABTS <sup>6</sup> (μmol TE/g uzorka)	200,16 <sup>d</sup> ±1,08	194,28 <sup>e</sup> ±2,97	201,94 <sup>d</sup> ±1,71	240,81 <sup>a</sup> ±0,54	217,62 <sup>c</sup> ±2,86	225,47 <sup>b</sup> ±2,25

<sup>1</sup>Ukupni fenoli izraženi kao ekvivalent hlorigenske kiseline (CGA) na masu uzorka (1g mljevene kafe)

<sup>2</sup>Ukupni fenoli izraženi kao ekvivalent galne kiseline (GAE) na masu uzorka (1g mljevene kafe)

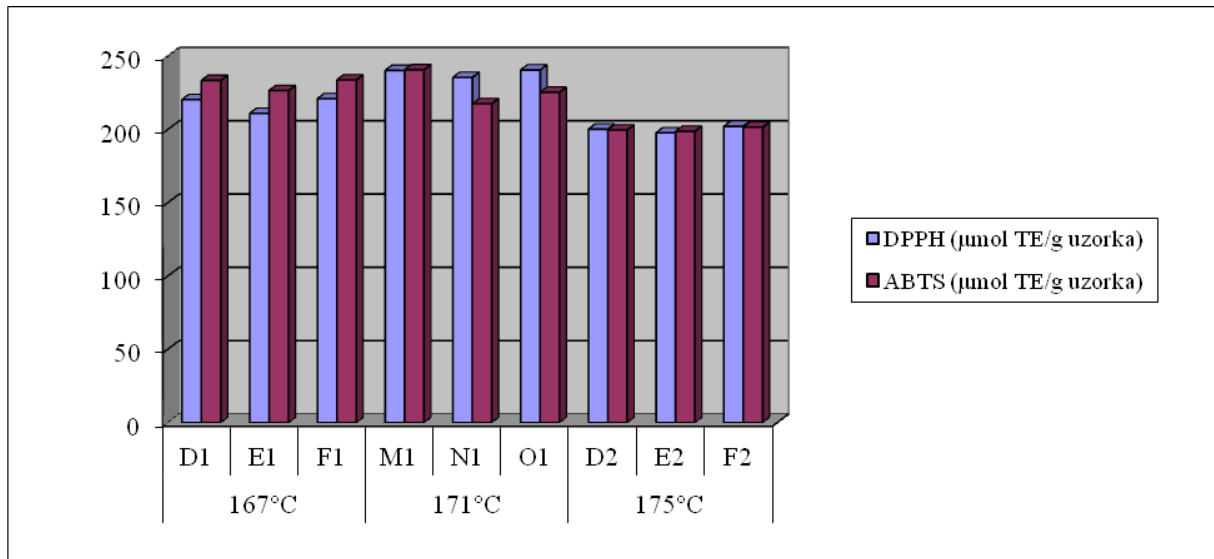
<sup>3</sup>Sadržaj flavonoida izražen kao ekvivalent kvercetina (Q) na masu uzorka (1g mljevene kafe)

<sup>4</sup>Sadržaj flavonola izražen kao ekvivalent kvercetina (Q) na masu uzorka (1g mljevene kafe)

<sup>5</sup>Antioksidativni kapacitet kafe određen na DPPH slobodni radikal, izražen kao μmol trolox-a (TE) na masu uzorka (1g mljevene kafe)

<sup>6</sup>Antioksidativni kapacitet kafe određen na ABTS slobodni radikal, izražen kao μmol trolox-a (TE) na masu uzorka (1g mljevene kafe)

<sup>a-e</sup> Srednje vrijednosti sa različitim slovom u istom redu se statistički značajno razlikuju sa 95% vjerovatnoće (P<0,05)



Odnosi kafa u mješavinama:

D1, D2, M1 = Arabika II klasa : Arabika I klasa : Robusta = 38% : 38% : 24%

E1, E2, N1 = Arabika II klasa : Arabika I klasa : Robusta = 34,28% : 51,42% : 14,30%

F1, F2, O1 = Arabika II klasa : Arabika I klasa : Robusta = 30,40% : 45,60% : 24%

Grafik 5.B.1. Komparativni prikaz antioksidativne aktivnosti u uzorcima mješavina kafe pržene na 167°C, 171°C i 175°C.

### 5.C. Senzorska analiza ispitivanih uzoraka

Na osnovu deskriptivne senzorske analize, prema uputstvu iz tabele 4.2.1., boja uzoraka napitka kafe A0, B0 i C0 definisana je kao smeđa sa različitim udjelom žućkaste, narandžaste i crvenkaste nijanse. U uzorku napitka kafe A0 dominirala je narandžasta, a u uzorku napitka B0 žućkasta nijansa. U uzorku napitka C0 ove dvije nijanse su bile podjednako zastupljene, a crvenkasta nijansa je bila blago izražena u sva tri uzorka.

U tabeli 5.C.1. prikazani su rezultati deskriptivne senzorske analize (arome, gorčina, kiselost, punoća ukusa i opšti utisak u ustima) napitaka kafe pripremljenih od uzoraka kafe proizvedenih prema proizvođačkoj specifikaciji.

Tabela 5.C.1. Rezultati deskriptivne senzorske analize (arome, gorčina, kiselost, punoća ukusa i opšti utisak u ustima) napitaka kafe pripremljenih od uzoraka kafe proizvedenih prema proizvođačkoj specifikaciji

Šifre i odabrana senzorna svojstva (pokazatelji kvaliteta)	Šifre uzoraka i ocjena kvaliteta senzornog svojstva za n = 7 (srednja vrijednost ± standardna devijacija)		
	A0	B0	C0
<b>A1</b> Aroma kafe	2,79 <sup>a</sup> ±0,70	2,93 <sup>a</sup> ±0,61	3,14 <sup>a</sup> ±0,63
<b>A2</b> Aroma na prženo	2,64 <sup>a</sup> ±0,48	2,71 <sup>a</sup> ±0,49	2,93 <sup>a</sup> ±0,61
<b>A3</b> Aroma čokolade	-	-	-
<b>A4</b> Aroma karamela	-	-	-
<b>A5</b> Cvjetna aroma	-	-	-
<b>A6</b> Sladunjava voćna aroma	-	-	-
<b>A7</b> Aroma žitarica i slada	2,57 <sup>a</sup> ±1,02	2,78 <sup>a</sup> ±0,64	2,86 <sup>a</sup> ±0,69
<b>A8</b> Aroma oraha, (gorkog) badema	-	-	-
<b>A9</b> Aroma trave	-	-	-
<b>A10</b> Aroma zemlje	-	-	-
<b>A11</b> Aroma prašine	-	-	-
<b>A12</b> Aroma na zagoreno	3,86 <sup>a</sup> ±0,69	3,93 <sup>a</sup> ±0,45	4,00 <sup>a</sup> ±0,65
<b>A13</b> Aroma dima	-	-	-
<b>A14</b> Aroma lijekova	-	-	-
<b>A15</b> Aroma na plijesni	-	-	-
GORČINA	3,00 <sup>a</sup> ±0,29	3,00 <sup>a</sup> ±0,41	3,14 <sup>a</sup> ±0,69
KISELOST	2,86 <sup>a</sup> ±0,24	2,93 <sup>a</sup> ±0,53	3,00 <sup>a</sup> ±0,29
PUNOĆA UKUSA	2,36 <sup>a</sup> ±0,69	2,21 <sup>a</sup> ±0,49	2,79 <sup>a</sup> ±0,64
OPŠTI UTISAK U USTIMA	2,86 <sup>a</sup> ±0,56	2,93 <sup>a</sup> ±0,79	3,00 <sup>a</sup> ±0,41

<sup>a</sup> Srednje vrijednosti u istom redu se statistički značajno ne razlikuju sa 95% vjerovatnoće (P>0,05)

Na osnovu rezultata deskriptivne senzorske analize, prikazanih u tabeli 5.C.1., može se konstatovati da su uzorci napitka kafe A0 i B0 bili približno ujednačenog kvaliteta. Ovi uzorci napitka kafe mogu se opisati kao uzorci sa slabo izraženom aromom kafe i aromom na prženo i veoma izraženom aromom na žitarice i slada koja je bila najizraženija u uzorku A0 (ocjena kvaliteta 2,57). Gorčina i kiselost su bile skladno ali nedovoljno izražene u oba uzorka napitka kafe. Slabo izražena punoća ukusa u uzorcima napitka kafe A0 i B0 uticali su na relativno niske srednje ocjene (2,86 i 2,93) za opšti utisak u ustima. Iz rezultata se uočava da su aroma kafe i aroma pržene mljevene kafe u uzorku napitka C0 bile prijatne ali nedovoljno izražene (ocjena kvaliteta 3,14 i 2,93). Aroma žitarica i slada bila je dominantna komponenta u aromatskom profilu ovog uzorka napitka kafe sa srednjom ocjenom kvaliteta 2,86. Aroma na

zagoreno je bila slabo izražena (ocjena kvaliteta 4,00). Gorčina i kiselost su bile blago izražene i skladne. U uzorku C0 punoća ukusa i opšti utisak u ustima su slabo izraženi (ocjena kvaliteta 2,79 i 3,00). Na osnovu ocjena odabranih senzorskih pokazatelja kvaliteta, uzorak napitka kafe C0 može se okarakterisati kao prazan i vodnjikav, sa nedovoljno izraženom prijatnom aromom kafe. Na osnovu prosječnih vrijednosti i procenta od maksimalnog mogućeg kvaliteta deskriptivne senzorske analize napitka kafe pripremljenih od uzoraka kafe proizvedenih prema proizvođačkoj specifikaciji utvrđeno je da je uzorak napitka kafe C0 imao najveći procenat od maksimalno mogućeg kvaliteta i to 61,65% (tabela 5.C.2.).

Tabela 5.C.2. Prosječne vrijednosti i procenat od maksimalnog mogućeg kvaliteta deskriptivne senzorske analize napitka kafe pripremljenih od uzoraka kafe proizvedenih prema proizvođačkoj specifikaciji

Odabrana senzorna svojstva (pokazatelji kvaliteta)	Šifre uzoraka i ukupna ocjena kvaliteta senzornog svojstva korigovana koeficijentom važnosti		
	A0	B0	C0
Aroma	23,72	24,70	25,86
Ukus (gorčina i kiselost)	17,58	17,79	18,42
Punoća ukusa i opšti utisak u ustima	15,66	15,42	17,39
% od maksimalno mogućeg kvaliteta	56,96	57,91	61,65

Prema planu eksperimenta navedenom u tabeli 4.1.4. sirovi uzorci kafe (Sp1, Sp2 i Sp3) prženi su posebno kako bi se na osnovu kvaliteta pojedinačnih uzoraka modifikovao i definisao odnos različitih vrsta kafe u cilju postizanja optimalnog odnosno, očekivanog senzorskog kvaliteta napitka crne kafe koja se priprema na tradicionalan način.

Primjenom deskriptivne senzorne analize moguće je dati precizan opis boje, arome, ukusa, (punoće ukusa i opšteg utiska u ustima) napitka kafe, kao najvažnijih senzorskih svojstava, sa značajnim uticajem na kvalitet i na prihvatljivost kvaliteta. Ispitivanjem i ocjenjivanjem odabranih senzorskih svojstava proizvoda dobija se precizna slika o njegovom realnom kvalitetu koji se može uporediti sa očekvanim ili standardnim kvalitetom i na taj način donijeti ocjena o prihvatljivosti ukupnog kvaliteta prehrambenih proizvoda (Grujić, 2011).

Koristeći izraze koji su ponuđeni u pripremljenom upustvu za opis boje napitka kafe tabela (4.2.1.), ocjenjivači su boju napitka kafe, pripremljenih od uzoraka A1, B1 i C1 definisali kao smeđu sa različitim udjelom žućkaste, narandžaste i crvenkaste nijanse. U uzorku napitka kafe A1 podjednako su zastupljene žućkasta i narandžasta nijansa i sasvim blago izražena nota



crvenkaste nijanse. U smeđoj boji uzorka napitka B1 preovladavala je žućkasta nijansa sa blago izraženim narandžastim tonovima. Narandžasta nijansa smeđe boje uzorka napitka kafe C1 prožeta je žućkastim i blago crvenkastim tonovima.

U tabeli 5.C.3. prikazani su rezultati deskriptivne senzorske analize (arome, gorčina, kiselost, punoća ukusa i opšti utisak u ustima) napitaka kafe pripremljenih od uzoraka kafe prženih na 167°C i njihovih mješavina u različitim odnosima.

U uzorku napitka kafe A1 aroma kafe i aroma na prženo su bile nedovoljno izražene (ocjena kvaliteta 2,43 i 2,57), a u odnosu na njih, aroma žitarica i slada bila je izraženija (ocjena kvaliteta 2,64). Aroma na zagoreno bila je slabo izražena (ocjena kvaliteta 3,86) i nije umanjila kvalitet napitka. Ocjena utiska gorčine i kiselosti uzorka napitka kafe A1 ukazuje na nesklad između ova dva modaliteta ukusa u smislu izraženije, a samim tim i neprijatne kiselosti (ocjena kvaliteta 3,14) u odnosu na suviše blagu gorčinu (ocjena kvaliteta 2,43). Slabo izražena punoća ukusa (ocjena kvaliteta 2,93), kao i prethodno navedeni rezultati senzorske analize ovog uzorka uticali su na relativno nisku prosječnu ocjenu (2,50) za opšti utisak u ustima, a koja karakteriše napitak kao bezličan, prazan i vodnjikav. Uzorak napitka kafe B1 imao je slabo izraženu aromu kafe (ocjene kvaliteta 2,86), koja predstavlja najcjenjeniju karakteristiku ovog napitka i slabo izraženu prijatnu aromu na prženo (ocjene kvaliteta 2,57). Aroma žitarica i slada, koja spada u grupu manje prijatnih, ali često prisutnih aroma u napitku kafe, bila je izražena u uzorku B1 (ocjena kvaliteta 2,93), dok je neprijatna aroma na zagoreno bila veoma slabo izražena, te je za kvalitet ovog svojstva napitka dodjeljena prosječna ocjena 4,00. U toku analiziranja ispitivanih uzoraka kafe, u ustima je identifikovan za kafu specifičan, prepoznatljiv, osjećaj gorčine koji je bio nedovoljno izražen u uzorku napitka kafe B1 (ocjena kvaliteta 2,43) i kratko se zadržavao na jeziku nakon izbacivanja uzorka iz usta. U odnosu na gorčinu, kiselost je u ovom uzorku okarakterisana kao dominantiji i izraženiji modalitet ukusa (ocjena kvaliteta 3,14). Opšti utisak u ustima, koji se dobije na osnovu ukupnog utiska u toku senzorske ocjene arome i ukusa, za uzorak napitka kafe B1 okarakterisan je kao prazan i bezličan (ocjena kvaliteta 2,86), sa nedovoljno izraženim prijatnim aromama u napitku kafe i neharmoničnim intezitetom gorčine i kiselosti, te slabo izražene punoće ukusa (ocjena kvaliteta 3,00). U napitku uzorka kafe C1 aroma žitarica i slada bila je najizraženija (ocjena kvaliteta 2,07), a prijatne arome kafe i prženog zrna kafe su bile slabije izražene i kraće su se zadržavale u ustima u odnosu na intezitet ovih aroma u uzorcima A1 i B1. Aroma na zagoreno u ovom uzorku napitka je bila neznatno izraženija u odnosu na druga dva analizirana uzorka napitka kafe, ali kao i kod njih, nije

negativno uticala na ukupan kvalitet napitka. Negativan uticaj na kvalitet imala je punoća ukusa koja je bila izuzetno slabo izražena (ocjena kvaliteta 2,00) i davala je utisak vodnjikavog i bljutavog napitka. Nesklad između gorčine i kiselosti u uzorku napitka kafe C1 identifikovan je kao izraženiji osjećaj gorčine (ocjena kvaliteta 3,43) u odnosu na kiselost (ocjena kvaliteta 2,64). Ukupan utisak u ustima ocjenjen je kao najlošiji od sva tri analizirana uzorka (ocjena kvaliteta 2,36). Kiselost predstavlja veoma važnu osobinu kafe. Može se definisati kao blag ili oštriji nadražaj i prijatan ukus kiselkastog rastvora, koji u interakciji sa ostalim sastojcima može doprinijeti skladu utisaka, ili čak i neprijatnom doživljaju, zbog intenziteta modaliteta kiselog ukusa izraženijeg nego što bi to bilo potrebno. Uslovi prženja i sorta kafe, kao i prerada sirovog zrna i njegova starost utiču na kiselost kafe. Sam sadržaj kiselina u kafi je važan za njenu kiselost (Clarke i sar., 2001). Na osnovu rezultata titracione kiselosti (tabela 5.A.2.) i deskriptivne senzorske analize (5.C.3.) može se zaključiti da su uzorci A1 i B1 Arabika vrste kafe prženi na 167°C, dobili bolje ocjene za kiselost (ocjena kvaliteta 3,21 i 3,14) u odnosu na uzorak C1 Robusta vrste kafe pržene na istoj temperaturi (ocjena kvaliteta 2,64).

Nadalje na osnovu rezultata deskriptivne senzorske analize pojedinačnih uzoraka A1, B1 i C1 napitka kafe, analizirane su mješavine kafe napitka D1, E1 i F1. Udio Arabika kafa (A1 i B1) veći je u odnosu na udio Robusta kafe (C1) s obzirom da je napitak pripremljen od Robuste ocjenjen kao najlošiji. Uzorak napitka kafe B1 (Arabika I klasa) ocjenjen kao najbolji i zbog toga je udio ove kafe u uzorcima E1 i F1 bio najveći, u odnosu na uzorak D1 koji sadrži isti odnos Arabika kafe I i II klase kao što je prikazano u tabeli 4.1.4.

Deskriptivnom senzorskom analizom uzorka napitka D1 konstatovano je da ima smeđu boju sa narandžastom i žućkastom nijansom. Smeđa boja bila je karakteristična i za uzorke napitka kafe E1 i F1, kod kojih je preovladala žućkasta nijansa sa blago izraženim narandžastim tonovima. U uzorku napitka F1 uočena je i blaga crvenkasta nijansa.

Tabela 5.C.3. Rezultati deskriptivne senzorske analize (arome, gorčina, kiselost, punoća ukusa i opšti utisak u ustima) napitaka kafe pripremljenih od uzoraka pojedinačnih vrsta kafe prženih na 167°C i njihovih mješavina u različitim odnosima

Šifre i odabrana senzorna svojstva (pokazatelji kvaliteta)	Šifre uzoraka i ocjena kvaliteta senzornog svojstva za n = 7 (srednja vrijednost ± standardna devijacija)					
	A1	B1	C1	D1	E1	F1
<b>A1</b> Aroma kafe	2,71 <sup>bc</sup> ±0,76	2,86 <sup>b</sup> ±0,38	2,21 <sup>c</sup> ±0,39	3,21 <sup>ab</sup> ±0,49	3,50 <sup>a</sup> ±0,50	3,14 <sup>ab</sup> ±0,55
<b>A2</b> Aroma na prženo	2,43 <sup>bc</sup> ±0,42	2,57 <sup>abc</sup> ±0,56	2,07 <sup>c</sup> ±0,53	3,07 <sup>ab</sup> ±0,53	3,21 <sup>a</sup> ±0,64	3,00 <sup>ab</sup> ±0,65
<b>A3</b> Aroma čokolade	-	-	-	-	-	-
<b>A4</b> Aroma karamela	-	-	-	-	-	-
<b>A5</b> Cvjetna aroma	-	-	-	-	-	-
<b>A6</b> Sladunjava voćna aroma	-	-	-	-	-	-
<b>A7</b> Aroma žitarica i slada	2,64 <sup>ab</sup> ±0,85	2,93 <sup>a</sup> ±0,53	2,07 <sup>b</sup> ±0,53	2,86 <sup>a</sup> ±0,69	3,00 <sup>a</sup> ±0,82	3,07 <sup>a</sup> ±0,61
<b>A8</b> Aroma oraha, (gorkog) badema	-	-	-	-	-	-
<b>A9</b> Aroma trave	-	-	-	-	-	-
<b>A10</b> Aroma zemlje	-	-	-	-	-	-
<b>A11</b> Aroma prašine	-	-	-	-	-	-
<b>A12</b> Aroma na zagoreno	3,86 <sup>a</sup> ±0,56	4,00 <sup>a</sup> ±0,00	3,71 <sup>a</sup> ±0,39	4,00 <sup>a</sup> ±0,29	4,14 <sup>a</sup> ±0,38	4,00 <sup>a</sup> ±0,65
<b>A13</b> Aroma dima	-	-	-	-	-	-
<b>A14</b> Aroma lijekova	-	-	-	-	-	-
<b>A15</b> Aroma na plijesni	-	-	-	-	-	-
GORČINA	2,43 <sup>b</sup> ±0,45	2,43 <sup>b</sup> ±0,35	3,43 <sup>a</sup> ±0,61	3,29 <sup>a</sup> ±0,91	3,21 <sup>a</sup> ±0,57	3,29 <sup>a</sup> ±0,70
KISELOST	3,21 <sup>a</sup> ±0,70	3,14 <sup>a</sup> ±1,14	2,64 <sup>a</sup> ±0,48	3,14 <sup>a</sup> ±0,85	3,07 <sup>a</sup> ±0,73	3,07 <sup>a</sup> ±0,67
PUNOĆA UKUSA	2,93 <sup>a</sup> ±0,19	3,00 <sup>a</sup> ±0,58	2,00 <sup>b</sup> ±0,29	2,93 <sup>a</sup> ±0,61	3,07 <sup>a</sup> ±0,67	2,86 <sup>a</sup> ±0,69
OPŠTI UTISAK U USTIMA	2,50 <sup>bc</sup> ±0,41	2,86 <sup>abc</sup> ±0,38	2,36 <sup>c</sup> ±0,48	3,00 <sup>ab</sup> ±0,41	3,29 <sup>a</sup> ±0,57	2,93 <sup>ab</sup> ±0,53

<sup>a-c</sup> Srednje vrijednosti sa različitim slovom u istom redu se statistički značajno razlikuju sa 95% vjerovatnoće (P<0,05)

Aroma kafe u uzorcima napitka kafe D1 i F1 ocjenjena je nešto nižim ocjenama kvaliteta (3,21 i 3,14), kao i aroma na prženo (ocjene kvaliteta 3,07 i 3,00). Aroma žitarica je u oba uzorka identifikovana kao izražena (ocjena kvaliteta 2,86 i 3,07) i dominantnija u odnosu na prijatne arome napitka kafe. Aroma kafe u uzorku napitka E1 bila je blago i prijatno izražena (ocjena kvaliteta 3,5), ali znatno izraženija u odnosu na uzorke napitaka kafe pripremljenih od pojedinačnih vrsta kafe A1, B1 i C1. Iako je aroma na žitarice u uzorku E1

imala stepen izraženosti (ocjena kvaliteta 3,00) slično kao u drugim ispitivanim uzorcima, u kombinaciji sa blago i prijatno izraženom aromom kafe i aromom na prženo skladno je ukomponovana u aromatski profil ovog napitka kafe. Aroma na zagoreno je bila slabo izražena u sva tri uzorka napitka kafe. Gorčina uzoraka napitaka mješavina kafe D1, E1 i F1 je bila blago izražena i skladnija sa kiselošću u odnosu na kvalitet uzorka napitaka od pojedinačnih vrsta kafe A1, B1 i C1. Punoća ukusa je bila slabo izražena u svim ispitivanim uzorcima mješavina napitka kafe. Uzorak E1 dobio je najveću ocjenu kvaliteta (3,29) za opšti utisak u ustima, zahvaljući prijatnoj aromi kafe i aromi na prženo, koje su bile izraženije u odnosu na sve druge ispitivane uzorke, i najskladnijem odnosu gorčine i kiselosti.

Na osnovu analize rezultata i ispitivanja statističke značajnosti ocjena kvaliteta odabranih senzornih svojstava napitaka kafe, pripremljenih od uzoraka kafe prženih na 167°C i njihovih mješavina u različitim odnosima, konstantovano je da između uzorka E1 za koji je konstantovan najviši nivo kvaliteta, i uzoraka A1, B1 i C1 postoji statistički značajna razlika ( $P < 0,05$ ) u ocjeni kvaliteta arome kafe (tabela 5.C.3.). Statistički značajna razlika ( $P < 0,05$ ) konstantovana je i između uzoraka napitaka B1 i C1 u ocjeni kvaliteta ove arome, kao i između uzoraka D1 i F1 i uzorka C1. Poređenjem rezultata srednjih vrijednosti ocjena kvaliteta arome napitka kafe na prženo konstantovano je da između uzorka napitka kafe E1 i uzoraka A1 i C1 postoji statistički značajna razlika ( $P < 0,05$ ) (tabela 5.C.3.). Uzorak napitka kafe E1 statistički se značajno razlikovao ( $P < 0,05$ ) od uzorka napitka kafe C1, koji je ocjenjen kao uzorak najlošijeg kvaliteta u ocjeni kvaliteta arome slada i žitarica, koja je uzorku C1 bila najizraženija i najneprijatnija (tabela 5.C.3.). Statistički značajna razlika ( $P < 0,05$ ) u ocjeni kvaliteta gorčine konstantovana je između uzorka E1 i uzoraka A1 i B1. Iako je na osnovu deskriptivne senzorske analize identifikovana razlika u intezitetu kiselosti između ispitivanih uzoraka A1, B1, C1, D1, E1, F1, ocjena kvaliteta za ovaj modalitet ukusa nije se statistički značajno razlikovala ( $P > 0,05$ ). U ocjeni kvaliteta punoće ukusa konstantovana je statistički značajna razlika ( $P < 0,05$ ) između uzorka napitka kafe E1 i uzorka napitka kafe C1. Statistički značajna razlika ( $P > 0,05$ ) u ocjeni kvaliteta ovog senzorskog svojstva ne postoji između uzoraka A1, B1, D1, E1 i F1. Uzorak napitka kafe E1 statistički se značajno razlikovao ( $P < 0,05$ ) u ocjeni kvaliteta opšteg utiska u ustima u odnosu na uzorke napitka A1 i C1 (tabela 5.C.3.).

Tabela 5.C.4. Prosječne vrijednosti i procenat od maksimalnog mogućeg kvaliteta deskriptivne senzorske analize napitka kafe pripremljenih od uzoraka pojedinačnih vrsta kafe prženih na 167°C i njihovih mješavina u različitim odnosima

Odabrana senzorna svojstva (pokazatelji kvaliteta)	Šifre uzoraka i ukupna ocjena kvaliteta senzornog svojstva korigovana koeficijentom važnosti					
	A1	B1	C1	D1	E1	F1
Aroma	23,28	24,72	20,12	26,28	27,7	26,42
Ukus	16,92	16,71	18,21	19,29	18,84	19,08
Punoća ukusa i opšti utisak u ustima	16,29	17,58	13,08	17,79	19,08	17,37
% od maksimalno mogućeg kvaliteta	56,49	59,01	51,41	63,36	65,62	62,87

Na osnovu prosječne vrijednosti i procenta od maksimalnog mogućeg kvaliteta deskriptivne senzorske analize napitka kafe pripremljenih od uzoraka pojedinačnih vrsta kafe prženih na 167°C (tabela 5.C.4.), ustanovljeno je da je uzorak napitka kafe B1 imao je najveći procenat od maksimalnog mogućeg kvaliteta (59,01%). Najmanji procenat od maksimalnog mogućeg kvaliteta imao je uzorak napitka kafe C1 (51,41%). Uzorak napitka mješavine kafe E1 (A1:B1:C1 = 34,28% : 51,42% : 14,30%) ocjenjen je kao napitak kvaliteta najpribližnijeg optimalnom (65,62%), a u poređenju sa uzorcima napitka mješavina kafa D1 (A1:B1:C1 = 38% : 38% : 24%) i F1 (A1:B1:C1 = 30,40% : 45,60% : 24%), kao i u poređenju sa uzorcima pojedinačnih vrsta kafe A1 (Arabika II klasa), B1 (Arabika I klasa) i C1 (Robusta).

Na osnovu rezultata deskriptivne senzorske analize (arome, gorčina, kiselost, punoća ukusa i opšti utisak u ustima) i procenata od maksimalnog mogućeg kvaliteta napitaka kafe pripremljenih od uzoraka kafe prženih na 167°C i njihovih mješavina u različitim odnosima, konstantovano je da nije postignut očekivani kvalitet napitka crne kafe koja se priprema na tradicionalan način i da je potrebno povećati temperaturu prženja odabranih sirovih uzoraka u cilju dobijanja aromatičnijeg, ukusnijeg i skladnijeg proizvoda. S obzirom da su sva tri uzorka odabranih mješavina imala veći procenat od maksimalnog mogućeg kvaliteta u odnosu na pojedinačne vrste, isti odnos mješavina korišten je u daljem radu.

Boja napitka kafe zavisi od uslova i stepena prženja. Analizom parametara boje i njenih nijansi kod napitaka kafe pripremljenih od uzoraka A2, B2 i C2, može se konstatovati da je boja svih ispitivanih uzoraka bila relativno slična. Osnovna boja definisana je kao tamno smeđa, sa manje ili više izraženim razlikama u nijansama. Kod uzorka napitka kafe A2 preovladava narandžasta nijansa prožeta sa crvenkastim tonovima uz prisustvo blago izražene žućkaste i sivkaste nijanse. Sivkasta nijansa najzastupljenija je u uzorku napitka B2 sa blagim

tonovima narandžaste i žućkaste nijanse. Uz narandžastu i sivu nijansu u uzorku napitka kafe C2 uočavaju se blagi tonovi crvenkaste i žućkaste nijanse.

U tabeli 5.C.5. prikazani su rezultati deskriptivne senzorske analize (arome, gorčina, kiselost, punoća ukusa i opšti utisak u ustima) napitaka kafe pripremljenih od uzoraka kafe prženih na 175°C i njihovih mješavina u različitim odnosima.

Senzorskom analizom uzorka napitka A2 i uzorka napitka B2 utvrđen je ujednačen stepen kvaliteta koji je karakterisala nedovoljno izražena aroma kafe i aroma na prženo, ali i dominantna nepoželjna aroma na zagoreno. Intezitet arome na zagoreno bio je veoma izražen u uzorku napitka kafe A2 (ocjena kvaliteta 2,14) i u uzorku napitka B2 (ocjena kvaliteta 2,00), što je uticalo na formiranje neprijatanog, gorkog utiska u ustima. Aroma žitarica i slada bila je veoma slabo izražena u uzorcima napitka A2 i B2 (ocjena kvaliteta 4,5 i 4,21), dok je u uzorcima napitaka A1, B1 i posebno C1 bila dominantna u odnosu na ostale arome (tabela 5.C.3.). Za razliku od napitaka pripremljenih od uzoraka pojedinačnih vrsta kafe prženih na 167°C A1, B1 i C1, u uzorcima napitka kafe A2 i B2 identifikovana je slabo izražena aroma prašine (ocjena kvaliteta 2,80 i 2,50). Senzorskom analizom uzorka napitka kafe A2 ustanovljeno je da je gorčina bila izraženija i ocjenjena je nižom ocjenom kvaliteta 2,29, u odnosu na kiselost kojoj je dodjeljena ocjena 3,00. U uzorku napitka kafe B2 gorčina nije bila suviše izražena (ocjena kvaliteta 2,36), ali se nakon analize, u ustima dugo zadržavala gorčina na preprženo. Kiselost je bila osvježavajuća, prijatna i diskretna (ocjena kvaliteta 2,93). Punoća ukusa je, kod oba ispitivana uzorka, ocjenjena kao prijatna i umjerena (ocjena kvaliteta 3,50). Na osnovu ocjena za opšti utisak u ustima, u uzorcima napitka A2 (3,00) i napitka B2 (3,00) stiče se utisak oštine ovih napitaka, koji prvenstveno potiče od veoma izražene arome na zagoreno i identifikovane arome prašine, koje se mogu povezati sa stepenom prženja kafe, i nedovoljno izražene, pomalo prazne arome kafe. Na osnovu rezultata senzorske analize uzoraka napitaka kafe A2, B2 i C2 (tabela 5.C.5), najlošiji kvalitet ustanovljen je kod uzorka C2 (Robusta) sa veoma izraženom nepoželjnom aromom na zagoreno (ocjena kvaliteta 1,50). U ovom uzorku napitka kafe identifikovana je, po prvi put, aroma dima (ocjena kvaliteta 2,00). Stepem izraženosti arome kafe i arome na prženo bio je niži u odnosu na uzorke Arabike (A2 i B2). Ove arome su ujedno identifikovane kao najslabije izražene od svih identifikovanih aroma u uzorku napitka C2. Gorčina je bila dominantan modalitet ukusa (ocjena kvaliteta 2,29) u ovom uzorku, dok je kiselost veoma slabo izražena (ocjena kvaliteta 2,00). Punoća ukusa je bila zadovoljavajuća (ocjena kvaliteta

3,00), ali manje izražena u odnosu na uzorke napitka A2 i B2. Sve navedeno uticalo je na nisku prosječnu ocjenu kvaliteta (2,00) za opšti utisak u ustima uzorka napitka kafe C2.

Na osnovu deskriptivne senzorske analize konstantovano je da je kiselost izraženija u napicima uzoraka A1 i B1 Arabika vrste kafe pržene na 167°C, u odnosu na intezitet ovog modaliteta ukusa u napicima uzoraka A2 i B2 iste vrste kafe prženih na 175°C (tabela 5.C.5.). Do sličnih rezultata došao je i Balzer (2001) koji je ustanovio da u visoko kvalitetnim zrnima Arabika kafe, prženim do svijetlog ili srednjeg stepena prženja, veliki uticaj na ukus ima kiselost koja je veoma izražena. Tamno pržena Arabika, s druge strane, pokazuje manju kiselost i pri tome gorčina postaje dominantan modalitet ukusa. Hlorogenska kiselina, pored kofeina i nekih drugih jedinjenja, utiče na gorčinu napitka kafe (Ribeiro i sar., 2010; Fujioka i sar., 2008). Na osnovu rezultata deskriptivne senzorske analize može se zaključiti da je gorčina bila naizraženija u napicima kafe pripremljenim od uzoraka Robusta vrste kafe uzorak C1 i uzorak C2, koji su imali statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) sadržaj hlorogenske kiselina u odnosu na uzorke Arabika vrste kafe. Ovo je u skladu sa literaturnima podacima u kojima se navodi da napitak pripremljen od Robusta vrste kafe karakteriše izražena gorčina i manje izražena aroma (Kreicbergs i sar., 2011). Deskriptivnom senzorskom analizom uzorci napitka kafe pripremljeni od kafe pržene na 167°C (A1, B1 i C1) ocjenjeni su kao uzorci sa nedovoljno izraženom gorčinom. Uzorci napitka kafe pripremljeni od kafe pržene na 175°C (A2, B2 i C2) su dobili najniže ocjene za gorčinu jer je gorčina bila izraženija, iako su ovi uzorci imali najmanji sadržaj kofeina. Međutim ovi uzorci su imali nedovoljno i najmanje izraženu kiselost pri čemu gorčina postaje dominantan modalitet ukusa (Balzer, 2001). Takođe nepoželjna aroma na preprženo je bila dominantna u ovim uzorcima, a što je bilo povezano sa osjećajem gorčine. Sadržaj masti utiče na punoću ukusa (Ribeiro i sar., 2010). Uzorci pržene kafe A1, B1 i C1 su imali slabo izraženu punoću ukusa, dok je punoća ukusa u uzorcima A2, B2 i C2 bila prijatna i umjerena. Uzorak B1 imao je najveći sadržaj masti (14,41%) i dobio je najveću ocjenu kvaliteta za punoću ukusa među uzorcima prženim na 167°C (ocjena kvaliteta 3,00). Ista zavisnost konstantovana je kod uzorka B2 među uzorcima prženim na 175°C, dok su uzorci Robusta vrste kafe (C1 i C2) imali namanje izraženu punoću ukusa (tabele 5.C.3 i 5.C.5.). Napitak kafe koji ima višu vrijednost pH opisuje se kao vodnjikav, prazan i gorak i povezuje se sa preprženim uzorkom (Mwithiga i Jindal, 2007). Napici kafe pripremljeni od prženih uzoraka kafe A2, B2 i C2 imali su izraženu gorčinu, i slabo izraženu kiselost, posebno uzorak C2 koji je imao najveću vrijednost pH (5,76) i statistički se značajno razlikovao od uzoraka A2 (5,49) i B2 (5,31).

Tabela 5.C.5. Rezultati deskriptivne senzorske analize (arome, gorčina, kiselost, punoća ukusa i opšti utisak u ustima) napitaka kafe pripremljenih od uzoraka pojedinačnih vrsta kafe prženih na 175°C i njihovih mješavina u različitim odnosima

Šifre i odabrana senzorna svojstva (pokazatelji kvaliteta)	Šifre uzoraka i ocjena kvaliteta senzornog svojstva za n = 7 (srednja vrijednost ± standardna devijacija)					
	A2	B2	C2	D2	E2	F2
<b>A1</b> Aroma kafe	2,85 <sup>ab</sup> ±0,38	2,93 <sup>ab</sup> ±0,61	2,64 <sup>b</sup> ±0,63	3,29 <sup>ab</sup> ±0,70	3,43 <sup>a</sup> ±0,45	3,29 <sup>ab</sup> ±0,57
<b>A2</b> Aroma na prženo	2,79 <sup>ab</sup> ±0,49	2,71 <sup>ab</sup> ±0,64	2,29 <sup>b</sup> ±0,57	3,29 <sup>a</sup> ±0,57	3,36 <sup>a</sup> ±0,56	3,07 <sup>a</sup> ±0,61
<b>A3</b> Aroma čokolade	-	-	-	-	-	-
<b>A4</b> Aroma karamela	-	-	-	-	-	-
<b>A5</b> Cvjetna aroma	-	-	-	-	-	-
<b>A6</b> Sladunjava voćna aroma	-	-	-	-	-	-
<b>A7</b> Aroma žitarica i slada	4,50 <sup>a</sup> ±0,50	4,21 <sup>a</sup> ±0,70	3,93 <sup>a</sup> ±0,73	4,36 <sup>a</sup> ±0,48	4,50 <sup>a</sup> ±0,41	4,00 <sup>a</sup> ±0,87
<b>A8</b> Aroma oraha, (gorkog) badema	-	-	-	-	-	-
<b>A9</b> Aroma trave	-	-	-	-	-	-
<b>A10</b> Aroma zemlje	-	-	-	-	-	-
<b>A11</b> Aroma prašine	2,86 ± 0,69	2,50 ± 0,82	-	-	-	-
<b>A12</b> Aroma na zagoreno	2,14 <sup>ab</sup> ±0,56	2,00 <sup>ab</sup> ±0,58	1,50 <sup>b</sup> ±0,50	2,14 <sup>ab</sup> ±0,63	2,50 <sup>a</sup> ±0,41	2,00 <sup>ab</sup> ±0,65
<b>A13</b> Aroma dima	-	-	2,00 <sup>b</sup> ±0,29	-	3,00 <sup>a</sup> ±0,41	3,00 <sup>a</sup> ±0,65
<b>A14</b> Aroma lijekova	-	-	-	-	-	-
<b>A15</b> Aroma na plijesni	-	-	-	-	-	-
GORČINA	2,29 <sup>a</sup> ±0,70	2,36 <sup>a</sup> ±0,56	2,50 <sup>a</sup> ±0,41	2,64 <sup>a</sup> ±0,69	2,71 <sup>a</sup> ±0,91	2,57 <sup>a</sup> ±0,84
KISELOST	3,00 <sup>a</sup> ±0,58	2,93 <sup>a</sup> ±1,67	2,00 <sup>b</sup> ±0,41	2,71 <sup>a</sup> ±0,81	3,00 <sup>a</sup> ±0,41	3,00 <sup>a</sup> ±0,58
PUNOĆA UKUSA	3,50 <sup>a</sup> ±0,65	3,50 <sup>a</sup> ±0,41	3,00 <sup>a</sup> ±0,58	3,21 <sup>a</sup> ±0,64	3,50 <sup>a</sup> ±0,58	3,43 <sup>a</sup> ±0,89
OPŠTI UTISAK U USTIMA	3,00 <sup>a</sup> ±0,41	3,07 <sup>a</sup> ±0,61	2,00 <sup>b</sup> ±0,29	3,43 <sup>a</sup> ±0,53	3,50 <sup>a</sup> ±0,50	3,29 <sup>a</sup> ±0,49

<sup>a-b</sup> Srednje vrijednosti sa različitim slovom u istom redu se statistički značajno razlikuju sa 95% vjerovatnoće (P<0,05)

Deskriptivnom senzorskom analizom, boja uzoraka napitka kafe D2, E2 i F2 definisana je kao tamno smeđa. Kod svih uzoraka napitka kafe identifikovana je narandžasta nijanasa boje, koja se razlikuje po intenzitetu i udjelu žućkaste, crvenkaste i sivkaste nijanse.



U uzorcima napitka D2 i E2 ove nijanse su podjednako zastupljene, dok je u uzorku F2 najintenzivnije izražena sivkasta nijansa.

Na osnovu rezultata deskriptivne senzorske analize uzoraka mješavina napitka kafe D2, E2 i F2, prikazanih u tabeli 5.C.5., ustanovljeno je prisustvo arome kafe i arome na prženo, većeg inteziteta u odnosu na napitke kafe pripremljene od pojedinačnih vrsta kafe A2, B2 i C2. Aroma žitarica u uzorcima napitaka D2, E2 i F2 bila je diskretna, s tim da je najizraženija bila u uzorku napitka F2 (ocjena kvaliteta 4,00), a u uzorku napitka E2 je bila najmanje izražena (ocjena kvaliteta 4,50) i dopunjavala je aromu napitka. Nepoželjna aroma na zagoreno je identifikovana u svim uzorcima napitka kafe, s tim da je najintenzivnija bila u uzorku napitka F2 (2,00). U uzorcima napitka E2 i F2 identifikovana je i blago izražena aroma dima (ocjena kvaliteta 3,00). U uzorku napitka D2 gorčina je bila prijatna (ocjena kvaliteta 2,64) i nije se dugo zadržavala u ustima nakon analiziranja napitka, dok je kiselost bila nedovoljno izražena (ocjena kvaliteta 2,71). Analiziranjem gorčine i kiselosti u uzorku napitka kafe E2 ustanovljen je sklad ova dva senzorska svojstva. Gorčina je bila prijatna i umjerena (ocjena kvaliteta 2,71), a kiselost blago izražena (ocjena kvaliteta 3,00), što je doprinijelo formiranju prijatnog osvježavajućeg utiska u toku analize napitka kafe. U uzorku napitka F2 gorčina je bila izraženija (ocjena kvaliteta 2,00) u odnosu na uzorke napitka D2 i E2, duže se zadržavala u ustima, što se može povezati sa aromom na zagoreno koja je u ovom napitku bila najizraženija. Punoća ukusa bila je prijatna i umjerena i nije se bitno razlikovala u ispitivanim uzorcima napitaka. Opšti utisak u ustima u ispitivanim uzorcima napitka kafe D2, E2 i F2 ocjenjen je kao skladniji i izraženiji u odnosu na uzorke napitka pojedinačnih vrsta kafe A2, B2 i C2 (tabela 5.C.5). Uzorak napitka kafe E2 imao je i najprihvatljiviji nivo kvaliteta, odnosno ocijenjen je kao najskladniji od svih analiziranih napitaka kafe pripremljenih od uzoraka kafe prženih na 175°C i njihovih mješavina u različitim odnosima (A2, B2, C2, D2, E2 i F2).

Na osnovu ispitivanja statističke značajnosti ocjena kvaliteta odabranih senzorskih svojstava napitaka kafe, pripremljenih od uzoraka kafe prženih na 175°C i njihovih mješavina, statistički značajna razlika ( $P < 0,05$ ) konstantovana je između uzorka napitka kafe E2 za koji je konstantovan najviši nivo kvaliteta i uzorka napitka kafe C2, koji je ocijenjen kao uzorak napitka najlošijeg kvaliteta, u ocjeni kvaliteta arome kafe, u ocjeni kvaliteta arome na prženo i u ocjeni kvaliteta arome na zagoreno. Ocjena kvaliteta arome dima statistički se značajno razlikovala ( $P < 0,05$ ) između uzoraka napitka E2 i F2 i uzorka napitka C2. Statistički značajna razlika ( $P < 0,05$ ) konstantovana je u ocjeni kvaliteta kiselosti, između uzorka napitka

kafe E2 i uzorka napitka kafe C2. Razlike u senzorskoj ocjeni gorčine i ocjeni punoće ukusa između uzoraka napitka kafe A2, B2, C2, D2, E2 i F2 nisu bile statistički značajne ( $P > 0,05$ ). Statistički značajna razlika ( $P < 0,05$ ) konstantovana je između uzorka napitka kafe E2 i uzorka napitka kafe C2 u ocjeni opšteg kvaliteta, dok razlike u senzorskoj ocjeni opšteg kvaliteta između uzoraka napitka A2, B2, D2, E2 i F2 nisu bile statistički značajne ( $P > 0,05$ ).

Primjenom deskriptivne senzorske analize, u uzorcima D1, E1 i F1 (uzorci mješavina kafe pržene na  $167^{\circ}\text{C}$ ) konstantovana je kiselost izraženija od očekivane ali skladnije ukomponovana sa gorčinom nego što je to u uzorcima A1, B1 i C1 (uzorci pojedinačnih vrsta kafe prženih na  $167^{\circ}\text{C}$ ), dok je u uzorcima D2, E2 i F2 (uzorci mješavina kafe pržene na  $175^{\circ}\text{C}$ ) kiselost bila blago izražena (tabele 5.C.3. i 5.C.5.), što je u skladu sa rezultatima hemijske analize vrijednosti titracione kiselosti (tabele 5.A.2. i 5.A.3.), kao i u skladu sa rezultatima koje navode Balzer (2001) i Rodrigues i sar. (2007). Gorčina uzorka E1 ocjenjena je neznatno nižom ocjenom kvaliteta 3,21 u odnosu na gorčinu uzoraka D1 i F1 (ocjena kvaliteta 3,29), što se može povezati sa sadržajem kofeina u uzorku E1 (2,08%), koji je bio statistički značajno manji ( $P < 0,05$ ) od sadržaja kofeina u uzorcima D1 i F1 (2,18 i 2,19%). Iako su uzorci mješavina kafe pržene na  $175^{\circ}\text{C}$  D2, E2 i F2 imali najmanji sadržaj kofeina, napici pripremljeni od ovih uzoraka su ocjenjeni kao napici sa izraženijom gorčinom u odnosu na intezitet gorčine u napicima pripremljenih od mješavina kafe pržene na  $167^{\circ}\text{C}$  D1, E1 i F1. Gorčina je u uzorcima napitka kafe mješavina D2, E2 i F2 bila dominantan modalitet ukusa zbog slabo izražene kiselosti i arome na preprženo. Uzorak E1 dobio je najveću ocjenu kvaliteta za punoću ukusa 3,07 u poređenju sa uzorcima D1 i F1 koji su za punoću ukusa dobili ocjene 2,93 i 2,86, što se dovodi u vezu sa sadržajem masti u ovim uzorcima. Sadržaj masti u uzorku E1 bio je statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) u odnosu na uzorke D1 i F1 (tabela 5.A.3.). Punoća ukusa je bila znatno izraženija u uzorcima mješavina napitka kafe D2, E2 i F2 u odnosu na punoću ukusa uzoraka mješavina napitaka D1, E1 i F1. Sadržaj masti u uzorku E2 (15,31%) bio je statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) u odnosu na uzorke D2 (14,61%) i F2 (14,63%), a ocjena kvaliteta punoće ukusa u uzorku napitka kafe E2 (3,50) bila je veća od ocjena kvaliteta punoće ukusa u uzorcima D2 i F2 (3,21 i 3,43). Na osnovu rezultata deskriptivne senzorske analize (tabela 5.A.5) može se zaključiti da su uzorci mješavina D2, E2 i F2 sa najvećim vrijednostima pH imali najslabije izraženu kiselost.

Tabela 5.C.6. Prosječne vrijednosti i procenat od maksimalnog mogućeg kvaliteta deskriptivne senzorske analize napitka kafe pripremljenih od uzoraka pojedinačnih vrsta kafe prženih na 175°C i njihovih mješavina u različitim odnosima

Odabrana senzorna svojstva (pokazatelji kvaliteta)	Šifre uzoraka i ukupna ocjena kvaliteta senzornog svojstva korigovana koeficijentom važnosti					
	A2	B2	C2	D2	E2	F2
Aroma	24,13	22,96	19,78	26,14	26,85	24,58
Ukus	15,87	15,87	13,50	16,05	17,13	16,71
Punoća ukusa i opšti utisak u ustima	19,50	19,71	15,00	19,92	21,00	20,16
% od maksimalno mogućeg kvaliteta	59,50	58,54	48,28	62,11	64,98	61,45

Na osnovu prosječne vrijednosti i procenta od maksimalnog mogućeg kvaliteta deskriptivne senzorske analize napitka kafe pripremljenih od uzoraka pojedinačnih vrsta kafe prženih na 175°C (tabela 5.C.6.), ustanovljen je veoma ujednačen stepen kvaliteta uzorka napitka kafe A2 (59,50%) i uzorka napitka kafe B2 (58,54%). Najmanji procenat od maksimalno mogućeg kvaliteta imao je uzorak napitka kafe C2 (48,28%). Uzorak napitka mješavine kafe E2 (A2:B2:C2 = 34,28% : 51,42% : 14,30%) ocjenjen je kao napitak kvaliteta najpribližnijeg optimalnom (64,98%) u odnosu na uzorke napitka mješavina kafa D2 (A2:B2:C2 = 38% : 38% : 24%) i F2 (A2:B2:C2 = 30,40% : 45,60% : 24%), kao i u odnosu na uzorke pojedinačnih vrsta kafe A2 (Arabika II klasa), B2 (Arabika I klasa) i C2 (Robusta).

Na osnovu rezultata senzorske analize prikazanih u tabelama 5.C.5 i 5.C.6., konstantovano je da proizvodnjom uzoraka kafe prženih na 175°C nije dostignut očekivani kvalitet napitka crne kafe koja se priprema na tradicionalan način i da je potrebno modifikovati temperaturu prženja odabranih sirovih uzoraka u cilju dobijanja aromatičnijeg, ukusnijeg i skladnijeg proizvoda.

Deskriptivnom senzorskom analizom, koristeći izraze koji su ponuđeni u upustvu za opis boje napitka kafe tabela (4.2.1.), ocjenjivači su osnovnu boju napitka kafe pripremljenih od uzoraka J1, K1 i L1, definisali kao tamno smeđu. Narandžasta nijansa uzorka napitka J1 prožeta je žućkastom i crvenkastom nijansom. U uzorku napitka kafe K1, narandžasta nijansa je bila najuočljivija, a sadržala je notu žućkaste, crvenkaste i u manjoj mjeri sive nijanse. U tamno smeđem uzorku napitka L1 uz dominantnu narandžastu nijansu, prisutni su blagi tonovi žućkaste i sive nijanse.

U tabeli 5.C.7. dat je prikaz rezultata deskriptivne senzorske analize (arome, gorčina, kiselost, punoća ukusa i opšti utisak u ustima) napitaka kafe pripremljenih od uzoraka pojedinačnih vrsta kafe prženih na 171°C i njihovih mješavina u različitim odnosima. Uzorak napitka kafe J1 imao je skladnu i umjerenu kombinaciju arome kafe (ocjena kvaliteta 3,50) i arome na prženo (ocjena kvaliteta 3,57). Aroma na zagoreno je bila relativno najizraženija u napitku ovog uzorka, u poređenju sa ovom aromom u uzorcima napitka K1 i L1, ali je i dalje bila slabo izraženog inteziteta (ocjena kvaliteta 4,00). Slabo izražena bila je i aroma žitarica i slada (ocjena kvaliteta 4,00). Gorčina je bila prijatna (ocjena kvaliteta 3,21), ali nedovoljno izražena i suviše kratko se zadržavala u ustima u toku analiziranja. Kiselost je bila blaga (ocjena kvaliteta 3,36), a punoća ukusa nedovoljno izražena (ocjena kvaliteta 3,07). Analizirana svojstva su uticala na umjereno izražen, ali pomalo bljutav utisak u ustima (ocjena kvaliteta 3,64). Prijatna, skladna aroma kafe (ocjena kvaliteta 3,71), koja se dugo zadržavala u ustima, zajedno sa umjereno izraženom aromom na prženo (ocjena kvaliteta 3,64) glavna su karakteristika uzorka napitka kafe K1. U toku analiziranja ovog napitka, identifikovana je veoma slabo izražena aroma žitarica i slada (ocjena kvaliteta 4,64), koja na ovaj način značajno doprinosi skladu aromatskih sastojaka i užitku konzumiranja napitka od kafe. Aroma na zagoreno se može prepoznati, ali je veoma slabo izražena, tako da je prosječna ocjena kvaliteta za ovu komponentu arome bila 5,00. Gorčina je bila diskretna i umjerena i nije se dugo zadržavala u ustima (ocjena kvaliteta 3,36). Kiselost je bila prijatna, ali nedovoljno izražena (ocjena kvaliteta 3,43). Srednja ocjena punoće ukusa za ovaj uzorak (3,29), zajedno sa nivoom kvaliteta ostalih senzornih svojstava napitka kafe, doprinosi blagom i umjerenom utisku u ustima (ocjena kvaliteta 3,86). Uzorak napitka kafe L1 ocjenjen je kao uzorak najlošijeg kvaliteta (tabela 5.C.7.). Senzorskom analizom arome napitaka ovog uzorka kafe ustanovljen je nešto slabije izražen intezitet arome kafe (ocjena kvaliteta 3,29) i arome na prženo (ocjena kvaliteta 3,36) i izraženiji (više od optimalnog) intezitet arome na žitarice i slad (ocjena kvaliteta 3,79) u odnosu na uzorke napitka J1 i K1. Aroma na preprženo je neprijatna i povezana sa gorčinom. Gorčina je bila oštra i neprijatna (ocjena kvaliteta 2,50), ali se nije dugo zadržavala u ustima nakon analiziranja uzorka napitka. Blago izražena je bila kiselost (ocjena kvaliteta 3,21), a punoća ukusa slabo izražena (ocjena kvaliteta 2,21), pa je opšti utisak u ustima ocjenjen je najlošijom prosječnom ocjenom kvaliteta (ocjena kvaliteta 3,93) u poređenju sa kvalitetom uzoraka napitka J1 i K1.

Tabela 5.C.7. Rezultati deskriptivne senzorske analize (arome, gorčina, kiselost, punoća ukusa i opšti utisak u ustima) napitaka kafe pripremljenih od uzoraka pojedinačnih vrsta kafe prženih na 171°C i njihovih mješavina u različitim odnosima

Šifre i odabrana senzorna svojstva (pokazatelji kvaliteta)	Šifre uzoraka i ocjena kvaliteta senzornog svojstva za n = 7 (srednja vrijednost ± standardna devijacija)					
	J1	K1	L1	M1	N1	O1
<b>A1</b> Aroma kafe	3,50 <sup>bc</sup> ±0,50	3,71 <sup>bc</sup> ±0,64	3,29 <sup>c</sup> ±0,49	4,14 <sup>ab</sup> ±0,63	4,43 <sup>a</sup> ±0,45	4,00 <sup>ab</sup> ±0,58
<b>A2</b> Aroma na prženo	3,57 <sup>bc</sup> ±0,45	3,64 <sup>bc</sup> ±0,48	3,36 <sup>c</sup> ±0,56	4,21 <sup>ab</sup> ±0,49	4,43 <sup>a</sup> ±0,73	4,14 <sup>ab</sup> ±0,63
<b>A3</b> Aroma čokolade	-	-	-	-	-	-
<b>A4</b> Aroma karamela	-	-	-	-	-	-
<b>A5</b> Cvjetna aroma	-	-	-	-	-	-
<b>A6</b> Sladunjava voćna aroma	-	-	-	-	-	-
<b>A7</b> Aroma žitarica i slada	4,00 <sup>bc</sup> ±0,41	4,64 <sup>a</sup> ±0,56	3,79 <sup>c</sup> ±0,39	4,21 <sup>abc</sup> ±0,49	4,50 <sup>ab</sup> ±0,00	4,14 <sup>abc</sup> ±0,48
<b>A8</b> Aroma oraha, (gorkog) badema	-	-	-	-	-	-
<b>A9</b> Aroma trave	-	-	-	-	-	-
<b>A10</b> Aroma zemlje	-	-	-	-	-	-
<b>A11</b> Aroma prašine	-	-	-	-	-	-
<b>A12</b> Aroma na zagoreno	4,00 <sup>b</sup> ±0,82	5,00 <sup>a</sup> ±0,00	4,14 <sup>b</sup> ±0,80	5,00 <sup>a</sup> ±0,00	5,00 <sup>a</sup> ±0,00	4,71 <sup>a</sup> ±0,39
<b>A13</b> Aroma dima	-	-	-	-	-	-
<b>A14</b> Aroma lijekova	-	-	-	-	-	-
<b>A15</b> Aroma na plijesni	-	-	-	-	-	-
GORČINA	3,21 <sup>a</sup> ±0,49	3,36 <sup>a</sup> ±0,56	2,50 <sup>b</sup> ±0,41	3,78 <sup>a</sup> ±0,76	3,71 <sup>a</sup> ±0,81	3,86 <sup>a</sup> ±0,75
KISELOST	3,36 <sup>a</sup> ±0,38	3,43 <sup>a</sup> ±1,61	3,21 <sup>a</sup> ±0,49	3,50 <sup>a</sup> ±0,41	3,71 <sup>a</sup> ±0,57	3,57 <sup>a</sup> ±0,45
PUNOĆA UKUSA	3,07 <sup>a</sup> ±0,45	3,29 <sup>a</sup> ±0,49	2,21 <sup>b</sup> ±0,49	3,14 <sup>a</sup> ±0,63	3,29 <sup>a</sup> ±0,64	3,00 <sup>a</sup> ±0,65
OPŠTI UTISAK U USTIMA	3,64 <sup>bc</sup> ±0,38	3,86 <sup>abc</sup> ±0,56	3,57 <sup>c</sup> ±0,67	4,29 <sup>ab</sup> ±0,57	4,50 <sup>a</sup> ±0,50	3,93 <sup>abc</sup> ±0,79

<sup>a-c</sup> Srednje vrijednosti sa različitim slovom u istom redu se statistički značajno razlikuju sa 95% vjerovatnoće (P<0,05)

U toku deskriptivne senzorske analize (tabela 5.C.7.) uzorak napitka kafe K1 dobio je najveću ocjenu za kiselost (ocjena kvaliteta 3,43), dok su uzorci napitka J1 i L1 dobili niže ocjene za ovaj modalitet ukusa (ocjena kvaliteta 3,36 i 3,21) što je u vezi sa rezultatima vrijednosti za titracionu kiselost (tabel 5.A.4). Na osnovu rezultata senzorske analize može se zaključiti da su uzorci kafe prženi na 171°C (J1, K1, L1) imali umjereno izraženu, prijatnu kiselost. Uzorci kafe prženi na 167°C (A1, B1, C1), koji su imali veće vrijednosti titracione

kiselosti (tabela 5.A.2.) u odnosu na uzorke kafe J1, K1 i L1 (tabela 5.A.4.) i imali su najizraženiju kiselost koja je bila dominantna u ovim uzorcima. S druge strane, uzorci kafe prženi na 175°C (A2, B2, C2), sa najmanjim vrijednostima za titracionu kiselost (tabela 5.A.2.), imali su nedovoljno izraženu kiselost, tako da u ovim uzorcima gorčina postaje dominantan modalitet ukusa (tabela 5.C.5). S obzirom da hlorogenska kiselina utiče na gorčinu napitka kafe (Rodrigues i sar., 2007; Ribeiro i sar., 2010), sadržaj hlorogenske kiseline može se povezati sa senzorskom ocjenom kvaliteta gorčine koja je bila najveća u uzorku napitka L1 (tabela 5.C.7.) koji je imao i najveći sadržaj hlorogenske kiseline (tabela 5.A.4.). Ocjena kvaliteta za gorčinu statistički značajno se razlikovala ( $P < 0.05$ ) u uzorcima napitka kafe J1, K1 i L1 (tabela 5.C.7). Najmanju ocjenu za gorčinu dobio je uzorak L1 (ocjena kvaliteta 2,50), koji je imao najveći sadržaj kofeina (tabela 5.A.4.). Za ovaj modalitet ukusa uzorak K1, koji je ocjenjen kao najbolji od uzoraka pojedinačnih vrsta kafe prženih na 171°C, dobio je ocjenu kvaliteta 3,36, a uzorak J1 je dobio ocjenu kvaliteta 3,21. Uzorak napitka kafe K1 je za punoću ukusa dobio najveću ocjenu kvaliteta 3,29, što se dovodi u vezu sa najvećim sadržajem slobodne masti od 15,63%, dok je uzorak napitka kafe L1 ocjenjen najmanjom ocjenom kvaliteta za punoću ukusa 2,21, a sadržao je 8,85% slobodne masti (tabele 5.C.7. i 5.A.4.). Na osnovu rezultata senzorske analize (tabela 5.C.7.) može se zaključiti da su uzorci kafe prženi na 171°C imali umjereno izraženu, prijatnu kiselost. Uzorak napitka kafe K1, koji je imao vrijednost pH 5,28 (tabela 5.A.4.), dobio je najveću ocjenu za kiselost (ocjena kvaliteta 3,43), dok su uzorci J1 i L1, sa većim vrijednostima pH 5,42 i 5,50 (tabela 5.A.4.), dobili niže ocjene za ovaj modalitet ukusa (ocjena kvaliteta 3,36 i 3,21).

Boja napitaka pripremljenih od uzoraka mješavina M1, N1 i O1, čiji je odnos definisan planom eksperimenta (tabela 4.1.4.), ocjenjena je kao tamno smeđa sa podjednakim intezitetom narandžaste nijanse u svakom od njih, a različitim intezitetom žućkaste nijanse, koja je bila najizraženija u uzorku N1, a najmanje izražena u uzorku O1. Pored toga, tamno smeđa boja uzorka M1 prožeta je sivim tonom, dok je u ostalim uzorcima prisutna prijatna crvenkasta nijansa.

Deskriptivnom senzorskom analizom uzorka napitka kafe M1 (J1:K1:L1 = 38% : 38% : 24%) identifikovana je umjerena i prijatna aroma kafe (ocjena kvaliteta 4,14), odnosno aroma pržene mljevene kafe (ocjena kvaliteta 4,21) neznatno slabijeg inteziteta u odnosu na intezitet ovih aroma identifikovanih u uzorku N1. Aroma na zagoreno je bila veoma slabo izražena, jedva primjetna (ocjena kvaliteta 5,00), a aroma na žitarice i slad je bila slabo

izražena i prijatna (ocjena kvaliteta 4,21). Gorčina i kiselost su bile umjerene i prijatne, s tim da je kiselost malo manje izražena nego u uzorku napitka N1. Na osnovu senzorske analize, uzorak M1 bi se mogao okarakterisati kao prijatan i pitak, umjerene punoće ukusa (ocjena kvaliteta 3,14) i skladnog utiska u ustima (ocjena kvaliteta 4,29). Kombinacija arome kafe i arome na prženo, u uzorku napitka kafe N1 (J1:K1:L1 = 34,28%:51,42%:14,30%), okarakterisna je kao harmonična, a intenzitet umjeren i veoma prijatan (ocjena kvaliteta 4,43), s tim da je intenzitet ovih aroma znatno izraženiji nego kod napitaka pripremljenih od uzoraka mješavina E1 i E2, istog odnosa pojedinačnih vrsta kafe prženih na 167 i 175°C (tabela 4.1.4.). Kao najslabije izražene arome u uzorku napitka kafe N1 identifikovane su aroma žitarica i slada (ocjena kvaliteta 4,50) i neprijatna aroma na zagoreno (ocjena kvaliteta 5,00), što je doprinijelo skladu i aromatičnosti ovog napitka. Sklad gorčine i kiselosti bila je karakteristika kvaliteta uzorka napitka N1. Oba modaliteta ukusa su umjereno izražena (ocjena kvaliteta 3,71) i utiču na skladan osvježavajući utisak u ustima prilikom senzorske analize. Punoća ukusa je ocjenjena kao umjerena (3,29), malo izraženija od identifikovane u uzorcima napitka M1 (ocjena kvaliteta 3,14) i O1 (ocjena kvaliteta 3,00). Opšti utisak u ustima je bio skladan, harmoničan i prijatan (ocjena kvaliteta 4,50). U uzorku napitka kafe O1 (J1:K1:L1 = 30,40% : 45,60% : 24%), od 3 upoređivana, aroma žitarica i slada je bila najizraženija (ocjena kvaliteta 4,14), ali i dalje umjerena i prijatna. U toku analize gorčine, ustanovljeno je da je oštra i previše izražena, ali nije bila neprijatna i nije se dugo zadržavala u ustima (ocjena kvaliteta 3,86).

Na osnovu statističke obrade rezultata prikazanih u tabeli 5.C.7., konstantovano je da između uzorka napitka N1 za koji je konstantovan najviši nivo kvaliteta, i uzoraka napitka J1, K1 i L1 postoji statistički značajna razlika ( $P < 0,05$ ) u ocjeni kvaliteta arome kafe, kao i u ocjeni kvaliteta arome pržene mljevene kafe. Statistički značajna razlika ( $P < 0,05$ ) konstantovana je između uzorka napitka kafe N1 i uzorka napitka kafe L1, koji je ocjenjen kao uzorak najlošijeg kvaliteta, u ocjeni kvaliteta arome na zagoreno, u ocjeni kvaliteta gorčine, u ocjeni kvaliteta punoće ukusa, kao i u ocjeni kvaliteta arome žitarica i slada (tabela 5.A.7.). Razlike u ocjeni kvaliteta za ova četiri senzorska svojstva između uzoraka napitka N1, J1, K1, M1 i O1 nisu bile statistički značajne ( $P > 0,05$ ). Razlike u senzorskoj ocjeni kiselosti između uzoraka napitka kafe J1, K1, L1, M1, N1 i O1 nisu bile statistički značajne ( $P > 0,05$ ). Ocjena kvaliteta za opšti utisak u ustima statistički se značajno razlikovala ( $P < 0,05$ ) između uzorka napitka kafe N1 i uzoraka napitka kafe J1 i L1, dok razlike u ocjeni opšteg kvaliteta između uzorka napitka kafe N1 i uzoraka napitka kafe K1, M1 i O1 nisu bile

statistički značajne ( $P > 0,05$ ) (tabela 5.C.7). Najveću ocjenu za kiselost u toku senzorske analize dobio je uzorak N1 (ocjena kvaliteta 3,43), koji je imao najveću vrijednost tiracione kiselosti (tabela 5.A.5.), statistički značajno različitu od vrijednosti tiracione kiselosti uzoraka M1 i O1. Na osnovu rezultata deskriptivne senzorske analize može se zaključiti da su uzorci mješavina kafe pržene na 171°C (M1, N1 i O1) dobili veće ocjene kvaliteta za kiselost u odnosu na uzorke mješavina kafe pržene na 167°C (D1, E1, F1), koji su imali najveće vrijednosti titracione kiselosti (tabela 5.A.3.) i u odnosu na uzorke mješavina kafe pržene na 175°C (D2, E2 i F2) koji su imali najmanje vrijednosti titracione kiselosti (tabela 5.A.3.). U svojim istraživanjima Tessema i sar. (2011) su ustanovili pozitivnu korelaciju između kiselosti i senzorskog kvaliteta. Kiselost je važna osobina kafe, ako je izražajnije, može uticati na negativnu reakciju potrošača u toku konzumiranja ovog napitka (Nicoli i sar., 1997). Uzorak O1 imao je najizraženiju gorčinu od sva tri ispitivana uzorka (tabela 5.C.7.), što se može povezati sa sadržajem hlorogenske kiseline u ovom uzorku (tabela 5.A.5.), što je u skladu sa rezultatima koje u svom radu navode Rodrigues i sar. (2007) i Ribeiro i sar. (2010). Punoća ukusa je bila umjereno izražena u svim ispitivanim uzorcima napitka kafe pripremljenih od uzoraka mješavina kafe pržene na 171°C M1, N1 i O1, a do sličnih rezultata su došli autori Gichimu i sar., 2014. Najveću ocjenu kvaliteta za punoću ukusa dobio je uzorak N1 (ocjena kvaliteta 3,29), a najmanju uzorak O1 (ocjena kvaliteta 3,00) (tabela 5.C.7.), što se može dovesti u vezu sa sadržajem slobodne masti u ovim uzorcima (tabela 5.A.5.). Na osnovu rezultata deskriptivne senzorske analize (tabele 5.C.3., 5.C.5. i 5.C.7.) može se zaključiti da su uzorci mješavina kafe pržene na 171°C (M1, N1 i O1) dobili veće ocjene kvaliteta za kiselost u odnosu na uzorke mješavina kafe pržene na 167°C (D1, E1, F1), koji su imali najveće vrijednosti titracione kiselosti i najmanje vrijednosti pH, i u odnosu na uzorke mješavina kafe pržene na 175°C (D2, E2 i F2) koji su imali najmanje vrijednosti titracione kiselosti i najveće vrijednosti pH (tabele 5.A.3. i 5.A.5.).

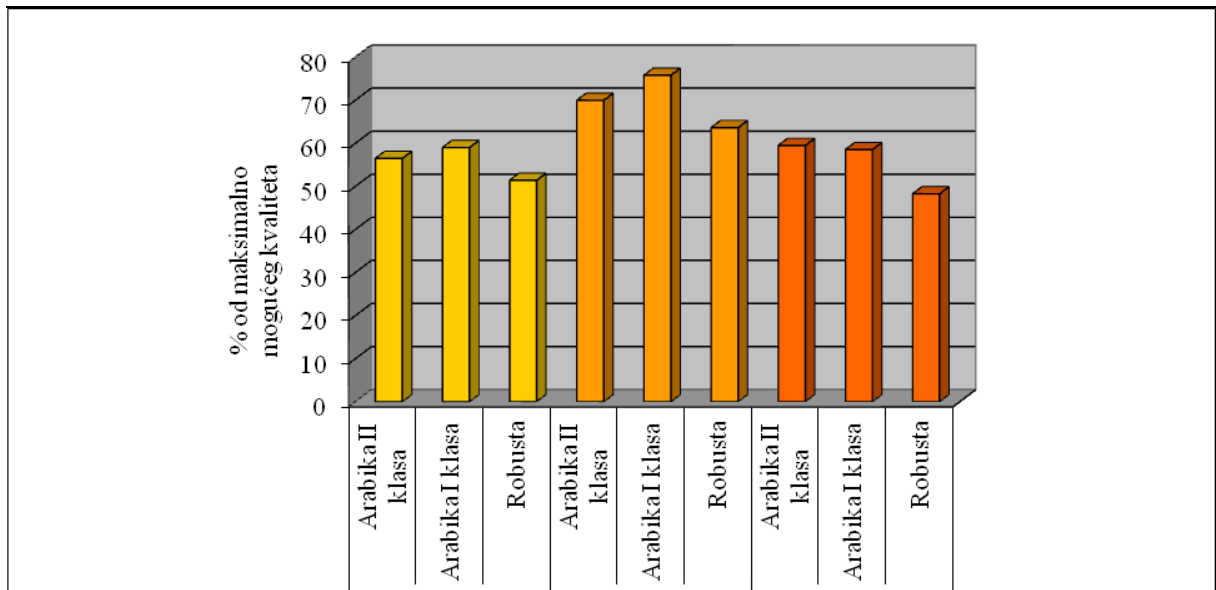


Tabela 5.C.8. Prosječne vrijednosti i procenat od maksimalnog mogućeg kvaliteta deskriptivne senzorske analize napitka kafe pripremljenih od uzoraka kafe pojedinačnih vrsta prženih na 171°C i njihovih mješavina u različitim odnosima

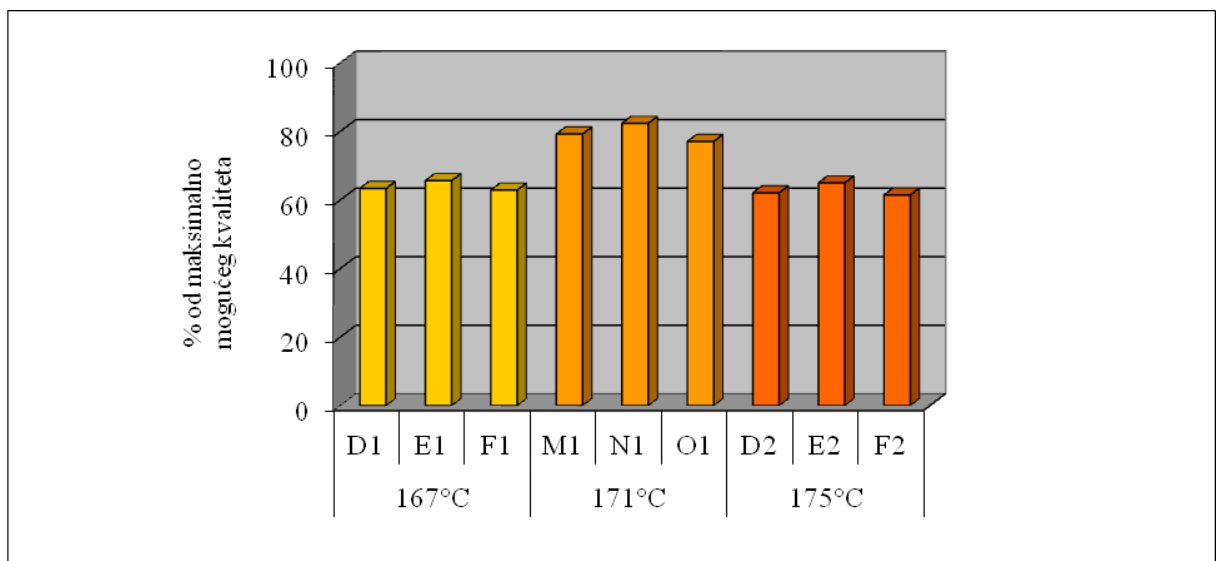
Odabrana senzorna svojstva (pokazatelji kvaliteta)	Šifre uzoraka i ukupna ocjena kvaliteta senzornog svojstva korigovana koeficijentom važnosti					
	J1	K1	L1	M1	N1	O1
Aroma	30,14	33,98	29,16	35,12	36,72	33,98
Ukus	19,71	20,37	17,13	21,84	22,26	22,29
Punoća ukusa i opšti utisak u ustima	20,13	21,45	17,34	22,29	23,37	20,79
% od maksimalno mogućeg kvaliteta	69,98	75,80	63,63	79,25	82,35	77,06

Rezultati prosječnih vrijednosti i procenat od maksimalnog mogućeg kvaliteta deskriptivne senzorske analize napitka kafe pripremljenih od uzoraka kafe prženih na 171°C (J1, K1, L1) pokazuju da je uzorak K1 ocjenjen kao uzorak kvaliteta najpribližnijeg optimalnom, odnosno očekivanom, a uzorak L1 kao uzorak najlošijeg kvaliteta (tabela 5.C.8. i grafik 5.C.1.). Uzorak napitka mješavine kafe N1 (J1:K1:L1 = 34,28% : 51,42% : 14,30%) ocjenjen je kao napitak kvaliteta najpribližnijeg optimalnom (82,35%) u odnosu na uzorke napitka mješavina kafa M2 (J1:K1:L1 = 38% : 38% : 24%) i O1 (J1:K1:L1 = 30,40% : 45,60% : 24%), kao i u odnosu na uzorke pojedinačnih vrsta kafe J1 (Arabika II klasa), K1 (Arabika I klasa) i L1 (Robusta).

Modifikovanjem temperature prženja na 171°C, u nasicima pripremljenim od uzoraka J1, K1, L1, M1, N1 i O1, postignut je sklad i umjerena izražajnost arome kafe i arome pržene mljevene kafe, koje su ocijenjene kao puno prijatnije u odnosu na ove arome u nasicima pripremljenim od uzoraka kafe pržene na 167 i 175°C (tabela 4.1.4.). Aroma žitarice i slada i aroma na zagoreno su u uzorcima napitka kafe J1, K1, L1, M1, N1 i O1 bile primjetne, slabo do veoma slabo izražene, pa nisu imale negativan uticaj na ukupni kvalitet napitaka. Kombinovan efekat utiska gorčine i kiselosti bio je najskladniji u ovim uzorcima napitka kafe, a posebno u odabranim mješavinama (M1, N1, O1). Uzorak napitka kafe N1 je imao skladan, harmoničan i prijatan kvalitet, najpribližniji očekivanom, odnosno optimalnom. Na graficima 5.C.1. i 5.C.2. dat je komparativni prikaz procenta od maksimalnog mogućeg kvaliteta deskriptivne senzorske analize napitaka kafe pripremljenih od pojedinačnih uzoraka kafe Arabike II klasa, Arabike I klasa i Robuste, prženih na 167°C, 171°C i 175°C, kao i njihovih mješavina.



Grafik 5.C.1. Komparativni prikaz procenta od maksimalnog mogućeg kvaliteta deskriptivne senzorske analize napitaka kafe pripremljenih od pojedinačnih uzoraka kafe Arabike II klasa, Arabike I klasa i Robuste, prženih na 167°C, 171°C i 175°C



Odnosi kafa u mješavinama:

D1, D2, M1 = Arabika II klasa : Arabika I klasa : Robusta = 38% : 38% : 24%

E1, E2, N1 = Arabika II klasa : Arabika I klasa : Robusta = 34,28% : 51,42% : 14,30%

F1, F2, O1 = Arabika II klasa : Arabika I klasa : Robusta = 30,40% : 45,60% : 24%

Grafik 5.C.2. Komparativni prikaz procenta od maksimalnog mogućeg kvaliteta deskriptivne senzorske analize napitaka kafe pripremljenih od mješavina kafa prženih na 167°C, 171°C i 175°C

Prema planu eksperimenta prikazanom u tabeli 4.1.4. uzorci kafe J1, K1 i L1, prženi na temperaturi od 171°C, podrvgnuti su modifikovanom procesu mljevenja u cilju dobijanja uzoraka mljevene kafe manje granulacije (P1, R1 i S1), da bi se ispitaio uticaj stepena mljevenja na senzorski kvalitet napitka kafe koja se priprema na tradicionalan način. Odnos pojedinačnih uzoraka sitno mljevene kafe za pripremu mješavina, uzorci T1, U1 i V1, dat je u tabeli 4.1.4.

Boja napitaka kafe, pripremljenih od uzoraka P1, R1 i S1 definisana kao tamno smeđa. U svim napicima dominantna je bila narandžasta nijansa. U uzorcima napitka kafe P1 i R1 žućkasti i topli crvenkasti tonovi bili su istog inteziteta, dok je u uzorku napitka S1 žućkasta nijansa bila izraženija u odnosu na crvenkastu. U tamno smeđoj boji uzoraka napitka P1, R1 i S1 identifikovana je sivkasta nijansa boje, s tim da je najmanji intezitet bio u uzorku P1.

U uzorku napitka kafe P1 aroma žitarica i slada i aroma na zagoreno su blago izraženije u odnosu na uzorak R1 (tabela 5.C.9.). Kiselost je slabije izražena u odnosu na gorčinu, a punoća ukusa je umjerena. Uzorak napitka R1 imao je prijatnu, umjereno izraženu aromu kafe (ocjena kvaliteta 4,00) i pržene mljevene kafe (ocjena kvaliteta 3,93), koja se dugo zadržavala u ustima nakon analiziranja uzorka. Aroma žitarice i slada i aroma na zagoreno su bile diskretno izražene (ocjena kvaliteta 5,00), što je uticalo na sklad aromatskog profila ovog napitka. Gorčina je bila umjerena (ocjena kvaliteta 3,5), usklađena sa osvježavajućim kiselim modalitetom ukusa (ocjena kvaliteta 3,50), ostavljajući prijatan utisak u ustima (ocjena kvaliteta 4,00). U uzorku napitka S1 aroma na žitarice je izraženija u odnosu na ostale uzorke (ocjena kvaliteta 3,71), kiselost je bila umjerena, ali slabije izražena u odnosu na gorčinu, te je opšti utisak u ustima za ovaj uzorak napitka niže ocijenjen (ocjena kvaliteta 3,64), klasifikujući ga ujedno kao uzorak napitka kafe najlošijeg senzorskog kvaliteta, od ocjenjivana uzoraka (P1, R1 i S1).

Senzorska ocjena kvaliteta boje mješavina uzoraka napitka kafe T1, U1 i V1, pokazala je da u tamno smeđoj boji preovladavala narandžasta nijansa, koja je u svim uzorcima bila prožeta žućkastim, toplim crvenkastim i sivkastim tonovima. Žućkasta nijansa je bila najmanje zastupljena u uzorku napitka kafe U1, a sivkasta u uzorcima napitka T1 i U1.

Tabela 5.C.9. Rezultati deskriptivne senzorske analize (arome, gorčina, kiselost, punoća ukusa i opšti utisak u ustima) napitaka kafe pripremljenih od uzoraka pojedinačnih vrsta kafe prženih na 171°C, sitno mljevenih i njihovih mješavina u različitim odnosima

Šifre i odabrana senzorna svojstva (pokazatelji kvaliteta)	Šifre uzoraka i ocjena kvaliteta senzornog svojstva za n = 7 (srednja vrijednost ± standardna devijacija)					
	P1	R1	S1	T1	U1	V1
<b>A1</b> Aroma kafe	3,71 <sup>b</sup> ±0,78	4,00 <sup>ab</sup> ±0,65	3,50 <sup>b</sup> ±0,65	4,21 <sup>ab</sup> ±0,57	4,57 <sup>a</sup> ±0,45	4,14 <sup>ab</sup> ±0,75
<b>A2</b> Aroma na prženo	3,64 <sup>b</sup> ±0,63	3,93 <sup>ab</sup> ±0,61	3,50 <sup>b</sup> ±0,50	4,36 <sup>ab</sup> ±0,75	4,50 <sup>a</sup> ±0,41	4,07 <sup>ab</sup> ±0,53
<b>A3</b> Aroma čokolade	-	-	-	-	-	-
<b>A4</b> Aroma karamela	-	-	-	-	-	-
<b>A5</b> Cvjetna aroma	-	-	-	-	-	-
<b>A6</b> Sladunjava voćna aroma	-	-	-	-	-	-
<b>A7</b> Aroma žitarica i slada	4,21 <sup>b</sup> ±0,39	4,71 <sup>a</sup> ±0,49	3,71 <sup>b</sup> ±0,76	4,79 <sup>a</sup> ±0,39	4,86 <sup>a</sup> ±0,24	4,07 <sup>b</sup> ±0,19
<b>A8</b> Aroma oraha, (gorkog) badema	-	-	-	-	-	-
<b>A9</b> Aroma trave	-	-	-	-	-	-
<b>A10</b> Aroma zemlje	-	-	-	-	-	-
<b>A11</b> Aroma prašine	-	-	-	-	-	-
<b>A12</b> Aroma na zagoreno	4,50 <sup>abc</sup> ±0,61	5,00 <sup>a</sup> ±0,00	4,14 <sup>c</sup> ±0,48	4,43 <sup>bc</sup> ±0,41	5,00 <sup>a</sup> ±0,00	4,71 <sup>ab</sup> ±0,39
<b>A13</b> Aroma dima	-	-	-	-	-	-
<b>A14</b> Aroma lijekova	-	-	-	-	-	-
<b>A15</b> Aroma na plijesni	-	-	-	-	-	-
GORČINA	3,29 <sup>ab</sup> ±0,64	3,50 <sup>ab</sup> ±0,91	2,86 <sup>b</sup> ±0,85	3,86 <sup>a</sup> ±0,38	3,86 <sup>a</sup> ±0,56	4,00 <sup>a</sup> ±0,50
KISELOST	3,36 <sup>ab</sup> ±0,63	3,50 <sup>ab</sup> ±1,41	3,00 <sup>b</sup> ±0,82	3,93 <sup>a</sup> ±0,45	3,86 <sup>a</sup> ±0,48	3,79 <sup>a</sup> ±0,64
PUNOĆA UKUSA	3,14 <sup>a</sup> ±0,56	3,50 <sup>a</sup> ±0,50	2,50 <sup>b</sup> ±0,50	3,50 <sup>a</sup> ±0,41	3,50 <sup>a</sup> ±0,41	3,29 <sup>a</sup> ±0,49
OPŠTI UTISAK U USTIMA	3,86 <sup>c</sup> ±0,56	4,00 <sup>bc</sup> ±0,58	3,64 <sup>c</sup> ±0,57	4,50 <sup>ab</sup> ±0,41	4,86 <sup>a</sup> ±0,48	4,14 <sup>bcz</sup> ±0,38

<sup>a-c</sup> Srednje vrijednosti sa različitim slovom u istom redu se statistički značajno razlikuju sa 95% vjerovatnoće (P<0,05)

Na osnovu rezultata deskriptivne senzorske analize, prikazanih u tabeli 5.C.9., može se konstatovati da je uzorak napitka U1 (P1:R1:S1 = 34,28% : 51,42% : 14,30%) imao najprihvatljiviji nivo kvaliteta, odnosno ocijenjen je kao najskladniji od svih analiziranih, sitno mljevenih uzoraka. Pored toga, ovaj uzorak je imao najbolji senzorski kvalitet, definisan kao optimalan, ako se uporedi sa kvalitetom svih ostalih uzoraka proizvedenih i analiziranih u toku realizovanja ovog eksperimentalnog rada u cjelini. Uzorak napitka kafe U1 karakteriše

prijatna, skladna aroma kafe i pržene mljevene kafe (ocjena kvaliteta 4,57 i 4,50), koje se dugo zadržavaju u ustima i pružaju užitak prilikom analiziranja, a samim tim i konzumiranja ovog napitka. U toku analiziranja ovog napitka, identifikovana je veoma slabo izražena aroma žitarica i slada (ocjena kvaliteta 4,86) i veoma diskretna aroma na zagoreno (ocjena kvaliteta 5,00). Gorčina i kiselost su bile umjerene, prijatne i skladno su se nadopunjavale u ustima (ocjena kvaliteta 3,86). Uzorak U1 ostavlja utisak blagog, harmoničnog napitka kafe, umjerene punoće ukusa (ocjena kvaliteta 3,50). Sličan kvalitet ustanovljen je i za uzorak napitka T1, koji je imao neznatno slabije izražene arome kafe i prženog zrna kafe u odnosu na uzorak napitka U1. U uzorku napitka kafe V1, aroma žitarica je bila blaga i skladna u cjelokupnom aromatskom profilu napitka (ocjena kvaliteta 4,07). Punoća ukusa je bila umjerena i prijatna, slabije izraženog inteziteta u odnosu na druga dva uzorka. Zbog toga je uzorak napitka V1 ocjenjen kao uzorak nižeg senzorskog kvaliteta u odnosu na druge dvije mješavine iz ove grupe uzoraka.

Na osnovu statističke analize rezultata, konstantovano je da između uzorka napitka U1 za koji je konstantovan najviši nivo kvaliteta, i uzoraka napitka P1 i S1 postoji statistički značajna razlika ( $P < 0,05$ ) u ocjeni kvaliteta arome kafe i u ocjeni kvaliteta arome pržene mljevene kafe (tabela 5.C.9.). Senzorna ocjena kvaliteta arome žitarica i slada statistički se značajno razlikovala ( $P < 0,05$ ) između uzoraka napitka U1, T1 i R1 i uzoraka napitka P1, S1 i V1. Statistički značajna razlika ( $P < 0,05$ ) konstantovana je između uzorka napitka kafe U1 i uzoraka napitka kafe S1 i T1 u ocjeni kvaliteta arome na zagoreno. Statistički značajna razlika ( $P < 0,05$ ) konstantovana je između uzorka napitka kafe U1 i uzorka napitka kafe T1 koji je ocjenjen kao uzorak najlošijeg kvaliteta u ocjeni kvaliteta gorčine, u ocjeni kvaliteta kiselosti i u ocjeni kvaliteta punoće ukusa. Razlike u senzornoj ocjeni opšteg utiska u ustima između uzoraka napitka kafe U1 i uzoraka P1, R1, S1 i V1 bile su statistički značajne ( $P < 0,05$ ).

Tabela 5.C.10. Prosječne vrijednosti i procenat od maksimalnog mogućeg kvaliteta deskriptivne senzorske analize napitka kafe pripremljenih od uzoraka pojedinačnih vrsta kafe prženih na 171°C, sitno mljevenih i njihovih mješavina u različitim odnosima

Odabrana senzorna svojstva (pokazatelji kvaliteta)	Šifre uzoraka i ukupna ocjena kvaliteta senzornog svojstva korigovana koeficijentom važnosti					
	P1	R1	S1	T1	U1	V1
Aroma	31,40	35,86	30,50	34,84	37,86	33,98
Ukus	19,95	21,00	17,58	23,37	23,16	23,37
Punoća ukusa i opšti utisak u ustima	21,00	22,50	17,88	24,00	25,08	22,29
% od maksimalno mogućeg kvaliteta	72,35	79,36	65,96	82,21	86,10	79,64

Na osnovu rezultata prosječnih vrijednosti i procenata od maksimalnog mogućeg kvaliteta deskriptivne senzorske analize napitka kafe pripremljenih od uzoraka P1, R1 i S1, prikazanih u tabeli 5.C.10., može se konstatovati da je najoptimalniji kvalitet ustanovljen je u uzoraku napitka kafe R1 (79,36%). Uzorak napitka mješavine kafe U1 (P1:R1:S1 = 32,28% : 51,42% : 14,30%) ocjenjen je kao napitak kvaliteta najpribližnijeg optimalnom (86,10%) u odnosu na uzorke napitka mješavina kafa T1 (P1:R1:S1 = 38% : 38% : 24%) i V1 (P1:R1:S1 = 30,40% : 45,60% : 24%), kao i u odnosu na uzorke pojedinačnih vrsta kafe P1 (Arabika II klasa), R1 (Arabika I klasa) i S1 (Robusta).

Tabela 5.C.11. Rezultati deskriptivne senzorske analize (arome, gorčina, kiselost, punoća ukusa i opšti utisak u ustima) napitaka kafe pripremljenih od uzoraka pojedinačnih vrsta kafe prženih na 171°C, krupno mljevenih (J1, K1, L1) i sitno mljevenih (P1, R1, S1)

Šifre i odabrana senzorna svojstva (pokazatelji kvaliteta)	Šifre uzoraka i ocjena kvaliteta senzornog svojstva za n = 7 (srednja vrijednost ± standardna devijacija)					
	J1	P1	K1	R1	L1	S1
<b>A1</b> Aroma kafe	3,71 <sup>a</sup> ±0,78	3,71 <sup>a</sup> ±0,78	3,71 <sup>a</sup> ±0,64	4,00 <sup>a</sup> ±0,65	3,71 <sup>a</sup> ±0,78	3,50 <sup>a</sup> ±0,65
<b>A2</b> Aroma na prženo	3,64 <sup>a</sup> ±0,63	3,64 <sup>a</sup> ±0,63	3,64 <sup>a</sup> ±0,48	3,93 <sup>a</sup> ±0,61	3,64 <sup>a</sup> ±0,63	3,50 <sup>a</sup> ±0,50
<b>A3</b> Aroma čokolade	-	-	-	-	-	-
<b>A4</b> Aroma karamela	-	-	-	-	-	-
<b>A5</b> Cvjetna aroma	-	-	-	-	-	-
<b>A6</b> Sladunjava voćna aroma	-	-	-	-	-	-
<b>A7</b> Aroma žitarica i slada	4,21 <sup>a</sup> ±0,39	4,21 <sup>a</sup> ±0,39	4,64 <sup>a</sup> ±0,56	4,71 <sup>a</sup> ±0,49	4,21 <sup>a</sup> ±0,39	3,71 <sup>a</sup> ±0,76
<b>A8</b> Aroma oraha, (gorkog) badema	-	-	-	-	-	-
<b>A9</b> Aroma trave	-	-	-	-	-	-
<b>A10</b> Aroma zemlje	-	-	-	-	-	-
<b>A11</b> Aroma prašine	-	-	-	-	-	-
<b>A12</b> Aroma na zagoreno	4,50 <sup>a</sup> ±0,61	4,50 <sup>a</sup> ±0,61	5,00 <sup>a</sup> ±0,00	5,00 <sup>a</sup> ±0,00	4,50 <sup>a</sup> ±0,61	4,14 <sup>a</sup> ±0,48
<b>A13</b> Aroma dima	-	-	-	-	-	-
<b>A14</b> Aroma lijekova	-	-	-	-	-	-
<b>A15</b> Aroma na plijesni	-	-	-	-	-	-
GORČINA	3,21 <sup>a</sup> ±0,49	3,29 <sup>a</sup> ±0,64	3,36 <sup>a</sup> ±0,56	3,50 <sup>a</sup> ±0,91	2,50 <sup>a</sup> ±0,41	2,86 <sup>a</sup> ±0,85
KISELOST	3,36 <sup>a</sup> ±0,38	3,36 <sup>a</sup> ±0,63	3,43 <sup>a</sup> ±1,61	3,50 <sup>a</sup> ±1,41	3,21 <sup>a</sup> ±0,49	3,00 <sup>a</sup> ±0,82
PUNOĆA UKUSA	3,07 <sup>a</sup> ±0,45	3,14 <sup>a</sup> ±0,56	3,29 <sup>a</sup> ±0,49	3,50 <sup>a</sup> ±0,50	2,21 <sup>a</sup> ±0,49	2,50 <sup>a</sup> ±0,50
OPŠTI UTISAK U USTIMA	3,64 <sup>a</sup> ±0,38	3,86 <sup>a</sup> ±0,56	3,86 <sup>a</sup> ±0,56	4,00 <sup>a</sup> ±0,58	3,57 <sup>a</sup> ±0,67	3,64 <sup>a</sup> ±0,57

<sup>a</sup> Srednje vrijednosti se statistički značajno ne razlikuju sa 95% vjerovatnoće (P>0,05)

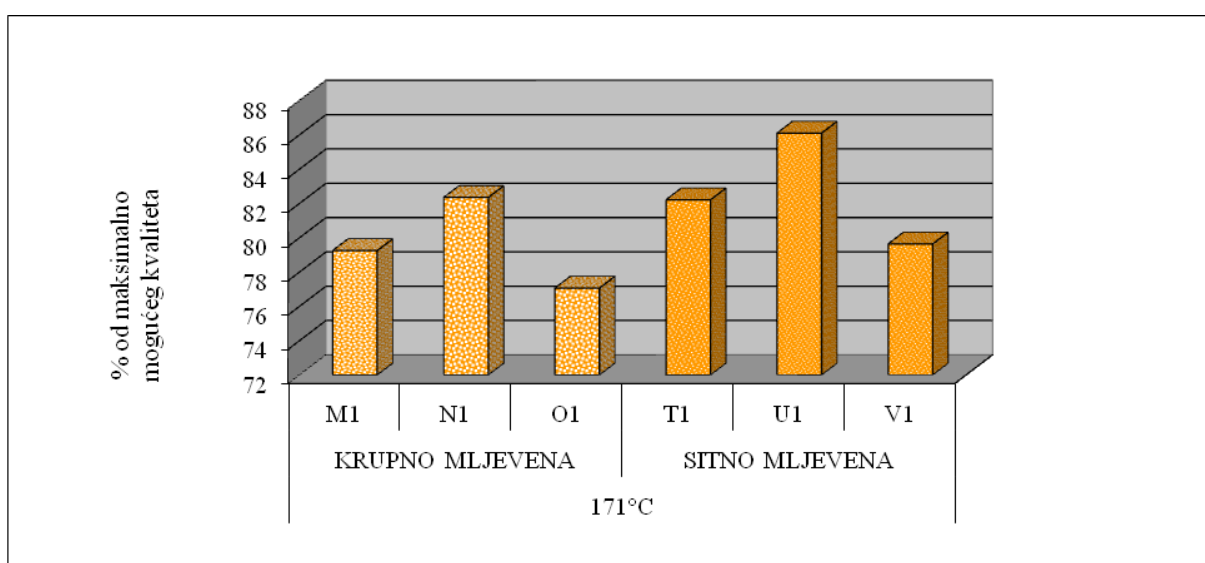
Tabela 5.C.12. Rezultati deskriptivne senzorske analize (arome, gorčina, kiselost, punoća ukusa i opšti utisak u ustima) napitaka kafe pripremljenih od uzoraka mješavina kafa prženih na 171 °C, krupno mljevenih (M1, N1, O1) i sitno mljevenih (T1, U1, V1)

Šifre i odabrana senzorna svojstva (pokazatelji kvaliteta)	Šifre uzoraka i ocjena kvaliteta senzornog svojstva za n = 7 (srednja vrijednost ± standardna devijacija)					
	M1	T1	N1	U1	O1	V1
<b>A1</b> Aroma kafe	4,14 <sup>a</sup> ±0,63	4,21 <sup>a</sup> ±0,57	4,43 <sup>a</sup> ±0,45	4,57 <sup>a</sup> ±0,45	4,00 <sup>a</sup> ±0,58	4,14 <sup>a</sup> ±0,75
<b>A2</b> Aroma na prženo	4,21 <sup>a</sup> ±0,49	4,36 <sup>a</sup> ±0,75	4,43 <sup>a</sup> ±0,73	4,50 <sup>a</sup> ±0,41	4,14 <sup>a</sup> ±0,63	4,07 <sup>a</sup> ±0,53
<b>A3</b> Aroma čokolade	-	-	-	-	-	-
<b>A4</b> Aroma karamela	-	-	-	-	-	-
<b>A5</b> Cvjetna aroma	-	-	-	-	-	-
<b>A6</b> Sladunjava voćna aroma	-	-	-	-	-	-
<b>A7</b> Aroma žitarica i slada	4,21 <sup>b</sup> ±0,49	4,79 <sup>a</sup> ±0,39	4,50 <sup>a</sup> ±0,00	4,86 <sup>a</sup> ±0,24	4,14 <sup>a</sup> ±0,48	4,07 <sup>a</sup> ±0,19
<b>A8</b> Aroma oraha, (gorkog) badema	-	-	-	-	-	-
<b>A9</b> Aroma trave	-	-	-	-	-	-
<b>A10</b> Aroma zemlje	-	-	-	-	-	-
<b>A11</b> Aroma prašine	-	-	-	-	-	-
<b>A12</b> Aroma na zagoreno	5,00 <sup>a</sup> ±0,00	4,43 <sup>b</sup> ±0,41	5,00 <sup>a</sup> ±0,00	5,00 <sup>a</sup> ±0,00	4,71 <sup>a</sup> ±0,39	4,71 <sup>a</sup> ±0,39
<b>A13</b> Aroma dima	-	-	-	-	-	-
<b>A14</b> Aroma lijekova	-	-	-	-	-	-
<b>A15</b> Aroma na plijesni	-	-	-	-	-	-
GORČINA	3,78 <sup>a</sup> ±0,76	3,86 <sup>a</sup> ±0,75	3,71 <sup>a</sup> ±0,81	3,86 <sup>a</sup> ±0,56	3,86 <sup>a</sup> ±0,75	4,00 <sup>a</sup> ±0,50
KISELOST	3,50 <sup>a</sup> ±0,41	3,57 <sup>a</sup> ±0,45	3,71 <sup>a</sup> ±0,57	3,86 <sup>a</sup> ±0,48	3,57 <sup>a</sup> ±0,45	3,79 <sup>a</sup> ±0,64
PUNOĆA UKUSA	3,14 <sup>a</sup> ±0,63	3,00 <sup>a</sup> ±0,65	3,29 <sup>a</sup> ±0,64	3,50 <sup>a</sup> ±0,41	3,00 <sup>a</sup> ±0,65	3,29 <sup>a</sup> ±0,49
OPŠTI UTISAK U USTIMA	4,29 <sup>a</sup> ±0,57	3,93 <sup>a</sup> ±0,79	4,50 <sup>a</sup> ±0,50	4,86 <sup>a</sup> ±0,48	3,93 <sup>a</sup> ±0,79	4,14 <sup>a</sup> ±0,38

<sup>a-b</sup> Srednje vrijednosti sa različitim slovom u istom redu se statistički značajno razlikuju sa 95% vjerovatnoće (P<0,05)



Poređenjem i analiziranjem rezultata senzorske analize (arome, gorčina, kiselost, punoća ukusa i opšti utisak u ustima) i prosječnih vrijednosti ovih pokazatelja kvaliteta, napitaka kafe pripremljenih od krupno mljevenih i sitno mljevenih uzoraka pojedinačnih vrsta kafe (temperature prženja 171 °C) i njihovih mješavina u različitim odnosima, konstantovano je da su sitno mljeveni uzorci imali viši nivo kvaliteta (tabele 5.C.7. i 5.C.9.), odnosno veće procenete od maksimalno mogućeg kvaliteta (tabele 5.C.8. i 5.C.10.). Na grafiku 5.C.3. dat je komparativni prikaz procenta od maksimalnog mogućeg kvaliteta deskriptivne senzorske analize napitaka kafe pripremljenih od mješavina kafa prženih na 171°C, krupno i sitno mljevene.



Odnosi kafa u mješavinama:

M1, T1 = Arabika II klasa : Arabika I klasa : Robusta = 38% : 38% : 24%

N1, U1 = Arabika II klasa : Arabika I klasa : Robusta = 34,28% : 51,42% : 14,30%

O1, V1 = Arabika II klasa : Arabika I klasa : Robusta = 30,40% : 45,60% : 24%

Grafik 5.C.3. Komparativni prikaz procenta od maksimalnog mogućeg kvaliteta deskriptivne senzorske analize napitaka kafe pripremljenih od mješavina kafa prženih na 171°C, krupno i sitno mljevene

Razlike senzorske ocjene odabranih senzorskih svojstava između uzoraka napitka pripremljenih od pojedinačnih vrsta krupno mljevene kafe J1, K1 i L1 i uzoraka napitka pripremljenih od pojedinačnih vrsta sitno mljevene kafe P1, R1 i S1 (tabela 5.C.11.), kao i između uzoraka napitka mješavina krupno mljevene kafe M1, N1 i O1 i uzoraka napitka mješavina sitno mljevene kafe T1, U1 i V1 (tabela 5.C.12.) nisu bile statistički značajne

( $P > 0,05$ ). Jedina statistički značajna razlika ( $P < 0,05$ ) konstantovana je između uzoraka napitka kafe M1 i T1 u ocjeni kvaliteta arome žitarica i slada i arome na zagoreno. Ocjena kvaliteta arome žitarica i slada je statistički značajno veća ( $P > 0,05$ ) u uzorku napitka kafe T1, a samim tim i prijatnija, dok je aroma na zagoreno u ovom uzorku statistički značajno manja ( $P > 0,05$ ) što znači da je izraženija.

Primjenom deskriptivne metode senzorske analize, obučenim ocjenjivačima data je mogućnost identifikovanja i ocjene kvaliteta odabranih senzorskih svojstava napitaka kafe i mogućnost identifikovanja intenziteta ustanovljenih razlika. Testovi prihvatljivosti proizvoda provode se kako bi se ustanovilo šta potrošači misle o kvalitetu određenog proizvoda, a vrlo često je to i polazna osnova za prikupljanje ideja za dalje aktivnosti, koje treba provesti u cilju modifikacije karakteristika kvaliteta proizvoda ako je potrebno.

U ovoj doktorskoj disertaciji, metoda rangiranja je korištena za ispitivanje i upoređivanje razlika između napitaka pripremljenih od uzoraka proizvedenih prema proizvođačkoj specifikaciji (tabela 4.1.3.) i između napitaka pripremljenih od pojedinačnih vrsta kafe prženih na različitim temperaturama i napitaka pripremljenih od pojedinačnih vrsta kafe različitog stepena mljevenja prema planu eksperimenta (tabele 4.1.4. i 4.1.5.) i između napitaka pripremljenih od mješavina različitog odnosa pojedinačnih vrsta kafe određenih prema planu eksperimenta (tabele 4.1.4. i 4.1.5.).

Tabela 5.C.13. Rangovi dodjeljeni na osnovu ocjene prihvatljivosti ukupnog kvaliteta ispitivanih uzoraka napitka kafe i sume rangova

	Šifre uzorka	Broj ponavljanja			Suma rangova
		1. mjesto	2. mjesto	3. mjesto	
Napici od kafe proizvedene prema proizvođačkoj specifikaciji	A0	1	3	3	16
	B0	3	2	2	13
	C0	3	3	1	12
Napici od pojedinačnih vrsta kafe pržene na 167°C	A1	2	3	2	14
	B1	5	2	0	9
	C1	0	2	5	19
Napici od mješavina kafe pržene na 167°C	D1	2	2	3	15
	E1	4	3	0	10
	F1	1	2	4	17
Napici od pojedinačnih vrsta kafe pržene na 175°C	A2	2	4	1	13
	B2	4	2	1	11
	C2	1	1	5	18
Napici od mješavina kafe pržene na 175°C	D2	3	1	3	14
	E2	3	2	2	13
	F2	1	4	2	15
Napici od pojedinačnih vrsta kafe pržene na 171°C	J1	3	2	2	13
	K1	4	3	0	10
	L1	0	2	5	19
Napici od mješavina kafe pržene na 171°C	M1	1	4	2	15
	N1	4	2	1	11
	O1	2	1	4	16
Napici od pojedinačnih vrsta kafe pržene na 171°C, sitno mljevene	P1	1	3	3	16
	R1	6	1	0	8
	S1	0	3	4	21
Napici od mješavina kafe pržene na 171°C, sitno mljevene	T1	2	3	3	17
	U1	3	2	2	13
	V1	2	2	3	15

Obradom rezultata dobijenih ocjenom prihvatljivosti ukupnog kvaliteta napitka kafe, metodom rangiranja, dobijene su vrijednosti za sume rangova svakog analiziranog uzorka. Uzorci napitka kafe koji su veći broj puta bili na prvom ili drugom mjestu imali su manju vrijednost sume rangova, u odnosu na sume rangova uzoraka napitka kafe za koje je ustanovljeno da imaju relativno niži nivo kvaliteta od upoređivanih uzoraka. Može se konstatovati da su proizvodi kod kojih je dobijena niža vrijednost za sumu rangova imali prihvatljiviji kvalitet posmatranih senzorskih svojstava (tabela 5.C.13.).

Poređenjem suma rangova, za uzorke napitka A0, B0 i C0, može se zaključiti da je uzorak napitka C0 bio najveći broj puta na prvom ili drugom mjestu od tri moguća mjesta ( $R_{C0} = 12$ ) prilikom rangiranja. Deskriptivnom senzorskom analizom je utvrđeno da je uzorak C0 imao najveći procenat od maksimalnog mogućeg kvaliteta (tabela 5.C.2.). Nešto nižeg, ali još uvijek relativno visokog ukupnog kvaliteta, bio je uzorak B0 čija je suma rangova ( $R_{B0} = 13$ ) obezbjedila drugo mjesto ovom uzorku prilikom ocjene prihvatljivosti kvaliteta. Na zadnjem mjestu bio je uzorak A0 sa sumom rangova  $R_{A0} = 16$ , pa se može konstatovati da je od upoređivanih uzoraka ovaj uzorak imao najmanje prihvatljiv ukupni kvalitet i da je najveći broj puta zauzeo drugo ili treće mjesto. Na osnovu rezultata deskriptivne senzorske analize konstantovan je najniži kvalitet ovog uzorka (tabele 5.C.1. i 5.C.2.).

Poređenjem suma rangova uzoraka napitaka od pojedinačnih vrsta kafe pržene na  $167^{\circ}\text{C}$ , može se zaključiti da ocjenjivači preferiraju uzorak B1 čija suma rangova iznosi  $R_{B1} = 9$  i koji je najčešće ocjenjen kao prijatan. Procenat od maksimalnog mogućeg kvaliteta ovog uzorka iznosio je 59,01% (tabela 5.C.4.). Na drugom mjestu bio je uzorak A1 sa sumom rangova  $R_{A1} = 14$ . Uzorak koji je najveći broj puta bio na zadnjem, trećem mjestu prema prihvatljivosti ukupnog kvaliteta je uzorak C1 ( $R_{C1} = 19$ ). Na osnovu deskriptivne senzorske analize i ocjene kvaliteta odabranih senzorskih svojstava, uzorak C1 je imao 51,41% od maksimalnog mogućeg kvaliteta (tabela 5.C.4.).

Na osnovu ispitivanja prihvatljivosti ukupnog kvaliteta napitaka od mješavina kafe pržene na  $167^{\circ}\text{C}$ , konstantovano je da se na prvom mjestu nalazi uzorak E1 ( $R_{E1} = 10$ ), koji je deskriptivnom senzorskom analizom ocjenjen kao napitak najoptimalnijeg kvaliteta u poređenju sa uzorcima D1 i F1 (tabela 5.C.3.). Uzorak F1 ocjenjen je kao uzorak najlošijeg senzorskog kvaliteta (tabele 5.C.3. i 5.C.4.), a na osnovu prihvatljivosti ukupnog kvaliteta, rangiran je na treće mjesto ( $R_{F1} = 17$ ) i najčešće ocjenjen kao najmanje prijatan. Sličan kvalitet imao je i uzorak D1 koji je rangiran na drugo mjesto ( $R_{D1} = 15$ ).

Poređenjem suma rangova napitaka od pojedinačnih vrsta kafe pržene na 175°C može se zaključiti da je uzorak B2 rangiran na prvo mjesto od tri moguća mjesta ( $R_{B2} = 11$ ). Nešto nižeg, ali još uvijek relativno visokog ukupnog kvaliteta, bio je uzorak A2 sa sumom rangova ( $R_{A2} = 13$ ) i rangiran je na drugo mjesto. Primjenom deskriptivne senzorske analize, ocjenjivači su konstantovali veoma ujednačen stepen kvaliteta ova dva uzorka, s tim da je uzorak A2 ocjenjen kao uzorak boljeg kvaliteta (tabela 5.C.5.). Uzorak C2 ocjenjen je kao uzorak najlošijeg kvaliteta aka i rangiran je na treće mjesto prema prihvatljivosti ukupnog kvaliteta.

Poređenjem suma rangova napitaka od mješavina kafe pržene na 175°C, može se zaključiti da je uzorak E2 sa relativno manjom sumom rangova  $R_{E2} = 13$  imao najbolji kvalitet. Uzorak napitka kafe E2 imao je i najprihvatljiviji nivo kvaliteta, odnosno ocijenjen je kao najskladniji od svih uzoraka iz ove grupe deskriptivnom metodom senzorske analize (tabela 5.C.5.). Nešto nižeg kvaliteta bili su uzorak D2 sa sumom rangova  $R_{D2} = 14$  i uzorak F2 sa sumom rangova  $R_{F2} = 15$ .

Na osnovu ispitivanja prihvatljivosti ukupnog kvaliteta napitaka od pojedinačnih vrsta kafe pržene na 171°C, može se zaključiti da je uzorak K1 bio najveći broj puta na prvom ili drugom mjestu ( $R_{K1} = 10$ ) prilikom rangiranja i ocijenjen je kao prijatan. Nešto nižeg, ali još uvijek relativno visokog ukupnog kvaliteta, bio je uzorak J1 sa sumom rangova ( $R_{J1} = 13$ ) što znači da je ovaj uzorak rangiran na drugo mjesto prilikom ocjene prihvatljivosti kvaliteta. Na zadnjem mjestu bio je uzorak L1 sa sumom rangova  $R_{L1} = 19$ , pa se može konstatovati da je od upoređivanih uzoraka ovaj uzorak imao najmanje prihvatljiv ukupni kvalitet. Na osnovu rezultata deskriptivne senzorske analize konstantovan je najviši kvalitet za uzorak J1 i najniži kvalitet za uzorak K1 (tabela 5.C.7.)

Poređenjem suma rangova napitaka od mješavina kafe pržene na 171°C, može se zaključiti da je uzorak N1 sa sumom rangova  $R_{N1} = 11$  imao najbolji kvalitet i najčešće je ocijenjen kao prijatan. Uzorak M1 ( $R_{M1} = 15$ ) i uzorak O1 ( $R_{O1} = 16$ ) ocijenjeni su kao manje prijatni. Uzorak napitka kafe N1 ocijenjen je kao najskladniji od svih uzoraka iz ove grupe deskriptivnom metodom senzorske analize (tabela 5.C.7.).

Na osnovu suma rangova uzoraka P1, R1 i S1, napici od pojedinačnih vrsta kafe pržene na 171°C, sitno mljevene, može se konstatovati da je uzorak R1 najveći broj puta bio na prvom mjestu ( $R_{R1} = 8$ ) i imao je najbolji kvalitet. Na osnovu rezultata deskriptivne senzorske analize najoptimalniji kvalitet ustanovljen je u uzoraku napitka kafe R1 (tabela 5.C.9.). Uzorak S1 je imao najveću sumu rangova  $R_{S1} = 21$  što znači da je najčešće bio na

drugom ili trećem mjestu i ocjenjen kao najmanje prijatan. Deskriptivnom senzorskom analizom uzorak S1 ocjenjen je kao uzorak najlošijeg kvaliteta u ovoj grupi uzoraka (tabela 5.C.9.).

Najmanju sumu rangova među napicima od mješavina kafe pržene na 171 °C, sitno mljevene, imao je uzorak U1 ( $R_{U1} = 13$ ) koji je ocjenjen kao uzorak najoptimalnijeg kvaliteta primjenom deskriptivne senzorske analize (tabela 5.C.9.). Iako je uzorak V1 deskriptivnom analizom ocjenjen kao uzorak najlošijeg kvaliteta (tabela 5.C.9.), ocjenjivači su na osnovu prihvatljivosti ukupnog kvaliteta, uzorak V1 rangirali na drugo mjesto ( $R_{V1} = 15$ ). Na treće mjesto rangiran je uzorak T1 ( $R_{T1} = 17$ ) koji je najčešće bio ocjenjen kao najmanje prijatan uzorak.

## 6. ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata dobijenih hemijsko-fizičkim analizama uzoraka različitih vrsta kafa i mješavina i senzorskom analizom napitka kafe pripremljenog od ispitivanih uzoraka kafe na tradicionalan način, sa ciljem poboljšanja kvaliteta napitka kafe izborom optimalnih uslova prženja i odnosa različitih vrsta kafe može se zaključiti:

- Da je sadržaj vlage, ukupnih rastvorljivih materija i ukupnog pepela u ispitivanim uzorcima sirove i različito pržene kafe Arabika II klasa, Arabika I klasa i Robusta, u skladu sa Pravilnicima
- Da su vrijednost titracione kiselosti i sadržaj hlorogenske kiseline u uzorcima sirove kafe pojedinačnih vrsta i mješavina kafe statistički značajno manji ( $P < 0,05$ ) u odnosu na vrijednost titracione kiselosti i sadržaj hlorogenske kiseline u uzorcima različito pržene kafe.
- Da je sadržaj kofeina i proteina u uzorcima sirove i različito pržene kafe Robusta vrste statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) u odnosu na sadržaj kofeina i proteina u uzorcima sirove i različito pržene kafe Arabika vrste.
- Da je sadržaj ukupne masti u uzorcima sirove i različito pržene kafe Arabika vrste statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) u odnosu na sadržaj ukupne masti u uzorcima sirove i različito pržene kafe Robusta vrste.
- Da su u uzorcima sirove i različito pržene kafe pojedinačnih vrsta i mješavina kafe najzastupljenije zasićene masne kiseline palmitinska i stearinska, a od nezasićenih masnih kiselina linolna i oleinska i da se u toku procesa prženja njihov sadržaj i odnos mijenja.
- Da je vrijednost pH u uzorcima sirove kafe pojedinačnih vrsta i mješavina kafe statistički značajno veća ( $P < 0,05$ ) u odnosu na vrijednost pH u uzorcima različito pržene kafe.

- Da je aktivnost vode ( $a_w$ ) u uzorcima sirove kafe pojedinačnih vrsta i mješavina kafe statistički značajno veća ( $P < 0,05$ ) u odnosu na aktivnost vode u uzorcima različito pržene kafe.
- Da vrijednosti parametara boje  $L^*$  i  $b^*$  (CIE-*Lab* sistem) opadaju kod uzoraka različito pržene kafe u odnosu na vrijednosti parametara boje  $L^*$  i  $b^*$  u uzorcima sirove kafe pojedinačnih vrsta i mješavina kafe, a vrijednost  $a^*$  se povećava.
- Da je sadržaj ukupnih fenola (mg CGA/g uzorka i mg GAE/g uzorka) u uzorcima sirove kafe pojedinačnih vrsta i mješavina kafe statistički značajno veći ( $P < 0,05$ ) u odnosu na sadržaj ukupnih fenola u uzorcima različito pržene kafe.
- Da je sadržaj ukupnih flavonoida i flavonola u uzorcima sirove kafe pojedinačnih vrsta i mješavina kafe manji u odnosu na sadržaj ukupnih flavonoida i flavonola u uzorcima različito pržene kafe.
- Da je antioksidativna aktivnost (DPPH, ABTS) u uzorcima različito pržene kafe veća u odnosu na antioksidativnu aktivnost u uzorcima sirove kafe pojedinačnih vrsta i mješavina kafe.
- Da je procenat od maksimalnog mogućeg kvaliteta (aroma, ukus, punoća ukusa i opšti utisak u ustima) u uzorcima napitka kafe pripremljenih od uzoraka proizvedenih prema proizvođačkoj specifikaciji od 56,96% do 61,65%.
- Da je procenat od maksimalnog mogućeg kvaliteta (aroma, ukus, punoća ukusa i opšti utisak u ustima) u uzorcima napitka kafe pripremljenih od uzoraka pojedinačnih vrsta kafe pržene na 167°C od 51,41% do 59,01%.
- Da je procenat od maksimalnog mogućeg kvaliteta (aroma, ukus, punoća ukusa i opšti utisak u ustima) u uzorcima napitka kafe pripremljenih od uzoraka mješavina kafe pržene na 167°C, 63,36%, 65,62%, 62,87%, retrospektivno za uzorke D1 (A1:B1:C1 = 38% : 38% : 24%), E1 (A1:B1:C1 = 34,28% : 51,42% : 14,30%) i F1 (A1:B1:C1 = 30,40% : 45,60% : 24%) i da nije postignut očekivani, odnosno optimalni senzorski



kvalitet napitka kafe. Osnovni nedostatak u kvalitetu uzoraka napitka kafe pripremljenih od uzoraka mješavina (D1, E1, F1) kafe pržene na 167°C je nedovoljno izražena aroma kafe sa jedne strane i suviše izražena aroma žitarica i slada sa druge strane. Odnos gorčine i kiselosti nije skladan i zajedno sa slabo izraženom punoćom ukusa ostavlja utisak praznog i vodnjikavog napitka.

- Da je procenat od maksimalnog mogućeg kvaliteta (aroma, ukus, punoća ukusa i opšti utisak u ustima) u uzorcima napitka kafe pripremljenih od uzoraka mješavina kafe pržene na 175°C, 62,11%, 64,98%, 61,45%, retrospektivno za uzorke D2 (A2:B2:C2 = 38% : 38% : 24%), E2 (A2:B2:C2 = 34,28% : 51,42% : 14,30%) i F2 (A2:B2:C2 = 30,40% : 45,60% : 24%) i da nije postignut očekivani, odnosno optimalni senzorski kvalitet napitka kafe. Prijatne i poželjne arome kafe i prženog zrna kafe su blago izražene, kao i intezitet arome žitarica i slada, a nepoželjne arome na zagoreno i arome prašine i dima su veoma izražene. Kiselost je prijatna, a gorčina suviše izražena, kao i punoća ukusa.
- Da je procenat od maksimalnog mogućeg kvaliteta (aroma, ukus, punoća ukusa i opšti utisak u ustima) u uzorcima napitka kafe pripremljenih od uzoraka mješavina kafe pržene na 171°C, 79,25%, 82,35%, 77,06%, retrospektivno za uzorke M1 (J1:K1:L1 = 38% : 38% : 24%), N1 (J1:K1:L1 = 34,28% : 51,42% : 14,30%) i O1 (J1:K1:L1 = 30,40% : 45,60% : 24%) i da je postignut očekivani, odnosno optimalni senzorski kvalitet napitka kafe. Postignut je sklad i umjerena izražajnost arome kafe i arome pržene mljevene kafe, koje su ocijenjene kao puno prijatnije u odnosu na ove arome u napicima pripremljenim od uzoraka kafe pržene na 167 i 175°C. Aroma žitarice i slada i aroma na zagoreno su u uzorcima napitka kafe M1, N1 i O1 primjetne, slabo do veoma slabo izražene i nemaju negativan uticaj na ukupni kvalitet napitaka. Kombinovan efekat utiska gorčine i kiselosti je najskladniji u uzorcima napitka kafe pripremljenog od mješavina kafe (M1, N1, O1).
- Da je uzorak napitka kafe pržene na 171°C N1 ocjenjen kao uzorak najboljih senzorskih svojstava (82,35%). Odnos kafa Arabika II klasa, Arabika I klasa i Robusta je bio 34,28% : 51,42% : 14,30%. Vrijednost titracione kiselosti iznosila je 128,86, sadržaj hlorogenske kiseline 3,77%, sadržaj kofeina 2,29%, sadržaj proteina 13,79%,

sadržaj slobodne masti 14,37%, odnosno sadržaj ukupno zasićenih masnih kiselina 42,65%, a sadržaj ukupno nezasićenih masnih kiselina 57,36%, vrijednost pH 5,35 i aktivnost vode 0,102. Antioksidativna aktivnost je iznosila 235,57  $\mu\text{mola TE/g}$  uzorka (DPPH) i 217,62  $\mu\text{mola TE/g}$  uzorka (ABTS)

- Da je procenat od maksimalnog mogućeg kvaliteta (aroma, ukus, punoća ukusa i opšti utisak u ustima) u uzorcima napitka kafe pripremljenih od uzoraka mješavina kafe pržene na 171°C, sitno mljevene 82,21%, 86,10%, 79,64%, retrospektivno za uzorke T1 (P1:R1:S1 = 38% : 38% : 24%), U1 (P1:R1:S1 = 34,28% : 51,42% : 14,30%) i V1 (P1:R1:S1 = 30,40% : 45,60% : 24%) i da je postignut optimalan senzorski kvalitet napitka kafe, skladniji u odnosu na senzorski kvalitet napitka kafe pripremljenog od mješavina kafe pržene na 171°C, krupno mljevene (M1, N1, O1).
- Da je uzorak U1 napitka kafe pripremljen na tradicionalan način od mješavine (P1:R1:S1 = 34,28% : 51,42% : 14,30%) kafe pržene na 171°C, sitno mljevene okarakterisan kao veoma prijatan za konzumiranje, sa najskladnijim aromatskim profilom, usaglašene gorčine i kiselosti, prijatne i umjerene punoće ukusa i blagog i harmoničnog utiska u ustima.

Na osnovu rezultata provedenog istraživanja potvrđuje se tačnost postavljene hipoteze da se primjenom različitih parametara procesa prženja kafe može postići optimalan kvalitet napitka crne kafe koja se priprema na tradicionalan način (Hipoteza 1) i da se modelovanjem odnosa različitih vrsta kafe i različitih stepena mljevenja može postići optimalan kvalitet napitka crne kafe koja se priprema na tradicionalan način (Hipoteza 2).

## 7. LITERATURA

- Abbott J.A.: Quality measurement of fruits and vegetables, *Postharvest Biology and Technology*, 15 (1999) 207-225.
- Abbott J.A.: Sensory and instrumental measurements of texture of fruits and vegetables, *Meeting Abstract, Hort Science*, 39 (2004) 830.
- Albanese D., Di Matteo M., Poiana M., Spagnamusso S.: Espresso coffee (EC) by POD: Study of thermal profile during extraction process and influence of water temperature on chemical–physical and sensorial properties. *Food Research International*, 42 (2009) 727-732.
- Alvarado R.A. and Linnemann A.R. The predictive value of a small consumer panel for coffee-cupper judgment. *British Food Journal*, 112 (9), (2010) 1023-1032.
- Alves R.C., Casal S., Alves M.R., Oliveira M.B.: Discrimination between arabica and robusta coffee species on the basis of their tocopherol profiles. *Food Chemistry* 114 (2009) 295-299.
- Alves R.C., Soares C., Casal S., Fernandes J.O., Oliveira M.B.: Acrylamide in espresso coffee: Influence of species, roast degree and brew length. *Food Chemistry*, 119 (2010) 929-934.
- Alves R.M., Casal S., Oliveira M.B.P.P., Ferreira M.A.: Contribution of FA profile obtained by high-resolution GC/Chemometric techniques to the authenticity of green and roasted coffee varieties. *JAOCs*, 80 (2003) 511-17.
- Amorim I.S., Ferreira E.B., Lima R.R., Pereira R.G.F.A.: Monte Carlo based test for inferring about the unidimensionality of a Brazilian coffee sensory panel. *Food Quality and Preference*, 21 (2010) 319–323.
- Anderson B., Shimoni E., Liardon R., Labuza T.: The diffusion kinetics of carbon dioxide in fresh roasted and ground coffee. *Journal of Food Engineering*, 59 (2003) 71-78.
- AOAC, Assoss. of Official Analytical Chemists. Coffee and tea. In: *Official methods of analysis*. 17th edition. Gaithersburg, Md: AOAC, 2000.

- AOAC, Official Method 963.22, Methyl Esters of Fatty Acids in Oils and Fats, Published by AOAC, Washington, 2000.
- Apak R., Guclu K., Demirata B., Ozyurek M., Celik S.E., Bektasoglu B., Berker K.I., Ozyurt D.: Comparative Evaluation of Various Total Antioxidant Capacity Assays Applied to Phenolic Compounds with the CUPRAC Assay. *Molecules*, 12 (2007) 1496-1547.
- Ayeling A., Sabally K.: Determination of Chlorogenic Acids (CGA) in Coffee Beans using HPLC. *American Journal of Research Communications*, 2 (2013) 78-91.
- Balzer, H.H.: Acids in coffee. In: Clarke, R.J., Vitzthum, O.G. (Eds.), *Coffee, Recent Developments*. Blackwell Science, Oxford, 2001.
- Belay A., Gholap A.V.: Characterization and determination of chlorogenic acids (CGA) in coffee beans by UV-Vis spectroscopy. *African Journal of Pure and Applied Chemistry*, 3(11) (2009) 234-240.
- Belay A., Ture K., Redi M., Asfaw A.: Measurement of caffeine in coffee beans with UV/vis spectrometer. *Food Chemistry*, 108 (2008) 310-315.
- Beliz H.D., Grosch W., Schieberle P.: Coffee, tea, cocoa. In Beliz H.D., Grosch W., Schieberle P. (Eds.). *Food Chemistry*, 4 (2009) 938-951. Leipzig: Springer.
- Bermejo D.V., Luna P., Manic M.S., Najdanovic-Visak V., Reglero G., Fornari T.: Extraction of caffeine from natural matter using abio-renewable agrochemical solvent. *Food and bioproducts processing*, 91 (2013) 303-309.
- Bicho N.C., Leitao A.E., Ramalho J.C., Alvrenga N.B., Lidon F.C.: Identification of nutritional descriptors of roasting intensity in beverages of Arabica and Robusta coffee beans. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 8 (2011) 865-871.
- Birangane R.S., Chole D.G., Reddy K.S.P., Shivaji: A Review of Antioxidants. *Journal of Indian Academy of Oral Medicine and Radiology*, 3 (2011) 351-353.
- Buffo A.R. and Cardelli-Freire C.: Coffee flavour: an overview. *Flavour and Fragrance Journal*, 19 (2) (2004) 99-104.
- Butt M.S., Ahmed A., Sultan M.T., Imran A., Yasin M., Imran M.: Evaluating the effect of decaffeination on nutritional and antioxidant status of different coffee brands. *Internet journal of food safety* 13 (2011) 198-207.
- Calligaris S., Munari M., Arrighetti G., Barba L.: Insights into the physicochemical properties of coffee oil. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 111 (2009) 1270-1277.

- Cardelli C and Labuza T.: Application of Weibull hazard analysis to the determination of the shelf-life of roasted and ground coffee. *Lebensm.-Wiss. Technol.*, 34 (2001) 273-278.
- Cavin C., Marin-Kuan M., Langoue S., Bezencon C., Guignard G., Verguet C., Piguet D., Holzhauser D., Cornaz R., Schilter B.: Induction of Nrf2-mediated cellular defenses and alteration of phase i activities as mechanisms of chemoprotective effects of coffee in the liver. *Food and Chemical Toxicology*, 46 (2008) 1239-1248.
- Christie W.W.: *Gas Chromatography and Lipids: A practical guide*. 1<sup>st</sup> Edition, 1989. [www.lipidlibrary.co.uk](http://www.lipidlibrary.co.uk) & [www.pjbarnes.co.uk](http://www.pjbarnes.co.uk)
- Clarke R.J., Vitzthum O.G.: *Coffee Recent Developments*. Blackwell Science, Oxford 2001.
- Davids K., *Saying Coffee the Naming Revolution*. 2010.
- de Souza R.M.N. and Benassi M.T.: Discrimination of Commercial Roasted and Ground Coffees According to Chemical Composition. *J. Braz. Chem. Soc.*, 23 (2012) 1347-1354.
- del Castillo M.D., Ames J.M., Gordon M.H.: Effect of Roasting on the Antioxidant Activity of Coffee Brews. *J. Agric. Food Chem.*, 50 (13) (2002) 3698-3703.
- Duarte S.M., Abreu C.M.P., Menezes H.C., Santos M.H., Gouvea C.M.C.P.: Effect of processing and roasting on the antioxidant activity of coffee brews. *Cienc. Technol. Aliment.* 25, 2 (2005).
- Dutra E.R., Oliveira S., Franca A.S., Ferraz V.P., Afonso R.J.C.F., A preliminary study on the feasibility of using the composition of coffee roasting exhaust gas for the determination of the degree of roast, *Journal of Food Engineering*, 47 (2001) 241-246.
- Dżiki D., Gawlik-Dżiki U., Pecio L., Rozilo R., Swieca M., Krzykowski A., Rudy S.: Ground green coffee beans as a functional food supplement - Preliminary study. *LWT - Food Science and Technology* 63 (2015) 691e699
- Džinić N., Jokanović M.: *Tehnologija kafe*. Tehnološki fakultet Novi Sad, 2010.
- Farah A., Donangelo C.M.: Phenolic compounds in coffee. *Braz. J. Plant Physiol.*, 1 (2006) 23-36.
- Farah A., Monteiro M.C., Calado V., Franca A.S., Trugo L.C.: Correlation between cup quality and chemical attributes of Brazilian coffee. *Food Chemistry*, 98 (2006) 373-380.

- Farah A.: Coffee Constituents in Yi-Fang Chu (Ed). Coffee: Emerging Health Effects and Disease Prevention. First Edition, John Wiley & Sons, Inc. Published by Blackwell Publishing Ltd., 2012.
- Farcas A.C., Socaci S.A., Bocaniciu I., Pop A., Tofana M., Muste S., Feier D.: Evaluation of Biofunctional Compounds Content from Brewed Coffee. Bulletin UASVM Food Science and Technology, 71(2) (2014) 114-118.
- Feria-Morales A.M.: Examining the case of green coffee to illustrate the limitations of grading systems/expert tasters in sensory evaluation for quality control. Food Quality and Preference, 13 (2002) 355-367.
- Ferrari M., Ravera F., De Angelis E., Suggi L.F., Navarini L.: Interfacial properties of coffee oils. Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects 365 (2010) 79-82.
- Ferraz M.B.M., Farah A., Iamanaka B.T., Perrone D., Copetti M.V., Marques V.X., Vitali A.A., Taniwaki M.H.: Kinetics of ochratoxin A destruction during coffee roasting. Food Control 21 (2010) 872-877.
- Fischer M., Reimann S., Trovato V., Redgwell R. J.: Polysaccharides of green Arabica and Robusta coffee Beans. Carbohydrate Research 330 (2001) 93–101.
- Franca A.S., Oliveira L.S., Mendonca J.C.F., Silva X.A.: Physical and chemical attributes of defective crude and roasted coffee beans. Food Chemistry, 90 (2005) 89-94.
- Franca A.S., Oliveira L.S., Oliveira R.C.S., Agresti P.C.M., Augus R.: A preliminary evaluation of the effect of processing temperature on coffee roasting degree assessment. Journal of Food Engineering, 92 (2009) 345-352.
- Fujioka K., Shibamoto T.: Chlorogenic acid and caffeine contents in various commercial brewed coffees. Food Chemistry 106 (2008) 217-221.
- Gichimu B.M., Gichuru E.K., Mamati G.E., Nyende A.B.: Biochemical composition within coffee arabica cv. Ruiru 11 and its relationship with cup quality. Journal of Food Research, 3 (2014) 31-44.
- Gokmen V., Senyuva H.Z.: Study of colour and acrylamide formation in coffee, wheat flour and potato chips during heating. Food Chemistry, 99 (2006) 238-243.
- Gonzalez-Rios O., Suarez-Quiroz M. L., Boulanger R., Barel M., Guyot B., Guiraud J., Schorr-Galindo S.: Impact of „ecological“ post-harvest processing on coffee aroma: II. Roasted coffee. Journal of Food Composition and Analysis, 20 (2007) 297-307.

- Grujić S., Grujić R.: Food Product Development as Opportunity for Success or Survival in the Market. Book of abstracts, 6th Central European Congress on Food, Novi Sad, Serbia, (2012) 1202-1206.
- Grujić S., Spaho N. 2010. Potrebe potrošača i kvalitet pregrambenih proizvoda, Univerzitet u Sarajevu, Poljoprivredno – prehrambeni fakultet Sarajevo.
- Grujić S.: Senzorna ocjena kvaliteta i prihvatljivosti prehrambenih proizvoda. Univerzitet u Banjoj Luci, Tehnološki fakultet, Banja Luka, 2015.
- Hashim L. and Chaveron H.: Use of methylpyrazine ratios to monitor the coffee roasting. Food Research International, 28 (619-423) 1996.
- Hečimović I., Belščak-Cvitanović A., Horžić D., Komes D.: Comparative study of polyphenols and caffeine in different coffee varieties affected by the degree of roasting. Food Chemistry, 129 (2011) 991–1000.
- Hernandez J.A., Heyd B., Irls C., Valdovinos B., Trystram G.: Analysis of the heat and mass transfer during coffee batch roasting. Journal of Food Engineering 78 (2007) 1141-1148.
- <http://www.illy.com>
- Hurtado A.B., Dorado D.A.: Study of the yield and fatty acid profile of coffee (*Coffea arabica*) oil from roasted beans obtained with supercritical carbon dioxide. III Iberoamerican Conference on Supercritical Fluids Cartagena de Indias (Colombia), (2013) 1-10.
- Illy A. and Viani R.: Espresso coffee: The chemistry of quality. San Diego, CA: Academic Press., Inc., 1995.
- Illy A. and Viani R.: Espresso coffee: The science of quality. 2ed. San Diego CA: Elsevier Academic Press. 2005.
- ISO (1992). Određivanje sadržaja azota, 937:1992, Ženeva, Švajcarska
- ISO 11035:1994. Sensory analysis – Identification and selection of descriptors for establishing sensory profile by a multidimensional approach.
- ISO 13299:2003. Sensory analysis – Methodology – General guidance for establishing a sensory profile.
- ISO 4121:2003. Sensory analysis – Guidelines for the use of quantitative response scales.
- ISO 5492:2008. Sensory analysis – Vocabulary.
- ISO 6658:2005. Sensory analysis – Metodology – General guidance.

- ISO 6668:2008 (IDT). Green coffee preparation of samples for use in sensory analysis.
- ISO 6673:2003. Određivanje sadržaja vlage.
- ISO 8586 – 1:1993. Sensory analysis – General guidance for the selection, training and monitoring of assessors – Part 1: Selected assessors.
- ISO 8586-2:2008 (E) Sensory analysis – general guidance for selection, training and monitoring of assessors – Part 2: Expert sensory assessors.
- ISO 8587:2006. Sensory Analysis – Methodology – Ranking.
- ISO 8589:2007. Sensory analysis – General guidance for the design of test rooms.
- Jokanović R.M., Džinić R.N., Cvetković R.B., Grujić S., Odžaković B.: Changes of Physical Properties of Coffee Beans During Roasting. *Acta Periodica Technologica*, 43 (2012) 21-31. Available Online: <http://10.2298/APT1243021J>
- JUS ISO 1444:1997. Meso i proizvodi od mesa - Određivanje sadržaja slobodne masti, Savezni zavod za standardizaciju, Beograd.
- Koshiro Y., Jackson M.C., Katahira R., Wang M., Nagai C., Ashihara H.: Biosynthesis of Chlorogenic Acids in Growing and Ripening Fruits of *Coffea arabica* and *Coffea canephora* Plants. *Z. Naturforsch.*, 62 (2007) 731-742.
- Kravić, S., Marjanović, N., Suturović, Z., Švarc-Gajić, J., Stojanović, Z., Pucarević, M.: Determination of trans fatty acid content of Serbian shortening by gas chromatography-mass spectrometry. *Acta Alimentaria*, 39 (2010) 413-423.
- Kreicbergs V., Dimins F., Mikelsone V., Cinkmains I.: Biologically active compounds in roasted coffee. Jelgava, Latvia May 5-6, Foodbalt (2011) 110-115.
- Kreppenhofer S., Frank O., Hofmann T.: Identification of (furan-2-yl)methylated benzene diols and triols as a novel class of bitter compounds in roasted coffee. *Food Chemistry*, 126 (2010) 441-449.
- Kumaran A, Karunakaran R.J.: In vitro antioxidant activities of methanol extracts of *Phyllanthus* species from India. *Lebens-Wiss Technologie*; 40 (2007) 344-352.
- Labo V., Patil A., Phatak A., Chandra N.: Free Radicals, Antioxidants and Functional Foods: Impact on Human Helt. *Pharmacogn Rev.*, 8 (2010) 118-126.
- Larrauri J.A., Sanchez-Moreno C., Ruperez P., Saura-Calixto F.: Free Radical Scavenging Capacity in the Aging of Selected Red Spanish Wines. *J. Agric. Food Chem.*, 47 (1999) 1603-1606.



- Martin M.J., Pablos F., Gonzalez A.G., Valdenebro M.S., Leon-Camacho M.: Fatty acid profiles as discriminant parameters for coffee varieties differentiation. *Talanta* 54 (2001) 291-297.
- Martins A.C.C.L., Gloria M.B.A.: Changes on the levels of serotonin precursors – tryptophan and 5-hydroxytryptophan – during roasting of Arabica and Robusta coffee. *Food Chemistry* 118 (2010) 529-533.
- McLeod R.J., Garland M., Hale R.V., Steiman S., Frew R.D.: Determining the most effective combination of chemical parameters for differentiating the geographic origin of food products: an example using coffee beans. *J. Food Chem. Nutr.*, 1 (2013) 49-61.
- Mendes L.C., de Menezes H.C., Aparecida M., da Silva A.P.: Optimization of the roasting of robusta coffee (*C. canephora conillon*) using acceptability tests and RSM. *Food Quality and Preference*, 12 (2001) 153-162.
- Misik M., Hoelzl C., Wagner K.H., Cavin C., Moser, Kundi, Simic T., Elbling L., Kager N., Ferk F., Ehrlich V., Nersesyan A., Dusinska M., Schilter B., Knasmuller S.: Impact of paper filtered coffee on oxidative DNA-damage: Results of a clinical trial. *Mutation Research* 692 (2010) 42-48.
- Moreira D.P., Monteiro M.C., Ribeiro-Alves M., Donangelo C.M., Trugo L.C.: Contribution of chlorogenic acids to the iron-reducing activity of coffee beverages. *J. Agric. Food Chem.*, 53 (2005) 1399-1402.
- Murray C. and Laredo T.: Effect of home grinding on properties of brewed coffee. *Journal of Food Research*, 4(1) (2015) 77-87.
- Murray J.M., Delahunty C.M., Baxter I.A.: Descriptive sensory analysis: past, present and future. *Food Research International*, 34 (2001) 461-471.
- Mussatto S.I., Machado E.M.S., Martins S., Teixeira J.A.: Production, composition and application of coffee and its industrial residues. *Food Bioprocess Technol*, 4 (2011) 661-672.
- Mwithiga G. and Jindal V.K.: Changes in properties of coffee brew due to roasting. *World Applied Sciences Journal*, 2,5 (2007) 527-535.
- Naidu M.M., Sulochanamma G., Sampathu S.R., Srinivas P.: Studies on extraction and antioxidant potential of green coffee. *Food Chemistry* 107 (2008) 377-384.
- Navarini L., Ferrari M., Liverani F.S., Liggieri L., Ravera F.: Dynamic tensiometric characterization of espresso coffee beverage. *Food Hydrocolloids*, 18 (2004) 387-393.

- Nicoli M.C., Anese M., Manzocco L., Lerici C.R.: Antioxidant Properties of Coffee Brews in Relation to the Roasting Degree. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.*, 30 (1997) 292-297.
- Nikolova-Damyanova B., Velikova R., Jhamb G.N.: Lipid classes, fatty acid composition and triacylglycerol molecular species in crude coffee beans harvested in Brazil: *Food Research International.*, 31(6-7) (1998) 479-486.
- Odžaković B., Džinić N., Grujić S., Kravić S., Jokanović M.: Sensory and physico-chemical evaluation of commercial coffees consumed in Banja Luka (Bosnia and Herzegovina) – Part1. *Agro FOOD Industry Hi Tech*, 26,4 (2015) 52-55. ISSN 1722-6996.  
[http://www.teknoscienze.com/Contents/Riviste/Sfogliatore/AF4\\_2015/index.html#54/z](http://www.teknoscienze.com/Contents/Riviste/Sfogliatore/AF4_2015/index.html#54/z)
- Odžaković B., Džinić N., Grujić S., Kravić S., Jokanović M.: Sensory and physico-chemical evaluation of commercial coffees consumed in Banja Luka (Bosnia and Herzegovina) – Part 2. *Agro FOOD Industry Hi Tech*, 26,5 (2015) 66-63. ISSN 1722-6996.  
[http://www.teknoscienze.com/Contents/Riviste/Sfogliatore/AF5\\_2015/index.html#62](http://www.teknoscienze.com/Contents/Riviste/Sfogliatore/AF5_2015/index.html#62)
- Oliveira S.D., Franca A.S., Gloria M.B.A., Borges M.L.A.: The effect of roasting on the presence of bioactive amines in coffees of different qualities. *Food Chemistry*, 90 (2005) 287-291.
- Orecchio S., Ciotti V.P., Culotta L.: Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in coffee brew samples: Analytical method by GC–MS, profile, levels and sources. *Food and Chemical Toxicology*, 47 (2009) 819-826.
- Parras P., Martinez-Tome M., Jimenez A.M., Murcia M.A.: Antioxidant capacity of coffees of several origins brewed following three different procedures. *Food Chemistry* 102 (2007) 582-592.
- Parras P., Martinez-Tome M., Jimenez A.M., Murcia M.A.: Antioxidant capacity of coffees of several origins brewed following three different procedures. *Food Chemistry* 102 (2007) 582–592
- Pellegrini N., Serafini M., Colombi B., Del Rio D., Salvatore S., Bianchi M., Brighenti F.: Total antioxidant capacity of plant foods, beverages and oils consumed in Italy assessed by three different in vitro assays. *Journal of Nutrition*, 133 (2003) 2812-2819.

- Perez-Hernandez L.M., Chavez-Quiroz K., Medina-Juarez L.A., Meza N.G.: Phenolic characterization, melanoidins, and antioxidant activities of some commercial coffees from *Coffea arabica* and *Coffea canephora*. *J.Mex.Chem.Soc.*, 54(4) (2012) 430-435.
- Perrone D., Donangelo C.M., Farah A.: Fast simultaneous analysis of caffeine, trigonelline, nicotinic acid and sucrose in coffee by liquid chromatography–mass spectrometry. *Food Chemistry*, 110 (2008) 1030-1035.
- Petit C., Sieffermann J.M.: Testing consumer preferences for iced-coffee: Does the drinking environment have any influence? *Food Quality and Preference*, 18 (2007) 161-172.
- Petracco M.: Beverage preparation: brewings trends for the new millennium, Coffee recent developments. Oxford: Blackwell Science, (2001) 140-164.
- Pittia P., Dalla Rosa & Lerici C.R., Textural changes of coffee beans as affected by roasting conditions, *Lebensm.-Wiss.Technol.*, 34, 2001, 168-175.
- Pittia P., Dalla Rosa M., Pinnavaia G., Massini R.: Modification of some physical properties of coffee during roasting. *Industrie alimentari, Italia* 35 (1996).
- Pittia P., Nicol M.C., Sacchetti G.: Effect of moisture and water activity on textural properties of raw and roasted coffee beans. *Journal of Texture Studies*, 38 (2007) 116-134.
- Popov-Raljić J. *Senzorna analiza hrane i pića*. Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Novom Sadu. 2013.
- Popov-Raljić J., Stojšin Lj.: *Tehnologija konditorskih proizvoda*, Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Beogradu. 2007.
- Pravilnik o kafi, proizvodima od kafe, surogatima i proizvodima od surogata (Službeni Glasnik BiH 72/11).
- Pravilnik o kvalitetu sirove kafe, proizvoda od kafe, surogata kafe i srodnih proizvoda ("Sl. glasnik RS", br. 54/2012)
- Radovanović R., Popov-Raljić J.: *Senzorna analiza prehrambenih proizvoda*. Poljoprivredni fakultet, Beograd i Tehnološki fakultet, Novi Sad, Srbija, 2001.
- Ramalakshmi K., Kurba I.R., Rao L.J.M.: Physicochemical characteristics of green coffee: comparison of graded and defective beans. *Journal of food science*, 72,5 (2007) 333-337.

- Ribeiro J.S., Ferreira M.M.C., Salva T.J.G.: Chemometric models for the quantitative descriptive sensory analysis of Arabica coffee beverages using near infrared spectroscopy. *Talanta*, 83 (2010) 1352-1358.
- Rodrigues C.I., Marta L., Maia R., Miranda M., Ribeirinho M., Maguas C.: Application of solid-phase extraction to brewed coffee caffeine and organic acid determination by UV/HPLC. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20 (2007) 440-448.
- Rogers W. J., Michaux S., Bastin M., Bucheli P.: Changes to the content of sugars, sugar alcohols, myo-inositol, carboxylic acids and inorganic anions in developing grains from different varieties of Robusta (*Coffea canephora*) and Arabica (*C.arabica*) coffees. *Plant Science*, 149 (1999) 115–123.
- Romano R., Santini A., Le Grottaglie L., Manzo N., Visconti A., Ritieni A.: Identification markers based on fatty acid composition to differentiate between roasted Arabica and Canephora (Robusta) coffee varieties in mixtures. *Journal of Food Composition and Analysis*, (2014). <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfca.2014.04.001>
- Sacchetti G., Di Mattia C., Pittia P., Mastrocola D.: Effect of roasting degree, equivalent thermal effect and coffee type on the radical scavenging activity of coffee brews and their phenolic fraction. *Journal of Food Engineering*, 90 (2009) 74-80.
- Sanz C., Ansorena D., Bello J., Cid C.: Optimizing Headspace Temperature and Time Sampling for Identification of Volatile Compounds in Ground Roasted Arabica. *J. Agric. Food Chem.* 49 (2001) 1364-1369.
- Sarma A.D., Mallick A.R., Ghosh A.K.: Free Radicals and Their Role in Different Clinical Conditions: An Overview. *International Journal of Pharma Sciences and Research*, 3 (2010) 185-192.
- Seifert A., Rawel H.M., Harding S.E., Kroll J.: Characterization of bovine serum albumin/chlorogenic acid solution mixtures by analytical ultracentrifugation. *Progr Colloid Polym Sci*, 127 (2004) 83-88.
- Simkin A. J., Kuntz M., Moreau H., McCarthy J.: Carotenoid profiling and the expression of carotenoid biosynthetic genes in developing coffee grain. *Plant Physiology and Biochemistry* 48 (2010) 434 – 442.
- Sisein E. A.: Biochemistry of Free Radicals and Antioxidants. *Sch. Acad. J. Biosci.*, 2 (2014) 110-118.

- Speer K. and Kolling-Speer I.: The lipid fraction of the coffee bean. *Braz. J. Plant Physiol.*, 18(1) (2006) 201-216.
- Speer K., Kurzrock T., Kolling-Speer I.: Effects of controlled storage on the lipid fraction of green Arabica coffee beans. In: 20th International Scientific Colloquium on Coffee, Bangalore (2004) 161-68, ASIC Paris.
- Stalikas C.D.: Extraction, separation, and detection methods for phenolic acids and flavonoids. *J Sep Sci.*, 18 (2007) 3268-95.
- StatSoft, Inc. STATISTICA (data analysis software system), version 8.0. Available at: <http://www.Statsoft.com/>, 2008.
- Stone H., Sidel J.: *Sensory Evaluation Practice*. 3rd Edition. Elsevier, Printed in Italy.
- Sunarharum W., Williams D.J., Smyth H.E.: Complexity of coffee flavor: A compositional and sensory perspective. *Food Research International*, 62 (2014) 315-325.
- Svilaas A., Sakhi A.K., Andersen L.F., Svilaas T., Strom E.C., Jacobs D.R., Jr., Ose L., Blomhoff R.: Intakes of Antioxidants in Coffee, Wine, and Vegetables Are Correlated with Plasma Carotenoids in Humans. *The Journal of Nutrition*, 134 (2004) 562-567.
- Tessema, A., Alamerew, S., Kufa, T., & Garedew, W.: Variability and Association of Quality and Biochemical Attributes in Some Promising *Coffea Arabica* Germplasm Collections in Southwestern Ethiopia. *International Journal of Plant Breeding and Genetics*, 5 (2011) 302-316. <http://dx.doi.org/10.3923/ijpb.2011.302.316>
- Toci A.T., Neto V.J.F.M., Torres A.G., Calado V., Farah A.: Triacylglycerols changes during the storage of roasted coffee. *Proc. 22nd Int. Conf. Coffee Sci. ASIC. Campinas, SP, Brazil*, (2008) 504-507.
- Toci A.T., Neto V.J.M.F., Torres A.G., Farah A.: Changes in triacylglycerols and free fatty acids composition during storage of roasted coffee. *LWT - Food Science and Technology*, 50 (2013) 581-590.
- Tokusoglu O., Yildirim Z., Durucasu I.: Nutraceutical Phenolics (Total Polyphenols, Chlorogenic [5-o-caffeoylquinic] Acid) in Tubers, Leaves, Stalks and Stems of New Developed Sweetpotato (*Ipomea Batatas L.*): Alterations in Tubers During Short-term Storage. *Journal of Food Technology*, 3 (2005) 444-448.
- Trandafir I., Nour V., Ionica M.E.: Antioxidant capacity, phenolic acids and caffeine contents of some commercial coffees available on the Romanian market. *ARCHIVOS*

- LATINOAMERICANOS DE NUTRICION Organo Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutricion, 63, 1 (2013).
- Vasconcelos A.L., Franca A., Gloria M.B., Mendonca J.: A comparative study of chemical attributes and levels of amines in defective green and roasted coffee beans, *Food Chemistry*, 101 (2007) 26-32.
  - Velagić-Habul E.: Hemija hrane. Univerzitet u Sarajevu, Poljoprivredno-prehrambeni fakultet, Sarajevo, 2010.
  - Vignoli J.A., Bassoli D.G., Benassi M.T.: Antioxidant activity, polyphenols, caffeine and melanoidins in soluble coffee: The influence of processing conditions and raw material. *Food Chemistry*, 124 (2011) 863-868.
  - Vila M.A., Andueza S., Paz de Pena M., Cid C.: Fatty Acid Evolution During the Storage of Ground, Roasted Coffees. *JAOCs*, 82(9) (2005) 639-646.
  - Votavova L., Voldrich M., Sevcik R., Cizkova H., Mlejnecka J., Stolar M., Fleisman T.: Changes of Antioxidant Capacity of Robusta Coffee during Roasting. *Czech J. Food Sci.*, 27 (2009).
  - Yashin A., Yashin Y., Wang J.Y., Nemzer B.: Antioxidant and Antiradical Activity of Coffee. *Antioxidants*, 2 (2013) 230-245; doi:10.3390/antiox2040230