

# Određivanje vanjskih svojstava krejera s dodacima tropa grožđa i rajčice nedestruktivnim metodama

---

**Kolak, Nera**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2020**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, FACULTY OF FOOD TECHNOLOGY / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:109:497298>

*Rights / Prava:* [Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International/Imenovanje-Nekomercijalno-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-04**

REPOZITORIJ

PTF OS

PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

dabar  
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Food Technology Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU**  
**PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK**

Nera Kolak

**ODREĐIVANJE VANJSKIH SVOJSTAVA KREKERA S DODACIMA TROPA  
GROŽĐA I RAJČICE NEDESTRUKTIVNIM METODAMA**

Diplomski rad

Osijek, rujan, 2020

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

DIPLOMSKI RAD

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek  
Zavod za prehrambene tehnologije  
Katedra za tehnologije prerade žitarica  
Franje Kuhača 18, 31000 Osijek, Hrvatska

### Diplomski sveučilišni studij Prehrambeno inženjerstvo

**Znanstveno područje:** Biotehničke znanosti

**Znanstveno polje:** Prehrambena tehnologija

**Nastavni predmet:** Tehnologija proizvodnje tjestenine i keksarskih proizvoda

**Tema rada** je prihvaćena na VIII. redovitoj sjednici Fakultetskog vijeća Prehrambeno - tehnološkog fakulteta Osijek u akademskoj godini 2019./2020. održanoj 25. lipnja 2020.

**Mentor:** prof. dr. sc. *Daliborka Koceva Komlenić*

**Komentor:** izv. prof. dr. sc. *Jasmina Lukinac Čačić*

**Pomoć pri izradi:** prof. dr. sc. *Marko Jukić*

### Određivanje vanjskih svojstava kreker s dodacima tropa grožđa i rajčice nedestruktivnim metodama

*Nera Kolak, 0113138039*

Sažetak: U ovom diplomskom radu ispitan je utjecaj dodatka tropa grožđa i rajčice u različitim udjelima na vanjska svojstva kvalitete kreker. Uzorci kreker proizvedeni su u laboratorijskim uvjetima pri čemu je pšenično brašno djelomično supstituirano brašnom od tropa grožđa i rajčice u udjelima od 2, 4, 6, 8 i 10%. Na uzorcima kreker provedene su analize boje i geometrijskih značajki prije i nakon postupka pečenja primjenom računalne analize slike. Iz dobivenih rezultata proizlazi da dodatak ispitivanog tropa u većim udjelima utječe na boju kreker povećavajući im vrijednost ukupne promjene boje, a smanjujući svjetlinu. Razlika u utjecaju dodatka tropa grožđa i rajčice na boju kreker vidljiva je u ponašanju kromatske komponente  $b^*$ . Kod kreker s dodatkom tropa grožđa, povećanjem udjela tropa smanjuje se vrijednost parametra  $b^*$ . Dok je kod uzoraka kreker s dodatkom tropa rajčice ponašanje ovog parametra suprotno (porastom udjela dodatka  $b^*$  raste). Dodatkom tropa grožđa i rajčice značajno se povećava površina i opseg, a smanjuje sferičnost i ujednačenost površine kreker u odnosu na kreker od pšeničnog brašna. Krekeri s dodatkom tropa rajčice imaju ujednačeniju površinu i veću sferičnost u odnosu na kreker s dodatkom tropa grožđa.

**Ključne riječi:** računalna analiza slike, mjerenje oblika, boja, kreker, trop grožđa, trop rajčice,  
*Diplomski rad je izrađen u okviru projekta Hrvatske zaklade za znanost "Razvoj održivog integriranog procesa proizvodnje biološki aktivnih izolata iz proizvodnih ostataka prehrambene industrije" (POPI-WinCEco) (IP-2018-01-1227)*

**Rad sadrži:** 50 stranica  
22 slike  
5 tablica  
0 priloga  
53 literaturnih referenci

**Jezik izvornika:** hrvatski

Sastav Povjerenstva za ocjenu i obranu diplomskog rada i diplomskog ispita:

- |  |               |
|--|---------------|
| 1. prof. dr. sc. <i>Marko Jukić</i>                | predsjednik   |
| 2. prof. dr. sc. <i>Daliborka Koceva Komlenić</i>  | član-mentor   |
| 3. izv. prof. dr. sc. <i>Jasmina Lukinac Čačić</i> | član-komentor |
| 4. izv. prof. dr. sc. <i>Krešimir Mastanjević</i>  | zamjena člana |

**Datum obrane:** 15. listopada 2020.

Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u Knjižnici Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek, Franje Kuhača 18, Osijek.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

GRADUATE THESIS

**University Josip Juraj Strossmayer in Osijek**  
**Faculty of Food Technology Osijek**  
**Department of Food technology**  
**Subdepartment of Cereal technology**  
Franje Kuhača 18, HR-31000 Osijek, Croatia

### Graduate program Food Engineering

**Scientific area:** Biotechnical sciences

**Scientific field:** Food technology

**Course title:** Technology of Flour Production and Processing

**Thesis subject** was approved by the Faculty of Food Technology Osijek Council at its session no. 8<sup>th</sup> held on June 25, 2020.

**Mentor:** *Daliborka Koceva Komlenić*, PhD, prof.

**Co-supervisor** *Jasmina Lukinac Čačić*, PhD., assoc. prof.

**Technical assistance:** *Marko Jukić*, PhD, prof.

### **Determination of External Properties of Crackers with Grape and Tomato Pomace by Non-Destructive Methods**

*Nera Kolak*, 0113138039

Summary: This study was conducted to determine the effect of grape and tomato pomace addition on quality characteristics of crackers (colour and shape). Cracker samples were produced under laboratory conditions where wheat flour was partially substituted by grape and tomato pomace flour in proportions of 2, 4, 6, 8 and 10%. The computer image analysis method was used to analyse the colour and geometric features of the crackers before and after the baking process. The obtained results showed that the addition of the tested pomace in larger proportions affects the colour of the crackers, increasing the value of the total colour changes, and reducing the lightness of the samples. Between the tested pomace of grape and tomato, there is observed different influence on the chromatic components  $b^*$  of the crackers. The addition of grape pomace proportionally decrease the  $b^*$  value of the crackers. While the crackers with addition of tomato pomace showed opposite behaviour, increased addition of tomato pomace increase the  $b^*$  value. The addition of grape and tomato pomace significantly increases the area and perimeter, and reduces the circularity and solidity of crackers, compared to wheat flour crackers. Crackers with the addition of tomato pomace have a more uniform surface (greater solidity) and greater circularity compared to crackers with the addition of grape pomace.

**Key words:** computer image analysis, shape analysis, colour, cracker, grape pomace, tomato pomace

**Thesis contains:** 50 pages  
22 figures  
5 tables  
0 supplements  
53 references

**Original in:** Croatian

### Defense committee:

- |  |               |
|--|---------------|
| 1. <i>Marko Jukić</i> , PhD, prof.                   | chair person  |
| 2. <i>Daliborka Koceva Komlenić</i> , PhD, prof.     | supervisor    |
| 3. <i>Jasmina Lukinac Čačić</i> , PhD., assoc. prof. | co-supervisor |
| 4. <i>Krešimir Mastanjević</i> , PhD., assoc. prof.  | stand-in      |

**Defense date:** July 15, 2020.

**Printed and electronic (pdf format) version of thesis is deposited in** Library of the Faculty of Food Technology Osijek, Franje Kuhača 18, Osijek.

*Željela bih zahvaliti svojoj obitelji na velikoj podršci i osloncu tijekom čitavog obrazovanja. Također, veliko hvala mojim prijateljima koji su mi pružali ogromnu potporu i bodrili me u ostvarenju mojeg uspjeha te mi učinili studiranje nezaboravnim iskustvom.*

*I za kraj, od srca se zahvaljujem mojoj komentorici izv. prof. dr. sc. Jasmini Lukinac Čačić na uloženom trudu, vremenu i podršci.*

## SADRŽAJ

1.	UVOD.....	1
2.	TEORIJSKI DIO.....	3
2.1	KREKERI.....	4
2.1.1	Sirovine za proizvodnju kreka.....	4
2.1.2	Tehnologija proizvodnje kreka.....	5
2.2	Trop grožđa.....	5
2.2.1	Kemijski sastav tropa grožđa.....	6
2.2.2	Primjena tropa grožđa.....	6
2.3	Trop rajčice.....	7
2.3.1	Kemijski sastav tropa rajčice.....	8
2.3.2	Primjena tropa rajčice.....	8
2.3.3	Upotreba tropa rajčice u proizvodnji kreka.....	8
2.4	RAČUNALNA ANALIZA SLIKE.....	9
2.4.1	Osvjetljenje.....	11
2.4.2	Skener i skeniranje.....	11
2.4.2.1	Građa skenera.....	12
2.4.2.2	Karakteristike skenera.....	12
2.4.3	Program za obradu slike - Image J.....	13
2.4.4	Koraci u procesu računalne obrade i analize slike.....	14
2.4.4.1	Metode segmentacije.....	14
2.5	KVALITETA PEKARSKH PROIZVODA.....	17
3.	EKSPERIMENTALNI DIO.....	18
3.1	ZADATAK.....	19
3.2	MATERIJALI.....	19
3.2.1.1	Sirovine za izradu osnovnog tijesta:.....	19
3.2.1.2	Sirovine za izradu masnog tijesta:.....	19
3.2.2	METODE.....	19
3.2.2.1	Postupak proizvodnje kreka.....	19
3.2.2.2	Računalna analiza slike kreka.....	22
3.2.2.3	Kvalitativan opis geometrijskih značajki uzoraka kreka i odabir parametara koji se bilježe primjenom ImageJ programa.....	29
3.2.2.4	Statistička obrada rezultata.....	31
4.	REZULTATI I RASPRAVA.....	32
4.1.1.1	Rezultati boje kreka s dodatkom tropa grožđa i rajčice.....	33
5.	ZAKLJUČCI.....	44
6.	LITERATURA.....	46

## Popis tablica

Tablica 1. Sirovine potrebne za proizvodnju krekeri (Jukić i Koceva Komlenić, 2020).....	4
Tablica 2. Receptura i procesni parametri za proizvodnju krekeri .....	20
Tablica 3. Izgled uzoraka krekeri s različitim udjelima tropa grožđa (TG) i rajčice (TR).....	22
Tablica 4. Postavke skenera .....	23
Tablica 5. Usporedba vrijednosti parametara Kružnosti i Zaobljenosti za različite uzorke (Walters i sur., 2017).....	31

## Popis slika

Slika 1. Histogram boje na slici.....	15
Slika 2. Proizvodnja krekeri po fazama: A-B) Formiranje zamjesa, C) Fermentacija u vodenoj kupelji, D) Laminiranje tijesta .....	21
Slika 3. Prikaz početnog izbornika i inačice programa za obradu slike .....	24
Slika 4. Ponderiranje RGB vrijednosti u ImageJ programu .....	24
Slika 5. Primjena algoritma <i>ColourThreshold</i> za segmentaciju uzoraka krekeri .....	25
Slika 6. Segmentacija uzorka primjenom IsoData metode praga (A) i Prikaz dijaloškog okvira s dobivenim rezultatima (B) ..	25
Slika 7. Prikaz CIEL *a*b* sustava boja (Web 1).....	28
Slika 8. Postavke mjerenja unutar ImageJ dijaloškog okvira <i>Set Measurements</i> .....	29
Slika 9. Ilustracija različitih vrijednosti čvrstoće čestice.....	31
Slika 10. Usporedba vrijednosti svjetline <i>nepečenih uzoraka krekeri</i> s dodacima tropa grožđa i rajčice .....	34
Slika 11. Usporedba vrijednosti kromatske komponente zeleno - crvene boje <i>nepečenih uzoraka krekeri</i> s dodacima tropa grožđa i rajčice .....	34
Slika 12. Usporedba vrijednosti kromatske komponente plavo - žute boje <i>nepečenih uzoraka krekeri</i> s dodacima tropa grožđa i rajčice.....	35
Slika 13. Usporedba vrijednosti ukupne promjene boje <i>nepečenih uzoraka krekeri</i> s dodacima tropa grožđa i rajčice .....	35
Slika 14. Usporedba vrijednosti svjetline <i>pečenih uzoraka krekeri</i> s dodacima tropa grožđa i rajčice .....	37
Slika 15. Usporedba vrijednosti kromatske komponente zeleno - crvene boje <i>pečenih uzoraka krekeri</i> s dodacima tropa grožđa i rajčice.....	38
Slika 16. Usporedba vrijednosti kromatske komponente plavo - žute boje <i>pečenih uzoraka krekeri</i> s dodacima tropa grožđa i rajčice .....	38
Slika 17. Usporedba vrijednosti ukupne promjene boje <i>pečenih uzoraka krekeri</i> s dodacima tropa grožđa i rajčice .....	39
Slika 18. Utjecaj dodatka tropa grožđa i rajčice na površinu krekeri .....	40
Slika 19. Utjecaj dodatka tropa grožđa i rajčice na opseg krekeri.....	41
Slika 20. Utjecaj dodatka tropa grožđa i rajčice na sferičnost krekeri .....	42
Slika 21. Utjecaj dodatka tropa grožđa i rajčice na zaobljenost krekeri .....	42
Slika 22. Utjecaj dodatka tropa grožđa i rajčice na ujednačenost površine krekeri .....	43

## **1. UVOD**



Kreker je proizvod dobiven pečenjem tijesta, karakteristične lisnate strukture, a sadrži najmanje 10% masnoće, računato na ukupnu masu gotovog proizvoda i najviše 5% vode (Pravilnik NN 81/2016). Osnovne sirovine potrebne za formiranje tijesta krekeru su brašno, šećer, sol, voda, masnoća, sredstvo za narastanje. U proizvodnji krekeru često se dodaju različiti dodaci i arome koji im mogu poboljšati nutritivna svojstva i kvalitativne parametre. Trop grožđa (nusproizvod proizvodnje vina) i rajčice (nusproizvod proizvodnje rajčice), primjenjuju se kao dodatak u proizvodnji funkcionalnih i nutritivno obogaćenih pekarskih proizvoda, poput krekeru. Trop grožđa kruti je otpad koji se sastoji od kožice, pulpe i sjemenki, a ponekad i od peteljki grožđa. Zbog svog kemijskog sastava ovaj nusproizvod prehrambene industrije prirodni je izvor antioksidanasa, vlakana i fenolnih spojeva. Trop rajčice dobar je izvor prehrambenih vlakana i biljnih pigmenata (likopena) te se u prehrambenoj industriji koristi i u svrhu prirodnog bojenja tjestenine, kekse i krekeru. Boja proizvoda je svojstvo koje se prvo uočava i direktno pretvara u pozitivan ili negativan predznak ukupne kvalitete proizvoda. Nastanak boje na površini krekeru tijekom pečenja smatra se poželjnim svojstvom, a nastaje kao rezultat reakcija neenzimskog posmeđivanja. Brzina razvoja boje na površini krekeru ovisi o procesnim uvjetima kao što su temperatura i vrijeme pečenja. Kako bi se proizveli visokokvalitetni i konzistentni proizvodi, ocjenjivanje boje postalo je sastavni dio u procesu proizvodnje pekarske industrije. Uobičajene metode praćenja vanjskih svojstava u prehrambenoj industriji uključivale su samo ljudsku (vizualnu) ocjenu proizvoda. Danas postoji širok izbor metoda za objektivno mjerenje veličine, oblika i boje prehrambenih proizvoda. Razlikujemo direktne i indirektne metode za praćenje boje proizvoda. Direktne metode usmjerene su na kvantitativno praćenje produkata koji nastaju tijekom pečenja krekeru, dok indirektne metode mjere količinu reflektirane svjetlosti s njegove površine. Računalna analiza slike (engl. *Digital image analysis*, DIA), kao indirektna metoda, omogućuje beskontaktno mjerenje boje. Ova metoda može se koristiti i kao alat za automatsko vođenje procesa u industriji te za vizualni pregled procesa proizvodnje. Prednost sustava za analizu slike, nad praćenjem boje ljudskim okom, je objektivnost i kontinuiranost u procjeni boje. Zadatak ovog rada bio je ispitati utjecaj dodatka dvije vrste tropa (trop grožđa i rajčice) u različitim udjelima (0, 2, 4, 6, 8 i 10 %) na vanjska svojstva krekeru (promjenu boje, dimenzije i oblik) primjenom računalne analize slike. Uzorci krekeru proizvedeni su u laboratorijskim uvjetima dvostupanjskim postupkom s fermentiranim masnim predtjestom.

## **2. TEORIJSKI DIO**

## 2.1 KREKERI

Krekeri su jedni od najpopularnijih grickalica u ljudskoj prehrani. Prema Pravilniku kreker je proizvod dobiven pečenjem tijesta, karakteristične lisnate/hrskave strukture, a sadrži najmanje 10% masnoće, računato na gotov proizvod s najviše 5% vode (NN 81/2016). Postoje različite vrste krekeri kao što su:

- slani krekeri,
- soda krekeri,
- krekeri poprskani uljem nakon pečenja,
- kremasti kreker,
- pikantni kreker itd (Isik, Topkaya, 2016).

Krekeri su karakteristični po svojoj suhoj, tankoj i hrskavoj strukturi. Mogu biti više ili manje zaslađeni ili pak slani, a dobivaju se od fermentiranog i nefermentiranog tijesta (Manley, 2020).

### 2.1.1 Sirovine za proizvodnju krekeri

Za proizvodnju krekeri koriste se osnovne i dodatne sirovine (**Tablica 1**). Osnovne sirovine za proizvodnju krekeri su brašno, masnoće, voda, sol, šećer te sredstvo za narastanje.

Tablica 1. Sirovine potrebne za proizvodnju krekeri (Jukić i Koceva Komlenić, 2020)

Sirovine (kg)	Fermentirano tijesto	Nefermentirano tijesto
Brašno	100	100
Biljna mast	20	8
Šećer u prahu	-	5
Mlijeko u prahu	-	2,5
Invertni šećer	0,5	2,5
Sladni ekstrakt	0,5	1,5
Pekarski kvasac	0,7	-
NH <sub>4</sub> HCO <sub>3</sub>	0,2	0,2
NaHCO <sub>3</sub>	0,2	0,9
Sol	1,7	1
Aroma, začini	+	+
Proteolitički enzimi	+	+
Voda	+	+

Među dodatne sirovine pripadaju proteolitički enzimi, začini, arome, sladni ekstrakti itd (Jukić; Koceva Komlenić, 2020).

### 2.1.2 Tehnologija proizvodnje krekeri

Postupak proizvodnje krekeri razlikuje se receptima i proizvodnom opremom za svaku vrstu krekeri. Svi postupci uključuju miješanje, oblikovanje, pečenje i hlađenje tijesta koje može biti fermentirano ili nefermentirano (Sykes i Davidson 2020). Fermentirano tijesto može se proizvoditi na dva načina. Prvi način je napraviti zamjes tijesta pomoću brašna, masnoća, soli, kvasca koji može biti svježiji pekarski kvasac ili suhi instant kvasac i vode. Zamiješeno tijesto je potrebno staviti na fermentaciju između 4 i 16 sati. Drugi način proizvodnje je da se prvo napravi kvasno tijesto od kvasca, brašna, vode i soli te se ostavi nekoliko sati da tijesto fermentira. Po završetku fermentacije u kvasno tijesto se naknadno dodaje ostatak brašna te ostale sirovine. Ukoliko se krekeri proizvode od nefermentiranog tijesta, potrebno je zamijesiti smjesu koja se sastoji od soli, šećera, proteolitičkih enzima, biljne masti, sladnog ekstrakta i vode. Smjesa se potom miješa nekoliko minuta dok se ne dobije kompaktna masa, a zatim se dodaje brašno i sredstva za narastanje. Proteolitički enzimi omekšavaju gluten i zamjenjuju ulogu kvasca u fermentaciji. Nakon što se dobije željeno tijesto, fermentirano ili nefermentirano, ono se dalje oblikuje u laminatoru u željene oblike. Pečenje se odvija u prethodno zagrijanoj pećnici između 3 do 7 minuta. U prvom dijelu peći temperatura je viša (220-250 °C) od temperature u drugom dijelu (200-230°C). Pečenjem se razina vlage smanjuje što onemogućava rast plijesni (Isik i Topkaya, 2016). Nakon pečenja krekeri se hlade prirodno, umjetno ili kombinirano. Uspješna struktura krekeri ovisi o sposobnosti formiranja tankih slojeva tijesta koji se mogu odvojiti u pećnici. Struktura krekeri mora biti porozna, slojevita te hrskava (Koceva Komlenić i Jukić, 2020; Manley, 2020).

## 2.2 Trop grožđa

Grožđe je jedno od široko uzgajanih voćnih kultura, čak se 85% grožđa koristi za proizvodnju vina. Tijekom proizvodnje vina godišnje se stvori oko 9 milijuna tona organskog otpada koji se zove trop grožđa (Hogervorst, 2017). Trop grožđa se definira kao ostatak nastao prešanjem cijelih grozdova svježeg grožđa prilikom proizvodnje vina. Sastoji se od stabljika, listova, kože, peteljke i sjemenki grožđa. Količina ostataka vinove loze općenito iznosi oko 20% mase

ukupno prerađenog grožđa. Za trop grožđa se smatra da ima višestruku upotrebu zbog visokog sadržaja fenolnih komponenti i vlakana. (Palma i sur., 2020). Sjemenke grožđa u komini predstavljaju do 52% suhe tvari, iako broj može varirati ovisno o primijenjenom tehnološkom postupku. Kožica grožđa predstavlja do 65% suhe tvari. U prošlosti se ovaj nusproizvod vinarstva uglavnom koristio kao kompost ili tretirao kao neupotrebljiv otpad. Međutim, velike količine fenolnih spojeva prisutnih u kožici grožđa čine ih vrijednim izvorom biološki aktivnih fitokemikalija. Stabljike grožđa obiluju taninskim spojevima i imaju negativne učinke na organoleptička svojstva vina poput oporosti i trpkosti, no međutim dobar su izvor antioksidansa i prehrambenih vlakana. Listovi grožđa imaju bogat kemijski sastav koji uključuje organske kiseline, flavonole, tanine, procijanidine, antocijanine, lipide, enzime, vitamine i šećere (Hogervorst, 2017).

### **2.2.1 Kemijski sastav tropa grožđa**

Niz čimbenika, kao što su sorta grožđa, klima, poljoprivredna praksa ili postupci prerade vina (poput maceracije tj. vrijeme dodira komine i grožđa tijekom fermentacije) može utjecati na sastav tropa grožđa. Bioaktivni spojevi suhog tropa grožđa sadrži prehrambena vlakna, neekstraktibilne i ekstraktibilne polifenole te polinezasićene masne kiseline (Saura-Calixto, 1998; Lavelli, 2017). Fenolni spojevi su glavni bioaktivni spojevi prisutni u vinu, otpadu iz vinarstva i nusproizvodima. Ova skupina spojeva uglavnom je odgovorna za osjetilna svojstva vina kao što su boja, okus, aroma, gorčina. Brojna istraživanja također su dokazala njihove zdravstvene prednosti. Ti sekundarni metaboliti imaju antioksidativna, antimikrobna, antiinflamatorna, antikancerogena i kardiovaskularna zaštitna svojstva koja imaju pozitivan utjecaj na zdravlje ljudi i smanjuju rizik od raznih kroničnih oboljenja. Različite količine fenolnih spojeva se nalaze u otpadu nakon proizvodnje crvenih i bijelih vina (Hogervorst, 2017).

### **2.2.2 Primjena tropa grožđa**

#### *Dijetalni proizvodi*

Nusproizvodi prerade grožđa koji sadrže biološki aktivne sastojke, uglavnom antioksidanse, imaju obećavajuću ulogu u prehrambenoj industriji. Komercijalni proizvodi koji sadrže fenolne komponente iz grožđa / vina pružaju dodatni izvor ovih spojeva u prehrani. Dijetalni dodaci s

fenolima imaju široku upotrebu i imaju različite potencijalne korisne učinke na zdravlje ljudi. Sjemenke grožđa sadrže antioksidacijske spojeve, poput vitamina E, koji sudjeluju u zaštiti polinezasićenih masnih kiselina i lipoproteina od oksidacije slobodnim radikalima, što je povezano s prevencijom ateroskleroze (Hogervorst, 2017).

#### *Dodaci prehrani*

Nusproizvodi prerade grožđa imaju veliki potencijal kao izvor funkcionalne hrane ili aditiva. Dokazano je da je trop grožđa učinkovit u modificiranju crijevne mikrobiote. Zahvaljujući antimikrobnom djelovanju, ovi proizvodi poboljšavaju rast specifičnih korisnih bakterijskih sojeva u crijevnom traktu, dok istovremeno isključuje određene patogene bakterije. Trop grožđa u prahu, bez glutena, može se dodati pecivima i povećati sadržaj vlakana i antioksidansa u konačnom proizvodu (Hogervorst, 2017).

#### *Proizvodi za kožu/kozmetika*

Zbog izrazitog antioksidacijskog djelovanja, izolirani fenolni spojevi iz grožđa se koriste kao kozmetički pripravci. Vjeruje se da su korisni u poboljšanju naborane, suhe, ljuskave i ostarjele kože te da poboljšava debljinu kože, elastičnost, fleksibilnost, sjaj i ispučćenost. Također, ekstrakti sjemenki grožđa sadrže veliku količinu linoleinske kiseline (omega-6 masne kiseline), što ih čini korisnima za bolju zaštitu kože, kao i za kozmetiku protiv starenja te posvjetljivanje kože (Hogervorst, 2017).

### **2.3 Trop rajčice**

Rajčica (*Lycopersicon esculentum L*) druga je najveća svjetska kultura povrća. U svijetu se prerađuje oko 37 milijuna tona rajčice. Među najpopularnijim je prerada rajčice u pastu koja se dalje koristi pri proizvodnji drugih proizvoda kao što su juhe, umaci i kečap (Isik i Topkaya, 2016). Tijekom prerade rajčice, nastaje otpad poznat kao trop rajčice. Ovaj materijal predstavlja oko 5% mase prerađene rajčice i sastoji se uglavnom od kože, ostataka pulpe i sjemenki. Trop rajčice nema komercijalnu vrijednost i trenutno se odlaže kao kruti otpad ili koristi u ograničenoj mjeri za hranjenje životinja. Međutim, pomnim ispitivanjem karakteristika tropa rajčice, otkriva se da je ona bogat izvor hranjivih sastojaka i fitokemikalija (Sharma, 2016).

### **2.3.1 Kemijski sastav tropa rajčice**

Ostaci voća i povrća bogati su celulozom, hemicelulozom, pektinom i mineralima i imaju vrlo niske koncentracije lignina. Kemijski sastav otpada varira i ovisi o prerađenom voću ili povrću. Otpad se općenito sastoji od ugljikovodika i relativno malih količine proteina i masti. Sjemenke i kožica rajčice prisutne u tropu sastoje se od nutritivno visoko vrijednih prehrambenih tvari. U nekim je istraživanjima naglašeno da su bogati biološki aktivnim spojevima, poput prehrambenih vlakana, proteina, ulja, minerala, fenolnih spojeva i karotenoidima među kojima je likopen koji je zaslužan za crvenu boju rajčice (Sharma, 2016).

### **2.3.2 Primjena tropa rajčice**

Epidemiologija je pokazala da biljni prehrambeni proizvodi (posebno voće i povrće) imaju pozitivnu ulogu u zaštiti od kardiovaskularnih bolesti i raka. Taj je učinak povezan sa sadržajem sekundarnih metabolita, također nazvanih fitokemikalije ili fitonutrijenti koji imaju značajne biološke aktivnosti, posebno ako se redovito konzumiraju kao dio prehrane. Ekstrakti koji sadrže fitokemikalije, a posebno one dobivene iz dijelova namirnice, zapravo se koriste u pripremi hranjivih lijekova i funkcionalne hrane (Waldron, 2007). Osim obogaćivanja hrane za prehranu ljudi, upotreba otpada također može umanjiti problem onečišćenja okoliša (Isik i Topkaya, 2016).

### **2.3.3 Upotreba tropa rajčice u proizvodnji krekeri**

Trop rajčice, koji se obično koristio za stočnu hranu, danas nalazi primjenu u proizvodnji raznih prehrambenih proizvoda poput krekeri. Korištenjem tropa prilikom proizvodnje krekeri omogućuje se veći unos biološki aktivnih komponenata u ljudskoj prehrani. Krekeri obogaćeni tropom rajčice koji sadrže biološki aktivne spojeve mogli bi postati alternativa za unos tropa rajčice. Primjenom brašna trope rajčice značajno se može povećati razina proteina, topljivih i netopljivih prehrambenih vlakana te minerala što je dokazano istraživanjima (Isik i Topkaya 2016). Velik unos prehrambenih vlakana može pomoći smanjenju rizika od razvoja bolesti poput koronarne bolesti srca, moždanog udara, hipertenzije, dijabetesa, pretilosti i određene gastrointestinalne bolesti poput konstipacije i karcinoma velikog crijeva. Minerali su neophodni zbog važnih metaboličkih i fizioloških procesa u tijelu čovjeka. Korisni su za mnoge radnje u tijelu kao što su kontrakcija mišića, normalni ritam pulsa, provođenje živčanih

impulsa, transport kisika, oksidativna fosforilacija, aktivacija enzima, imunološke funkcije, antioksidativno djelovanje, zdravlje kostiju, itd ( Isik i Topkaya, 2016).

## 2.4 RAČUNALNA ANALIZA SLIKE

Postoje brojni čimbenici kvalitete koji utječu na prehrambeni proizvod te ih je moguće determinirati nedestruktivnim optičkim metodama poput računalne analize slike. Uz podršku statističkih metoda, umjetne inteligencije i najsuvremenijih tehnologijama, strojni vid pruža mehanizam u kojem se simulira proces ljudskog razmišljanja. Do danas, strojni vid se široko primjenjuje u rješavanju različitih problema pri proizvodnji hrane, od jednostavne ocjene kvalitete prehrambenih proizvoda do primjene za kontroliranje radnji robota (Abdullah i sur., 2000; Pearson, 1996; Tao i sur., 1995). Obrada i analiza slike se prvenstveno fokusira na proces digitalizacije (akvizicije) slike, a potom i analize radi izdvajanja slikovnih podataka (boja uzorka, morfološke karakteristike: oblik, tekstura, površina...). Analiza slike primjenjuje se na način da bude objektivna, jednostavna za korištenje, ponovljiva i brzo izvediva. Tehnologija koja se koristi za dobivanje slike poprilično se razlikuje ovisno o modelima fotoaparata. (Abdullah, 2016). Pomoću tehnika obrade slike, prehrambeni proizvodi se mogu kvantitativno okarakterizirati skupom značajki, kao što su veličina, oblik, boja i tekstura (Da-Wen Sun, 2016). Primjenom računalne analize slike (engl. Digital image analysis, DIA), boja, oblik i/ili izgled površine uzorka određuje se beskontaktno. Primjenom odgovarajućih računalnih algoritama moguće je dobiti vrlo točne i pouzdane informacije o analiziranom proizvodu. Ova metoda može se koristiti kao alat za automatsko vođenje procesa u industriji (za vizualni pregled procesa proizvodnje) te time poboljšati ukupnu kvalitetu proizvoda. Prednost sustava za analizu slike, nad praćenjem boje ljudskim okom je objektivnost i kontinuiranost u procjeni boje.

**Digitalna fotografija** nastaje kada svjetlo kroz objektiv dolazi na fotodiode senzora koji uzima u obzir vrijednost osjetljivosti i propušta signal do sljedeće faze, odnosno interpolacije Bayerovog uzorka, koja će odvojiti signal na osnovne tri RGB boje (crvenu, zelenu i plavu). Bayer iz tvrtke Kodak tvorac je sheme rasporeda RGB filtara u matrici. Po toj shemi 50% filtra propušta samo zelenu (G), a po 25% crvenu (R) i plavu (B) komponentu upadnog svjetla. Digitalna slika je niz, mreža ili matrica (array, matrix) slikovnih elemenata – piksela. Piksel, tj.



svaka ćelija na senzoru pojedinačno registrira samo intenzitet svjetla koje je palo na njega. Tek naknadno, uzimajući u obzir vrijednosti okolnih piksela i njihovu poziciju na filter matrici, određuje se i boja tog piksela i ovaj princip nazivamo Bayerovom interpolacijom (Strgar Kurečić, 2015).

**Piksel** (eng. *Picture Element*) predstavlja najmanji sastavni element digitalne slike. Sadrži brojevu vrijednost, ili više njih, koja je osnovna informacija slike za određenu koordinatu. Dva su faktora koja u kombinaciji određuju kvalitetu slike: veličina senzora i veličina piksela. Broj piksela određuje količinu detalja u slici i veličinu ispisa. Više piksela znači veću rezoluciju i mogućnost većeg povećanja snimljene fotografije. No rezolucija sama po sebi nije mjerilo tehničke kvalitete slike. Kvaliteta će u velikoj mjeri ovisiti o veličini piksela, to jest veličini fotoosjetljivih elemenata (fotodiode) na senzoru koji generiraju piksele. Udaljenost od centra jedne do centra susjedne fotodiode naziva se **Pixel pitch**. Mjeri se u mikronima i ovisi o površini senzora i broju piksela na njemu. Na većim sensorima veličina piksela iznosi oko 6,8 – 10  $\mu\text{m}$ , dok je njihova veličina na sensorima manjeg formata oko 2.6 – 3,4  $\mu\text{m}$ . Što su fotodiode na senzoru veće to više fotona svjetla mogu primiti (osjetljivije su na svjetlo), pa senzor ima širi dinamički raspon (raspon od svijetlog do tamnog tona koji može zabilježiti) i ima veći raspon signal/šum (reducira se količina šuma u konačnoj slici). S druge pak strane, što su one veće, na senzoru određenog formata ima ih ukupno manji broj, što znači da je rezolucija senzora manja (Strgar Kurečić, 2015).

Sustav za analizu slike sastoji se od slijedećih elemenata:

- uređaja za osvjetljavanje koji osvjetljava ispitivani uzorak,
- kamera (CCD, CMOS, i sl.),
- frame grabber-a,
- osobnog računala,
- programske podrške,
- monitora u boji visoke rezolucije koji pomaže u vizualizaciji slika i učinaka različitih analiza slike (Gunasekaran, 1996; Abdullah, 2016).

### 2.4.1 Osvjetljenje

Važnost pravilnog i kvalitetnog osvjetljenja u mnogim je primjenama računalnog vida i analize slike apsolutno odlučujuća, te se zbog toga osvjetljenje smatra jednim od najvažnijih elemenata strojnog vida. Za uspješnu rasvjetu potrebno je:

1. razumijevanje uloge rasvjete,
2. poznavanje ponašanja svjetlosti na određenoj površini i
3. razumijevanje osnovnih tehnika rasvjete koje će omogućiti da svjetlost doprinese jednostavnijoj segmentaciji uzorka na slici i izdvajanje željenih značajki (rezultata).

Izvor svjetlosti je fizički realizirano zračenje (svijeća, lampa, sunce). Izvor svjetlosti karakteriziraju svojstva poput raspodjela spektralnog zračenja i temperature boje svjetlosti. Kut između osi objektiva fotoaparata te izvora svjetlosti koja osvjetljava uzorak trebao bi biti oko 45°. Pri toj vrijednosti kuta između kamere i izvora svjetlosti, većina objekata difuzno reflektira svjetlost (najbolja refleksija svjetlosti s uzorka na senzor slike).

### 2.4.2 Skener i skeniranje

Skener (engl. *scanner*) je uređaj koji služi za digitalizaciju fotografija, crteža i transparentnih medija (npr. negativ filma, dijapozitiv, prozirnica). Tri osnovne **vrste** skenera su: ručni, plošni i rotacijski.

- **Ručni** postoje u nekoliko oblika: mali skeneri slični olovci za skeniranje teksta ili crtičnog koda (engl. *bar code*) i uređaji malo veći od miša. Značajke ručnih skenera su niska cijena i relativno niska kvaliteta. Postoje crno-bijeli i u boji, razlučivosti do najviše 400 dpi, a obično imaju najviše 8 bita. Ručni skeneri se danas rabe uglavnom kao čitači crtičnog koda, dok se za digitalizaciju slika više ne rabe.
- **Plošni** skeneri (engl. *flatbed scanner*) su najpopularniji, a zbog činjenice da se drže na stolu pored računala zovu se i stolni skeneri. S gornje strane imaju staklenu plohu na koju se stavlja predložak. Skener ima izvor svjetlosti (ako se radi o reflektivnom predlošku s donje, a ako je riječ o transparentnom predlošku s gornje strane) i optički sustav koji dovodi rezultirajuću svjetlost do fotoosjetljivih elemenata. Stolnih skenera ima crno-bijelih i u boji, a format im je najčešće A4 ili rjeđe A3. Razlučivost stolnih

skenera je do 1200 točaka po palcu. Stolni skeneri danas su najrasprostranjenija vrsta skenera.

- **Rotacijski** su skeneri skupi, a razlučivosti su od 2400 do 9600 točaka po palcu. Predložak se lijepi na prozirni šuplji valjak (bubanj) koji rotira i pomiče se u smjeru osi rotacije. Na rotacijskom skeneru mogu se skenirati samo savitljivi predlošci. Rotacijski skeneri rabe se za profesionalnu primjenu gdje je potrebna vrhunska kakvoća skeniranja. Format skenera govori o tome koliko se veliki predložak može odjednom skenirati.

#### 2.4.2.1 Građa skenera

Skener je građen od kućišta, poklopca s bijelom ili crnom podlogom- za što bolju refleksiju, ili poklopca, u koji je ugrađeno svjetlo za transmisijsko snimanje. Površina skenera je staklena ploča na koju se postavlja objekt koji će se skenirati. U kućištu skenera se duž cijele širine staklene ploče nalazi izvor svjetla te optički sustav sastavljen od leća i zrcala koji pomažu usmjeravanju svjetlosti prema senzoru. Kada svjetlost padne na objekt ona se reflektira i putem optičkog sustava, zrcala i leća, dolazi do fotosenzora koji stvaraju električni signal. Taj električni signal se tada posebnim sustavom pretvara u digitalnu informaciju i šalje u računalo.

#### 2.4.2.2 Karakteristike skenera

**Senzori** kod skenera mogu biti:

**CCD** – tehnologija ima veliki raspon boja, veliku rezoluciju bez promjene boje, veća dubinska oštrina i brzina. Nedostatak je česta potreba za kalibracijom, geometrijska distorzija i cijena.

**CIS** – tehnologija ima senzore i LED izvor svjetla postavljene blizu objekta koji se skenira. Imaju stabilan iluminacijski sustav, te je potrebna mala kalibracija. Nedostatak je manji raspon boje, ograničena dubinska oštrina te relativno niska stvarna rezolucija.

**Način skeniranja** – mogu biti jednotonski (za tekstualne i jednostavne materijale koji su crno-bijeli), u sivoj skali (za fotografije cijelog raspona svjetline i tonskih prijelaza) te puna boja (koji pohranjuje sve informacije o slici, raspon svjetline i informacije o boji. Za skeniranje fotografija u boji).

**Razlučivost skenera** je najvažnija značajka skenera i izražava se brojem točaka po palcu (eng. *dots per inch, dpi*). Razlučivost ovisi samo o preciznosti mehanizma za pomicanje bubnja. *Horizontalna razlučivost* (razlučivost „oko bubnja“) ovisi o brzini rotacije, a *vertikalna razlučivost* ovisi o preciznosti pomicanja bubnja u smjeru osi rotacije.

**Dubina boje** – je broj **bita** kojima je opisana informacija o boji jednog piksela. Više bitova znači i točniju informaciju o stvarnom intenzitetu svjetla, slika će sadržavati veći broj tonova i točniji prikaz boja. Boja piksela na slici s dubinom boje od 1 bita može imati samo dvije vrijednosti, crnu ili bijelu. Boja piksela na slici s dubinom boje od 8 bitova može imati jednu od mogućih 256 vrijednosti ( $2^8=256$ ), odnosno vrijednost od 0 do 255.

**Tonska gustoća ili dinamički raspon skenera** je logaritam omjera između maksimalne svjetlosti koju fotoosjetljivi elementi detektiraju i minimalne svjetlosti (tame) koju fotoosjetljivi elementi detektiraju. Što se skeniranjem može dobiti više sivih nijansi ili boja to je dinamički raspon skenera veći. Uobičajeni plošni skeneri imaju dinamički raspon oko 2.4, što odgovara nižoj kvaliteti skeniranja. Kvalitetniji skeneri imaju dinamički raspon 3.0. Skeneri za film i mikrooblike obično imaju veći dinamički raspon, a rotacijski skeneri dostižu vrijednosti do 3.8.

**Rezolucija** - je mjera za kakvoću slike, a veličina digitalne slike definirana je pikselima. Broj piksela je apsolutna vrijednost, ali oni ovise o uređaju na kojem se prikazuju. Što je rezolucija veća, oku je vidljivo više detalja.

### 2.4.3 Program za obradu slike - Image J

ImageJ (National Institute of Mental Health, Bethesda, Maryland, USA) je program otvorenog koda za analizu slike napisan u programskom jeziku Java. Autor programa je Wayne Rasband. Program radi kao online/download aplikacija koja radi na različitim platformama (Windows, MacOS, MacOS x, Linux). Program ima korisničko sučelje s funkcijama za učitavanje, prikazivanje, analiziranje, spremanje i ispis 8, 16 i 32 bitne slike raznih formata: TIFF, GIF, JPEG, BMP i DICOM. Osim standardnih funkcija obrade slike, program omogućuje određivanje brojnih motometrijskih pokazatelja objekata (površina, oplošje, faktor oblika i slično), nudi mogućnosti geometrijske transformacije (rotacija i skaliranje). U programu je moguće izračunati područje i vrijednost piksela, izmjeriti udaljenosti i kutove, a sadrži i opcije za

podešavanje kontrasta, izoštravanje, poravnavanje i dr. Program nudi automatizirane, reproducibilne tijekove rada preko skripti i makronaredbi.

#### 2.4.4 Koraci u procesu računalne obrade i analize slike

1. DIGITALIZACIJA – digitalna slika je proizvedena od jednog ili više senzora. Ovisno o tipu senzora, slikovni podatak je obični 2D prikaz, 3D volumen, ili slijed slika u različitim formatima (JPEG; TIFF...)
2. PRETPROCESIRANJE –podrazumijeva ispravljanje eventualnih grešaka nastalih prilikom snimanja digitalne slike te evaluacija kvalitete slike, pretprocesiranje je priprema za segmentaciju slike.
3. SEGMENTACIJA - pri analizi objekata na slici neophodno je razgraničiti „objekte od interesa“ od ostatka slike. Segmentacija objekata, pojedinačnih površina ili dijelova objekata vrši se klasifikacijom svakog piksela, odnosno računalo provjerava pripada li ili ne pojedini piksel grupi odnosno objektu.
4. POSTPROCESIRANJE - u osnovi vezano je na dvije metode kojima se poboljšavaju rezultati dobiveni segmentacijom. Prva metoda bazirana je na morfološkim operacijama kojima je cilj popraviti rezultat segmentacije, a druga na mjerenju segmentiranih objekata čime se razdvajaju objekti spojeni segmentacijom. Operacije mjerenja dolaze nakon što slika prođe kroz proces pretprocesiranja, segmentacije i postprocesiranja.
5. IZDVAJANJE ZNAČAJKI - značajke slike na različitim razinama složenosti su izlučene iz slikovnih podataka. Tipični primjeri takvih značajki: linije i rubovi, lokalizirane točke kao što su kutovi, mrlje ili točke, složenija obilježja mogu biti povezana s teksturom, oblicima ili pokretima.

##### 2.4.4.1 Metode segmentacije

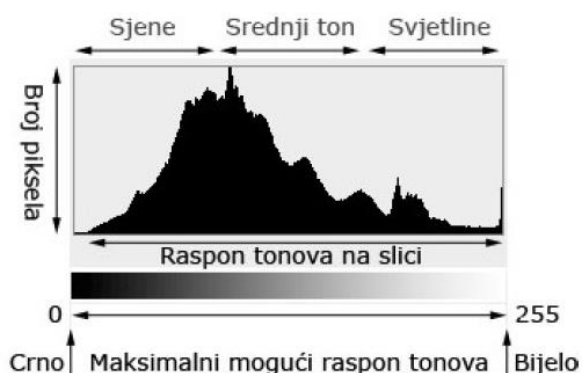
Metode segmentacije mogu se razdijeliti u tri grupe (Gonzalez-Barron i Butler, 2006):

- **određivanje praga** (*thresholding*) – izdvajanje cijelog objekta od pozadine
- **pronalaženje rubova** (*edge-based*)
- **segmentacija bazirana na regijama** (*region-based*)

Ne postoji univerzalna tehnika segmentacije koja će raditi na svim slikama niti je i jedna tehnika segmentacije savršena.

**Određivanje praga** je jednostavna metoda koja se lako može izvoditi i u realnom vremenu, a kao parametar se koristi intenzitet piksela,  $I$ , tj. piksel se smatra dijelom objekta, ako je dovoljno svijetao. Za segmentaciju je potrebno odrediti prag  $t$ , kojim će se pikseli odijeliti na objekt i pozadinu. Podjela se izvodi primjenom jednostavnog pravila: ako  $I(x, y) > t$ , pikseli na  $(x, y)$  pripadaju objektu. Odnosno,  $I(x, y) < t$ , piksel na  $(x, y)$  pripada pozadini. Glavni je zadatak, pravilan izbor vrijednosti praga  $t$ . Metode određivanja praga baziraju se na analizi oblika histograma (predstavlja relativnu frekvenciju svjetlina točaka u slici) sa rasponom intenziteta piksela  $I [0, L - 1]$ . Najčešće se koristi histogram prvog reda.

*Histogram* je grafički prikaz raspodjele tonских vrijednosti snimke. Vodoravna os histograma prikazuje tonски raspon od 0 (crno) do 255 (bijelo), a okomita os predstavlja relativan broj piksela u pojedinom tonu. Taj broj nije toliko važan, koliko su važni relativni odnosi po pojedinim dijelovima histograma. Na **Slici 1** prikazan je histogram koji ima tri dijela: pikseli koji predstavljaju sjene, srednji ton i svjetline na slici.



Slika 1. Histogram boje na slici

U ovom radu primijenjena je IsoData metoda praga prilikom analize slike u svrhu izdvajanja uzorka čajnog peciva i njegovu analizu boje. **IsoData metoda praga** (*Iterative Self Organizing Dana Analysis Technique*) - je iterativna metoda praga za segmentaciju objekata na slici koju su razvili Ridler i Calvard (1978). Metoda polazi od pretpostavljene početne vrijednosti praga (thresholda). Nakon što je početna vrijednost praga pretpostavljena ona se koristi u iterativnom postupku za raspodjelu piksela prema srednjim vrijednostima u dvije kategorije (one koji predstavljaju objekt i one za pozadinu). Vrijednost praga je postavljena da pada točno na polovici izračunatih srednjih vrijednosti. U novom iterativnom koraku srednje vrijednosti

se ponovno računaju i dobiva se novi prag, te se postupak iteracija nastavlja sve dok se vrijednosti praga počnu ponavljati. Neka su vrijednosti piksela na histogramu označeni kao:  $h(0), h(1), \dots, h(L-1)$ , gdje  $h(i)$  određuje broj piksela na slici s nijansama sive boje u rasponu od  $i$  do  $(L-1)$ , pri čemu  $(L-1)$  predstavlja maksimalnu vrijednost piksela i iznosi 255. Kao početna pretpostavka za  $t$  je uzeta vrijednost medijana piksela. Za vrijednosti manje ili jednake  $t$ , prosječna vrijednost piksela  $\mu_1$  izračunava se kao:

$$\mu_1 = \frac{\sum_{i=0}^t i \cdot h(i)}{\sum_{i=0}^t h(i)} \quad (1)$$

Dok je za vrijednosti veće od  $t$  prosječna vrijednost piksela  $\mu_2$  dana formulom:

$$\mu_2 = \frac{\sum_{i=t+1}^{L-1} i \cdot h(i)}{\sum_{i=t+1}^{L-1} h(i)} \quad (2)$$

Vrijednost  $t$  ponovno se procjenjuje kao cjelobrojna vrijednost od srednjih vrijednosti  $\mu_1$  i  $\mu_2$ . Iterativni postupak se ponavlja sve dok se za  $t$  ne dobiju dva puta uzastopno iste vrijednosti (Gonzalez-Barron i Butler, 2006; Kalavathi 2014).

**Segmentacija bazirana na rubovima** se zasniva na rubovima pronađenim uz pomoć raznih detektora, ti rubovi označavaju lokacije diskontinuiteta između nijansi, boja, tekstova ili nečega drugoga. Najčešće se problemi kod ove segmentacije javljaju zbog šumova ili drugih vrsta loših informacija o slici a to su da se registrira rub gdje ne postoji ili da se ne registrira gdje on postoji. Granice objekata se mogu izdvajati metodama praćenja granice, interpolacijom krivulje i Houghovom transformacijom. Rubovi su mjesta naglih promjena u vrijednosti točaka slike te je zbog toga moguće koristiti gradijent funkcije za detekciju ruba. Gradijent funkcije dviju varijabli je vektor koji pokazuje smjer najbrže promjene funkcije

$$\text{grad } f(x, y) = \left[ \frac{\partial f(x, y)}{\partial x} \quad \frac{\partial f(x, y)}{\partial y} \right] = [f_x \quad f_y] \quad (3)$$

**Metoda segmentacije zasnovana na regijama** ima za cilj identificirati dijelove slike koje imaju slične značajke. Dvije karakteristične metode su: izrastanje područja te metoda dijeljenja i stapanja. Za razliku od prethodnih metoda u kojima su se tražili rubovi između regija ove

metode direktno određuju regije. Ova metoda je pogodnija za slike koje imaju dosta šuma gdje je teško odrediti granice (Panigrahi et al. 1995; Du i sur., 2016).

## 2.5 KVALITETA PEKARSKH PROIZVODA

Većina pečene hrane, kao što su krekeri, muffini, kruh i druge pripremljene grickalice, imaju određene značajke oblika i veličine koje označavaju njihovu opću kvalitetu. Nepravilnost namirnica obično rezultira promjenom profila namirnice i oblika. Geometrijske značajke proizvoda su također važne jer omogućavaju prerađivačima hrane da odrede kako će se s njima postupati tijekom obrade, određivanje kvalitete proizvoda te da shvate zašto potrošači preferiraju određenu hranu.

Pekarski proizvodi mogu biti različitih boja, oblika i veličina. Na ta svojstva utječu mnogi čimbenici, uključujući sastojke koji se koriste i uvjete prerade. Pečenje pokreće niz fizičkih, kemijskih i biokemijskih reakcija, što rezultira promjenama pekarskih proizvoda, koji uključuju povećanje volumena, isparavanje vode, stvaranje poroznog oblika strukture, denaturaciju proteina, želatinizaciju škroba, stvaranje kore i smeđe boje, umrežavanje proteina, topljenje masti itd, ali najvažnije promjene odnose se na dimenzije (dužinu, širinu i visinu), teksturu, sadržaj vode, boju i okus.

Kako bi se proizveli visokokvalitetni i konzistentni proizvodi, ocjenjivanje je sastavni dio pekarske industrije. Tradicionalno, metode osiguranja kvalitete koje su se koristile u prehrambenoj industriji uključivale su samo ljudsku vizualnu ocjenu. Danas postoji širok izbor senzora za objektivno mjerenje veličine, oblika, boje i težine prehrambenih proizvoda. Senzori strojnog vida jedan su od njih. Ovaj sustav vrši mjerenje u dvodimenzionalnom prostoru i proizvodi slike s poboljšanom prostornom rezolucijom. Što je još važnije, senzori strojnog vida su programirajući sustavi, što znači da se ovi strojevi mogu koristiti za mjerenje nekoliko svojstava kvalitete hrane. Sustav strojnog vida koristan je i za analizu mikroskopskih slika, što je važno za procjenu unutarnje kvalitete proizvoda i proučavanje utjecaja na varijacije u sastavu i parametrima obrade (Nashat i Abdullah, 2016).



### **3. EKSPERIMENTALNI DIO**

### 3.1 ZADATAK

U ovom radu ispitan je utjecaj dodatka dvije vrste tropa (trop grožđa i rajčice) u različitim udjelima (0, 2, 4, 6, 8 i 10 %) na vanjska svojstva krekeru (promjenu boje, dimenzije i oblik) primjenom nedestruktivnih metoda – računalnom analizom slike. Uzorci krekeru proizvedeni su u laboratorijskim uvjetima dvostupanjskim postupkom s fermentiranim masnim predtjestom. Za potrebe računalne analize slike korišten je program ImageJ v1.53e.

### 3.2 MATERIJALI

#### 3.2.1.1 Sirovine za izradu osnovnog tijesta:

- 250 g pšenično brašno T-550, Tena,
- 6,25 g kvasac, Digo,
- 3,75 g kuhinjska sol,
- 3,125 g šećer,
- 37,5 g margarin, Zvijezda,
- Trop grožđa i rajčice (u udjelima 0, 2, 4, 6, 8 i 10%),
- 100 g voda (destilirana).

#### 3.2.1.2 Sirovine za izradu masnog tijesta:

- 52,5 g brašno T-550, Tena,
- 0,94 g kuhinjska sol,
- 40 g margarin, Zvijezda,
- 1 g prašak za pecivo, Dr.Oetker.

### 3.3 METODE

#### 3.3.1.1 Postupak proizvodnje krekeru

Nakon odvage, sirovine za proizvodnju krekeru, prikazane u **Tablici 2**, kvantitativno se prenesu u mjesilicu (Kuhinjski robot MMC700W, Gorenje). U posudu mjesilice se prvo doda masnoća, šećer. Za formiranje zamjesa koristi se poseban nastavak za gnječenje tijesta. Sastojci se miješaju drugom brzinom otprilike 30 sekundi.

Tablica 2. Receptura i procesni parametri za proizvodnju krekeri

Sastojak	Osnovno tijesto (g)						Masno tijesto (g)
	0%	2%	4%	6%	8%	10%	
Brašno T-550	250,0	245,0	240,0	235,0	230,0	225,0	62,5
Kvasac	6,25	6,25	6,25	6,25	6,25	6,25	-
Sol	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75	0,94
Margarin	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	40
Prašak za pecivo	-	-	-	-	-	-	1
Šećer	3,125	3,125	3,125	3,125	3,125	3,125	-
Voda	100	100	100	100	100	100	
<b>Procesni uvjeti</b>							
Vrijeme fermentacije	22-24 h						
Temperatura fermentacije	30 °C						
Vrijeme pečenja	6 min						
Temperatura pečenja	240 °C						

\*U osnovno tijesto dodane su dvije vrste tropa, trop grožđa (TG) i trop rajčice (TR) pri čemu je udio pšeničnog brašna T-550 zamijenjen odgovarajućom vrstom tropa u udjelima od 2, 4, 6, 8 ili 10%

Nakon 30 sekundi dodaje se trop (rajčice ili grožđa) te se nastavi miješati na drugoj brzini 60 sekundi (**Slika 2A i B**). Nakon jedne minute dodaje se kvasac otopljen u malo vode i preostala količina vode te se sve zajedno miješa još otprilike jednu minutu i 30 sekundi. Dobiveno tijesto izvadi se iz mjesilice i potom ručno premijesi i okruglo oblikuje, stavi u plastične posudice i prekrije prijanjajućom PVC folijom prenese u vodenu kupelj na fermentaciju. Proces fermentacije se provodi 22 - 24 sata pri temperaturi od 30 °C (**Slika 2C**).

Završetkom fermentacije tijesto se lagano ručno premijesi, te se pomoću laminatora oblikuje u tjestenu traku. Nakon oblikovanja tjestene trake, tijestu se dodaje masno tijesto. Masno tijesto se zamijesi u električnoj mijesilici tako da se prvo dodaju odvagani margarin, sol i prašak za pecivo kako bi se sastojci lakše homogenizirali. Nakon 30 sekundi miješanja, dodaje se brašno. Svi sastojci se mijese još 2 minute, a svakih 30 sekundi mijesilica se zaustavlja i sa stijenke posude se skida zalijepljeno tijesto. Po završetku zamjesa tijesto se ručno premijesi. Pomoću valjka za razvlačenje, masno tijesto se razvalja u što tanju tjestenu traku i stavi preko prethodno laminiranog osnovnog tijesta (**Slika 2D**). Spojena tijesta se zatim preklope i propuste kroz laminator jednom na stupnju 6, a 3 puta na stupnju 4. Nakon svakog propuštanja kroz laminator tijesto se mora preklopiti kako bi se dobila karakteristična lisnata struktura krekeri.

























Slika 2. Proizvodnja krekeri po fazama: A-B) Formiranje zamjesa, C) Fermentacija u vodenoj kupelji, D) Laminiranje tijesta

Kada je završen postupak laminiranja, iz tijesta se pomoću kalupa vade željeni oblici. Prije pečenja tijesto se izbuši kako bi zrak ravnomjernije prolazio kroz tijesto i kako ne bi došlo do razdvajanja slojeva krekeri. Oblikovano tijesto peče se 7 minuta pri 240 °C. Nakon hlađenja od minimalno 30 minuta provodi se analiza.

U **Tablici 3** prikazani su uzorci krekeri s različiti udjelima tropa grožđa (TG) i rajčice (TR) nakon pečenja.

Tablica 3. Izgled uzoraka krekeri s različitim udjelima tropa grožđa (TG) i rajčice (TR)

Udio tropa		TG	TR		TG	TR
0%	Gornja površina uzorka			Donja površina uzorka		
2%						
4%						
6%						
8%						
10%						

### 3.3.1.2 Računalna analiza slike krekeri

Računalna analiza slike primijenjena je za određivanje vanjskih svojstava krekeri: boje i geometrijskih značajki. Analiza slike provedena je na sirovim uzorcima (tijestu) i pečenim uzorcima, na površini i donjem dijelu uzorka. Računalna analiza slike provedena je u nekoliko koraka:

- Akvizicija (digitalizacija) slike – skener
- Obrada i analiza slike – računalo, programi za obradu slike
  - Segmentacija *IsoData* metodom praga

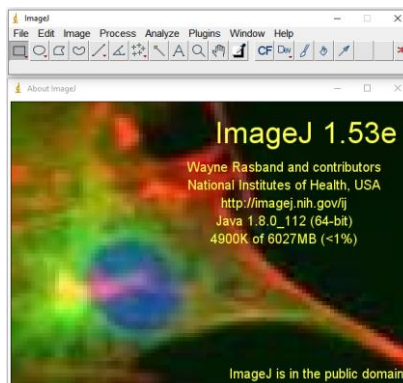
- Analiza boje (intenzitet R, G i B vrijednosti) primjenom metode amplitudne segmentacija (algoritam ColourHistogram)
- Analiza geometrijskih značajki krepera - određivanje Površine i Opsega te deskriptora oblika (Sferičnost, Zaobljenost, Ujednačenost površine).

Akvizicija slike krepera provedena pomoću stolnog skenera (EPSON Perfection® V500 Photo, SEIKO EPSON, Japan) programom EPSON Scan (Ver. 3.74EN). Radi kontroliranih uvjeta okolne rasvjete, skener je smješten u tamnu komoru te je uzorak osvijetljen ugrađenim donjim izvorom LED svjetlost (ReadyScan LED). Detaljan prikaz postavki skenera dan je u **Tablici 4.**

Na staklenu plohu skenera položeni su uzorci krepera te potom skenirani u rezoluciji od 300 dpi, dubini boje 24-bitna i dinamičkom rasponu 3.4, u RGB modelu boja i spremljene u TIFF formatu. Nakon prihvata i digitalizacije slike, slijedi obrada i analiza digitalne slike programom ImageJ v1.53e (Wayne Rasband, National Institute of Health, Maryland, USA) (**Slika 3**).

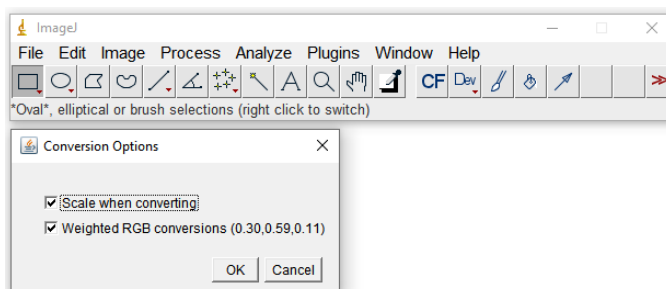
Tablica 4. Postavke skenera

<b>Vrsta skenera</b>	Stolni skeneri ( <i>flatbed skener</i> )
<b>Optički senzor</b>	Color Epson MatrixCCD™
<b>Izvor svjetla</b>	Bijela LED lampa s ReadyScan™ LED tehnologijom
<b>Optička rezolucija</b>	300 dpi
<b>Način skeniranja</b>	Puna boja
<b>Dubina boje</b>	24 bit boja
<b>Model boja</b>	sRGB
<b>Brzina skeniranja</b>	16,98 msec/line
<b>Tonska gustoća (dinamički raspon)</b>	3,4 Dmaks.
<b>Raspon skeniranja (maksimum)</b>	216 x 297 mm
<b>Način rada skenera</b>	Reflektivan način skeniranja
<b>Izlazni format slike</b>	TIFF
<b>Priključci</b>	USB 2.0 tipa B
<b>Programska podrška</b>	Epson Scan



Slika 3. Prikaz početnog izbornika i inačice programa za obradu slike

Analizi boje prethodilo je postavljanje mjerenja u ImageJ programu tj. ponderiranje RGB vrijednosti (**Slika 4**)

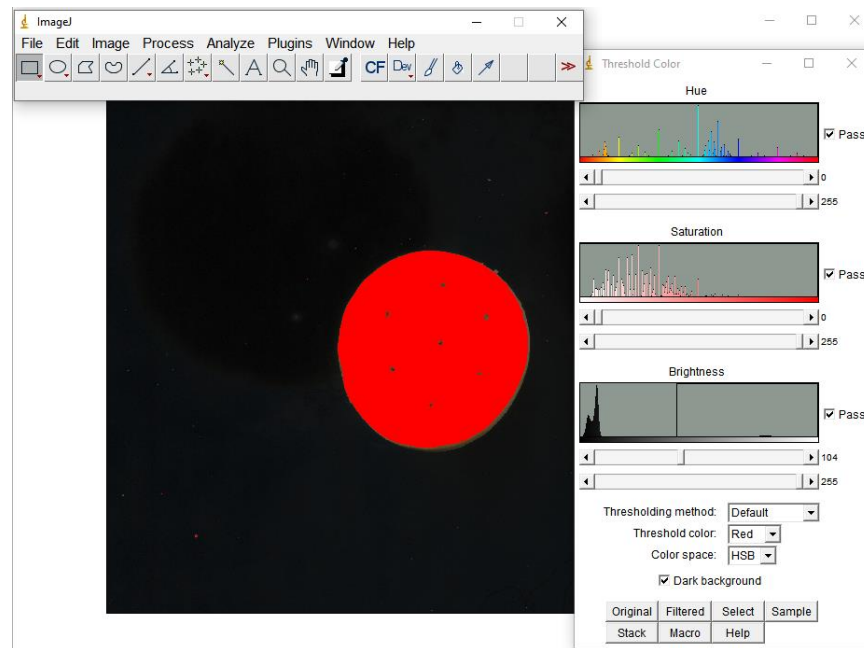
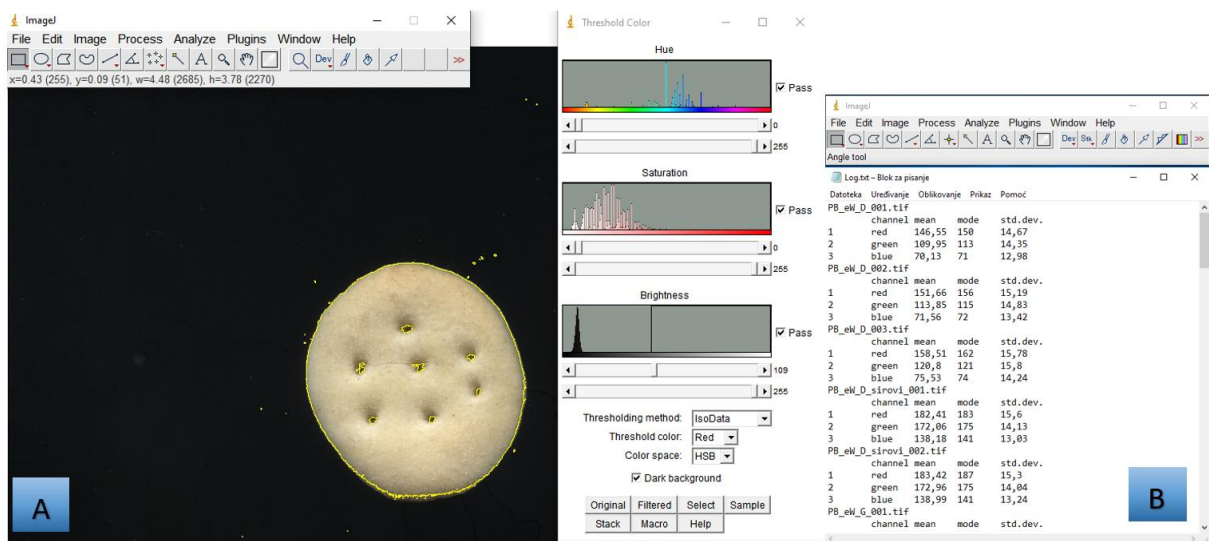


Slika 4. Ponderiranje RGB vrijednosti u ImageJ programu

Nakon postavljanja mjerenja unutar ImageJ programa slijedi proces segmentacije uzoraka krepera primjenom IsoData metode praga (pri čemu se postiže razdvajanje uzorka od pozadine) (Ridler, 1978; El-Zaart, 2010). Nakon segmentacije i uklanjanja pozadine slijedi analiza boje krepera. Primjenom metode amplitudne segmentacije<sup>1</sup> i histograma<sup>2</sup> prvog reda (ColorHistogram), dobiveni su rezultati relativne frekvencije svjetlina točaka u slici (RGB vrijednosti točaka u slici) što je prikazano na **Slikama 5-6**. Dobiveni rezultati histograma boje spremaju se u *.txt* datoteku te sadržavaju prosječne vrijednosti boja (kao R,G, B vrijednosti) te standardnu devijaciju (**Slika 6b**).

<sup>1</sup> **Amplitudna segmentacija** (engl. Amplitude Thresholding) – pristup segmentaciji slike temeljen na primjeni histograma relativnih frekvencija svjetlina točaka na slici.

<sup>2</sup> **Histogram** - predstavlja standardni način zapisa statističke distribucije frekvencija nijansi sive na slici. Kod multimodalne segmentacije (engl. Colour Histogram) svjetlina točaka sadrži više izraženih vrhova, a segmentacija se temelji na određivanju pripadnosti svakog piksela ulazne slike jednom od dominantnih vrhova.

Slika 5. Primjena algoritma *ColourThreshold* za segmentaciju uzorka krejera

Slika 6. Segmentacija uzorka primjenom IsoData metode praga (A) i Prikaz dijaloškog okvira s dobivenim rezultatima (B)



### 3.3.1.2.1 Transformacija (konverzija) boja iz jednog u drugi model boja

Nakon dobivanja vrijednosti boje u RGB sustavu, navedeni parametri su konvertirani u CIEL<sup>\*</sup>a<sup>\*</sup>b<sup>\*</sup> sustav boja (Leon i sur., 2006; Mendoza, 2006). Postupak se provodi u nekoliko koraka:

Normalizacija sRGB vrijednosti pri čemu vrijedi  $0 \leq R, G, B \leq 1$

$$R = \frac{sR}{255}, \quad G = \frac{sG}{255}, \quad B = \frac{sB}{255} \quad (4)$$

$$R' = \left[ \frac{R + 0,055}{1,055} \right]^{2/4} \begin{cases} \text{ako je } R > 0,04045 \\ \text{u protivnom } R' = \frac{R}{12,92} \end{cases}$$

$$G' = \left[ \frac{G + 0,055}{1,055} \right]^{2/4} \begin{cases} \text{ako je } G > 0,04045 \\ \text{u protivnom } G' = \frac{G}{12,92} \end{cases} \quad (5)$$

$$B' = \left[ \frac{B + 0,055}{1,055} \right]^{2/4} \begin{cases} \text{ako je } B > 0,04045 \\ \text{u protivnom } B' = \frac{B}{12,92} \end{cases}$$

$$R_s = R' \cdot 100, \quad G_s = G' \cdot 100, \quad B_s = B' \cdot 100 \quad (6)$$

Pri standardnim vrijednostima D65 i 10° vrijedi:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,4124 & 0,3576 & 0,1805 \\ 0,2126 & 0,7152 & 0,0722 \\ 0,0193 & 0,1192 & 0,9505 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R_s \\ G_s \\ B_s \end{bmatrix} \quad (7)$$

Prema sljedećim formulama (8-10) moguće je izračunati L<sup>\*</sup>, a<sup>\*</sup> i b<sup>\*</sup> koordinate iz standardnih CIEXYZ vrijednosti:

Tisimulusne vrijednosti bijelog standarda CIE1964., D65, 10°

$$X_{ref} = 95,811, \quad Y_{ref} = 100,00, \quad Z_{ref} = 107,304$$

$$X' = \frac{X}{X_{ref}}, \quad Y' = \frac{Y}{Y_{ref}}, \quad Z' = \frac{Z}{Z_{ref}} \quad (8)$$

$$X_s = 7,787 \cdot X' + \left( \frac{16}{116} \right) \begin{cases} \text{ako je } X' > 0,008856 \\ \text{u protivnom } X_s = (X')^{1/3} \end{cases}$$

$$Y_s = 7,787 \cdot Y' + \left( \frac{16}{116} \right) \begin{cases} \text{ako je } Y' > 0,008856 \\ \text{u protivnom } Y_s = (Y')^{1/3} \end{cases} \quad (9)$$

$$Z_s = 7,787 \cdot Z' + \left(\frac{16}{116}\right) \begin{cases} \text{ako je } Z' > 0,008856 \\ \text{u protivnom } Z_s = (Z')^{1/3} \end{cases}$$

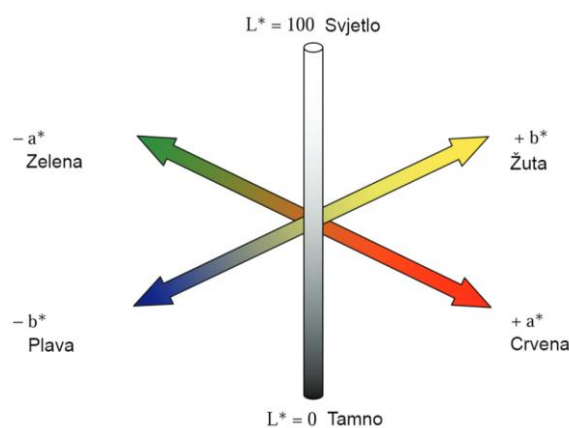
$$\begin{aligned} L^* &= (116 \cdot Y_s) - 16 \\ a^* &= 500 \cdot \left[\frac{X}{X_s}\right]^{1/3} - \left(\frac{Y}{Y_s}\right)^{1/3} \\ b^* &= 200 \cdot \left[\frac{Y}{Y_s}\right]^{1/3} - \left(\frac{Z}{Z_s}\right)^{1/3} \end{aligned} \quad (10)$$

### CIE $L^*a^*b^*$ prostor boja (1976.)

CIE je 1976. godine definirala novi uniformni trodimenzionalni prostor baziran na CIEXYZ prostoru boja, Munsellovom sustavu boja te teoriji suprotnih parova boja u kojem su boje definirane sa tri osi (**Slika 7**):

- dvije kromatske osi  $a^*$  i  $b^*$  te akromatskom osi  $L^*$  (enlg. *Luminance*) koja označava svjetlinu za koju vrijedi  $L^* = 0$  je crno,  $L^* = 100$  je bijelo.
- $a^*$  kromatska-os ima orijentaciju crveno - zeleno. Pozitivna  $a$ -os usmjerena je u smjeru crvenog stimulusa, a negativna  $a$ -os usmjerena je u smjeru zelenog stimulusa.
- $b^*$  kromatska-os ima orijentaciju žuto - plavo. Pozitivna  $b^*$ -os usmjerena je u smjeru žutog stimulusa a negativna  $b^*$ -os usmjerena je u smjeru plavog stimulusa.

Ti parovi boja, zeleno - crveno i plavo - žuto odgovaraju parovima boja u teoriji suprotnih procesa (enlg. *Opponent color theory*) koja opisuje kako ljudsko oko vidi boje. Centar kromatskih osi je akromatičan, pomicanjem od centra raste kromatičnost boja u CIE  $L^*a^*b^*$  prostoru.



Slika 7. Prikaz CIE L\*a\*b\* sustava boja (Web 1)

### 3.3.1.2.2 Ukupna promjena boje (CIE76, 1976)

Ukupna razlika boja prema CIE 1976. ( $\Delta E$ ) izračunava se slijedećom formulama (11-15):

$$\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (11)$$

$$\Delta L^* = L_1^* - L_2^* \quad (12)$$

$$\Delta a^* = a_1^* - a_2^* \quad (13)$$

$$\Delta b^* = b_1^* - b_2^* \quad (14)$$

gdje se veličine  $L_1^*, a_1^*, b_1^*$  odnose na boju kojoj se mjeri odstupanje (uzorak), a veličine  $L_2^*, a_2^*, b_2^*$  na referentnu boju (standard).

Prema konvenciji, pozitivne vrijednosti pojedinih razlika  $\Delta L^*, \Delta a^*, \Delta b^*$ , znače da uzorak ima više te varijable nego standard. Na primjer, ako je razlika u svjetlini pozitivna vrijednost ( $\Delta L^* > 0$ ) to znači da je uzorak svjetliji od standarda, i obrnuto (CIE, 1976<sup>3</sup>).

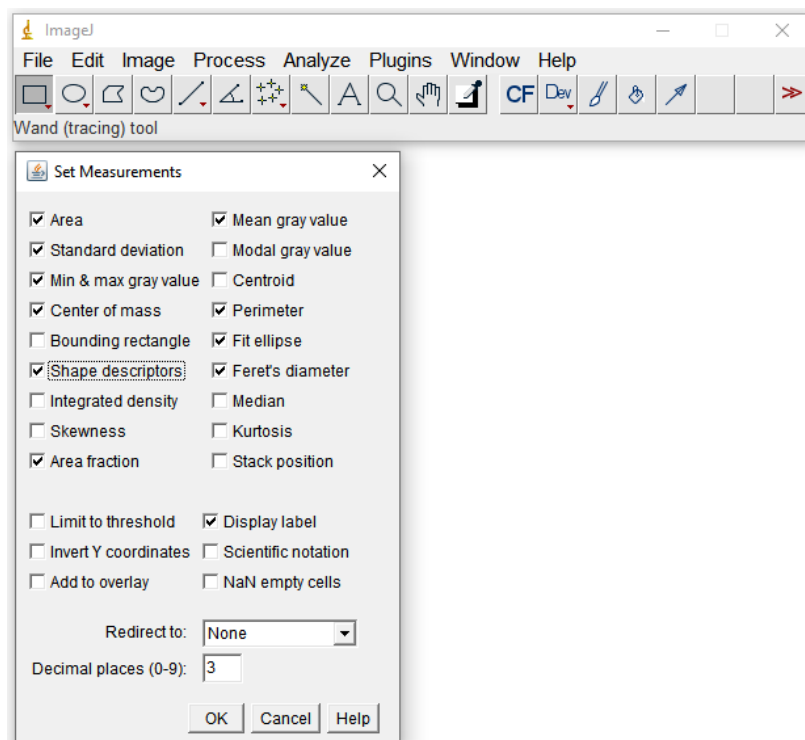
Koliko je to odstupanje u boji vidljivo/uočljivo za promatrača opisali su Mokrzycki i sur., (2012) kako slijedi

<sup>3</sup> Međunarodna komisija za rasvjetu. CIE (franc. *Commission internationale de l'éclairage*) - 1976. je definirala novi uniformni trodimenzionalni prostor baziran na CIEXYZ prostoru boja, Munsellovom sustavu boja te teoriji suprotnih parova boja.

$0 < \Delta E < 1$	promatrač ne vidi razliku
$1 < \Delta E < 2$	razliku boja primjećuje iskusni promatrač
$2 < \Delta E < 3,5$	razliku boja primjećuje i neiskusni promatrač
$3,5 < \Delta E < 5$	jasno uočljiva razlika boja
$5 < \Delta E$	promatrač uočava dvije različite boje

### 3.3.1.3 Kvalitativan opis geometrijskih značajki uzoraka krepera i odabir parametara koji se bilježe primjenom *ImageJ* programa

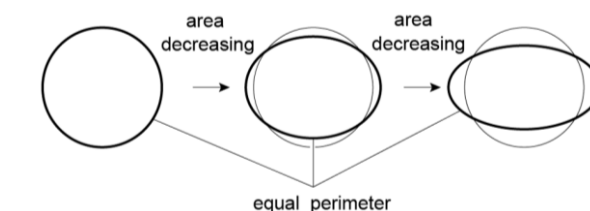
U programu za obradu slike, prije početka analize geometrijskih značajki, potrebno je podesiti postavke mjerenja i prikaza rezultata koji će se bilježiti tijekom analize slike. Postavke se podešavaju unutar dijaloškog okvira *Measurements* programa *ImageJ* (Slika 8)



Slika 8. Postavke mjerenja unutar *ImageJ* dijaloškog okvira *Set Measurements*

Geometrijske značajke krejera opisuju se različitim varijablama:

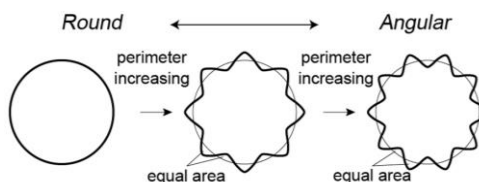
- POVRŠINA, **P** (engl. Area) – predstavlja područje odabira na fotografiji izražena u kvadratnim pikselima ili kvadratnim milimetrima. Vrijednosti površine izražene su u kalibriranim jedinicama.
- OPSEG, **O** (engl. Perimeter) – predstavlja duljinu vanjske granice odabira.
- DESKRIPTORI OBLIKA - su parametri kojima se opisuju geometrijske značajke analiziranog uzorka:
  - SFERIČNOST ili KRUŽNOST, **Circ** (engl. Circularity) – je mjera za odstupanje čestice od sfere, odnosno definira se kao funkcija površine kruga i opsega. Predstavlja vrijednost kojom se oblik analizirane čestice (uzorka) uspoređuje sa savršenim krugom.



Sferičnost se kreće u rasponu 0 – 1, što su vrijednosti bliže 1, to je analizirana čestica sličnija savršenom krugu. Kako se vrijednosti približava 0 to je oblik analizirane čestice izduženiji i sličniji elipsi. Izračunava se kao:

$$\text{Sferičnost} = \frac{4 \cdot \pi \cdot P}{O^2} \quad (15)$$

- ZAOBLJENOST, **Round** (engl. Roundness) – se definira kao funkcija površine i duljine izračunate glavne osi (Major Axis). Predstavlja zakrivljenost bridova i uglova čestice. Razlikujemo oble rubove (Round) i uglate (nazubljena, Angular) rubove.







Zaobljenost se izračunava se kao:

$$\text{Zaobljenost} = \frac{4 \cdot P}{\pi \cdot \text{Duljina glavne osi}^2} \quad (16)$$

Za razliku od kružnosti, zaobljenost je manje osjetljiva na promjene duljine opsega. Radi lakše usporedbe vrijednosti Sferičnosti i Zaobljenosti u nastavku slijedi **Tablica 5** s izračunatim vrijednostima navedenih parametara za uzorke različitog oblika i površine.

Tablica 5. Usporedba vrijednosti parametara Kružnosti i Zaobljenosti za različite uzorke (Walters i sur., 2017)

Parametar/ Izgled uzorka				
Radijus ili MA*	r=1,0	MA=1,0	MA=2,0	MA=1,0
Zaobljenost, <i>Round</i>	1,0	0,5	0,5	0,9
Sferičnost, <i>Circ</i>	1,0	0,8	0,8	0,4

Za uzorke nepravilnog oblika umjesto radijusa koristi se vrijednost najduže osi, MA (Major Axis)

- Ujednačenost površine, **Solidity** – mjera je za kompaktnost čestice čije se vrijednosti kreću u rasponu 0 – 1. Vrijednost 1 označava kompaktnu česticu, a vrijednost manja od 1 označava česticu nepravilnog oblika, odnosno česticu koja sadrži šupljine (**Slika9**).



Slika 9. Ilustracija različitih vrijednosti čvrstoće čestice

### 3.3.1.4 Statistička obrada rezultata

Rezultati mjerenja boje prikazani su kao CIEL\*a\*b\* parametri boje te kao ukupna promjena boje ili kolorimetrijska razlika ( $\Delta E$ ) između dvije boje u CIE sustavu (referentnog i uspoređivanog). Rezultati mjerenja oblika prikazani su kao geometrijske značajke krepera: površina, opseg, sferičnost, zaobljenost i ujednačenost površine čije su vrijednosti dobivene obuhvaćajući cjelokupnu površinu uzorka (fotografije donje i gornje površine krepera). Dobiveni rezultati su prikazani kao srednja vrijednost  $\pm$  standardna devijacija. Analiza varijance (ANOVA) i Fisher-ov LSD test najmanje značajne razlike (engl. *Least significant difference*) provedeni su upotrebom programa Statistica 12 (Stat Soft Inc. Tulsa, SAD).

## **4. REZULTATI I RASPRAVA**

U ovom diplomskom radu prikazani su rezultati ispitivanja utjecaja zamjene dijela pšeničnog brašna tropom (tropom grožđa sorte *Cabernet Sauvignon* i tropom rajčice) na parametre boje i geometrijske značajke kreker. Ispitivanje se provodilo s dodacima tropa u udjelima 2%, 4% i 6%, 8% i 10%, a navedene smjese su se koristile za izradu kreker prema standardnoj AACC metodi 10- 50D.

#### 4.1.1.1 Rezultati boje kreker s dodatkom tropa grožđa i rajčice

Boja igra važnu ulogu u procjeni vanjske kvalitete proizvoda i smatra se najvažnijim fizikalnim svojstvom s obzirom da dobro korelira s drugim fizikalnim, kemijskim i senzorskim svojstvima kvalitete proizvoda (Mendoza i sur., 2006). Boja kreker određena je nedestruktivnom indirektnom metodom - računalnom analizom slike. Mjereni parametri CIEL  $a^*b^*$  modela boje poslužili su za izračunavanje ukupne promjene boje ( $\Delta E$ ). Mjerenje boje obuhvaćalo je cjelokupnu površinu uzorka pri čemu je boja mjerena na donjoj i gornjoj površina kreker prije i nakon pečenja. Rezultati mjerenja boje *nepečenih uzoraka kreker* (tijesta) s dodatkom tropa grožđa i rajčice prikazani su **Slikama 10 - 13** kao parametri CIEL  $a^*b^*$  modela boja i kao ukupna promjena boje ( $\Delta E$ ) uzoraka. Rezultati mjerenja boje *pečenih uzoraka kreker* s dodatkom tropa grožđa i rajčice prikazani su **Slikama 14 - 17** kao parametri CIEL  $a^*b^*$  modela boja i kao ukupna promjena boje ( $\Delta E$ ) uzoraka.

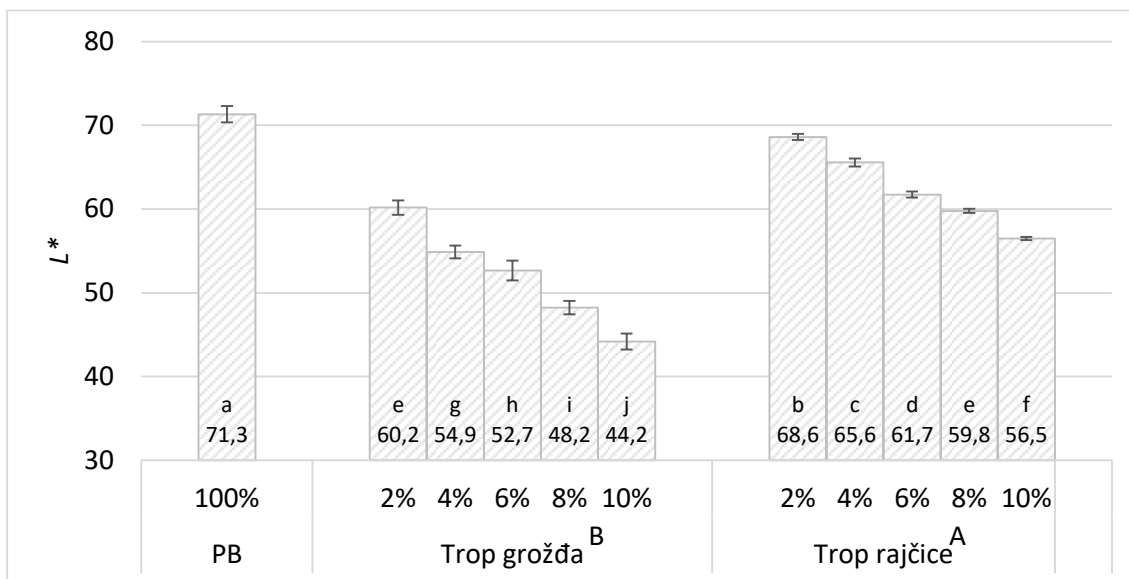
Prikazan je utjecaj udjela tropa grožđa i rajčice na parametre boje ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  i  $\Delta E_{Cvs}$ ) mjerene računalnom analizom slike. Prikazani podaci su srednja vrijednost  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike.

Najveće vrijednosti svjetline *nepečenih uzoraka kreker* zabilježene su kod uzoraka od pšeničnog brašna ( $L^* = 71,3$ ). Povećanje udjela dodatka tropa grožđa i rajčice utjecalo je na smanjenje vrijednosti svjetline kod svih uzoraka pri čemu su veće vrijednosti svjetline zabilježene su kod uzoraka s dodatkom tropa rajčice ( $L^* = 56,5 - 68,6$ ) u odnosu na uzorke s dodatkom tropa grožđa ( $L^* = 4,2 - 60,2$ ) (**Slika 10**).

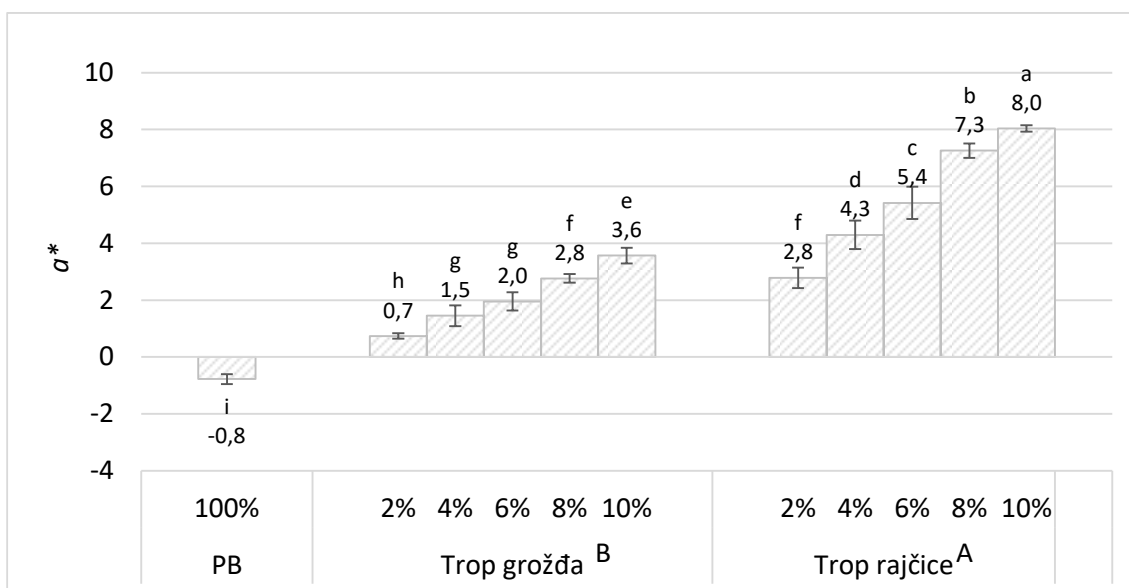
Uspoređujući svjetlinu kontrolnog uzorka te onih sa dodatkom tropa grožđa, vidljivo je da su uzorci kreker tamniji (manje svjetline) što je udio dodatka tropa veći. Ovaj je učinak



uzrokovan prisutnošću prirodnih pigmenata (poput antocijanina) u tropu grožđa (Aksoylu i sur., 2015).



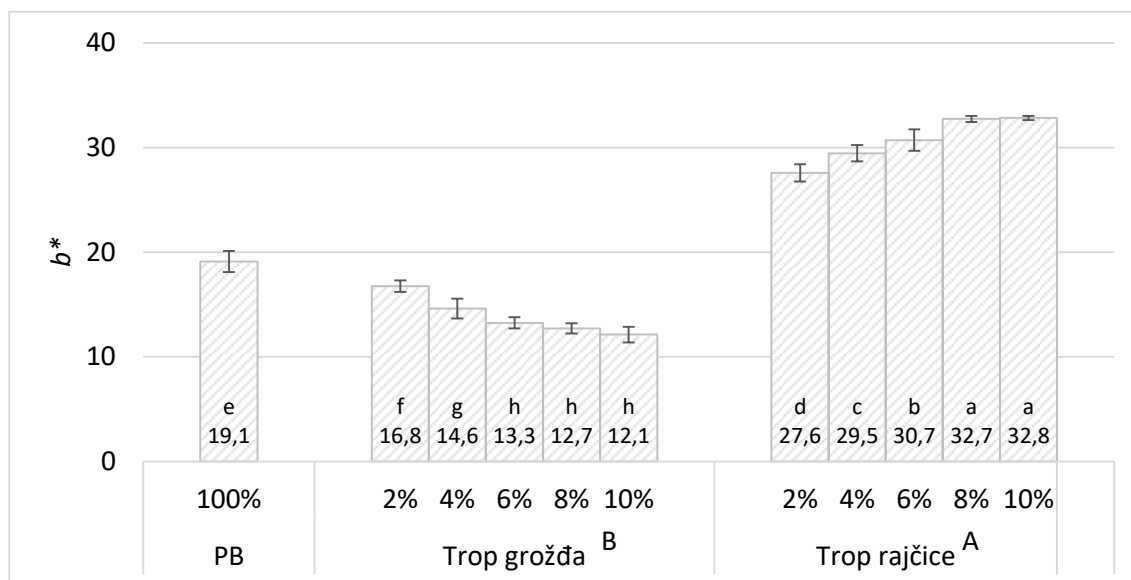
Slika 10. Usporedba vrijednosti svjetline *nepičenih uzoraka kreker* s dodacima tropa grožđa i rajčice



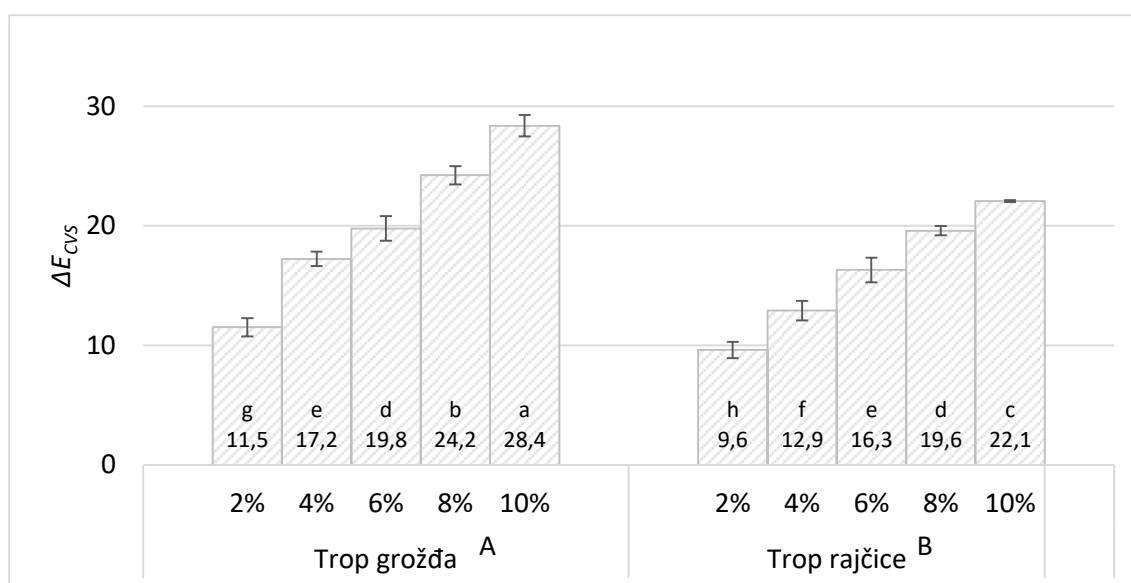
Slika 11. Usporedba vrijednosti kromatske komponente zeleno - crvene boje *nepičenih uzoraka kreker* s dodacima tropa grožđa i rajčice

Najmanje vrijednosti kromatske komponente zeleno-crvene boje zabilježene su kod *nepičenih uzoraka kreker* od pšeničnog brašna ( $a^* = -0,8$ ). Povećanje udjela dodatka tropa grožđa i rajčice proporcionalno je povećavao vrijednosti kromatske komponente zeleno-

crvene boje kod svih uzoraka, pri čemu su veće vrijednosti kromatske komponente zeleno-crvene boje zabilježene kod uzoraka s dodatkom tropa rajčice ( $a^* = 2,8 - 8,0$ ) u odnosu na uzorke s dodatkom tropa grožđa ( $a^* = 0,7 - 3,6$ ) (Slika 11).



Slika 12. Usporedba vrijednosti kromatske komponente plavo - žute boje *nepečenih uzoraka kreker* s dodacima tropa grožđa i rajčice



Slika 13. Usporedba vrijednosti ukupne promjene boje *nepečenih uzoraka kreker* s dodacima tropa grožđa i rajčice

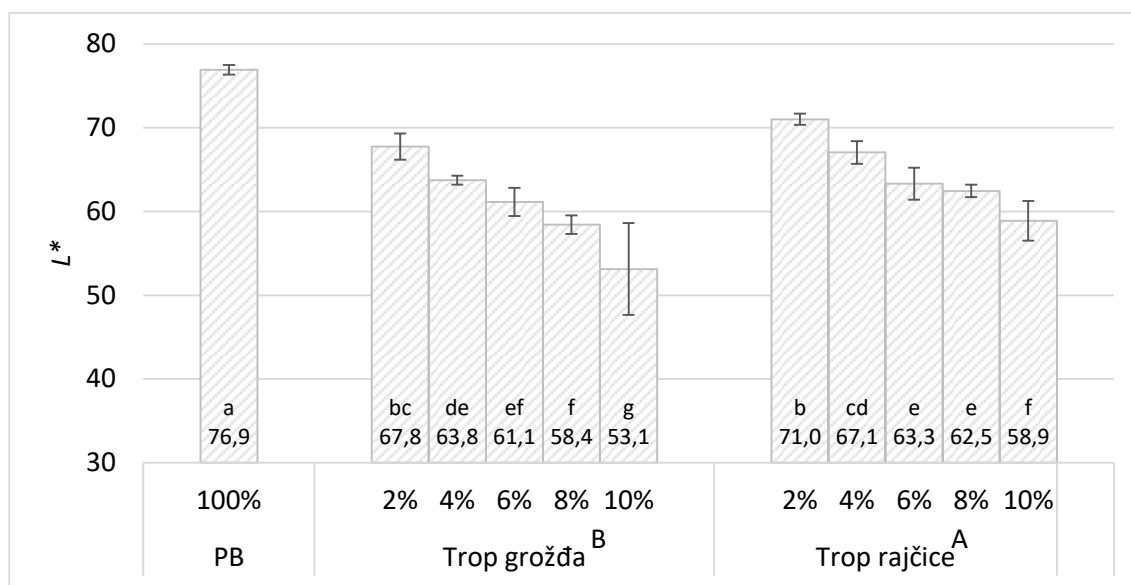
Povećanje udjela tropa rajčice proporcionalno je povećavao vrijednosti kromatske komponente plavo-žute boje kod svih *nepečenih uzoraka kreker* u odnosu na uzorke od pšeničnog brašna ( $b^* = 19,1$ ). Kod uzoraka s dodatkom tropa rajčice vrijednosti kromatske komponente plavo-žute boje kretale su se u rasponu 27,6 – 32,8. Povećanjem udjela tropa grožđa proporcionalno je smanjivao vrijednosti kromatske komponente plavo-žute boje te su se vrijednosti kretale u rasponu 12,1 – 16,8 i bile su manje u odnosu na uzorke od pšeničnog brašna i one s dodatkom tropa rajčice (**Slika 12**).

Usporedbom vrijednosti ukupne promjene boje *nepečenih uzoraka kreker* vidljivo je da su veće vrijednosti zabilježene kod uzoraka s dodatkom tropa grožđa ( $\Delta E_{CVS} = 11,5 - 28,4$ ) u odnosu na uzorke s dodatkom tropa rajčice ( $\Delta E_{CVS} = 9,6 - 22,1$ ). Vrijednosti ukupne promjene proporcionalno su rasle s povećanjem udjela dodatka tropa i grožđa i rajčice (**Slika 13**).

Iz rezultata analize varijance i Fisher-ovog LSD testa najmanje značajne razlike (**Slika 10-13**) *nepečenih uzoraka kreker* može se zaključiti kako vrsta tropa ima statistički značajan utjecaj ( $p < 0,05$ ) na parametre boje *nepečenih uzoraka kreker*:  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  i  $\Delta E_{CVS}$ . Kod *nepečenih uzoraka kreker* rezultati boje pokazali su da povećanje udjela tropa grožđa i rajčice utječe na smanjenje svjetline ( $L^*$ ), povećanje kromatske komponente zeleno-crvene boje ( $a^*$ ) i povećanje ukupne promjene boje. Vrijednost kromatske komponenta plavo-žute boje ( $b^*$ ) povećavala se proporcionalno udjelu dodatka kod uzoraka s tropom rajčice i smanjivala se povećanjem udjela tropa grožđa. Promatrajući vrijednosti ukupne promjene boje, vidljivo je da povećanje udjela tropa kod *nepečenih uzoraka* proporcionalno raste i ukupna promjena boje te je ona veća kod uzoraka s dodatkom tropa grožđa.

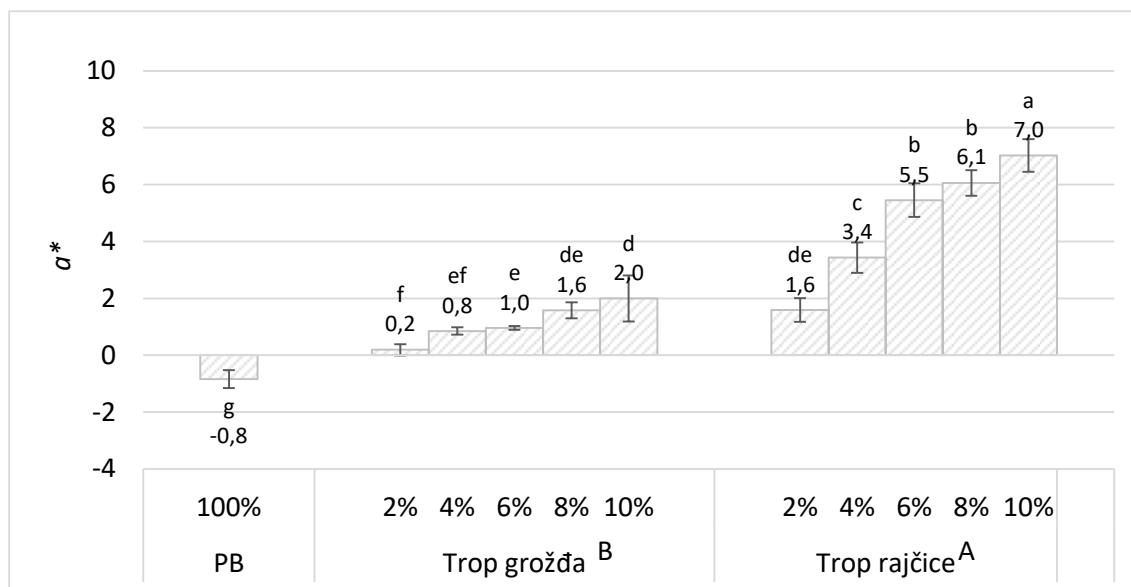
Povećani udio vlakana ima pozitivan utjecaj na ljudsko zdravlje u smislu prevencije i smanjenja rizika za razvoj bolesti kao što su koronarna bolest srca, moždani udar, hipertenzija, dijabetes, pretilost i određene gastrointestinalni poremećaji poput zatvora, divertikulitisa i karcinoma debelog crijeva (Anderson i sur., 2016; Mudgil i Barak, 2013). Preporuke za unos prehrambenih vlakana za odrasle obično se kreću u rasponu 20-35 g/dan ili 10-13 g na 1000 kcal unosa energije (Marlett i sur., 2002). Krekeri koji sadrže trop rajčice u različitim omjerima pružaju znatno veći unos dijetalnih vlakana od kontrolnog kreker te imaju pozitivan utjecaj na zdravlje potrošača.

Najveće vrijednosti svjetline *pečenih uzoraka kreker* zabilježene su kod uzoraka od pšeničnog brašna ( $L^* = 76,9$ ). Povećanje udjela dodatka tropa grožđa i rajčice utjecalo je na smanjenje vrijednosti svjetline kod svih uzoraka pri čemu su veće vrijednosti svjetline zabilježene su kod uzoraka s dodatkom tropa rajčice ( $L^* = 58,9 - 71,0$ ) u odnosu na uzorke s dodatkom tropa grožđa ( $L^* = 53,1 - 67,8$ ) (Slika 14).

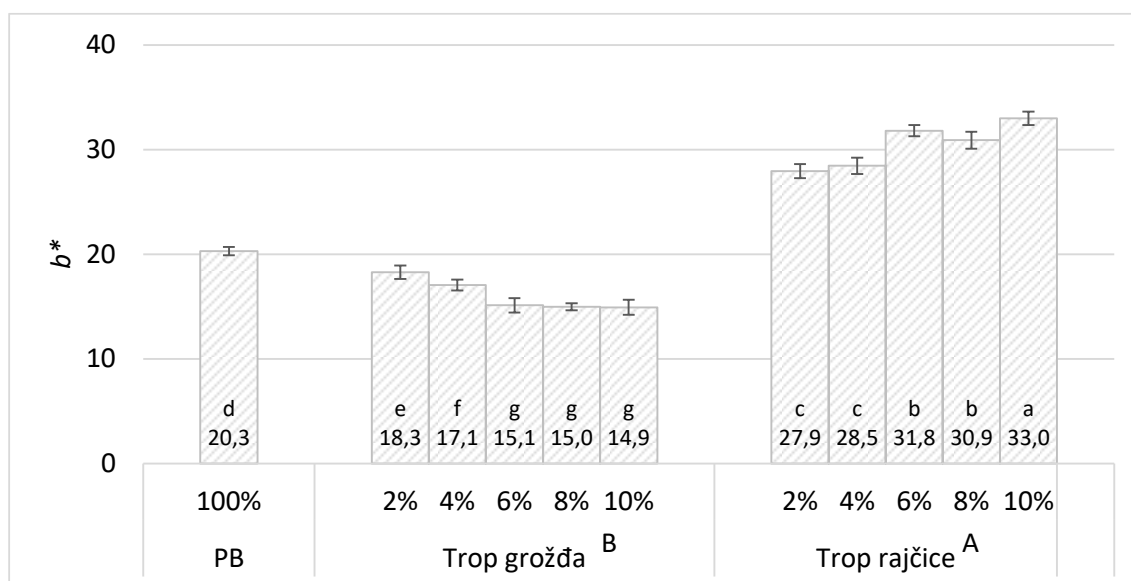


Slika 14. Usporedba vrijednosti svjetline *pečenih uzoraka kreker* s dodacima tropa grožđa i rajčice

Najmanje vrijednosti kromatske komponente zeleno-crvene boje zabilježene su kod *pečenih uzoraka kreker* od pšeničnog brašna ( $a^* = -0,8$ ). Povećanje udjela dodatka tropa grožđa i rajčice proporcionalno je povećavao vrijednosti kromatske komponente zeleno-crvene boje kod svih uzoraka, pri čemu su veće vrijednosti zabilježene kod uzoraka s dodatkom tropa rajčice ( $a^* = 1,6 - 7,0$ ) u odnosu na uzorke s dodatkom tropa grožđa ( $a^* = 0,2 - 2,0$ ) (Slika 15). Povećanje udjela tropa rajčice proporcionalno je povećavao vrijednosti kromatske komponente plavo-žute boje kod *pečenih uzoraka kreker* u odnosu na uzorke od pšeničnog brašna ( $b^* = 20,3$ ). Kod uzoraka s dodatkom tropa rajčice vrijednosti kromatske komponente plavo-žute boje kretale su se u rasponu 27,9 – 33,0. Povećanjem udjela tropa grožđa proporcionalno je smanjivao vrijednosti kromatske komponente plavo-žute boje te su se vrijednosti kretale u rasponu 14,9 – 18,3 i bile su manje u odnosu na uzorke od pšeničnog brašna i one s dodatkom tropa rajčice (Slika 16).

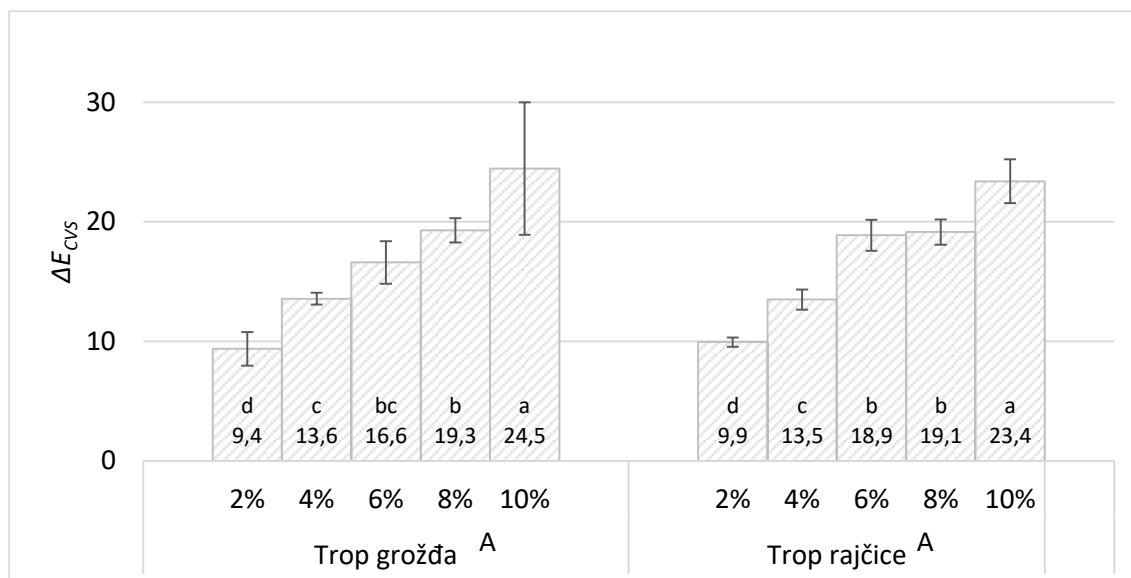


Slika 15. Usporedba vrijednosti kromatske komponente zeleno - crvene boje *pečenih uzoraka kreker*a s dodacima tropa grožđa i rajčice



Slika 16. Usporedba vrijednosti kromatske komponente plavo - žute boje *pečenih uzoraka kreker*a s dodacima tropa grožđa i rajčice

Usporedbom vrijednosti ukupne promjene boje *pečenih uzoraka kreker*a vidljivo je da su veće vrijednosti zabilježene kod uzoraka s dodatkom tropa grožđa ( $\Delta E_{CVS} = 9,4 - 24,5$ ) u odnosu na uzorke s dodatkom tropa rajčice ( $\Delta E_{CVS} = 9,9 - 23,4$ ). Vrijednosti ukupne promjene proporcionalno su rastle s povećanjem udjela dodatka tropa i grožđa i rajčice (**Slika 17**).



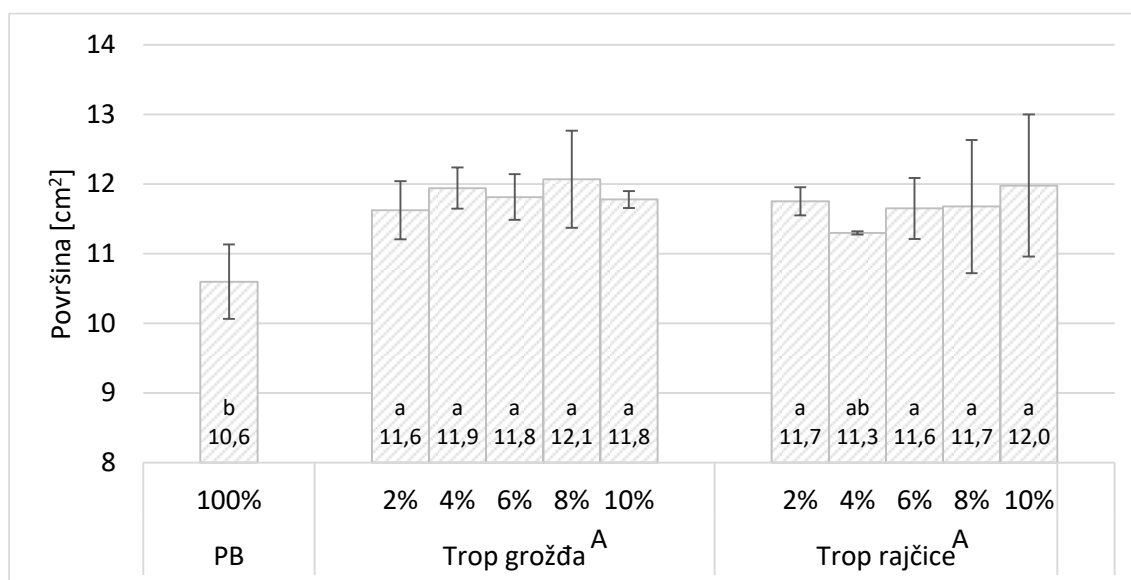
Slika 17. Usporedba vrijednosti ukupne promjene boje *pečenih uzoraka krekerja* s dodacima tropa grožđa i rajčice

Iz prikazanih rezultata mjerenja boje *pečenih uzoraka krekerja* vidljivo je da povećanje udjela tropa grožđa i rajčice utječe na smanjenje svjetline ( $L^*$ ), povećanja kromatske komponente zeleno-crvene boje ( $a^*$ ) ukupne promjene boje. Promatrajući vrijednosti kromatske komponente plavo-žute boje ( $b^*$ ) vidljivo je da su veće vrijednosti zabilježene kod uzoraka s dodatkom tropa rajčice u odnosu na one s dodatkom tropa grožđa i od pšeničnog brašna. Uspoređujući vrijednosti standardne devijacije vidljivo je da su one uglavnom veće kod pečenih uzoraka krekerja. Veće vrijednosti devijacije ukazuju na neujednačeniju površinu uzoraka koja može biti posljedica veće koncentracije pigmenta te reakcija neenzimatskog posmeđivanja (Maillardove reakcije i karamelizacija). Trop grožđa, nusproizvod vinarstva, sadrži brojne kemijske spojeve visoke nutritivne vrijednosti i potencijalne koristi za ljudsko zdravlje, i kao takav primjenjuje se za obogaćivanje proizvoda u različitim industrijama, od kozmetike do hrane. Brojne su primjene ovog nusproizvoda, kao antioksidanta, bojila, sredstava za modificiranje teksture te u proizvodnji funkcionalnih proizvoda. Trop grožđa sadrži bioaktivne tvari i to prehranbena vlakana (50 - 75%), polifenole (15 - 30% suhih komina), (Saura-Calixto, 1998), polinezasićene masne kiseline i tokole uglavnom prisutne u ulju sjemenki grožđa (Fiori i sur., 2014).

#### 4.1.1.1.1 Rezultati mjerenja geometrijskih značajki kreker s dodatkom tropa grožđa i rajčice

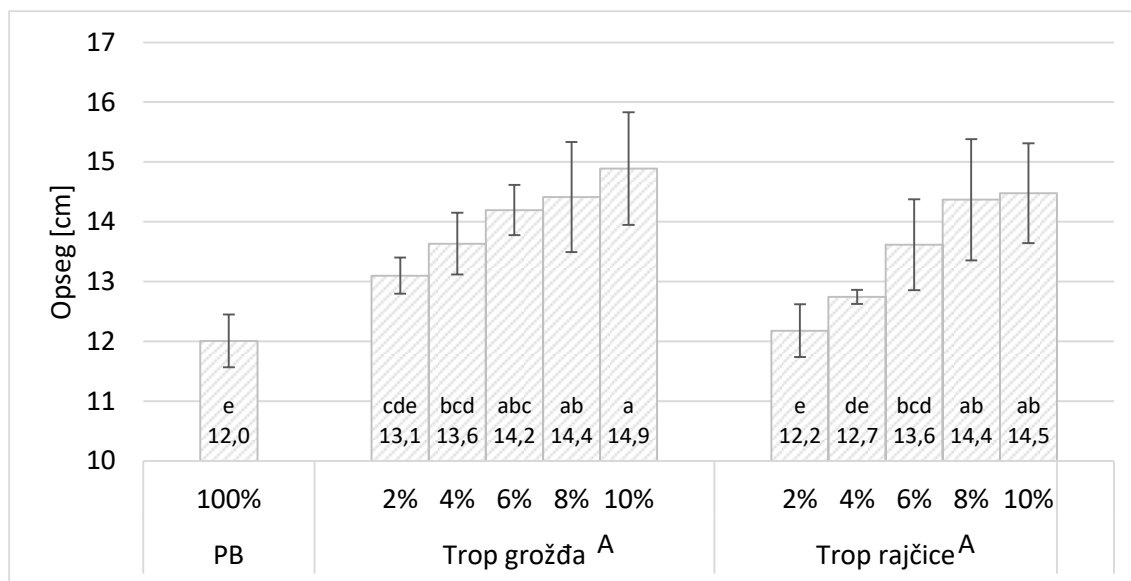
Geometrijske značajke kreker određene su računalnom analizom slike. Mjerenje je provedeno na nepečenim i pečenim uzorcima te je obuhvatilo cjelokupnu površinu uzorka. Rezultati analize prikazani su kao površina, opseg, sferičnost, zaobljenost i ujednačenost površine.

Utjecaj dodatka tropa grožđa i rajčice u različitim udjelima (2, 4, 6, 8 i 10%) na geometrijske značajke kreker prikazani su **Slikama 18 – 22**. Prikazani podaci su srednja vrijednost  $\pm$  standardna devijacija; vrijednosti označene istim slovima nisu statistički značajno različite ( $p < 0,05$ ) prema Fisher-ovom LSD testu najmanje značajne razlike.



Slika 18. Utjecaj dodatka tropa grožđa i rajčice na površinu kreker

Iz rezultata analize varijance i Fisher-ovog LSD testa najmanje značajne razlike *površine* kreker može se zaključiti kako vrsta tropa nema statistički značajan utjecaj ( $p < 0,05$ ) na promatrani parametar (**Slika 18**). Uspoređujući površinu uzoraka od pšeničnog brašna i onih s dodatkom tropa, vidljivo je da među njima postoji statistički značajna. Vrijednosti površine kod uzoraka od pšeničnog bile su najmanje ( $P=10,6$ ) u odnosu na uzorke s dodatkom tropa grožđa i rajčice. Krekeri s dodatkom tropa grožđa ( $P= 11,6 - 12,1$ ) imali su nešto veće vrijednosti površine u odnosu na uzorke s dodatkom s tropa rajčice ( $P= 11,3 - 12,0$ ).

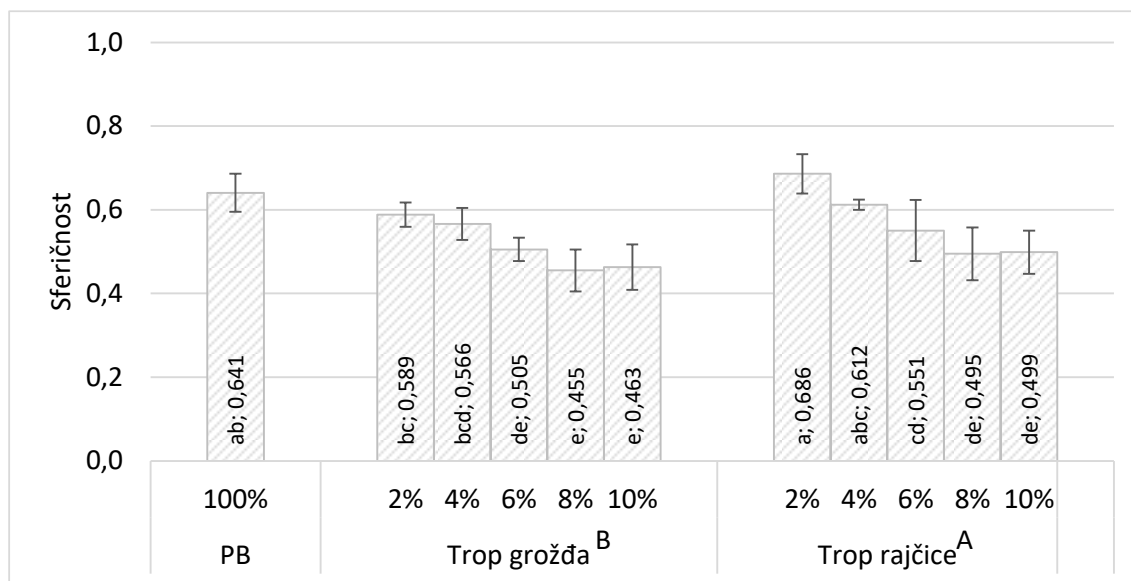


Slika 19. Utjecaj dodatka tropa grožđa i rajčice na opseg krekeri

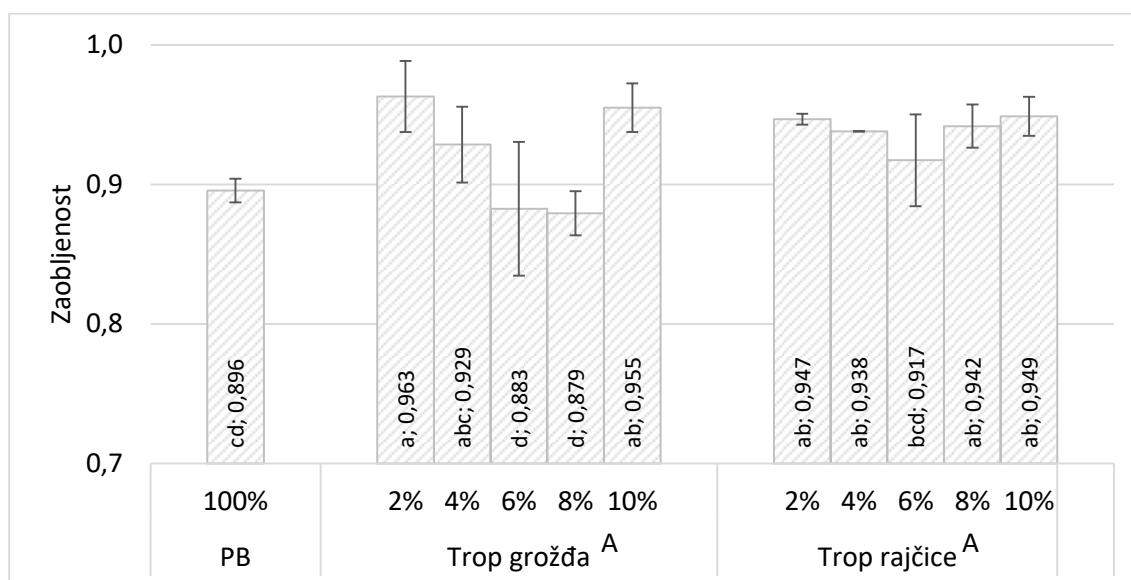
Iz rezultata analize varijance i Fisher-ovog LSD testa najmanje značajne razlike vidljivo je da dodatak više od 2% tropa grožđa i rajčice značajno raste opseg krekeri u odnosu na kontrolni uzorak (**Slika 19**). Uspoređujući *opseg* uzoraka od pšeničnog brašna i onih s dodatkom tropa, vidljivo je da među njima postoji statistički značajna razlika. Vrijednosti *opsega* kod uzoraka od pšeničnog brašna bile su najmanje ( $O=12,0$ ), u odnosu na uzorke s dodatkom tropa grožđa i rajčice. Krekeri s dodatkom tropa grožđa ( $O= 13,1 - 14,9$ ) imali su veće vrijednosti *opsega* (vrijednosti rastu proporcionalno s porastom udjela dodanog tropa) u odnosu na uzorke s dodatkom s tropa rajčice ( $O= 12,2 - 14,5$ ).

Rezultati analize varijance i Fisher-ovog LSD testa najmanje značajne razlike *sferičnosti* krekeri pokazali su kako vrsta dodanog tropa statistički značajno utječe ( $p<0,05$ ) na promatrani parametar (**Slika 20**). Vrijednosti *sferičnosti* proporcionalno su se smanjivali povećanjem udjela dodanog tropa što ukazuje na nepravilniji oblik uzoraka (nije savršeni krug). Kod uzoraka od pšeničnog brašna *sferičnost* je bila veća nego kod uzoraka s dodatkom tropa grožđa (0,455 - 0,589) i iznosila je 0,641. Uspoređujući vrstu dodanog tropa, *sferičnost* uzoraka s dodatkom tropa rajčice bila je nešto veća (0,495- 0,686) u odnosu na krekeri s istim udjelom tropa grožđa. Veće vrijednosti *sferičnosti* ukazuju da je riječ o nedeformiranom uzorku, oblika savršenog kruga.



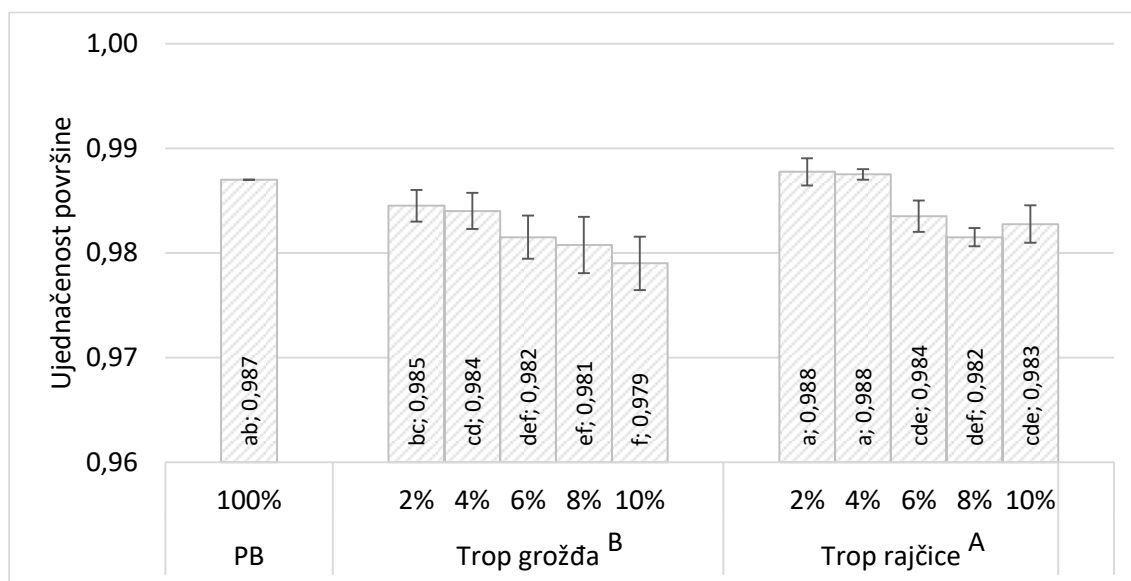


Slika 20. Utjecaj dodatka tropa grožđa i rajčice na sferičnost krekeri



Slika 21. Utjecaj dodatka tropa grožđa i rajčice na zaobljenost krekeri

Vrijednosti zaobljenosti kreću se u rasponu 0-1, pri čemu vrijednosti bliže 1 ukazuju na uzorke sa oblom površinom dok vrijednosti bliže 0 ukazuju na uglatu (nepravilnu) površinu. Iz rezultata analize varijance i Fisher-ovog LSD testa najmanje značajne razlike *zaobljenosti* krekeri može se zaključiti kako vrsta tropa nema statistički značajan utjecaj ( $p < 0,05$ ) na promatrani parametar (**Slika 21**). Krekeri s dodatkom tropa rajčice imali su vrijednosti *zaobljenosti* u rasponu 0,917 – 0,949, dok su uzorci s dodatkom tropa grožđa imali vrijednosti u rasponu 0,879 – 0,963.



Slika 22. Utjecaj dodatka tropa grožđa i rajčice na ujednačenost površine krekeru

Iz rezultata analize varijance i Fisher-ovog LSD testa najmanje značajne razlike *ujednačenosti površine* krekeru može se zaključiti kako vrsta tropa ima statistički značajan utjecaj ( $p < 0,05$ ) na promatrani parametar (**Slika 22**). *Ujednačenost površine* uzoraka od pšeničnog brašna iznosila je 0,987. Kod uzoraka s dodatkom tropa grožđa *ujednačenost površine* kretala se u rasponu 0,979-0,985 i bile su manje u odnosu na uzorke s dodatkom tropa rajčice kod koji su vrijednosti u rasponu 0,982-0,988. Povećanje udjela tropa utjecalo je na smanjenje *ujednačenosti površine* krekeru.

Trop grožđa, nusproizvod vinarstva, sadrži brojne kemijske spojeve visoke hranjive vrijednosti i potencijalne koristi za ljudsko zdravlje, koji omogućavaju njegovu upotrebu u obogaćivanju proizvoda u različitim industrijama, od kozmetike do hrane.

## **5. ZAKLJUČCI**

Nusproizvodi industrije prerade rajčice i grožđa poznati su kao dobar izvor biološki aktivnih tvari te je u ovom istraživanju proučavana potencijalna uporaba brašna od tropa grožđa i rajčice u proizvodnji krekeri te su dobiveni uspješni rezultati. Iz provedenog mjerenja boje i geometrijskih značajki krekeri moguće je zaključiti slijedeće:

- ✓ Računalnom analizom slike moguće je razlikovati uzorke s dodatkom različite vrste i udjela tropa su veće manje vrijednosti svjetline, kromatske komponente zeleno-crvene boje i plavo-žute boje u odnosu na kontrolne uzorke. Povećanjem udjela tropa grožđa proporcionalno se smanjivala vrijednost svjetline, kromatske komponente plavo-žute boje, a povećavala vrijednosti kromatske komponente zeleno-crvene boje te ukupna promjena boje. Nepečeni uzorci krekeri bili su tamniji s većim vrijednostima kromatskih komponenti zeleno-crvene i plavo-žute boje te ukupne promjene boje u odnosu na pečene uzorke krekeri.
- ✓ Krekeri dodatkom **tropa rajčice** imali su veće vrijednosti ukupne promjene boje, kromatske komponente zeleno-crvene boje i plavo-žute boje u odnosu na kontrolne uzorke. Povećanje udjela tropa rajčice proporcionalno je smanjilo vrijednost svjetline, a povećalo vrijednosti kromatskih komponenti zeleno-crvene i plavo-žute boje te ukupne promjene boje.
- ✓ Dodatak tropa kao i varijacija u udjelima imaju statistički značajan utjecaj na gotovo sve parametre boje ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) nepečenih i pečanih uzoraka krekeri. Ukupna promjena boje bila je uočljivija kod nepečenih uzoraka krekeri neovisno o udjelu i vrsti tropa.
- ✓ U ovom radu razvijen je automatiziran sustav analize oblika krekeri koji uključuje fazu izdvajanja obilježja i fazu klasifikacije, a računalna analiza slike pokazala se kao objektivna i učinkovita metoda za procjenu geometrijskih značajki krekeri.
- ✓ Dodatkom tropa grožđa i rajčice značajno se povećava površina i opseg, a smanjuje sferičnost i ujednačenost površine krekeri u odnosu na krekeri od pšeničnog brašna.
- ✓ Krekeri s dodatkom tropa rajčice imaju ujednačeniju površinu i veću sferičnost u odnosu na krekeri s dodatkom tropa grožđa.

## **6. LITERATURA**

1. Abdullah M.Z., Abdul-Aziz S., Dos-Mohamed A.M.: Quality inspection of bakery products using colour-based machine vision system. *Journal of Food Quality* 23, 39-50, 2000.
2. Abdullah M.Z., Nashat S.: Quality Evaluation of Bakery Products, *Computer Vision Technology for Food Quality Evaluation*, 525-585, 2016
3. Abdullah M.Z.: Image Acquisition Systems, *Computer Vision Technology for Food Quality Evaluation*, 3-40, 2016.
4. Abdullah, M.Z., Guan L.C., Lim K.C., Karim A.A.: The applications of computer vision system and tomographic radar imaging for assessing physical properties of food. *Journal of Food Engineering* 61 (1), 125-135, 2004.
5. Aksoylu Z., Çağindi Ö., Köse E., Effects of blueberry, grape seed powder and poppy seed incorporation on physicochemical and sensory properties of biscuit. *J. Food Qual.*, 38, 164–174, 2015.
6. Anderson J.W., Baird P., Davis Jr.R.H., Ferreri S., Knudtson M., Koraym A., Waters V., Williams C.L.: Health benefits of dietary fiber. *Nutr Rev.* 67(4):188-205, 2009.
7. Cakmak Y.S., Boyaci I.H.: Quality evaluation of chickpeas using an artificial neural network integrated computer vision system. *International Journal of Food Science and Technology* 46 (1), 194-200, 2011.
8. Commission Internationale de l'Eclairage (CIE). *Colorimetry. 3<sup>rd</sup> Edition.* Publ. CIE 15.3:2004 ISBN 3 901 906 33 9. (2004) Bureau Central de la CIE, Vienna, Austria.
9. Dowlati M., de la Guardia M., Mohtasebi S.S.: Application of machine-vision techniques to fish-quality assessment. *TrAC Trends in Analytical Chemistry* 40, 168-179, 2012.
10. Du C.J., Barbin D.F., Sun D.W.: Quality Evaluation of Pizza, *Computer Vision Technology for Food Quality Evaluation*, 465-484, 2016.
11. Du C.-J., Sun D.-W.: Shape extraction and classification of pizza base using computer vision. *Journal of Food Engineering* 64 (4), 489-496, 2004.
12. El-Zaart: Images thresholding using ISODATA technique with gamma distribution. *Pattern Recognition and Image Analysis*, 20 (1): 29-41, 2010.
13. Fadilah N., Mohamad-Saleh J., Abdul Halim Z., Ibrahim H., Syed Ali S.S.: Intelligent color vision system for ripeness classification of oil palm fresh fruit bunch. *Sensors* 12 (10), 14179-14195, 2012.
14. Fiori L., Lavelli V., Duba K.S., Sri Harsha P.S.C., Mohamed H.B., Guella G.: Supercritical CO<sub>2</sub> extraction of oil from seeds of six grape cultivars: modeling of mass transfer kinetics and

- evaluation of lipid profiles and tocol contents. *Journal of Supercritical Fluids* 94, 71–80, 2014.
15. Gonzales-Barron U, Butler F: A comparison of seven thresholding techniques with the k-means clustering algorithm for measurement of bread-crumbs features by digital image analysis. *Journal of Food Engineering*, 74: 268-278, 2006.
  16. Gunasekaran, S.: Computer vision technology for food quality assurance. *Trends in Food Science & Technology* 7, 245-256, 1996.
  17. Hogervorst Cvejić J., Miljić U., Puškaš V.: *Extraction of Bioactive Compounds from Grape Processing By-Products*, 2017.
  18. Hu J., Li D., Duan Q., Han Y., Chen G., Si X.: Fish species classification by color, texture and multi-class support vector machine using computer vision. *Computers and Electronics in Agriculture* 88, 133-140, 2012.
  19. Isik F., Topkay C.: *Effect of Tomato Pomace Supplementation on Chemical and Nutritional Properties of Crackers*, 2016.
  20. Jukić M., Koceva Komlenić D.: *Tehnologija proizvodnje tjestenine i keksarskih proizvoda*, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Osijek, 2020.
  21. Kalavathi PA: Thresholding Method for Color Image Binarization. *SSRG International Journal of Computer Science and Engineering*, 1(7):31-40, 2014.
  22. Lavelli V., Kerr W.L., García-Lomillo J., González-SanJosé M.L.: *Applications of Recovered Bioactive Compounds in Food Products*, 2017.
  23. Leon K, Mery D, Pedreschi D, Leon D. Color measurement in L\*a\*b\* units from RGB digital images. *Food Research International*, 39: 1084-1091, 2006.
  24. MacDougall D. B., *Colour measurement of food, Principles and practice*, 2002.
  25. ManLey, D.: *Technology of biscuits, crackers and cookies*, Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, Abington Hall and Corporate Blvd, New York, 2000.
  26. Marlett J.A., McBurney M.I. and Slavin, J.L.: Position of the American Dietetic Association: Health implications of dietary fiber. *J. Am. Diet. Assoc.* 102(7):993, 2002.
  27. May Z., Amaran M.H.: Automated ripeness assessment of oil palm fruit using RGB and fuzzy logic technique. In: *Proc. The 13th WSEAS International Conference on*

- Mathematical and Computational Methods in Science and Engineering (MACMESE 2011), Wisconsin, USA, pp. 52-59, 2011.
28. Mendoza F, Dejmek P, Aguilera JM: Calibrated color measurements of agricultural foods using image analysis. *Postharvest Biology and Technology*, 41(3): 285-295, 2006.
  29. Mizushima A., Lu R.: An image segmentation method for apple sorting and grading using support vector machine and Otsu's method. *Computers and Electronics in Agriculture* 94, 29-37, 2013.
  30. Mokrzycki WS, Tatol M: Color difference Delta E - A survey. *Machine Graphics and Vision*, 20(4): 383-411, 2011.
  31. MP, Ministarstvo poljoprivrede: *Pravilnik o žitaricama i proizvodima od žitarica*. Narodne novine NN 81/16, 2016.
  32. Mudgil D. and Barak S.: Composition, properties and health benefits of indigestible carbohydrate polymers as dietary fiber: A review. *Int. J. Biol. Macromol.* 61:1-6, 2013.
  33. Palma L.M., Nunes C.M., Gameiro R., Rodrigues M., Gothe S., Tavares N., Pego C., Nicolai M., Pereira P.: Preliminary sensory evaluation of salty crackers with grape pomace flour, 2020.
  34. Pearson T.: Machine vision system for automated detection of stained pistachio nuts. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie* 29 (3), 203-209, 1996.
  35. Pedreschi F., Mery D., Bungler A., Yanez V.: Computer vision classification of potato chips by color. *Journal of Food Process Engineering* 34 (5), 1714-1728, 2011.
  36. Ridler TW, Calvard S: Picture thresholding using an iterative selection method. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 8(8): 630-632, 1978.
  37. Ridler TW, Calvard S: Picture thresholding using an iterative selection method. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 8(8): 630-632, 1978.
  38. Saura-Calixto, F.: Antioxidant dietary fiber product: a new concept and a potential food ingredient. *Journal of Agriculture Food Chemistry*. 46 (10), 4303–4306. 1998.
  39. Saura-Calixto, F.: Antioxidant dietary fiber product: a new concept and a potential food ingredient. *J. Agric. Food Chem.* 46 (10), 4303–4306., 1998.
  40. Sharma R., Oberoi H.S., Dhillon G.S.: *Fruit and Vegetable Processing Waste: Renewable Feed Stocks for Enzyme Production*, 2016.



41. Slosarz P., Stanisiz M., Boniecki P., Przybylak A., Lisiak D., Ludwiczak A.: Artificial neural network analysis of ultrasound image for the estimation of intramuscular fat content in lamb muscle. *African Journal of Biotechnology* 10 (55), 11792, 2011.
42. Strgar Kurečić M: Primjena digitalne fotografije u reprodukcijским medijima. Grafički fakultet, 2015.
43. Sun D.-W., Brosnan T.: Pizza quality evaluation using computer vision part 1: pizza base and sauce spread. *Journal of Food Engineering* 57, 81-89, 2003a.
44. Suresha M., Sandeep Kumar K.S., Kumar S.: Texture features and decision trees based vegetables classification. *IJCA Proceedings on National Conference on Advanced Computing and Communications 2012* (1), 21-26, 2012.
45. Sykes G.B, Davidson I.: *Biscuit, Cookie and Cracker Process and Recipes*, 33-63, 2020.
46. Tao Y., Heinemann P.H., Varghese Z., Morrow C.T., Sommer H.J.: Machine vision for color inspection of potatoes and apples. *Transactions of the ASAE* 38 (5), 1555-1561, 1995.
47. Valous N.A., Mendoza F., Sun D.-W., Allen P.: Supervised neural network classification of pre-sliced cooked pork ham images using quaternionic singular values. *Meat science* 84 (3), 422-430, 2010.
48. Vapnik V.: *The Nature of Statistical Learning Theory*. Springer Verlag, New York, USA, 1995.
49. Waldron K.: *Handbook of waste management and co-product recovery in food processing*, vol 1., 2007.
50. Walters B., Uynuk-Ool T., Rothdiener M., Palm J., Hart M.L., Stegemann J.P., Rolauuffs B.: Engineering the geometrical shape of mesenchymal stromal cells through defined cyclic stretch regimens. *Scientific Report* 7(1):6640, 2017.
51. Web (1) A space of possibilities: CIELAB. URL: <https://mimoriarty.wordpress.com/2011/11/21/a-space-of-possibilities-cielab/> [datum pristupa: 15.9.2020.]
52. Wu D., Sun D.-W.: *Food colour measurement using computer vision*, 2013.
53. Zhang Y., Wu L.: Classification of fruits using computer vision and a multiclass support vector machine. *Sensors* 12 (9), 12489-12505, 2012.