

Određivanje homogenosti razdiobe tartufa u siru primjenom računalne analize slike

Vidas, Klara

Master's thesis / Diplomski rad

2022

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:109:968415>

Rights / Prava: [Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](#) / [Imenovanje-Nekomercijalno-Dijeli pod istim uvjetima 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-04-02**

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**

Klara Vidas

**ODREĐIVANJE HOMOGENOSTI RAZDIOBE TARTUFA U SIRU
PRIMJENOM RAČUNALNE ANALIZE SLIKE**

DIPLOMSKI RAD

Osijek, srpanj, 2022.

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek
Zavod za procesno inženjerstvo
Katedra za modeliranje, optimiranje i automatizaciju
Franje Kuhača 20, 31000 Osijek, Hrvatska

Diplomski sveučilišni studij Prehrambeno inženjerstvo

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti

Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija

Nastavni predmet: Modeliranje i upravljanje u prehrambeno-tehnološkim procesima

Tema rada je prihvaćena na 8. redovitoj sjednici Fakultetskog vijeća Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek u akademskoj godini 2021./2022. održanoj 28. travnja 2022.

Mentor: prof. dr. sc. *Damir Magdić*

Određivanje homogenosti razdiobe tartufa u siru primjenom računalne analize slike

Klara Vidas, 421

Sažetak: Cilj ovoga rada bio je primjenom metode računalne analize slike odrediti homogenost razdiobe dodatka u polutvrdom siru. Pravilna razdioba dodataka u proizvodima važna je zbog njihova izgleda, ujednačenog okusa te sveopće prihvatljivosti kod kupaca. Za uzorke je odabrano šest sireva s tartufima, različitih hrvatskih proizvođača, te su oni kupljeni u maloprodajnim trgovačkim lancima. Uzorci su narezani na kriške, koje su potom digitalizirane fotografiranjem u rasvjetnoj komori i pohranom slika na računalo. Slike su prevedene u prikladan grafički zapis i s njih su izdvojena područja od interesa za analizu površine. Rezultati analize slike su obrađeni statistički te su uzorci međusobno uspoređeni i rangirani prema homogenosti. Koeficijent homogenosti određen je kao recipročna vrijednost standardne devijacije. Rezultati su prikazani tablično i grafički.

Ključne riječi: polutvrđi sir, tartufi, računalna analiza slike, homogenost razdiobe dodataka

Rad sadrži: 41 stranica
11 slika
4 tablica
2 priloga
31 literaturnih referenci

Jezik izvornika: hrvatski

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

- | | |
|--|---------------|
| 1. prof. dr. sc. <i>Mirela Kopjar</i> | predsjednik |
| 2. prof. dr. sc. <i>Damir Magdić</i> | član-mentor |
| 3. prof. dr. sc. <i>Tihomir Moslavac</i> | član |
| 4. dr. sc. <i>Daniela Horvat</i> , znan. savj. u tr. zv. | zamjena člana |

Datum obrane: 5. srpnja 2022.

Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u Knjižnici Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek, Franje Kuhača 20, Osijek.

BASIC DOCUMENTATION CARD

GRADUATE THESIS

University Josip Juraj Strossmayer in Osijek
Faculty of Food Technology Osijek
Department of process engineering
Subdepartment of modeling, optimization and automation
Franje Kuhača 20, HR-31000 Osijek, Croatia

Graduate program Food Engineering

Scientific area: Biotechnical sciences

Scientific field: Food technology

Course title: Modeling and management in food technology processes

Thesis subject was approved by the Faculty of Food Technology Osijek Council at its session no. 8 held on 28. April 2022.

Mentor: *Damir Magdić*, PhD, prof.

Determination of homogeneity of truffle distribution in cheese using computer image analysis

Klara Vidas, 421

Summary: This thesis aimed to determine the homogeneity of supplement distribution in semi-hard cheese by digital image analysis. Equal distribution of supplements in products is important because of their appearance, flavor, and overall consumers acceptance. For assays, six pieces of cheese with truffles were chosen, from different Croatian producers, and they were bought in retail chains. Assays were cut into slices, which were digitalized by photographing in a lighting chamber and by saving images on a computer. Images were converted into a suitable graphic record, and regions of interest were selected for area analysis. Results of digital image analysis were statistically processed, and then assays were compared and ranked by homogeneity. The homogeneity coefficient was defined as the reciprocal value of standard deviation. Results are shown tabularly and graphically.

Key words: semi-hard cheese, truffles, digital image analysis, homogeneity of distribution

Thesis contains: 41 pages
11 figures
4 tables
2 supplements
31 references

Original in: Croatian

Defense committee:

- | | |
|--|--------------|
| 1. <i>Mirela Kopjar</i> , PhD, prof. | chair person |
| 2. <i>Damir Magdić</i> , PhD, prof. | supervisor |
| 3. <i>Tihomir Moslavac</i> , PhD, prof. | member |
| 4. <i>Daniela Horvat</i> , tenured sci. adv. | stand-in |

Defense date: July 5, 2022

Printed and electronic (pdf format) version of thesis is deposited in Library of the Faculty of Food Technology Osijek, Franje Kuhača 20, Osijek.

Zahvaljujem se:

Profesoru dr. sc. Damiru Magdiću na velikoj pomoći prilikom pisanja ovog rada; na svim sugestijama, primjerima, nesebičnom prenošenju znanja te ponajviše na životnim savjetima i motivacijama.

Ostalim profesorima, asistentima i drugim zaposlenicima Prehrambeno-tehnološkog fakulteta koji su mi pomogli i prenijeli mi svoje znanje tijekom razdoblja studija.

Svojim kolegicama prijateljicama koje su mi uvijek pomagale, motivirale me i živjele studentski život zajedno sa mnom.

Roditeljima, sestri Marti, Dominiku te ostalim članovima obitelji na podršci i korisnim savjetima kada sam se našla u dilemama.

Sadržaj

1. UVOD	1
2. TEORIJSKI DIO	4
2.1. POVIJEST SIRARSTVA	5
2.2. POSTUPAK PROIZVODNJE.....	6
2.2.1. Vrste sireva	9
2.2.2. Sirevi s dodatcima	10
2.2.3. Primjeri sireva sa začinima	11
2.3. TARTUFI	11
2.4. RAČUNALNA ANALIZA SLIKE.....	13
2.5. RAČUNALNI PROGRAMI	15
2.5.1. EOS Utility	15
2.5.2. IrfanView	16
2.5.3. Adobe Photoshop	16
2.5.4. ImageJ.....	17
2.5.5. MS Excel.....	18
3. EKSPERIMENTALNI DIO	19
3.1. ZADATAK.....	20
3.2. MATERIJALI I METODE	20
3.2.1. Priprema uzorka	22
3.2.2. Oprema i zadani parametri.....	22
3.2.3. Primjena računalne analize slike	23
3.2.4. Uporaba računalnih programa	23
4. REZULTATI I RASPRAVA	25
4.1. PRIKAZ REZULTATA	26
4.2. RASPRAVA	29
4.3. USPOREDBA S LITERATUROM	31
5. ZAKLJUČCI	33
6. LITERATURA	35
7. PRILOZI.....	39

Popis oznaka, kratica i simbola

MPRRR	Ministarstvo poljoprivrede, ribarstva i ruralnog razvoja
Piksel	eng. <i>Picture Element</i> = element slike
DIA	eng. <i>Digital Image Analysis</i> = računalna analiza slike
RGB	eng. <i>Red, Green, Blue</i> = crveno, zeleno, plavo
RGB 8-bitni sustav boja	grafički format zapisa slike s $2^8 = 256$ boja ili sivih nijansi
RGB 24-bitni sustav boja	grafički format zapisa slike s $2^{24} = 16,7$ milijuna boja
UV	eng. <i>ultraviolet</i> = ultraljubičasto
IR	eng. <i>infrared</i> = infracrveno
L ili GL	eng. <i>luminosity</i> ili <i>gray level</i> = intenzitet sive nijanse ili razina sivoće
STRUNA	Terminološka baza hrvatskoga strukovnog nazivlja u kojoj se sustavno prikuplja, stvara, obrađuje i tumači nazivlje različitih struka radi izgrađivanja i usklađivanja nazivlja na hrvatskome jeziku.
CIE	fr. Commission Internationale de l'Eclairage = Međunarodna komisija za osvjetljenje

1. UVOD

Prema *Pravilniku o sirevima i proizvodima od sireva*, sirevi su svježiji proizvodi ili proizvodi s različitim stupnjem zrelosti koji se proizvode odvajanjem sirutke nakon koagulacije mlijeka (kravljeg, ovčjeg, kozjeg, bivoljeg mlijeka i/ili njihovih mješavina), vrhnja, sirutke, ili kombinacijom navedenih sirovina (MPRRR, 2009). Ipak, razvoj sira kao proizvoda tekao je postupno; sir nije nastao kao proizvod samo jedne civilizacije, već je otkrićem osnovne tehnologije proizvodnje sira, svaka civilizacija dala nešto novo i unaprijedila proizvodnju. Nadalje, otkriće sira omogućilo je konzerviranje mlijeka, kao lako pokvarljive namirnice, na duže vremensko razdoblje uz akumulaciju financijske vrijednosti (Matijević, 2015).

U razdoblju srednjeg vijeka osmišljene su recepture za mnoge sireve koji su i danas zastupljeni na tržištu. Tada su se oni proizvodili manufakturno u samostanima i njihova proizvodnja je na neki način smatrana umjetnošću (Havranek i sur., 2014; Matijević, 2015). Intenzivnim razvojem znanosti u 19. stoljeću, sirevi se sve više počinju proizvoditi industrijski i u kontroliranim uvjetima. Jedna od najvećih prekretnica bila je uvođenje pasterizacije u postupak proizvodnje. Na taj način uništeni su mikroorganizmi iz mlijeka, a naknadno dodane starter kulture su mogle slobodno djelovati zakiseljavajući mlijeko. Postupak proizvodnje postao je kontroliran i rezultirao je kvalitetnijim gotovim proizvodom (Johnson, 2017).

U proizvodnji sira ističu se četiri glavne operacije. Standardizacija mlijeka koja uključuje podešavanje udjela mliječne masti i proteina. Zatim, koagulacija u kojoj se kazeinske micelle modificiraju djelovanjem proteolitičkih enzima i/ili bakterija mliječne kiseline te nastaje gruša (koagulum). Slijedi cijeđenje, to jest, odvajanje sirutke od gruša, koje se pospješuje prešanjem u kalupima. Zrenje je posljednja operacija koja je najvažnija za formiranje arome proizvoda uslijed lipolitičkih i proteolitičkih promjena (Havranek i sur., 2014; Croguennec i sur., 2016).

Prema Havranek i sur. (2014) i prema Matijević (2015) u postupku proizvodnje sira mogu se dodavati dodatci, to jest, tvari koje služe za korekciju postupka proizvodnje sira (enzimski pripravci, pojedine soli, prirodne boje, konzervansi i sl.). S druge strane, u ovom radu se pod pojmom dodatci podrazumijevaju vidljivi dodatci koji se dodaju u sir kako bi se dodatno obogatila aroma zrelih sireva. Najčešće su to začini ili začinsko bilje, na primjer: papar, masline, bučine koštice, vlasac, kopar, kurkuma, chilli paprika, tartufi i slično. Svrha tog tretmana je postizanje duže trajnosti, smanjenje kalamita te postizanje tipičnog i karakterističnog izgleda i okusa sira (Matijević, 2015). Upravo ti jedinstveni okusi i prirodni sastojci potiču ljude na

kupuju i konzumaciju začinima obogaćenih sireva pa zbog toga raste njihova proizvodnja, ali i kreativnost tehnologa u njihovom kreiranju.

Posebno mjesto u dodatcima siru zauzimaju tartufi koji su takozvane „gurmanske“ gljive. Rastu pod zemljom, budući da žive u simbiozi s korijenom biljke domaćina, najčešće hrasta ili lješnjaka. Stoga ih je teško pronaći pa se koristi pomoć pasa tragača. Budući da su tartufi sezonskog karaktera i da je teško održati njihovu svježinu kroz duži period, njihovo dodavanje u druge prehrambene proizvode pokazalo se vrlo korisnim (Phong i sur., 2022).

Računalna analiza slike je metoda koja može biti korištena kao alat za određivanje homogenosti razdiobe šupljina i dodataka u siru. Caccamo i sur. (2004) ističu kako navedena metoda može služiti za kontrolu kvalitete u proizvodnji sira. Budući da je metoda nedestruktivna i da se fotografije uzoraka mogu pohraniti na duže vremensko razdoblje može se uspostaviti korelacija s procesnim uvjetima i reagirati na eventualne nedostatke u procesu proizvodnje (Caccamo, 2004).

Kako bi računalna analiza slike bila adekvatno provedena, fotografije uzoraka se prvo prihvaćaju na računalo putem programa za akviziciju (EOS Utility). Zatim slijedi njihova obrada i priprema za analizu (IrfanView, Adobe Photoshop), sama analiza (ImageJ) te obrada dobivenih podataka u zasebnom programu (MS Excel).

2. TEORIJSKI DIO

2.1. POVIJEST SIRARSTVA

Pretpostavlja se da je sir otkriven slučajno. Grušanje je bilo pospješeno kombinacijom spontanog vrenja prirodno prisutnim bakterijama mliječne kiseline te čuvanjem i transportom mlijeka u životinjskim mješinama. Nakon prihvaćanja sira kao vrijedne i fine namirnice, ljudi su počeli pronalaziti načine kako mu što duže očuvati trajnost pa su ga sušili na zraku, solili i dimili. Prvi dokazi o proizvodnji sira su perforirane keramičke posude (oko 6000. god. pr. Kr., Europa), pretpostavlja se da su one služile za odvajanje sirutke od gruša. Sumerani su prvi na glinenim pločicama opisali postupak proizvodnje sira oko 4000. god. pr. Kr. Postoji još niz dokaza o tome da su razni narodi proizvodili sir i davali mu različita imena. Na primjer, u starom Rimu potražnja sira bila je velika pa je car Dioklecijan bio prisiljen izdati Dekret kojim se poticala proizvodnja i regulirala maksimalna cijena sira. Osim ekonomske važnosti sira, vrlo rano je prepoznata i njegova nutritivna vrijednost, tj. njegov pozitivan utjecaj na zdravlje. Već je Hipokrat (460. god. pr. Kr.) preporučio sirutku u terapijama protiv tuberkuloze, kožnih bolesti, žutice i probavnih smetnji (Matijević, 2015).

Ipak, većina sireva koje danas poznajemo nastala je u srednjem vijeku. Sirevi su se u tom razdoblju uglavnom proizvodili u samostanima zbog velikog utjecaja Crkve na društveni život. Također, budući da se proizvodnja sira čuvala kao tajna, u različitim regijama sirevi su nazivani različitim imenima, iako su se primijenjeni postupci proizvodnje samo neznatno razlikovali (Matijević, 2015).

Industrijska proizvodnja sira počinje tek u drugoj polovici 19. stoljeća. Intenzivan razvoj znanosti u tom razdoblju objasnio je kemijske, biokemijske i mikrobiološke procese tijekom sirenja i zrenja sira. U području mikrobiologije veliki doprinos može se pripisati Louisu Pasteuru koji je otkrio bakterije mliječne kiseline te njihovu važnost za procese sirenja i zrenja sira. Također, istraživanjima je potvrdio da mikroorganizmi uzrokuju kvarenje sira te da se to može spriječiti primjenom topline. Kasnije je postupak zagrijavanja mlijeka koji uništava sve patogene i većinu ostalih mikroorganizama (njemu u čast) nazvan pasterizacijom (Matijević, 2015). Stoga je uvođenje pasterizacije mlijeka u industriju 1862. godine bilo velika prekretnica u proizvodnji sira. Također, osmišljene su i brojne tehničke inovacije; poput izuma separatora za obiranje mlijeka (Gustav de Laval, 1879. godine), upotrebe čistih kultura u sirarstvu od 1891. godine, konstrukcije zgotovljača sira 1936. godine, razvoja mikrobni sirila 1976. godine i sl.

Sve navedeno je doprinijelo olakšanju proizvodnje, smanjenju ljudskog rada te dobivanju kvalitetnijih sireva u većim količinama (Matijević, 2015; Lučan Čolić, 2021).

2.2. POSTUPAK PROIZVODNJE

Postupak proizvodnja polutvrdih i tvrdih zrelih sireva uključuje devet procesnih koraka. To su: priprema mlijeka za sirenje (uklanjanje nečistoća, pasterizacija i standardizacija), dodavanje mljekarskih kultura, dodavanje sirila, sirenje mlijeka uz obradu gruša i sirnog zrna, prešanje i oblikovanje sira, soljenje, zrenje, njega te skladištenje i priprema za tržište. Iz mlijeka je prvo potrebno ukloniti nečistoće te provesti postupak pasterizacije. Toplinska obrada primjenjuje se kako bi se izbjegle fermentacijske pogreške prilikom proizvodnje sira, a preporučuje se takozvana srednja pasterizacija na temperaturama (72 – 75) °C tijekom 20 s (Havranek i sur., 2014). Priprema mlijeka za sirenje uključuje i standardizaciju mliječne masti. Budući da različite vrste sireva sadrže različit udio masti u suhoj tvari, tipizacija se vrši obiranjem vrhnja ili dodavanjem obranog vrhnja (Havranek i sur., 2014). Osim standardizacije masti može se provesti i standardizacija proteina mlijeka kako bi se poboljšala koagulacijska svojstva te se povećali prinosi i kvaliteta sira (Croguennec i sur., 2016). Također, u industrijskoj proizvodnji dodaje se kalcijev klorid, CaCl_2 , budući da udio kalcija, Ca, varira ovisno o periodu laktacije (Croguennec i sur., 2016). Osim toga, na taj način se skraćuje vrijeme zgrušavanja mlijeka (Havranek i sur., 2014).

Danas se u industriji najčešće upotrebljavaju zamrznute ili liofilizirane mljekarske kulture (**Slika 1**). To su prethodno selekcionirani sojevi bakterija koji proizvode mliječnu kiselinu uz tvorbu hlapljivih aromatskih sastojaka, vrše proteolizu prilikom zrenja te sprječavaju rast patogena i mikroorganizama kvarenja (Havranek i sur., 2014).



Slika 1 Liofilizirana mlijeckarska kultura (preuzeto s: Brouwland)

Ključna operacija prilikom koje mlijeko prelazi u sir je zgrušavanje. Ono uključuje kemijsku i fizikalnu modifikaciju kazeinskih micela, djelovanjem proteolitičkih enzima i/ili bakterija mliječne kiseline, te nastaje trodimenzionalna proteinska mreža koja se naziva gruša/koagulum. Grušanje mlijeka može se provesti na tri načina. Upotrebom sirila gdje je grušanje posljedica aktivnosti enzima kimosina koji uvjetuje modifikaciju kazeina mlijeka. Prirodnim zakiseljavanjem mlijeka bakterijama mliječne kiseline (do pH 4,6), u tim uvjetima kazein gubi dio hidratacijskog sloja te se demineralizira i umrežava. Ovim se načinom dobiva mekan gruša (proizvodnja svježih sireva). Treći način koagulacije je primjenom organskih kiselina (najčešće octene i limunske) u kombinaciji s visokim temperaturama (80-95) °C prilikom čega se destabiliziraju kazeinske micelle i izdvaja gruša (Havranek i sur., 2014; Kalit, 2015). U usporedbi s kiselinskim grušanjem, zgrušavanje mlijeka sirilom je brže, a dobiveni gruša je čvršći i podložniji mehaničkoj obradi. Zbog toga se upravo ovaj način koagulacije koristi za proizvodnju polutvrdih i tvrdih sireva (Havranek i sur., 2014).

Nakon grušanja mlijeka važno je u što većoj mjeri odvojiti sirutku od samog gruša. Tako se kod tvrdih vrsta sireva (npr. istarski) odvajanje sirutke pospješuje rezanjem gruša na sitnija zrna te dogrijavanjem smjese sirutke i sirnog zrna na temperature više od 40 °C uz intenzivno miješanje tijekom dogrijavanja (Kalit, 2015). Glavni cilj dogrijavanja je stezanje i očvršćivanje gruša uz otpuštanje viška sirutke kako bi se oblikovala potrebna tekstura za daljnje operacije (prešanje i soljenje) (Havranek i sur., 2014).

Prešanjem se omogućava daljnje izdvajanje sirutke, povezivanje sirnog zrna u kompaktnu sirnu masu te daljnje oblikovanje sira i stvaranje kore. Tvrdi sirevi prešaju se pod većim pritiskom

(200-500 g/cm²), a samim time prešanje duže traje budući da je važno održati postupno povećanje pritiska. U protivnom bi se kora stvorila prebrzo te spriječila daljnje otjecanje sirutke. Krajnji cilj prešanja je zatvaranje vanjske površine sira što sprječava prodor mikroorganizama u sir (Havranek i sur., 2014; Lučan Čolić, 2021).

Sljedeća operacija je soljenje. Cilj ove operacije je stvaranje okusa uz konzerviranje i sušenje sira. Udio u kojem se dodaje znatno varira ovisno o vrsti sira, prema Havranek i sur. (2014) taj se raspon kreće od 0,6 do 7%. Također, soljenjem se zaustavlja daljnje djelovanje bakterija mliječne kiseline čime se sprječava proizvodnja previše kiselih sireva. Ova operacija može se provoditi soljenjem na suho, soljenjem sirnog zrna ili u salamuri (najčešće). Prilikom salamurenja sol prodire u sir difuzijom, a sirutka se iz sira izlučuje osmozom (Havranek i sur., 2014).

Prema Croguennec i sur. (2016) prilikom zrenja dešavaju se tri važne biokemijske promjene: fermentacija zaostale laktoze i njezin prelazak u mliječnu kiselinu, hidroliza masti i proteina te razvoj arome oslobađanjem masnih kiselina i aminokiselina. Zrenje je zapravo prelazak jednolične, gumaste i neprivlačne sirne mase u sireve sa specifičnim okusom, mirisom, bojom, teksturom i strukturom (Havranek i sur., 2014). Zrenje sira uzrokuju enzimi koji mogu biti različitog podrijetla; prirodno prisutni enzimi iz mlijeka, enzimi sirila te enzimi mikroorganizama (Croguennec i sur., 2016). Prilikom lipolize oslobađaju se masne kiseline, one tada postaju slobodne te su zajedno sa svojim metabolitima važan izvor aromatskih spojeva. Osim toga, mast otapa i apsorbira različite aromatske spojeve koji se onda oslobađaju prilikom konzumacije sira (žvakanje). Ipak, intenzivna i preizražena lipoliza je nepoželjna zato što se tada slobodne masne kiseline oksidiraju i uzrokuju užeglost, to jest, neuravnoteženu aromu sira, ponekad i na pokvareno. Proteoliza je razgradnja proteinske mreže kazeina koja se očituje u omekšavanju teksture sira, smanjenju sadržaja slobodne vode te povišenju pH vrijednosti. Na aromu najviše utječu mali peptidi i slobodne aminokiseline čiji katabolizam uzrokuje nastajanje ukusnih i aromatičnih spojeva. Za pravilno zrenje sira važna je odgovarajuća temperatura i relativna vlažnost zraka te prozračnost i čistoća zrionica (**Slika 2**) (Havranek i sur., 2014).



Slika 2 Zrenje sira (web 1)

Sa samim zrenjem sira usko je povezana i njega sira. Ona uključuje: okretanje, brisanje suhom ili vlažnom krpom, četkanje, ribanje, struganje. Provođenjem navedenih postupaka sprječava se razvoj plijesni ili prekomjernog maza na siru (Kalit, 2015).

Prije same distribucije sirevi se najčešće pakiraju u vakuum termo-skupljajuće vrećice ili u vakuum termo-formirajuće folije. Pakiraju se kao cijeli zreli sirevi ili razrezani na četvrtine, šestine ili osmine (Kalit, 2015).

2.2.1. Vrste sireva

Sirevi sa svjetskog tržišta kategoriziraju se na različite načine. Mogu se podijeliti prema vrsti mlijeka od kojeg se proizvode (kravlje, ovčje, kozje, bivolje...), prema načinu koagulacije (kiselinska, enzimska, toplinska), prema vrsti zrenja (zrenje s ili bez pomoći bakterija mliječne kiseline, zrenje uz pomoć plijesni) te prema sličnom načinu proizvodnje (Matijević, 2015). Ipak, prema *Pravilniku o sirevima i proizvodima od sireva* (MPRRR, 2009) sirevi se dijele po konzistenciji i količini masti u suhoj tvari. Prema udjelu vode u bezmasnoj tvari sira (konzistencija) razlikuju se: ekstra tvrdi sir (ispod 51%), tvrdi sir (49-56)%, polutvrdi sir (54-69)%, meki sir (iznad 67%) i svježiji sir (69-85)%. Prema udjelu mliječne masti u suhoj tvari sira razlikuju se: ekstramasni (iznad 60%), punomasni (45-60)%, masni (25-45)%, polumasni (10-25)% te posni (ispod 10%).

2.2.2. Sirevi s dodatcima

Prema *Pravilniku o sirevima i proizvodima od sireva* (MPRRR, 2009) sirevi s dodatcima nisu posebno kategorizirani, a nije navedeno niti što se sve pod dodatcima u sir podrazumijeva. Ipak, jasno je da niti jedan dodatak ne smije preuzeti aromu sira, već je treba obogatiti, pozitivno utjecati na boju sira i slično.

Stoga su najčešći vidljivi dodatci koji se dodaju u sireve biljke, začini i mirodije. Mogu se dodavati u grušu prije prešanja ili pak sirevi zriju omotani u raznovrsno začinsko bilje (Hayaloglu i Farkye, 2011; Racette i Drake, 2022). Postoji više razloga za njihovo dodavanje. Prije svega dodaju se kako bi promovirali konzumaciju sira, potrošačima ponudili varijacije u okusima te formirali nove okuse (Hayaloglu i Farkye, 2011; Yerlikaya i sur., 2020). Osim toga, sirevi su prihvaćeniji kod kupaca kada sadrže začina koji im daje lijepu boju (Hayaloglu i Farkye, 2011). Tu činjenicu potvrđuje istraživanje koje su proveli Racette i Drake (2022); potrošači su bolje prihvatili sireve koji su sadržavali kombinaciju crvenih i zelenih *jalapeno* i narančastih *habanero* papričica u usporedbi s formulacijom koja je sadržavala samo zelene papričice. Nadalje, pojedini sastojci začina imaju funkcionalna svojstva koja promoviraju zdravlje konzumenata. Primjerice; origano, bosiljak, menta i kadulja su poznati po svojem antioksidativnom i antimikrobnom djelovanju (Hayaloglu i Farkye, 2011; Yerlikaya i sur., 2020). Također, istraživanje Yerlikaya i sur. (2020) potvrdilo je produljenje roka trajanja sira Mozzarelle dodatkom začinskog bilja zbog povoljnog utjecaja na pH, kiselost i slobodne masne kiseline. Pozitivan utjecaj na trajnost proizvoda povezan je i s njegovim okusom. Dodatci (origano i menta) su djelovali na pH, kiselost, slobodne masne kiseline, teksturu i mikrostrukturu Mozzarella sira što je uzrokovalo njegovu bolju prihvatljivost te bolju aromu.

Ipak, postoje određeni zahtjevi koji se moraju poštivati prilikom dodavanja začina u sireve. Začini i biljke mogu biti izvori mikroorganizama pa stoga prethodno moraju proći kontrole i biti kvalitetni. Nadalje, ne smiju u potpunosti preuzeti okus sira i prevladati. Također, vrlo je važno da dodano začinsko bilje ne utječe na metabolizam i aktivnost startera, to jest, bakterija mliječne kiseline (Hayaloglu i Farkye, 2011).

Osim ranije spomenutih biljaka i začina još se mogu dodavati: hren, majčina dušica, češnjak, kumin, peršin, kim, estragon, muškatni oraščić, sušene rajčice, vlasac, kopar, papar, kurkuma, tartufi itd. (Hayaloglu i Farkye, 2011). Također, neki sirevi odležavaju/zriju u mješavinama začina ili su pak uronjeni u trop vina, trop višnje maraske ili u kominu masline. Kako bi se

očuvala tradicija pojedini sirevi se posipavaju pepelom (lugom) ili se omataju u orahov list (Hayaloglu i Farkye, 2011).

2.2.3. Primjeri sireva sa začinima

U kategoriji sireva koji imaju začine u unutrašnjosti ističu se: turski sir Otlu koji u svojem sastavu ima 25 različitih biljaka (Hayaloglu i Farkye, 2011), francuski sir Dauphin (polutvrđi sir od kozjeg mlijeka) u čiji se gruš dodaju estragon i papar, francuski sir Le roule (svježi, kravljji sir) zamotan je u svježe začinsko bilje (npr. vlasac) i formiran u oblik role. Zatim, nizozemski sir Leyden (tvrđi, kravljji sir) čiji se gruš miješa sa zrnjem kumina prije nego se pritisne i opere u salamuri. Kumin siru daje aromatičan okus koji je dobar kontrast kremastom, orašastom karakteru sira (Harbutt, 2000). Turski Carra sir ima začine i na površini i u unutrašnjosti; u gruš se dodaje kumin i majčina dušica, a izvana se radi pasta od pepela, ulja, soli i vode. Švicarski Panorama i Bellevue sirevi se izvana oblažu mješavinom kadulje, majčine dušice i bosiljka, a zrenjem se osigurava aroma začina u cijelom volumenu sira. Talijanski sir Burricato San Marino se zamata u mješavinu mente, majčine dušice i ružmarina (Hayaloglu i Farkye, 2011).



Slika 3 Sir s tartufima i tartufi (preuzeto s: Karlič tartufi, Gir d. o. o.)

2.3. TARTUFI

Tartufi su takozvane „gurmanske gljive“. Mogu se pronaći diljem Europe, Azije, Sjeverne i Južne Amerike, a u Hrvatskoj najviše u području doline rijeke Mirne u Istri. Tartufi (Slika 3) su vrsta jestivih gljiva koje rastu u zemlji poput gomolja i pripadaju rodu *Tuber* (Web 1, 2022).

Tartufi se svojom aromom i teksturom te svojim izgledom znatno razlikuju od drugih jestivih gljiva. Prema Phong i sur. (2022) opisani su kao generalno čvrsti, gusti, drvenasti te bez stabljike i pora. Osim toga, tartufi se razlikuju i međusobno. Najosnovnija podjela je na crne i bijele tartufe, zatim sljede podjele prema vremenu dozrijevanja i prema geografskom podrijetlu. Najpoznatije vrste tartufa koje se mogu pronaći i u Hrvatskoj (Istra) su: *Tuber aestivum* (crni ljetni tartuf), *Tuber uncinatum* (crni tartuf), *Tuber magnatum* PICO (bijeli tartuf) i *Tuber melanosporum* (crni zimski tartuf). Crni ljetni tartuf (lat. *Tuber aestivum*) izvana je tamne boje s izraženom hrapavom i piramidalnom korom; takav oblik kore formira kamenje iz tla koje okružuje tartufe prilikom njihova rasta. Sezona njegove berbe je od svibnja do listopada. Aroma zrelog tartufa je drvenasta, na češnjak i gljive s notom lješnjaka. Između ostalog preporuča se njihova konzumacija uz zrele tvrde sireve. Crni zimski tartuf (lat. *Tuber melanosporum*) izvana je smeđe-crne boje i kuglasta oblika, a unutrašnjost mu je crvenkasto-crna s razgranatim izbrazdanim svijetlim i tankim žilama. Bere se od studenog do ožujka. U fazi zrelosti aroma mu je slična aromi bijelog tartufa, uz više izraženu notu na češnjak. Crni tartuf (lat. *Tuber uncinatm*) bere se od rujna do siječnja. Odlikuje se tamnom i smeđom površinom s velikim izbočinama dijamantnog oblika. Unutrašnjost mu je boje kave, čvrsta te prošarana mnogim tankim bijelim žilicama. Aroma je uglavnom na orašaste plodove. Bijeli tartuf (lat. *Tuber magnatum* PICO) raste vrlo kratko, od listopada do prosinca, izvana je uglavnom glatke oker žute boje. Unutrašnjost je čvrsta, na početku bjelkasta, a zatim blijedožuta, oker smeđa, crvenkasto smeđa te prošarana mnogim tankim bijelim žilicama. Zahvaljujući svojoj aromi na zemlju, luk, sir i češnjak odlično se sljubljuje sa zrelim tvrdim i polutvrdim sirevima (Web 1 i 2, 2022). Berba bilo koje vrste tartufa može se izjednačiti s riječju lov zato što je za pronalaženje tartufa potrebno dugogodišnje iskustvo tartufara i pomoć istreniranih pasa tragača tartufa. Osim što ih je teško pronaći teško ih je i skladištiti kako bi što bolje očuvali svoju aromu (Web 1, 2022). Phong i sur. (2022) naveli se sljedeće izazove u industriji tartufima: tartufi imaju vrlo ograničenu trajnost nakon berbe (otprilike 7-10 dana), namirnice su sezonskog karaktera, teško je održavanje njihove mikrobiološke sigurnosti i kriterija kvalitete, nedostaju mjerila za kvalitetu arome tartufa. Također, samo tržište nameće dodatne probleme poput pojave tartufa po nižoj cijeni (primjerice takozvani pustinjaški tartufi koji su i manje kvalitetni) te proizvodnja sintetskih aroma tartufa (Phong i sur., 2022). Budući da nisu postavljeni jasni kriteriji kako se provjerava kvaliteta tartufa, česta je pojava prevare i manipulacije potrošačima. Obično se veći i pravilniji tartufi smatraju kvalitetnijima, što ne mora uvijek biti

točno budući da aroma nije povezana s oblikom (Phong i sur., 2022). Stoga su Kappacher i sur. (2022) napravili istraživanje o razvoju metode koja sprječava varanje potrošača jer omogućuje nedestruktivnu, brzu i jeftinu provjeru kvalitete tartufa primjenom bliske infracrvene svjetlosti (NIR). U ovom istraživanju Kappacher i sur. (2022) su uspjeli: razlikovati vrste *T. melanosporum* i *T. indicum*, razlikovati svježe od zamrznutih pa ponovno odmrznutih tartufa, klasificirati svježe tartufe, pratiti stupanj narušavanja kvalitete prilikom skladištenja (tijekom 26 dana) te klasificirati *T. melanosporum* prema geografskom podrijetlu. S druge strane, trenutne metode za poboljšanje vijeka trajanja tartufa su: skladištenje na hladnom (4 °C), zamrzavanje, liofilizacija, sušenje te pakiranje u modificiranoj atmosferi (Phong i sur., 2022). Budući da svaka od navedenih metoda ima nedostataka Phong i sur. (2022) rješenje vide u ekstrakciji arome tartufa, prednosti toga postupka su: ekstrakt arome tartufa prirodan je i siguran dodatak, proširuje se dostupnost i upotrebljivost arome tartufa, ekstrakt je alternativa umjetnim aromama tartufa, omogućava se izvoz i šira primjena arome tartufa na tržištu te samim time i razvoj novih prehrambenih proizvoda s aromom tartufa. Na kraju svojeg rada Phong i sur. (2022) su zaključili da ekstrakcija aroma tartufa pospješuje rast industrije tartufa i istovremeno pruža nove mogućnosti prehrambenoj industriji te kao najbitnije omogućava očuvanje izvorne arome tartufa tijekom cijele godine. Također, produljenju trajnosti i dostupnosti tartufa doprinosi korištenje arome tartufa i njihovih komadića u obogaćivanju prehrambenih proizvoda. Široka je paleta namirnica u koju se dodaju kako bi je oplemenili. Ipak; namirnice poput mlijeka, maslaca, sira i jaja su vrlo pogodne budući da mogu apsorbirati i poprimiti aromu tartufa (Web 1, 2022). Osim toga, kompatibilnost tartufa sa sirom dokazuje i činjenica da je u aromatskom profilu tartufa zastupljen spoj 3-metil-1-butanol koji tartufima daje aromu na sir (Phong i sur., 2022).

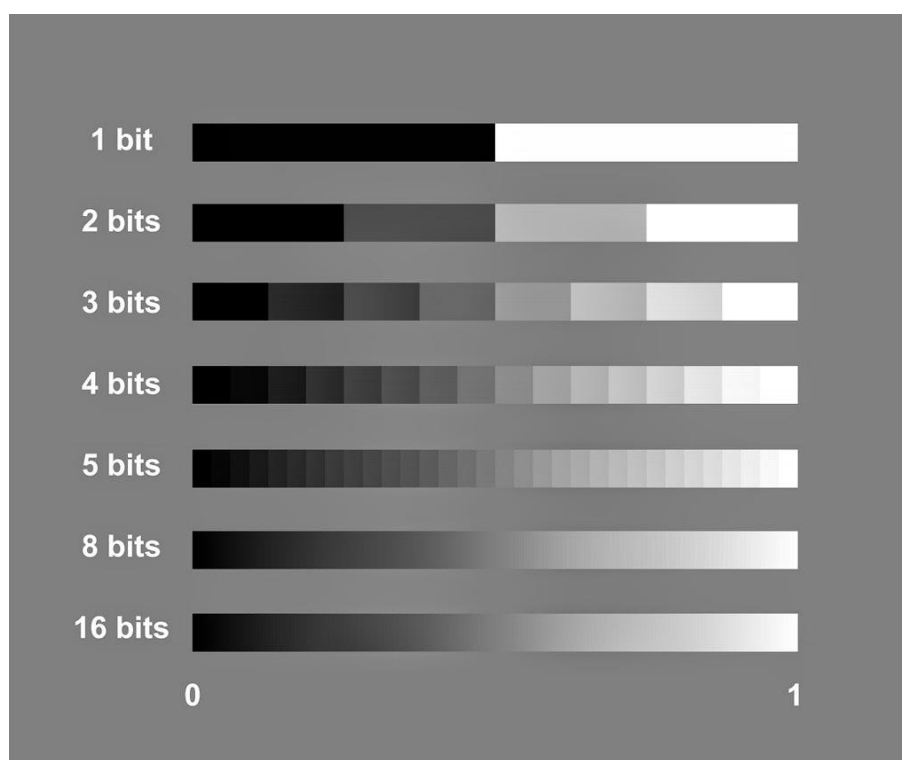
2.4. RAČUNALNA ANALIZA SLIKE

Računalna analiza slike (eng. *Digital Image Analysis, DIA*) je metoda pomoću koje se na nedestruktivan i ponovljiv način mogu dobiti željeni podatci o analiziranim uzorcima. Potrebno je pripremiti uzorke, odrediti kut fotografiranja i postaviti odgovarajuću rasvjetu. Budući da boja analiziranog uzorka ovisi o količini svjetlosti koju će njegova površina reflektirati, važno je da se količina svjetlosti jednako rasprostire na svakom dijelu uzorka (Vukas, 2019). Idući korak je priprema fotografije kako bi se dobio odgovarajući kontrast koji je pogodan za analizu. To se može postići na više načina, mijenjanjem digitalnog RGB (eng. *Red, Green, Blue* = crveno,

zeleno, plavo) prostora boja u druge prostore boja ili mijenjanjem cijelog spektra iz vidljivog u UV (eng. *ultraviolet* = ultraljubičasti) ili IR (eng. *infrared* = infracrveni) spektar. Na primjer, osvjetljavanjem UV svjetlom moguće je razlikovati masno od mesnog tkiva unutar smjese mljevenog mesa (Youssef i sur., 2005). Osim podešavanja boja putem računalne analize slike mogu se proučavati morfologija (oblik) i prostorna dubina. Između ostalog, morfološka analiza se može primijeniti prilikom determinacije mikroorganizma, a analiza prostorne dubine u proučavanju sira, šupljina kruha i ostalih pekarskih proizvoda (Youssef i sur., 2005).

Piksel (eng. *picture element* = element slike) predstavlja najmanji sastavni element digitalne slike (Wikipedia; Web 3). Što je količina piksela veća, to je veća i rezolucija, a samim time je bolja i kvaliteta snimljene fotografije (Vukas, 2019).

Radi jednostavnijeg provođenja računalne analize slike, RGB sustav boja koji je primarno 24-bitni model i ima raspon od 16,7 milijuna boja, prevedu se u RGB 8-bitni model koji se sastoji od 256 boja. Tada se informacije o pikselima bilježe kao intenziteti crvene, zelene i plave boje.



Slika 4 Prikaz modela boja prevedenih u sive nijanse

Nadalje, slike koje su digitalizirane u paleti od 256 boja prema **Formuli 1** se prevode u slike s 256 nijansi sive boje odnosno svi pikseli fotografije prikazuju se nekom sivom nijansom (CIE, 1931). (L = eng. *luminosity* ili *gray level* = intenzitet sive nijanse ili razina sivoće).

$$L=0,3*R + 0,59*G + 0,11*B \quad (1)$$

gdje su R, G i B intenziteti crvene, zelene i plave boje u pojedinom pikselu na slici.

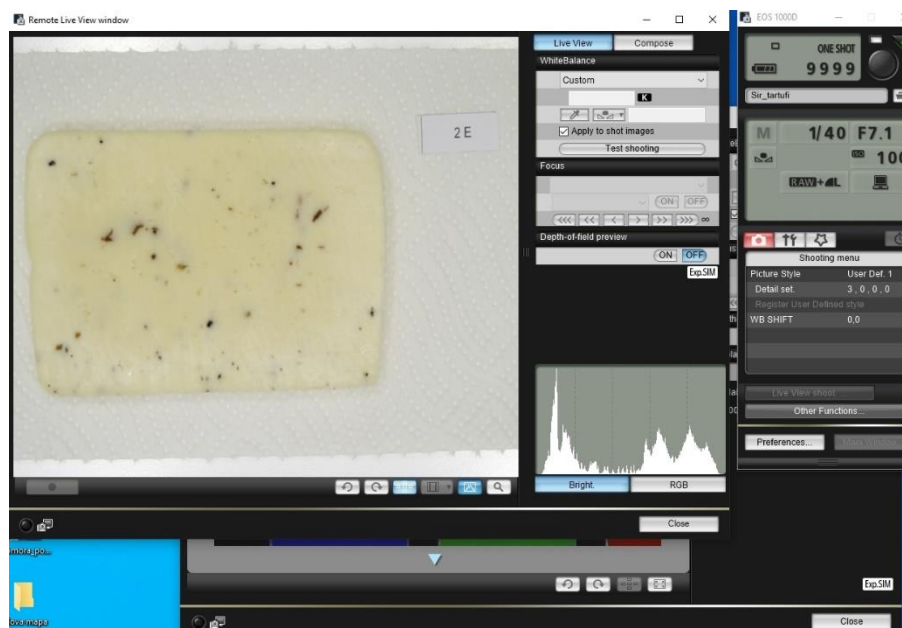
Budući da intenzitet svjetlosti nije jednak u svakoj pojedinoj točki slike, provodi se takozvano nijansiranje sivog na slici (**Slika 4**). Točnije, potrebno je pronaći najsvjetliji element i pripisati mu vrijednost 255 (bijelo) te najtamniji element i pripisati mu vrijednost nula (crno) (CIE, 1931).

Računalom se karakteristike slike definiraju kvantitativno, precizno, objektivno, jednostavno i brzo. Zbog toga se računalni vid koristi u industrijama kao nedestruktivna metoda za kontrolu kvalitete proizvoda i procesa proizvodnje (Youssef i sur., 2005; Vukas, 2019).

2.5. RAČUNALNI PROGRAMI

2.5.1. EOS Utility

EOS Utility je programska podrška (eng. *software*) koja olakšava prijenos fotografija s digitalnog fotoaparata (kamere) na osobno računalo. Osim toga, omogućava upravljanje fotoaparatom putem računala bilo da su povezani preko USB kabla ili umreženi putem Wi-Fi-a (Web 4). Korisnik može birati gdje će se snimljene fotografije pohranjivati; mogu se automatski prebaciti na računalo, pohraniti se u memorijsku karticu fotoaparata ili oboje. Također, prije nego što se fotografija snimi, na zaslonu računala omogućava se predpregled (**Slika 5**). Na taj način korisnik može kontrolirati fotoaparat putem računala, bilo da se radi o upravljanju postavkama ili uređivanju kompozicije fotografije (Web 5).



Slika 5 Primjer korištenja programa EOS Utility

2.5.2. IrfanView

IrfanView je program koji prvenstveno služi za pregled fotografija, ali omogućava i njihovo uređivanje te pretvorbu grafičkih datoteka. Glavne prednosti ovog programa su brzina, lakoća korištenja i mogućnost rukovanja različitim formatima grafičkih datoteka. Kreirao ga je Irfan Škiljan 1996. godine pa je program dobio ime po njemu (Web 6). Osim toga, autor i dalje radi na programu, usavršava ga i kreira nove inačice kako bi program bio kompatibilan s novim verzijama Windows-a. Također, odlučio je program napraviti besplatnim za privatne i edukacijske svrhe (npr. za škole, fakultete, muzeje i knjižnice). Uz ranije navedene prednosti, program je dostupan u 32- i 64-bitnoj verziji, daje podršku za više jezika, omogućava crtanje po fotografijama, upotrebu Adobe Photoshop filtera, pregledavanje svih fotografija iz mape (eng. *folder*) odjednom (nije ih potrebno zasebno otvarati), omogućava mijenjanje dubine boja, obrezivanje fotografija i tako dalje (Škiljan, 2022).

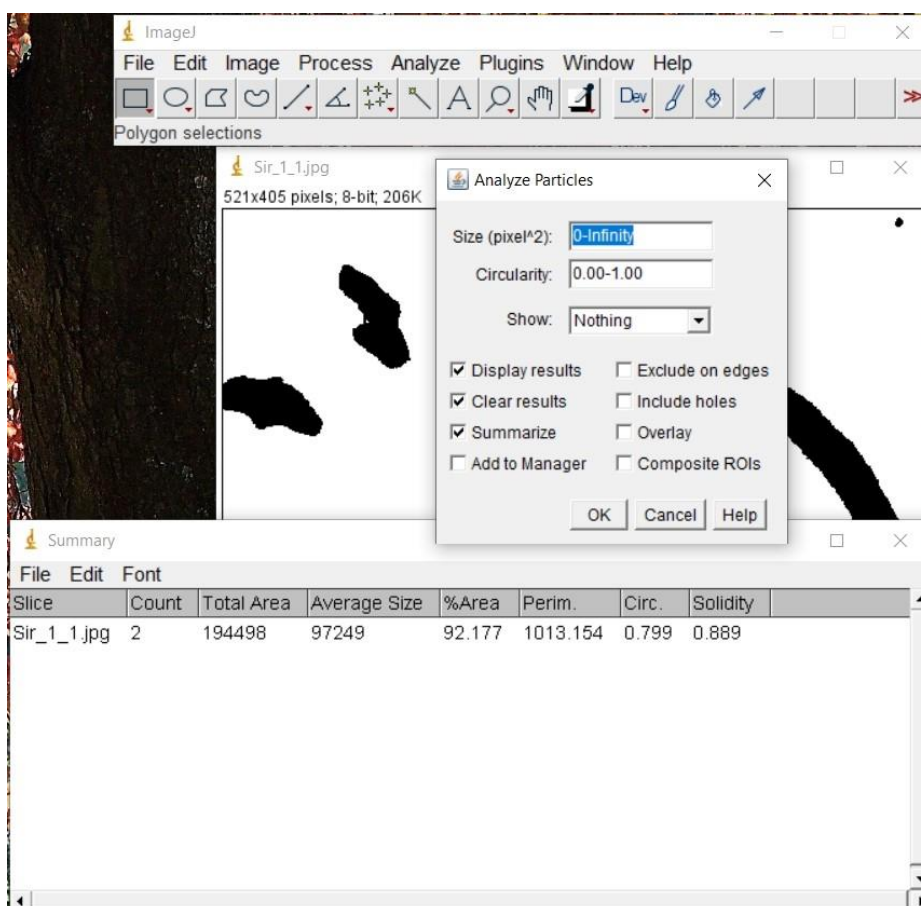
2.5.3. Adobe Photoshop

Adobe Photoshop je program za uređivanje i retuširanje fotografija. Korisniku nudi široku paletu mogućnosti. Neke od njih su: upravljanje bojama fotografija, obrezivanje fotografija, dodavanje crteža ili teksta na fotografije, mijenjanje pozadine fotografija, kreiranje kompozicija fotografija, dodavanje efekata, kreiranje maketa web-stranica. Ukoliko korisnik želi obraditi veći broj fotografija na isti način to može napraviti takozvanim serijskim

uređivanjem (eng. *batch processing*), a moguće su i dodatne aktivnosti pri uređivanju grafičkih datoteka u dodatku *Photoshop Lightroom*. Drugim riječima, na prvoj fotografiji korisnik napravi određenu skupinu uređivačkih akcija koju tada primijeni i na ostale fotografije kako bi ih uredio na jednak način. Osim toga, ovaj dodatak omogućava uređivanje RAW formata fotografija prvenstveno za balansiranje svjetlosti i bijelu ekspoziciju (Smith, 2022).

2.5.4. ImageJ

ImageJ je program koji služi za analizu digitalne slike. Program omogućava: izračunavanje površine i statističke vrijednosti svojstava piksela na odabranim područjima fotografije, kreiranje histograma gustoće, mjerenje udaljenosti i kutova. Osim toga, može se upravljati kontrastom, oštrinom te uklanjati takozvani šum slike. Varijacije ili poremećaji u svjetlini ili boji slike koji ne proizlaze iz prirode snimljenog objekta spadaju u šum slike (STRUNA, 2011). U programu ImageJ omogućeno je i upravljanje gustoćom slike te kalibracija putem sive skale (Web 7). Rezultati mjerenja prikazuju se u zasebnom prozoru/okviru (eng. *window*) i mogu se posebno pohraniti, kopirati ili ispisati na papir (**Slika 6**). Također, slike koje su prostorno ili vremenski povezane mogu se objediniti u skupinu kao slojevi te se tada obraditi sve odjednom na isti način. Program omogućava i selekcije, a tada korisnik odabire područje ili liniju na fotografiji koju želi izmjeriti, filtrirati ili ispuniti (Web 8).



Slika 6 Prikaz sučelja i mogućnosti programa ImageJ

2.5.5. MS Excel

Microsoft Excel je računalni program koji se koristi za obrađivanje i uređivanje brojčanih i tekstualnih podataka. Cijeli program je formiran kao velika proračunska tablica, podijeljena u redove i stupce koji čine ćelije (eng. *cells*). U programu su već kreirane razne formule koje olakšavaju obradu navedenih podataka, od osnovnih računskih operacija preko izračunavanja srednje vrijednosti i standardne devijacije do kompliciranijih i zahtjevnijih formula. Nakon obrade podatci se mogu prikazivati dijagramima, histogramima, linijskim ili drugim grafovima. Tako prezentirani podatci, u grafovima i dijagramima, postaju pregledniji pa se lakše i brže mogu razumjeti (Web 9).

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. ZADATAK

Pravilna razdioba dodataka u prehrambenim proizvodima važna je za izgled proizvoda, ujednačen okus svakog zalogaja i privlačnost kupcima. Zadatak rada je primijeniti metodu računalne akvizicije, obrade i analize slike s ciljem određivanja homogenosti razdiobe dodataka u siru. U eksperimentalnom dijelu rada potrebno je digitalizirati slike različitih uzoraka sira s dodatkom tartufa te ih obraditi i analizirati računalnim programima. U radu će biti analizirani proizvodi koji su dostupni u maloprodajnim trgovačkim lancima. Postupak pripreme uzoraka potrebno je provesti pri kontroliranim uvjetima, a akviziciju slika uzoraka pri kalibriranim osvjetljenostima uzoraka u fotografskoj komori. Primjenom računalne analize slike potrebno je izmjeriti i kvantitativno opisati homogenost razdiobe dodataka u komadima polutvrdih sireva. Rezultati za uzorke različitih sireva bit će obrađeni statistički, uzorci rangirani, ocijenjeni te međusobno uspoređeni.

3.2. MATERIJALI I METODE

Na tržištu su pronađeni uzorci sireva hrvatskih proizvođača. Točnije, šest različitih uzoraka sira s dodatkom tartufa kupljeno je u maloprodajnim trgovinama: Lidl Hrvatska d. o. o., METRO Hrvatska d. o. o., Mercator H d. o. o., SPAR Hrvatska d. o. o., Kaufland Hrvatska k. d. te INTERSPAR Hrvatska d. o. o. Redni broj uzorka te njihova svojstva prikazana su u **Tablici 1** na idućoj stranici.

Tablica 1 Prikaz uzoraka

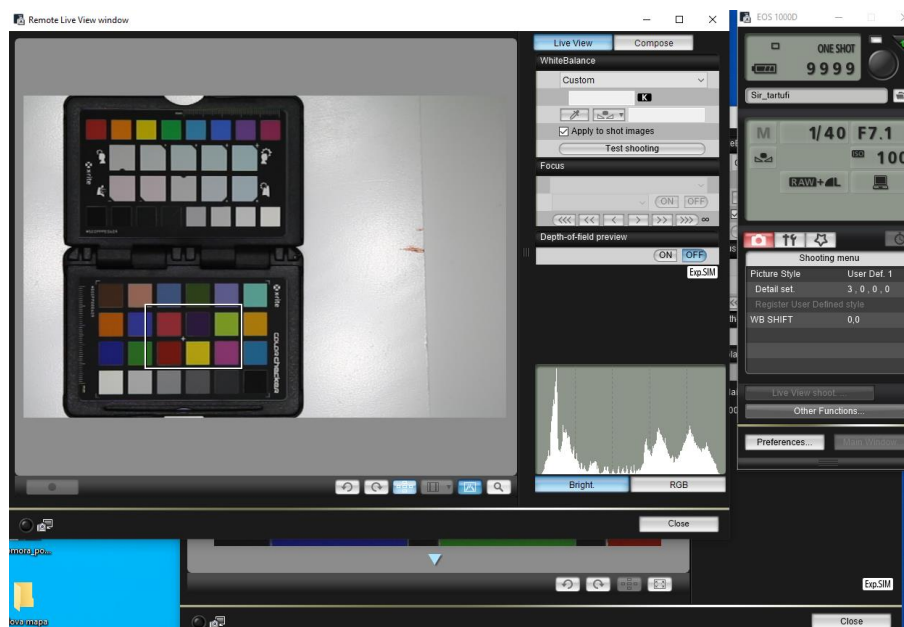
REDNI BROJ	PROIZVOĐAČ	NAZIV SIRA	TIP SIRA	UDIO MLIJEČNE MASTI	SASTOJCI
1.	Zdenka-mliječni proizvodi d. o. o. (Veliki Zdenci, Hrvatska)	Milbona trapist s tartufima	Polutvrdi sir	Punomasni	Pasterizirano mlijeko (96,5%), crni tartuf (1,5%), kuhinjska sol, maslinovo ulje, mliječno-kiselinska kultura, sirilo, kalcijev klorid
2.	Paška sirana d. d. (Pag, Hrvatska)	Giancarlo Zigante sir s tartufima	Polutvrdi sir	Punomasni	Pasterizirano kravlje (80%) i ovčje (20%) mlijeko, crni tartuf (2%), morska sol, mljekarska kultura, aroma, sirilo, lizozim, kalcijev klorid
3.	Agrolaguna d. d. (Poreč, Hrvatska)	Istarski sir Špin s tartufima	Tvrđi sir	Punomasni	Pasterizirano punomasno mlijeko, crni tartuf (2%), maslinovo ulje, aroma tartufa, mljekarska kultura, sirilo, sol, konzervans (lizozim), kalcijev klorid
4.	Zigante tartufi d. o. o. (Buje, Hrvatska)	Spar premium sir s tartufima	Tvrđi sir	Punomasni	Pasterizirano kravlje mlijeko (80%), pasterizirano ovčje mlijeko (20%), crni tartuf (2%), mljekarska kultura, kuhinjska sol, sirilo, lizozim, kalcijev klorid, aroma
5.	Agrolaguna d. d. (Poreč, Hrvatska)	K-Favourites istarski sir s tartufima	Tvrđi sir	Punomasni	Pasterizirano punomasno kravlje mlijeko, crni tartuf (2%), maslinovo ulje, aroma tartufa, mljekarske kulture, sirilo, sol, konzervans (lizozim), kalcijev klorid
6.	Sirana Gligora d. o. o. (Kolan, Hrvatska)	Sir s tartufima	Polutvrđi sir	Punomasni	Kravlje mlijeko, crni tartuf (1,5%), mljekarska kultura, sirilo, kuhinjska sol

3.2.1. Priprema uzorka

Kupljeni sirevi već su bili razrezani na šestine ili osmine (ovisno o veličini koluta) i vakuumirani. Zatim su nožem dodatno rezani na četvrtaste kriške prosječne debljine 1 cm. Narezivanje kriški se provodilo na način kako bi se dobila što veća površina za analizu. Od svakog sira dobivene su četiri kriške, što je onda dalo osam površina za fotografiranje (četiri kriške obostrano). Svakoj površini (ukupno 48 površina) je dodijeljena brojčano-slovna oznaka.

3.2.2. Oprema i zadani parametri

Označeni uzorci su fotografirani u osvijetljenoj fotografskoj komori. Za fotografiranje je korišten digitalni fotoaparat Canon EOS 1000D s objektivom EFS 18-55 mm. U fotografskoj komori osvijetljenost površine uzorka namještena je na stalnu vrijednost od 2240 lx. Za mjerenje osvijetljenosti korišten je digitalni svjetlomjer YF-170 (YF-FONG ELECTRONIC, Tajvan). Boje su kalibrirane podešavanjem vrijednosti bijele boje (eng. *white point*) prema kalibracijskom predlošku ColorChecker Passport (X-rite, USA). Na navedenom predlošku odabrana je bijela točka s 18% sive boje. Za fotografiranje su korištene sljedeće postavke digitalnog fotoaparata: otvor blende F7.1, brzina snimanja 1/40 s, ISO vrijednost 100 (**Slika 7**). Nadalje, slika uzorka je kadrirana i fokus je podešen na najveću oštrinu.

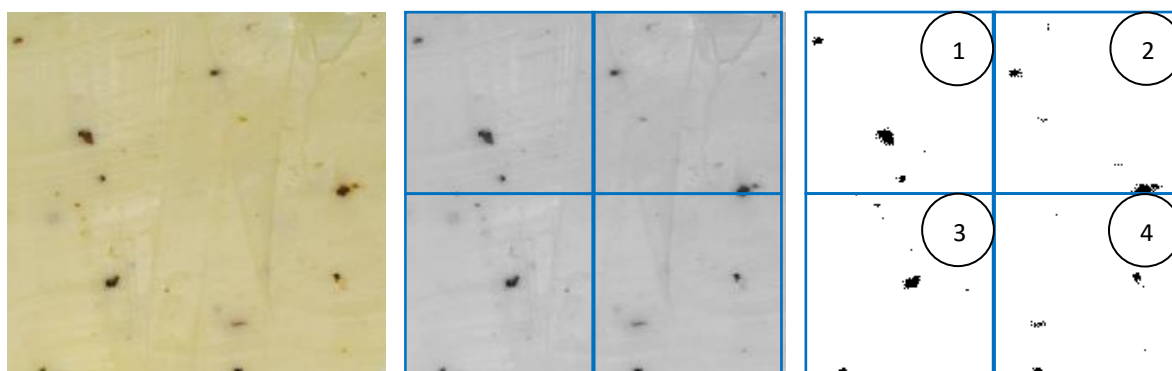


Slika 7 Izgled ekranskog prikaza tijekom podešavanja programa EOS Utility

3.2.3. Primjena računalne analize slike

Aдекватna priprema uzoraka, određivanje kuta fotografiranja te pronalaženje odgovarajućeg stupnja osvjetljenosti, bitni su parametri za osiguravanje uspješnosti računalne analize slike. U ovom radu korištena je računalna analiza slike na temelju boje, točnije njezine svjetline.

Slike uzoraka su priređene za analizu tako da je s njih izabrana najveća moguća kvadratna ili pravokutna površina bez rubova sira. Slike su potom iz 8-bitnog RGB prostora boja prevedene u 8-bitni prostor sivih nijansi, a potom u crno-bijele slike. Tako je površina sira ostala bijela, a površina pod dodacima u siru je postala crno obojana na slikama uzoraka. Za izračun homogenosti razdiobe slika pojedinog uzorka je podijeljena na četvrtine i nakon određivanja površinskog udjela pod tartufima, izračunata je srednja vrijednost iz četiri vrijednosti (**Slika 8**).



Slika 8 Priprema slika za analizu

3.2.4. Uporaba računalnih programa

Za akviziciju slike korišten je ranije naveden digitalni fotoaparatus uz program Canon EOS Utility i osobno računalo (PC). Budući da su računalo i digitalni fotoaparatus povezani putem USB kabela, pritiskom na razmaknicu na tipkovnici računala uzorak je fotografiran, a na računalu je fotografija pohranjena u Canon RAW i JPG formatu. Također, program Canon EOS Utility omogućio je podešavanje postavki digitalnog fotoaparatusa putem računala. Za obradu i pripremu slika za analizu korišteni su programi IrfanView i Adobe Photoshop. IrfanView korišten je za izdvajanje isječka za analizu (eng. *crop*). U programu je označena površina slike (sir) koja se zadržala, a uklonilo se ostatak slike koji nije bio potreban za analizu (slikan dio komore oko sira). Adobe Photoshop korišten je za razdvajanje isječka na četvrtine i prevođenje u crno-bijelu verziju. U programu ImageJ analizirana je svaka četvrtina isječka zasebno. U programu je izračunata površina te statističke vrijednosti svojstava piksela (broj, veličina,

zaobljenost). Rezultati dobiveni primjenom računalne analize slike statistički su obrađeni u programu MS Excel. Standardne funkcije MS Excela korištene su za računanje srednje vrijednosti, minimuma, maksimuma, standardne devijacije te koeficijenta varijabilnosti. Koeficijent homogenosti izračunat je kao recipročna vrijednost standardne devijacije.

4. REZULTATI I RASPRAVA

4.1. PRIKAZ REZULTATA

Od svakog sira izrezane su četiri kriške koje su fotografirane obostrano te je za svaki uzorak sira priređeno po osam slika za računalnu analizu (označene slovima od A do H). Nadalje je svaka od tih slika u programu za obradu podijeljena na četvrtine i svaka četvrtina je bila po jedna slika za analizu (označene brojevima od 1 do 4). Ovakvom pripremom slika za svaki od šest uzoraka sira dobivene su po 32 slike što ukupno daje 192 slike za računalnu analizu (**Prilog 1 i Prilog 2**). Za svaku od njih (192) u programu ImageJ određen je broj komadića tartufa (u **Tablici 2: BROJ KOMADIĆA**), ukupna površina pod tartufima (izmjerena u pikselima), prosječna površina komadića tartufa (izmjerena u pikselima) te površinski udio koji prekrivaju tartufi (izražen u postotcima, %). U **Tablici 2** prikazan je ispis rezultata analiza slika pomoću programa ImageJ, za prvi uzorak sira.

Tablica 2 Prikaz ispisa rezultata analiza slika prvog uzorka pomoću programa ImageJ

UZORAK	KRIŠKA	BROJ KOMADIĆA	UKUPNA POVRŠINA	PROSJEČNA POVRŠINA	POVRŠINSKI UDIO (%)
Sir_1A_1-4	1A_1	9	1784	198,222	0,638
	1A_2	8	1944	243,000	0,696
	1A_3	12	1262	105,167	0,455
	1A_4	7	1007	143,857	0,363
Sir_1B_1-4	1B_1	11	1514	137,636	0,704
	1B_2	6	693	115,500	0,322
	1B_3	7	1680	240,000	0,787
	1B_4	4	329	82,250	0,154
Sir_1C_1-4	1C_1	11	1845	167,727	0,760
	1C_2	4	838	209,500	0,346
	1C_3	7	474	67,714	0,197
	1C_4	3	130	43,333	0,054
Sir_1D_1-4	1D_1	11	1114	101,273	0,437
	1D_2	8	1788	223,500	0,702
	1D_3	2	111	55,500	0,044
	1D_4	7	730	104,286	0,289
Sir_1E_1-4	1E_1	2	30	15,000	0,014
	1E_2	6	1927	321,167	0,913
	1E_3	7	212	30,286	0,100
	1E_4	10	188	18,800	0,089
Sir_1F_1-4	1F_1	10	1645	164,500	0,668
	1F_2	3	521	173,667	0,212
	1F_3	6	672	112,000	0,274
	1F_4	8	887	110,875	0,363
Sir_1G_1-4	1G_1	6	1381	230,167	0,524
	1G_2	13	3022	232,462	1,152
	1G_3	3	622	207,333	0,238
	1G_4	3	281	93,667	0,108
Sir_1H_1-4	1H_1	8	1333	166,625	0,528
	1H_2	5	2378	475,600	0,946
	1H_3	3	67	22,333	0,027
	1H_4	4	800	200,000	0,320

Podatci dobiveni pomoću računalnog programa ImageJ kopirani su u MS Excel te je izračunat prosječan broj komada i prosječan površinski udio koji prekrivaju tartufi na svakoj četvrtini. Nadalje, izračunati su minimalni i maksimalni zbrojevi izmjerenih pojedinačnih površina na kriškama uzoraka sira koju prekrivaju tartufi te standardna devijacija za površinu pod tartufima. Osim toga, određen je i koeficijent varijabilnosti kao količnik standardne devijacije i prosjeka pomnožen sa 100. U ovom koraku za svaki sir dobiveno je osam serija podataka, za svaku četvrtinu po jedna srednja vrijednost ($32:4=8$). Dobiveni rezultati prikazani su u **Tablici 3**.

Idući korak u obradi podataka pomoću računalnog programa MS Excel bio je izračunavanje srednje vrijednosti (prosjeak): broja komada, površine koju prekrivaju tartufi, minimalne i maksimalne vrijednosti, standardne devijacije te koeficijenta varijabilnosti za osam površina svakog uzorka sira. Nakon toga, izračunat je koeficijent homogenosti razdiobe tartufa u svakom od šest uzoraka sira, kao recipročna vrijednost standardne devijacije (**Tablica 4**).

Tablica 3 Rezultati statističke obrade u MS Excelu

R.BR.	UZORAK	BROJ KOMADA TARTUFA	PROSJEČNA POVRŠINA POD TARTUFIMA (%, N=4)	MIN	MAX	STD	KV
1.	Sir_1A_1-4	9,00	0,54	0,36	0,70	0,16	28,89
2.	Sir_1B_1-4	7,00	0,49	0,15	0,79	0,30	61,58
3.	Sir_1C_1-4	6,25	0,34	0,05	0,76	0,30	89,84
4.	Sir_1D_1-4	7,00	0,37	0,04	0,70	0,28	74,84
5.	Sir_1E_1-4	6,25	0,28	0,01	0,91	0,42	152,11
6.	Sir_1F_1-4	6,75	0,38	0,21	0,67	0,20	53,32
7.	Sir_1G_1-4	6,25	0,51	0,11	1,15	0,46	91,93
8.	Sir_1H_1-4	5,00	0,46	0,03	0,95	0,39	84,87
9.	Sir_2A_1-4	8,25	0,49	0,15	0,82	0,28	57,21
10.	Sir_2B_1-4	9,75	0,61	0,33	0,92	0,25	40,48
11.	Sir_2C_1-4	11,00	0,36	0,16	0,57	0,18	50,30
12.	Sir_2D_1-4	13,00	0,61	0,29	0,95	0,28	46,42
13.	Sir_2E_1-4	12,50	0,62	0,42	1,05	0,29	46,66
14.	Sir_2F_1-4	8,25	0,44	0,18	0,88	0,32	74,65
15.	Sir_2G_1-4	8,50	0,62	0,14	0,99	0,37	60,38
16.	Sir_2H_1-4	11,25	0,71	0,32	0,98	0,28	39,88
17.	Sir_3A_1-4	3,25	1,47	0,00	3,58	1,51	102,31
18.	Sir_3B_1-4	8,00	1,95	0,84	4,80	1,91	98,08
19.	Sir_3C_1-4	10,50	2,15	0,68	3,59	1,39	64,98
20.	Sir_3D_1-4	9,75	1,35	0,06	3,79	1,70	126,44
21.	Sir_3E_1-4	7,75	1,18	0,30	1,93	0,84	71,04
22.	Sir_3F_1-4	10,75	1,59	0,52	2,98	1,04	65,26
23.	Sir_3G_1-4	7,25	1,06	0,33	1,52	0,55	51,61
24.	Sir_3H_1-4	11,00	2,65	0,27	4,50	1,92	72,40
25.	Sir_4A_1-4	7,25	0,62	0,33	0,96	0,31	51,01
26.	Sir_4B_1-4	6,50	0,21	0,01	0,49	0,24	109,96
27.	Sir_4C_1-4	8,50	0,52	0,12	1,25	0,51	98,66
28.	Sir_4D_1-4	7,50	0,63	0,02	2,02	0,93	147,30
29.	Sir_4E_1-4	7,50	0,53	0,10	1,57	0,70	133,46
30.	Sir_4F_1-4	4,75	0,31	0,05	0,70	0,30	96,99
31.	Sir_4G_1-4	8,75	0,71	0,28	1,12	0,39	54,26
32.	Sir_4H_1-4	8,25	0,82	0,47	1,18	0,36	43,63
33.	Sir_5A_1-4	4,75	2,09	0,00	6,80	3,20	153,08
34.	Sir_5B_1-4	2,75	2,36	0,59	6,59	2,86	121,41
35.	Sir_5C_1-4	3,00	2,79	0,50	6,06	2,75	98,48
36.	Sir_5D_1-4	6,00	0,78	0,08	1,57	0,80	103,08
37.	Sir_5E_1-4	5,50	0,95	0,00	2,14	1,02	107,40
38.	Sir_5F_1-4	6,50	1,59	0,20	3,64	1,63	102,42
39.	Sir_5G_1-4	16,00	2,89	2,55	3,78	0,59	20,51
40.	Sir_5H_1-4	13,50	2,63	0,34	4,91	2,32	88,55
41.	Sir_6A_1-4	4,75	0,42	0,09	0,60	0,23	53,17
42.	Sir_6B_1-4	3,00	0,86	0,38	1,29	0,42	49,01
43.	Sir_6C_1-4	12,25	0,69	0,15	1,25	0,62	89,89
44.	Sir_6D_1-4	18,75	0,90	0,31	2,03	0,81	89,55
45.	Sir_6E_1-4	17,00	0,53	0,06	1,02	0,44	84,39
46.	Sir_6F_1-4	60,50	2,91	0,50	6,58	2,96	101,57
47.	Sir_6G_1-4	7,25	0,13	0,07	0,27	0,09	72,13
48.	Sir_6H_1-4	21,50	0,57	0,00	1,98	0,95	167,27

MIN – najmanji (minimalni) zbroj izmjerenih pojedinačnih površina na kriškama uzoraka sira koju pokrivaju tartufi; MAX – najveći (maksimalni) zbroj izmjerenih pojedinačnih površina na kriškama uzoraka sira koju pokrivaju tartufi; STD – standardna devijacija za površinu; KV – koeficijent varijabilnosti ($KV = \text{STD} \cdot 100 / \text{SREDNJA_VRIJEDNOST}$)

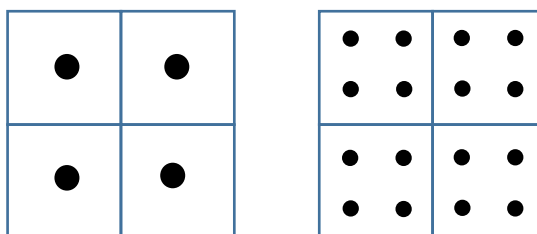
Tablica 4 Sumarni rezultati statističke obrade

UZORAK	POVRŠINA POD TARTUFIMA (% , N=32)						KOEFIČIJENT HOMOGENOSTI RAZDIOBE TARTUFA
	BROJ KOMADA TARTUFA	SREDNJA VRIJEDNOST	MIN	MAX	STD	KV	
Sir_1_A-H	6,69	0,42	0,01	1,15	0,31	79,67	3,18
Sir_2_A-H	10,31	0,56	0,14	1,05	0,28	52,00	3,54
Sir_3_A-H	8,53	1,67	0,00	4,80	1,36	81,51	0,74
Sir_4_A-H	7,38	0,54	0,01	2,02	0,47	91,91	2,14
Sir_5_A-H	7,25	2,01	0,00	6,80	1,90	99,36	0,53
Sir_6_A-H	18,13	0,88	0,00	6,58	0,81	88,37	1,23
RASPON	6,7-18,1	0,4-2,0	0,0	6,8	0,3-1,9	52-99	0,5-3,5

MIN – najmanji (minimalni) zbroj izmjerenih pojedinačnih površina na kriškama uzoraka sira koju pokrivaju tartufi; MAX – najveći (maksimalni) zbroj izmjerenih pojedinačnih površina na kriškama uzoraka sira koju pokrivaju tartufi; STD – standardna devijacija za površinu; KV – koeficijent varijabilnosti ($KV = STD \cdot 100 / SREDNJA_VRIJEDNOST$); HOMOGENOST RAZDIOBE TARTUFA – koeficijent homogenosti razdiobe komadića tartufa na površinama kriški pojedinog uzorka sira ($h=1/STD$)

4.2. RASPRAVA

Iz konačnih rezultata o homogenosti (Tablica 4), vidljivo je da Sir_1 i Sir_2 imaju slične vrijednosti koeficijenta homogenosti. S druge strane, broj komada tartufa na njihovim površinama značajno se razlikuje. Razlog tomu je što računalo razdiobu manjeg broja većih komada i velikog broja manjih komada tartufa prepoznaje kao jednako homogeno (Slika 9).



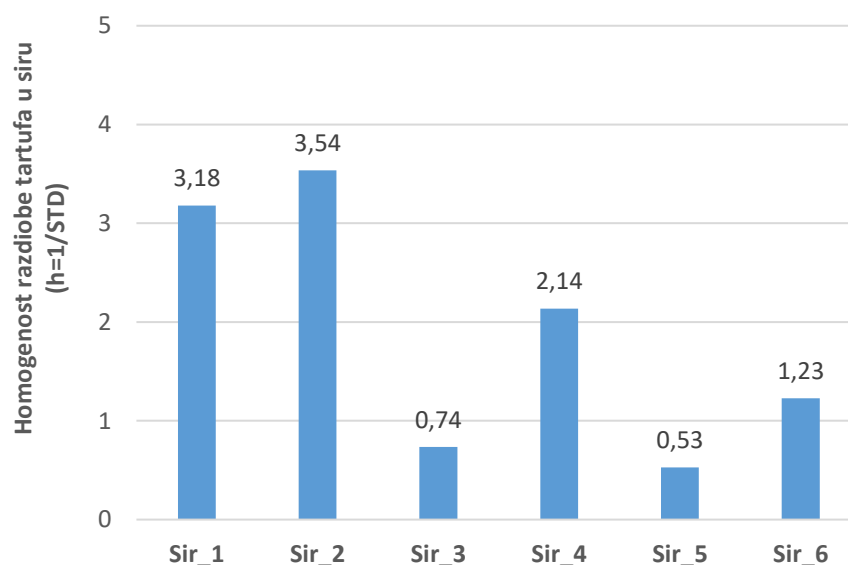
Slika 9 Dva različita tipa jednake statističke homogenosti

Zbog toga se ne može definirati što je bolje, a što lošije; već se ovdje preferencija treba ostaviti potrošačima. Nadalje, kod uzoraka 3, 5 i 6 minimalna vrijednost površine pod tartufima je nula, što znači da je bilo kvadranta (četvrtina) bez komadića tartufa na površini.

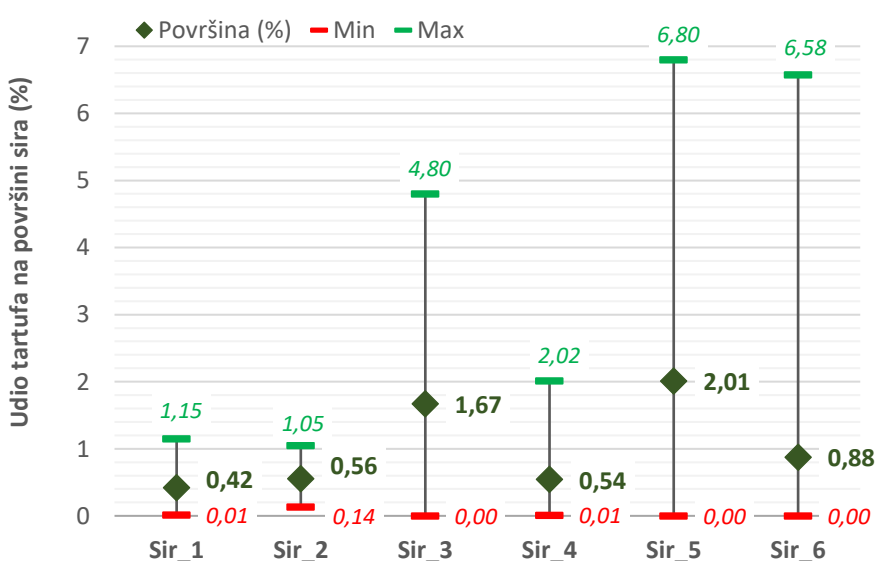
Analizom je dobiven raspon površine koju prekrivaju tartufi i iznosio je od 0,4 do 2% površine kriške sira. Svi proizvođači su na deklaracijama naveli kako njihovi proizvodi sadrže minimalno 1,5 ili 2% tartufa. Ipak, s obzirom na cjelokupnu godišnju proizvodnju jedne sirane, odabrani uzorci (koji zapravo nisu predstavljali niti cijeli kolot sira) su premali za osiguravanje velike statističke točnosti rezultata. Također, maksimalna vrijednost tartufa na površini iznosi 6,8%

što je više od deklariranih 1,5% ili 2%, ali s druge strane, bilo je i kriški sira bez tartufa na površini. Zbog toga se iz ove količine uzoraka ne može odrediti udovoljava li količina tartufa propisanoj na deklaraciji.

Iz **Slike 10**, na kojoj je prikazana homogenost razdiobe za svaki sir, vidljivo je da najveću homogenost razdiobe tartufa ima sir *Zigante* (2) pa vrlo sličnu sir *Milbona* (1), slijede sirevi *Spar* (4) i *Gligora* (6), a najmanja izračunata homogenost razdiobe tartufa je kod sireva *Špin* (3) i *Agrolaguna* (5).



Slika 10 Koeficijent homogenosti razdiobe tartufa u uzorcima sira



Slika 11 Površinski udjeli tartufa na uzorcima sira (%)

Kako bi se zornije prikazao raspon minimalnih i maksimalnih vrijednosti, a samim time i homogenost uzoraka, rezultati su prikazani grafički na **Slici 11**. Na grafu se za svaki sir prikazuje minimalni izmjereni zbroj pojedinačnih površina sira koju pokrivaju tartufi te maksimalni izmjereni zbroj pojedinačnih površina sira koju pokrivaju tartufi. Uz to je kao središnja vrijednost za svaki sir prikazan prosjek površine koju prekrivaju tartufi (%).

4.3. USPOREDBA S LITERATUROM

Istraživanje slično ovom proveli su Caccamo i sur. (2004) koji su računalnom analizom slike mjerili zastupljenost šupljina na kriškama sira. Istaknuli su kako je priprema uzorka za analizu, prvenstveno narezivanje kriški, izuzetno bitno za dobivanje reprezentativnih rezultata. Kod pojedinih uzoraka trebali su vršiti korekcije zato što je računalo tanji dio kriške prepoznalo kao šupljinu. Također, razlika u dubini šupljina je na pojedinim uzorcima stvorila sjene koje su tada prepoznate kao druga boja te je i ovdje bila potrebna ručna korekcija kako bi se izbjeglo dobivanje netočnih rezultata (Caccamo i sur., 2004). Slične probleme u svojem radu ističe Magić (2003), to jest, kaže kako se posebna pažnja treba usmjeriti na dobivanje ravne površine za analizu. Razlog tome je što svaki nabor na površini uzrokuje sjenu koja je prepoznata kao druga boja, što ometa analizu. Imajući u vidu preporuke drugih autora, narezivanje kriški provedeno je na način koji bi ostavio najmanje vidljive nabore na površini sira. Što se tiče ovog istraživanja uočen je još jedan problem, budući da svi uzorci pripadaju kategoriji punomasnih sireva, na nekim je površinama uzoraka ta mast stvorila odbljesak. Kako bi se izbjeglo ometanje analize zbog odbljeska, koji se također prepoznaje kao druga boja, kriška sira je u komori nakošena jer je tada svjetlost drugačije osvijetlila površinu. Nabori nastali narezivanjem vidljivi su na slikama uzoraka sira u boji i sivim nijansama. Zbog toga su slike prevedene u crno-bijele te su svi nabori postali dio površine sira, a samo je površina pod tartufima zbrajana u ukupnu površinu pod dodacima.

Nadalje, važno je istaknuti kako se ista metoda računalne analize slike ne može primijeniti na sve sireve s dodacima. Točnije, treba se posebno prilagoditi svakom dodatku, jer kako različiti dodaci različito utječu na izgled sira tako različito utječu i na analizu slike. Na primjer, razlika boje tartufa i sira je velika, što nije slučaj kod dodatka žutih ili narančastih papričica. To ne znači da se papričice ne bi mogle detektirati, ali bi priprema pravog kontrasta za razlikovanje bila nešto kompleksnija. Osim toga, bitna je i veličina dodatka. Bortolottoa i sur. (2015)

provodili su analizu na siru s dodatkom brašna chia sjemenki. Iako na tržištu nema sira s tim dodatkom, autori su se usmjerili na funkcionalna svojstva chia sjemenki u cilju redukcije masti i kolesterola u siru. Budući da se ovo istraživanje baziralo na ispitivanju mikrostrukture računalnom analizom slike, bilo je potrebno povezati kameru s mikroskopom.

Kao što je već ranije spomenuto, ovakvim tipom istraživanja, kada je na tržištu kupljen određen broj uzoraka i analiziran u laboratorijskim uvjetima, ne može se postići velika statistička točnost. Na to se u svojem radu Caccamo i sur. (2004) također osvrću, kažu da iako su razlike u količini produkcije plina jasne prilikom samog gledanja fotografija iz toga se ne može zaključivati o količini razlika između dvije šarže. Smisao laboratorijskih istraživanja je dokazati mogućnost primjene metode u industrijskim razmjerima. Točnije u redovitom monitoringu pogona; na primjer, kamera se može postaviti na liniju za rezanje sira, slika se pošalje do računala i analizira. Budući da su informacije dobivene analizom slike trajno snimljene, može se uspostaviti korelacija između podataka dobivenih analizom i procesnih uvjeta (Caccamo i sur., 2004). Bilo da se radi o proizvodnji plina u siru tipa Ementaler, razdiobi tartufa ili razdiobi nekih drugih dodataka. Nadalje, svakodnevnim monitoringom može se ostvariti velika statistička točnost.

5. ZAKLJUČCI

1. Iz dobivenih rezultata može se zaključiti da je najhomogeniji uzorak Sir_2 (Zigante), a najmanje homogen Sir_5 (Agrolaguna).
2. Bolja homogenost proizvoda osigurava se dužim miješanjem jer se tada postiže bolja razmještanost. Ipak ne može se donositi sud o tome je li bolje na površini imati mali broj krupnih komada ili velik broj sitnih komada dodataka. Budući da je homogenost u oba slučaja jednaka, ovdje se prednost treba dati preferenciji potrošača.
3. Prednosti metode računalne analize slike su: ponovljivost, objektivnost, brzina i nedestruktivnost.
4. Problemi koji se mogu pojaviti prilikom računalne analize slike su: pojava neravnina koje tvore sjenu na površini, prekomjerna osvjetljenost uzorka, šupljine koje su prepoznate kao tartufi i slično. Iako se svi navedeni problemi mogu ukloniti ručno u programima za obradu slika, na taj način se dodatno troši vrijeme i nepraktično je vršiti korekcije za velik broj uzoraka.
5. Navedene probleme moguće je brže i efikasnije riješiti prevođenjem slike u boji u crno-bijelu sliku.
6. Metoda računalne analize slike razvijena u laboratorijskim uvjetima i primijenjena u ovom radu može se uspješno primijeniti u redovitom monitoringu u proizvodnji.

6. LITERATURA

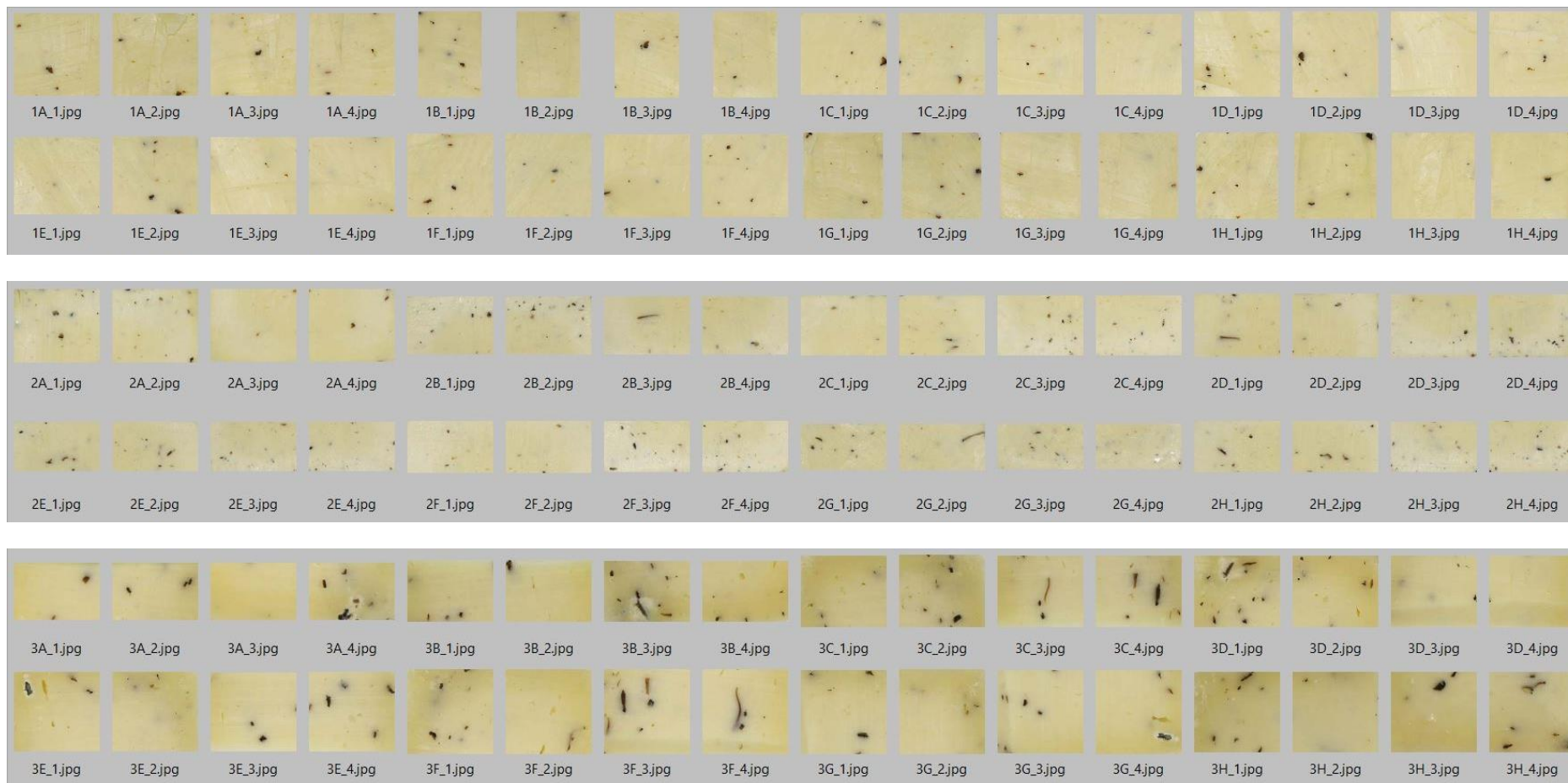
- Bortolottoa, N, Rozyckia, S, Castellinib, H, Riquelme B: Study of the Structure of Functional Cheese with Chia Seed Added by Digital Image Analysis. *Acta Microscopica*. 24:1-6, 2015.
- Caccamo M, Melilli C, Barbano DM, Portelli G, Marino G i Licitra G: Measurement of Gas Holes and Mechanical Openness in Cheese by Image Analysis. *Journal of Dairy Science*, 87:1-10, 2004.
- CIE, Commission Internationale de l'Eclairage: *CIE 1931 standard colorimetric observer*, CIE, Wien, Austria, 1931.
- Croguennec T, Jeantet R, Schuck P: From Milk to Dairy Products. U *Handbook of Food Science and Technology 3*, str. 3-58, ISTE Ltd i John Wiley & Sons, Inc., London i Hoboken, 2016.
- Harbutt J: *Svjetska enciklopedija sira*. Naknada Fran, Zagreb, 2000.
- Havranek J, Kalit S, Antunac N, Samaržija D: *Sirarstvo*. Hrvatska mljekarska udruga, Zagreb, 2014.
- Hayalonglu AA i Farkye NY: Cheese with Added Herbs, Spices and Condiments, In *Cheese*, 783-789, Elsevier Ltd., 2011.
- Johnson ME: A 100-Year Review: Cheese production and quality. *Journal of Dairy Science*, 100:1-14, 2017.
- Kalit, S: Opće Sirarstvo, U *Sirarstvo u teoriji i praksi*, 29 – 45, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2015.
- Kappacher C, Trübenbacher B, Losso K, Rainer M, Bonn GK, Huck CW: Portable vs. Benchtop NIR-Sensor Technology for Classification and Quality Evaluation of Black Truffle. *Molecules*, 2022, 27:1-16, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules27030589>
- Lučan Čolić M: *Sirarstvo*. Tehnologija mlijeka i mliječnih proizvoda (materijali za studente). Katedra za mljekarstvo, Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2021.
- Magić M: Ocjenjivanje homogenosti razdiobe povrća u mesnim proizvodima metodom računalne analize slike. *Diplomski rad*. Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Osijek, 2003.
- Matijević B: Sir kroz povijest. U *Sirarstvo u teoriji i praksi*, 11 – 28, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2015.
- MPRRR, Ministarstvo poljoprivrede, ribarstva i ruralnog razvoja: *Pravilnik o sirevima i proizvodima od sireva*. Narodne novine, 2009.

- Phong WN, Gibberd MR, Payne AD, Dykes GA, Coorey R: Methods used for extraction of plant volatiles have potential to preserve truffle aroma: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 1-25, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12927>
- Racette CM i Drake MA: Consumer perception of natural hot-pepper cheeses. *Journal of Dairy Science*, 105:2166-2179, 2022.
- Smith J: *What is Photoshop*. American Graphics Institute, 2022. <https://www.agitraining.com/adobe/photoshop/classes/what-is-photoshop> (Pristupljeno: 23. 3. 2022.)
- STRUNA, Hrvatsko strukovno nazivlje, Institut za hrvatski jezik i jezikoslovlje, 2011. <http://struna.ihji.hr/naziv/sum-slike/44915/> (Pristupljeno: 23. 3. 2022.)
- Škiljan I: *What is IrfanView?*, IrfanView, 2022. https://www.irfanview.com/main_what_is_engl.htm (Pristupljeno: 23. 3. 2022.)
- Vukas T: Praćenje promjene dimenzija i boje čajnog peciva s dodatkom pljevice pira računalnom analizom slike. *Diplomski rad*. Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Osijek, 2019.
- Web 1: *Što je tartuf?*, ZIGANTE TARTUFI d. o. o., 2022. <https://zigantetartufi.hr/sto-je-tartuf/> (Pristupljeno: 29. 3. 2022.)
- Tartuf u Istri*. ZIGANTE TARTUFI d. o. o., 2022. <https://zigantetartufi.hr/tartuf-u-istri/> (Pristupljeno: 29. 3. 2022.)
- Web 2: Black Summer Truffle, TasteAtlas - world food atlas, AtlasMedia Ltd. (EU), 2022. <https://www.tasteatlas.com/black-summer-truffle>
- Burgundy Truffle, TasteAtlas - world food atlas, AtlasMedia Ltd. (EU), 2022. <https://www.tasteatlas.com/burgundy-truffle>
- Tartufo bianco d'Alba, TasteAtlas - world food atlas, AtlasMedia Ltd. (EU), 2022. <https://www.tasteatlas.com/trifola-dalba-madonna> (Pristupljeno: 25. 6. 2022.)
- Web 3: Wikipedia, *Piksel*. <https://sh.wikipedia.org/wiki/Piksel> (Pristupljeno: 25. 3. 2022.)
- Web 4: Canon, Consumer Product Support: *EOS Utility*. [https://www.canon-europe.com/support/consumer_products/software/eos-utility.html?os=windows%20\(64-bit\)&language=](https://www.canon-europe.com/support/consumer_products/software/eos-utility.html?os=windows%20(64-bit)&language=) (Pristupljeno: 23. 3. 2022.)
- Web 5: Canon, Canon software: *Canon EOS Utility*. <https://www.canon-europe.com/software/eos-utility/> (Pristupljeno: 23. 3. 2022.)

- Web 6: <https://hr.wikipedia.org/wiki/IrfanView> (Pristupljeno: 23. 3. 2022.)
- Web 7: *ImageJ Introduction*, Image Processing and Analysis in Java
<https://imagej.nih.gov/ij/docs/intro.html> (Pristupljeno: 23. 3. 2022.)
- Web 8: *ImageJ Basic Concepts*, Image Processing and Analysis in Java
<https://imagej.nih.gov/ij/docs/concepts.html> (Pristupljeno: 23. 3. 2022.)
- Web 9: Techopedia, *Microsoft Excel*, 2020.
<https://www.techopedia.com/definition/5430/microsoft-excel> (Pristupljeno: 23. 3. 2022.)
- Yerlikaya O, Akan E, Bayram OY, Karaman AD, Kinik O: The influence of plant addition to some physicochemical, textural, microstructural, melting ability and sensory properties of Mozzarella cheese. *Mljekarstvo*, 70:300-312, 2020.
- Youssef MM, Abou-Gharbia HA i El-Haddad Nessma N: Applications of Digital Image Analysis (DIA) to Food-Quality Assessment: An Overview. *Alex. J. Fd. Sci. & Technol.* Vol. 2: 41-50, 2005.
- Slika 1: Brouwland, Lactoferm, <https://brouwland.com/en/rennet-cultures/3040-cheese-culture-lyoph-for-100-l-milk.html> (Pristupljeno: 21. 6. 2022.)
- Slika 2 (web 1): <https://thumbs.dreamstime.com/b/assorted-flavours-cheese-wheels-maturing-rows-wooden-shelves-cheese-factory-assorted-flavours-cheese-wheels-241351244.jpg> (Pristupljeno: 3. 6. 2022.)
- Slika 3: Karlić tartufi, Gir d. o. o., <https://karlictartufi.hr/tartufi/> (Pristupljeno: 3. 6. 2022.)
- Slika 4 (web 2): Bit dept color precision in raster images. <https://www.the-working-man.org/2014/12/bit-depth-color-precision-in-raster.html> (Pristupljeno: 21.06.2022.)

7. PRILOZI

Prilog 1 Slike uzoraka 1-3



Prilog 1 Slike uzoraka 4-6

