

UNIVERZITET U BEOGRADU  
POLJOPRIVREDNI FAKULTET

Bojana R. Milovanović

**ISPITIVANJE MOGUĆNOSTI PRIMENE  
KOMPJUTERSKOG VIZUELNOG SISTEMA ZA  
MERENJE BOJE HRANE ANIMALNOG  
POREKLA**

doktorska disertacija

Beograd, 2021.

UNIVERSITY OF BELGRADE  
FACULTY OF AGRICULTURE

Bojana R. Milovanović

**THE FEASIBILITY OF ANIMAL SOURCE  
FOODS COLOR MEASUREMENT USING CVS**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2021.

**MENTOR 1:**

**dr Igor Tomašević, vanredni profesor**

Univerzitet u Beogradu

Poljoprivredni fakultet

**MENTOR 2:**

**dr Jelena Miočinović, redovni profesor**

Univerzitet u Beogradu

Poljoprivredni fakultet

**ČLANOVI KOMISIJE:**

**dr Dušan Živković, redovni profesor**

Univerzitet u Beogradu

Poljoprivredni fakultet

**dr Predrag Puđa, redovni profesor**

Univerzitet u Beogradu

Poljoprivredni fakultet

**dr Ilija Đekić, redovni profesor**

Univerzitet u Beogradu

Poljoprivredni fakultet

**dr Vladimir Tomović, redovni profesor**

Univerzitet u Novom Sadu

Tehnološki fakultet

**dr Dragan Vujadinović, vanredni profesor**

Univerzitet u Istočnom Sarajevu

Tehnološki fakultet Zvornik

Datum odbrane: \_\_\_\_\_

*Ovom prilikom želim da izrazim neizmernu zahvalnost svom mentoru, prof. dr Igoru Tomaševiću, na nesebičnom angažovanju i pomoći, dragocenim savetima, ukazanom vremenu i strpljenju tokom osnovnih, master i doktorskih studija, kao i tokom izrade disertacije.*

*Zahvaljujem se svojoj mentorki, prof. dr Jeleni Miočinović, na angažovanju, korisnim i konstruktivnim savetima tokom izrade doktorske disertacije.*

*Veliku zahvalnost dugujem svim članovima komisije na svim korisnim savetima i predlozima koji su doprineli poboljšanju disertacije.*

*Zahvaljujem se kolegama i koleginicama sa doktorskih studija na saradnji, podršci, iskrenim i dobronamernim savetima.*

*Posebnu i neizmernu zahvalnost dugujem Jovanu, pre svega za beskrajno strpljenje, razumevanje, podršku i ljubav.*

*Na kraju, redove ove doktorske disertacije posvećujem braći i roditeljima, mojim najvećim osloncima u životu. Zaista cenim sve što ste uradili za mene.*

# Ispitivanje mogućnosti primene kompjuterskog vizuelnog sistema za merenje boje hrane animalnog porekla

## REZIME

Boja predstavlja veoma važno senzorno svojstvo animalnih proizvoda, koje u velikoj meri utiče na izbor i odluku potrošača prilikom kupovine. Potrošači povezuju boju sa velikim brojem faktora kvaliteta, pa je stoga ona veoma bitan pokazatelj svežine, zrelosti i sveukupne prihvatljivosti hrane animalnog porekla. Zbog činjenice da predstavlja subjektivni doživljaj posmatrača, i da na njenu percepciju može da utiče širok spektar faktora, boju je neophodno objektivno izmeriti. Merenje boje hrane animalnog porekla je od fundamentalne važnosti, jer ona određuje pravu komercijalnu vrednost proizvoda.

Objektivno merenje najčešće se postiže korišćenjem tradicionalnih uređaja - kolorimetara. Ova metoda za merenje boje je brza i jednostavna, a kalibracija se postiže primenom standardnih pločica na početku rada. Iako kolorimetri obezbeđuju jednostavnu i brzu procenu boje, često mere malu površinu uzorka, pa stoga nije moguće dobiti očitavanja cele površine uzorka u jednom merenju. Međutim, ova vrsta metode ima i nedostatak u pogledu ponovljivosti i tačnosti. Pored toga, hrana mora biti uniformne površine, kao i boje. Zbog ovih pomenutih nedostataka kolorimetra, razvijen je novi, alternativni metod poznat kao kompjuterski vizuelni sistem (CVS). Ovaj metod omogućava veću brzinu merenja, objektivnost i efikasnost, kao i trajno čuvanje podataka za kasniju analizu.

Osnovni cilj ove doktorske disertacije bio je da se ispita mogućnost primene CVS metode za merenje boje hrane animalnog porekla. Drugi cilj istraživanja bio je utvrditi postojanje razlika u boji dobijenih pomoću kolorimetra i CVS-a.

Dobijeni instrumentalni rezultati boje za hranu animalnog porekla pokazali su da je postojala statistički značajna razlika između dva uređaja, iako su sprovedeni isti uslovi merenja. Učestalost sličnosti (test A) pokazala je da su CVS-dobijeni čipovi u boji slični bojama uzoraka u svim ispitivanjima. U drugom testu (test B), CVS-dobijene boje bile su sličnije bojama uzoraka prikazanih na monitoru, u poređenju sa bojama dobijenim pomoću kolorimetra. Treći test (test trougla) pokazao je da postoji razlika između boja dobijenih pomoću ova dva uređaja. Naime, rezultati su pokazali da je moguće primeniti CVS za merenje boje hrane animalnog porekla. Takođe, dobijeni rezultati merenja bili su ponovljivi i reproduktivni. Na osnovu ovih rezultata utvrđeno je da je CVS pouzdan i da ga treba smatrati superiornim alatom za zamenu tradicionalnih uređaja.

**Ključne reči:** meso, mleko, jaja, boja, kompjuterski vizuelni sistem, kolorimetar, senzorni testovi

**Naučna oblast:** Tehnološko inženjerstvo

**Uža naučna oblast:** Tehnologija animalnih proizvoda

**UDK broj:** 004.4'236:636.087(043.3)

# **The feasibility of animal source foods color measurement using CVS**

## **ABSTRACT**

Color represents quite significant sensory feature of animal source foods, which has a great influence on purchase decision of consumers. Customers connect it with a large number of quality factors and, consequently, it speaks on behalf of freshness, ripeness, and overall acceptability of animal source foods. Owing to the fact that the color represents the subjective experience of the observer, and its perception can be affected by a variety of factors, the color is necessary to be objectively measured. The color evaluation of animal source foods is of fundamental importance and acts in favor of determining the real commercial value of the product.

The objective color analysis is commonly performed using traditional devices – colorimeters. This method is both fast and simple and calibration is reached via using the standard plate on the beginning of the process. Although, colorimeters provide a simple and rapid color assessment, often evaluate a single position, therefore, it is incapable to obtain the readings of the whole sample area in a single evaluation. However, this type of method also has a drawback in terms of repeatability and accuracy. Additionally, the food has to be uniform surface as well as color. On account of this mentioned drawbacks of the colorimeter, it is developed new, alternative method known as a computer vision system (CVS). This method offers rapidness, objectiveness and efficacy, as well as permanent storage of data for further analysis.

The main aim of this doctoral dissertation was to examine the possibility of applying the CVS for the color assessment of animal source foods. The second goal of the research was to determine the existence of the color differences obtained using the colorimeter and the CVS.

The obtained instrumental color results for animal source foods revealed the statistically significant difference, even if the same measurement conditions were performed. The frequency of similarity (test A) showed that CVS-generated color chips were similar to the color of samples in all trials. In the second test (test B), the CVS-obtained colors were found more similar to the color of samples visualized on the monitor, compared to colorimeter-obtained colors. The third test (triangle test) showed the difference between colors measured by these two devices. Namely, the results showed that it is possible to apply a CVS for measuring the color of animal source foods. Also, the obtained results of measurement were repeated and reproductive. According to these results, it can be concluded that the CVS is found to be reliable and should be considered as a superior tool for replacing traditional devices.

**Key words:** meat, milk, eggs, color, computer vision system, colorimeter, sensory tests

**Academic expertise:** Technological engineering

**Field of Academic Expertise:** Animal Source Food Technology

**UDC:** 004.4'236:636.087(043.3)

# SADRŽAJ:

LISTA SKRAĆENICA.....	i
LISTA TABELA.....	ii
LISTA SLIKA.....	iii
1. UVOD .....	1
2. PREGLED LITERATURE .....	3
2.1. Šta je boja? .....	3
2.2. Prostori (modeli) boje.....	4
2.2.1. Modeli zasnovani na kompjuterskoj percepciji boje.....	4
2.2.2. Modeli zasnovani na ljudskoj percepciji boje.....	5
2.2.3. Instrumentalni prostori boje .....	5
2.3. Merenje boje.....	7
2.3.1. Vizuelna merenja boje .....	8
2.3.2. Instrumentalno merenje boje.....	8
2.3.3. Tehnički parametri uređaja za merenje boje .....	11
2.4. Boja mesa i proizvoda od mesa.....	13
2.4.1. Instrumentalno merenje boje mesa i proizvoda od mesa .....	13
2.4.2. Instrumentalni podaci merenja boje mesa i proizvoda od mesa .....	15
2.5. Boja mleka i proizvoda od mleka.....	19
2.5.1. Instrumentalno merenje boje mleka i proizvoda od mleka .....	19
2.5.2. Instrumentalni podaci merenja boje mleka i proizvoda od mleka .....	26
2.6. Boja jaja i proizvoda od jaja.....	29
2.6.1. Instrumentalno merenje boje jaja i proizvoda od jaja .....	30
2.6.2. Instrumentalni podaci merenja boje jaja i proizvoda od jaja .....	33
3. CILJ ISTRAŽIVANJA .....	38
4. MATERIJAL I METOD RADA.....	39
4.1. Materijal i priprema uzoraka .....	39
4.1.1. Materijal i priprema uzoraka mesa i proizvoda od mesa .....	39
4.1.2. Materijal i priprema uzoraka mleka i proizvoda od mleka .....	40
4.1.3. Materijal i priprema uzoraka jaja .....	40
4.2. Merenje boje.....	40
4.2.1. Minolta CR-400 kolorimetar.....	41
4.2.2. Kompjuterski vizuelni sistem (CVS) .....	41
4.3. Senzorni testovi .....	42
4.4. Statistička obrada podataka .....	43

5. REZULTATI I DISKUSIJA .....	44
5.1. Meso .....	44
5.1.1. Meso živine .....	44
5.1.2. Meso divljači.....	45
5.1.3. Svinjsko i goveđe meso.....	47
5.1.4. Proizvodi od mesa.....	49
5.1.5. Senzorni testovi.....	54
5.2. Mleko i proizvodi od mleka .....	56
5.2.1. Mleko .....	56
5.2.2. Proizvodi od mleka sa dominantnom belom bojom.....	58
5.2.3. Proizvodi od mleka sa dominantnom žutom bojom.....	61
5.2.4. Proizvodi od mleka sa dominantnom žuto-zelenom bojom.....	64
5.2.5. Senzorni testovi.....	64
5.3. Jaja.....	65
5.3.1. Boja ljuske jajeta.....	65
5.3.2. Boja žumanceta .....	67
5.3.3. Boja belanceta .....	68
5.3.4. Senzorni testovi.....	69
6. ZAKLJUČCI.....	71
7. LITERATURA.....	73
PRILOZI .....	95
BIOGRAFIJA KANDIDATA .....	97
Izjava o autorstvu .....	98
Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije doktorskog rada .....	99
Izjava o korišćenju .....	100



## LISTA SKRAĆENICA

CVS	kompjuterski vizuelni sistem (Computer Vision System)
RGB	crvena, zelena, plava (Red, Green, Blue)
YIQ	osvetljenje, faza, kvadratura (Luminance, In-Phase, Quadrature)
CMYK	cijan, magenta, žuta, key-black (Cyan, Magenta, Yellow, Key-Black)
HSI	nijansa, zasićenje, intenzitet (Hue, Saturation, Intensity)
HSV	nijansa, zasićenje, vrednost (Hue, Saturation, Value)
HSL	nijansa, zasićenje, svetloća (Hue, Saturation, Lightness)
HSB	nijansa, zasićenje, svetloća (Hue, Saturation, Brightness)
CIE	Međunarodna komisija za osvetljenje (Commission Internationale de l'Éclairage)
L*	svetloća (Lightness)
a*	udeo crvene boje (Redness)
b*	udeo žute boje (Yellowness)
$\Delta E$	ukupna razlika boje (Total color difference)
CCD	naponom povezan uređaj (Charged Coupled Device)
CMOS	tehnologija komplementarnog metal-oksida-poluprovodnika (Complementary Metal Oxide Silicon)
ICC	Međunarodni konzorcijum za boje (International Color Consortium)
RAW	datoteka neobrađenih slika
DNG	patentirani format neobrađenih slika (Digital Negative)
Mb	mioglobin
MMB	metmioglobin
KFS	kompaktna fluorescentna sijalica (Compact Fluorescent Lamp)
FCV	fluorescentna hladno-bela (Fluorescent Cool-White)
H*	ugao nijanse (Hue angle)
C*	zasićenje (Saturation)
YI	indeks žute boje (Yellowing Index)
BI	indeks braon boje (Browning Index)
WI	indeks bele boje (Whiteness Index)
LWE	tečna cela jaja (Liquid Whole Egg)
LEW	tečno žumance (Liquid Egg Yolk)
$\Delta L$	razlika u svetloći (Lightness difference)
$\Delta H$	razlika ugla nijanse (Hue difference)
$\Delta C$	razlika zasićenja (Chroma difference)
MP	megapiksel (Megapixel)

## LISTA TABELA

<b>Tabela 1.</b> Poređenje CCD i CMOS senzora (Mehta i sar., 2015) .....	10
<b>Tabela 2.</b> Pregled istraživanja o boji mesa po časopisima, zemljama istraživanja i vrsti mesa (Tomašević i sar., 2021).....	14
<b>Tabela 3.</b> Pregled istraživanja tehničkih parametara (Tapp i sar., 2011; Tomašević i sar., 2021) ...	15
<b>Tabela 4.</b> Boja mesa pernate živine (srednja vrednost ± standardna devijacija) (Tomašević i sar., 2021).....	16
<b>Tabela 5.</b> Boja mesa domaćih životinja (srednja vrednost ± standardna devijacija) (Tomašević i sar., 2021).....	16
<b>Tabela 6.</b> Boja mesa različite divljači (srednja vrednost ± standardna devijacija) .....	17
<b>Tabela 7.</b> Boja mesa različitih vrsta riba (srednja vrednost ± standardna devijacija) (Tomašević i sar., 2021).....	18
<b>Tabela 8.</b> Boja različitih proizvoda od mesa (srednja vrednost ± standardna devijacija) (Tomašević i sar., 2021).....	18
<b>Tabela 9.</b> Pregled istraživanja o boji mleka po časopisima i zemljama istraživanja (Milovanovic i sar., 2020).....	22
<b>Tabela 10.</b> Broj radova o ispitivanju boje proizvoda od mleka (Milovanovic i sar., 2020) .....	22
<b>Tabela 11.</b> Vrste uređaja koji se koriste u istraživanjima za merenje boje mleka i proizvoda od mleka (Milovanovic i sar., 2020) .....	22
<b>Tabela 12.</b> Iluminanti koji se koriste u istraživanjima za merenje boje mleka i proizvoda od mleka (Milovanovic i sar., 2020).....	23
<b>Tabela 13.</b> Otvori blende koji se koriste u istraživanjima za merenje boje mleka i proizvoda od mleka (Milovanovic i sar., 2020) .....	24
<b>Tabela 14.</b> Standardni posmatrači koji se koriste u istraživanjima za merenje boje mleka i proizvoda od mleka (Milovanovic i sar., 2020) .....	24
<b>Tabela 15.</b> Broj očitavanja po uzorku koji se koristi u istraživanjima za merenje boje mleka i proizvoda od mleka (Milovanovic i sar., 2020) .....	25
<b>Tabela 16.</b> Boja različitih vrsta mleka (srednja vrednost ± standardna devijacija) (Milovanovic i sar., 2020).....	26
<b>Tabela 17.</b> Boja različitih proizvoda od mleka (srednja vrednost ± standardna devijacija) (Milovanovic i sar., 2020).....	28
<b>Tabela 18.</b> Pregled istraživanja o boji jaja po zemljama istraživanja, delovima jaja i proizvodima od jaja.....	32
<b>Tabela 19.</b> Tehnički parametri koji se koriste u istraživanjima za merenje boje jaja i proizvoda od jaja.....	32
<b>Tabela 20.</b> Kalibracija i tehničke replike koje se koriste u istraživanjima za merenje boje jaja i proizvoda od jaja.....	33
<b>Tabela 21.</b> Boja delova jaja različitih životinja (srednja vrednost ± standardna devijacija).....	33
<b>Tabela 22.</b> Boja različitih proizvoda od jaja (srednja vrednost ± standardna devijacija) .....	35
<b>Tabela 23.</b> Poluproizvodi i proizvodi od mesa.....	39
<b>Tabela 24.</b> Podešavanja parametara digitalne kamere .....	42
<b>Tabela 25.</b> Boja mesa pernate živine dobijena pomoću dve različite metode (srednja vrednost ± standardna devijacija) .....	44
<b>Tabela 26.</b> Boja mesa divljači dobijena pomoću dve različite metode (srednja vrednost ± standardna devijacija) .....	46

<b>Tabela 27.</b> Boja svinjskog i goveđeg mesa dobijena pomoću dve različite metode (srednja vrednost ± standardna devijacija) .....	48
<b>Tabela 28.</b> Boja za homogene proizvode od mesa dobijena pomoću dve različite metode (srednja vrednost ± standardna devijacija) .....	50
<b>Tabela 29.</b> Boja za dvobojne proizvode od mesa dobijena pomoću dve različite metode (srednja vrednost ± standardna devijacija) .....	52
<b>Tabela 30.</b> Boja heterogenih proizvoda od mesa dobijena pomoću dve različite metode (srednja vrednost ± standardna devijacija) .....	53
<b>Tabela 31.</b> Rezultati senzornih testova .....	55
<b>Tabela 32.</b> Boja različitih vrsta mleka dobijena pomoću dve različite metode (srednja vrednost ± standardna devijacija) .....	56
<b>Tabela 33.</b> Boja proizvoda od mleka sa dominantnom belom bojom dobijena pomoću dve različite metode (srednja vrednost ± standardna devijacija) .....	59
<b>Tabela 34.</b> Boja žutih sireva dobijena pomoću dve različite metode (srednja vrednost ± standardna devijacija) .....	61
<b>Tabela 35.</b> Boja proizvoda od mleka sa dominantnom žutom bojom dobijena pomoću dve različite metode (srednja vrednost ± standardna devijacija) .....	63
<b>Tabela 36.</b> Boja za proizvode od mleka sa dominantnom žuto-zelenom bojom dobijena pomoću dve različite metode (srednja vrednost ± standardna devijacija) .....	64
<b>Tabela 37.</b> Rezultati senzornih testova .....	65
<b>Tabela 38.</b> Boja ljuske jajeta dobijena pomoću dve različite metode (srednja vrednost ± standardna devijacija) .....	66
<b>Tabela 39.</b> Boja žumanaca jajeta dobijena pomoću dve različite metode .....	67
(srednja vrednost ± standardna devijacija) .....	67
<b>Tabela 40.</b> Boja belanaca dobijena pomoću dve različite metode (srednja vrednost ± standardna devijacija) .....	68
<b>Tabela 41.</b> Rezultati senzornih testova .....	69

## LISTA SLIKA

<b>Slika 1.</b> Osnovni atributi boje (Simmon, 2013).....	3
<b>Slika 2.</b> Dijagram hromatičnosti po CIE sistemu (Randelović, 2009) .....	6
<b>Slika 3.</b> CIE L*a*b* prostor boje (Kim i sar., 2020).....	7
<b>Slika 4.</b> Tristimulusni kolorimetar ( <a href="https://sensing.konicaminolta.us/us/applications/color-measurement/">https://sensing.konicaminolta.us/us/applications/color-measurement/</a> ).....	8
<b>Slika 5.</b> CVS (Milovanovic i sar., 2021) .....	9
<b>Slika 6.</b> Molekul mioglobina ( <a href="https://sh.wikipedia.org/wiki/Mioglobin">https://sh.wikipedia.org/wiki/Mioglobin</a> ).....	13
<b>Slika 7.</b> Dijagram toka za selekciju i identifikaciju prema PRISMA-P (Moher i sar., 2009) .....	21
<b>Slika 8.</b> Dijagram toka za selekciju i identifikaciju prema PRISMA-P (Moher i sar., 2009) .....	31
<b>Slika 9.</b> Priprema uzoraka hrane animalnog porekla za analizu boje (fotografija autora) .....	40
<b>Slika 10.</b> Analiza boje pomoću kolorimetra (fotografija autora).....	41
<b>Slika 11.</b> CVS (fotografija autora).....	41
<b>Slika 12.</b> Kalibracija CVS-a (Tomašević i sar., 2021) .....	42
<b>Slika 13.</b> Senzorni testovi (fotografija autora).....	43
<b>Slika 14.</b> Boja mesa živine (CVS i kolorimetar) .....	45
<b>Slika 15.</b> Boja mesa divljači (CVS i kolorimetar) .....	47
<b>Slika 16.</b> Boja goveđeg i svinjskog mesa (CVS i kolorimetar) .....	49
<b>Slika 17.</b> Boja homogeno obojenih proizvoda od mesa (CVS i kolorimetar) .....	51
<b>Slika 18.</b> Boja dvobojnih i heterogenih proizvoda od mesa (CVS i kolorimetar).....	54
<b>Slika 19.</b> Boja mleka i sireva bele boje (CVS i kolorimetar) .....	57
<b>Slika 20.</b> Boja fermentisanih proizvoda, pavlake, mleka u prahu i kajmak namaza (CVS i kolorimetar).....	60
<b>Slika 21.</b> Boja različitih vrsta sireva sa dominantnom žutom bojom (CVS i kolorimetar).....	62
<b>Slika 22.</b> Boja maslaca, proizvoda od kajmaka, voćnog jogurta i surutke u prahu (CVS i kolorimetar).....	62
<b>Slika 23.</b> Boja kisele i slatke surutke (CVS i kolorimetar).....	64
<b>Slika 24.</b> Boja ljuski jajeta (CVS i kolorimetar).....	66
<b>Slika 25.</b> Boja žumanaca (CVS i kolorimetar) .....	68
<b>Slika 26.</b> Boja belanaca (CVS i kolorimetar) .....	69

## **1. UVOD**

Hrana animalnog porekla ima veliki značaj u ishrani ljudi zahvaljujući mnogim važnim nutritivnim komponentama. Meso je bitan izvor osnovnih mikroelemenata, kao što su: Fe, Zn, Se i vitamin B12, koji imaju esencijalne funkcije u mnogim metaboličkim i fiziološkim procesima (Vaes i sar., 2009; Welch i sar., 2009; Sharma i sar., 2013). Jaja predstavljaju značajan izvor nutritivnih komponenti; sadrže oko 75% vode, proteine i masti. Takođe, sadrže i manju količinu šećera poput glukoze, saharoze, fruktoze, laktoze, maltoze i galaktoze (Li-Chan i sar., 2008). Mleko je važan izvor proteina, makroelemenata (Ca, Mg, Na, K, P i Cl), mikroelemenata (Fe, Cu, Zn i Se), lipofilnih (A, D, E i K), kao i hidrofилnih (B1, B2, B3, B5, B6, B8, B9, B12 i C) vitamina (Gaucheron, 2011).

Postoji veliki broj faktora koji mogu da utiču na izbor i odluku prilikom kupovine hrane, ali boja predstavlja veoma važno svojstvo u marketingu, posebno u marketingu hrane (Zaki, 2013). Ona zapravo komunicira sa potrošačem i određuje pravu komercijalnu vrednost proizvoda (Randelović, 2009). Ustanovljeno je da oko 60% odluka o kupovini zavisi upravo od ovog senzornog svojstva proizvoda (Singh, 2006). Psiholozi koji proučavaju psihologiju boja tvrde da mozak prvo primećuje boje u odnosu na oblik ili formulaciju proizvoda. Takođe, ona predstavlja izuzetno važno svojstvo proizvoda, kojem se danas posvećuje posebna pažnja, ne samo da bi se poboljšao njegov estetski izgled, već da bi se korisniku skrenula pažnja na funkciju pojedinih elemenata, na opasnosti koje od njih prete, kao i da bi se izvršila zaštita proizvoda od štetnih spoljašnjih uticaja (Kuzmanović, 2008). Značajan je pokazatelj zrenja ili kvara hrane (Pathare i sar., 2013). Štaviše, boja i mikrobiološke promene su suštinski faktori koji utiču na rok trajanja mesa (Hammad i sar., 2019). Tehnološkim postupkom proizvodnje neophodno je obezbediti da potrošač doživi boju i proizvod u celini na način na koji je to inicijalno zamišljeno (Vladić, 2013), jer potrošači imaju željenu boju za određeni proizvod (Crisosto i sar. 2003). Ako ona ne zadovoljava očekivanja, kupci reaguju negativno na proizvod. Na primer, kada je u pitanju meso, kupci zahtevaju poželjnu svetlocrvenu boju, a u slučaju mleka belu do žućkastobelu boju. Tamnije, blede ili braon meso povezuju sa nedostatkom svežine i kvaliteta (Calnan, 2017), kao i nepoželjne braon Majlardove reakcije kada je u pitanju mleko (Bassey i sar., 2013). U slučaju jaja, kupci radije biraju žuto-narandžastu boju žumanceta u odnosu na svetložutu boju (Lokaewmanee i sar., 2010; Liu i sar., 2012), a što se tiče boje ljuske jajeta, potrošačka preferencija se razlikuje širom sveta, ali su braon jaja prihvatljiva za većinu ljudi (Odabaşi i sar., 2007).

Merenje boje omogućava niz značajnosti u prehrambenoj tehnologiji kao što su kontrola i standardizacija boja kao ingredijenata u cilju kontrole finalnog proizvoda. Boja može da služi i kao indeks kvaliteta sirove i prerađene hrane u kontroli kvaliteta, utvrđivanje usaglašenosti kvaliteta hrane prema zahtevanoj specifikaciji, kao i za analizu promene boje u toku postupka proizvodnje, transportu i skladištenju (Socaciu i Diehl, 2009). Brza i ekonomski pristupačna oprema za merenje boje hrane je značajno povećala interes za proučavanjem boje hrane animalnog porekla od strane naučnika.

Konvencionalna metoda merenja boje hrane ostvaruje se pomoću kolorimetara. Minolta kolorimetri su najčešće korišćeni instrumenti za merenje boje mesa i mleka (Tapp i sar., 2011; Milovanovic i sar., 2020; Tomašević i sar., 2021). Iako su jednostavni za upotrebu i kalibraciju, poznata je činjenica da su ovi uređaji prvenstveno namenjeni za merenje boje netransparentnih materijala, tako da se prilikom određivanja boje optički nehomogenih medijuma prelama, reflektuje ili apsorbuje svetlosni snop koji emituju ovi uređaji (Girolami i sar., 2013). Stoga, nije neubičajeno da se tokom ponavljanja merenja na istim mestima identičnih uzoraka hrane očitavaju mala odstupanja u vrednostima boje. Takođe, površina merenja ovih instrumenata je limitirana (samo nekoliko cm<sup>2</sup>) i moraju biti u kontaktu sa uzorkom. Dodatno, sam uređaj, servis i rezervni delovi su relativno skupi (Wu i Sun, 2013; Goñi i Salvadori, 2017).

Zbog pomenutih nedostataka kolorimetara, razvijen je savremeni, alternativni metod poznat kao kompjuterski vizuelni sistem (engl. *computer vision system* ili skr. CVS) koji ima nekoliko bitnih prednosti poput:

1. vidno polje je ograničeno samo veličinom odgovarajuće osvetljene površine;
2. nije potreban kontakt sa uzorkom (smanjena kontaminacija hrane tokom merenja boje);
3. može se meriti svaka tačka cele površine istovremeno, čime se kvantifikuju karakteristike i nedostaci površine (Sanmartin i sar., 2014).

## 2. PREGLED LITERATURE

### 2.1. Šta je boja?

Boja predstavlja kombinaciju vizuelno shvaćene informacije sadržane u svetlosti koju reflektuje ili rasipa uzorak (MacDougall, 1982). Boja je stvar percepcije i subjektivne interpretacije, odnosno, predstavlja subjektivni doživljaj. Zbog toga, izražavanje boja pomoću numeričkih vrednosti, olakšava razumevanje i standardizaciju boja (Randelović, 2009). Generalno, svaka boja se može opisati sa tri osnovna atributa (slika 1):

1. **Ton ili nijansa boje** (engl. *hue*) je atribut vizuelnog doživljaja kojim se tačno definiše boja (crvena, plava, zelena) u zavisnosti od dominantne talasne dužine.
2. **Zasićenje ili intenzitet boje** (engl. *saturation*) - predstavlja stepen čistoće nijanse tj. udeo pojedinih talasnih dužina u nekom tonu boje. Sve čiste boje su u potpunosti zasićene.
3. **Svetloća** (engl. *lightness*) je atribut koji opisuje sličnost boje sa nizom boja od crne, preko sive do bele. Svetloća predstavlja udeo crne u nekom tonu boje.



**Slika 1.** Osnovni atributi boje  
(Simmon, 2013)

Opažanje boje je rezultat interakcije između fizičkog stimulusa, receptora u oku koji oseća taj stimulus, neurološkog sistema i mozga, koji su zaduženi za komunikaciju i interpretaciju signala dobijenih iz oka (Karlović, 2010). Zapravo, svetlost je od velike važnosti za opažanje (percepciju) boja, jer bez svetlosti nema boje. Međutim, ljudi mogu da detektuju svetlost samo u vidljivom delu spektra, koji se kreće od 390 do 750 nm. U ovom uskom opsegu elektromagnetnog spektra, oko ima sposobnost registrovanja, a mozak sposobnost razdvajanja talasnih dužina u grupe boja. Svetlost iz izvora dolazi do površine objekta, gde se količina i smer svetla preraspodele apsorpcijom i refleksijom u zavisnosti od optičkih karakteristika površine (tekstura, hrapavost, sjajnost, fizički sastav). Za ljudski senzorni odgovor i otkrivanje boje, oko i mozak sinergijski rade na otkrivanju i obradi stimulusa radi raspoznavanja boje. Reflektovana svetlost dolazi do ljudskog oka. Oko se sastoji od rožnjače, zenice, dužice i sočiva, koji zajedno čine prednju očnu komoru. Sočivo odvaja prednju komoru od zadnje komore (staklasto telo), koja sadrži mrežnjaču i optički nerv. Oko deluje slično kameri. Svetlost prolazi kroz zenicu gde sočivo fokusira svetlost na mrežnjaču. Dužica (lat. *iris*) deluje otprilike kao zatvarač u fotoaparatu, otvarajući se da omogući više svetlosti da uđe u oko u uslovima slabog osvetljenja i sužavajući se da ograniči svetlost u uslovima jakog osvetljenja. Svetlost dopire do oka posmatrača u vidu odbijene ili prelomljene svetlosti. Rožnjača se zbog svoje zaobljenosti ponaša kao ispupčeno sočivo. Upadno svetlo uzrokuje fotohemijsku reakciju u mrežnjači. Za opažanje boje u ljudskom oku su zapravo odgovorne fotosenzitivne ćelije (fotoreceptori) - čepići i štapići koji se nalaze u mrežnjači oka. U oku postoji oko 75 - 150 miliona štapića i oko 5 - 8 miliona čepića (Vladić, 2013).

Funkcija fotoosetljivih receptora je detekcija svetlosnih dužina (čepići) i reagovanje na intenzitet svetlosti (štapići). Štapići se uglavnom aktiviraju kod manjih intenziteta svetla (sumrak, noć), dok se čepići aktiviraju pri većim intenzitetima svetla (dan) (Malacara, 2011). Pošto su raspoređeni preko cele mrežnjače, štapići reaguju na slike kroz celo vidno polje. Čepići su odgovorni za osećaj boja (Karlović, 2010). Postoje 3 tipa čepića na osnovu dela svetlosnog spektra na koji imaju odgovor:

1. crveni ili L (engl. *long*) čepići koji reaguju na talasne dužine iz domena dugih talasnih dužina (560 nm);
2. zeleni ili M (engl. *middle*) čepići za srednje (530 nm);
3. plavi ili S (engl. *short*) čepići za kratke talasne dužine (420 nm) (Grzybowski i Kupidura-Majewski, 2019).

Detekcija plavog, zelenog i crvenog spektra se naziva trihromatska funkcija oka. Mozak je zapravo interpretator koji prepoznaje nervni impuls kao datu boju (Đurišić, 2007; Milić-Lemić i sar., 2007). Boja hrane ili drugih predmeta je zapravo interakcija između svetlosti, vida (detektora) i predmeta koji se gleda. Objekat deluje da je obojen nekom bojom zato što odbija svetlost određene talasne dužine, a ostali deo spektra apsorbuje. Odbijenu talasnu dužinu svetlosti ljudsko oko zapravo registruje kao boju (Škaljac, 2014).

## **2.2. Prostori (modeli) boje**

Prostor ili model boje (engl. *color space*) je trodimenzionalni matematički sistem u kojem se boja predstavlja jednom tačkom. Svaka boja (tačka) se opisuje sa tri koordinate u prostoru, koje predstavljaju nijansu, svetloću i zasićenje. Udaljenost između bilo koje dve tačke u prostoru (Euklidska udaljenost) predstavlja vidljivu razliku između dve boje koju primećuje ljudsko oko. Generalno, prostori boje imaju tri ili četiri komponente u boji. Modeli boje mogu se podeliti u tri velike grupe (Wu i Sun, 2013):

1. modeli zasnovani na kompjuterskoj (hardverskoj) percepciji boje;
2. modeli zasnovani na ljudskoj (korisničkoj) percepciji boje;
3. instrumentalni prostori boje.

### **2.2.1. Modeli zasnovani na kompjuterskoj percepciji boje**

Prostori boje zasnovani na kompjuterskoj percepciji boje (engl. *hardware-oriented color spaces*) se koriste za obradu hardvera (prikupljanje, čuvanje i prikaz). Imaju veliku primenu u proceni promene boje kod prehrambenih proizvoda tokom obrade (efekti promena temperature i perioda skladištenja) (Lana i sar., 2005). U okviru ove grupe postoji nekoliko prostora boje, ali jedan od najznačajnijih je **RGB** prostor boje koji je definisan po principu aditivnog mešanja, što znači da se kombinovanjem tri osnovne boje (crvene, zelene i plave) na različite načine dobijaju sve ostale boje. Opisuje se sa tri broja čije su vrednosti između 0 i 1. Polazna boja u modelu je crna i njene koordinate su (0,0,0), dok je kod bele boje vrednost koordinata (1,1,1). Odnosno, crna boja se definiše kada ni jedna komponenta boje nije prisutna, a belu boju definiše dodavanje osnovnih komponenata boja u maksimalnom intenzitetu. Sve nijanse sive raspoređene su između te dve tačke (Krimer-Gaborović, 2019).

Većina digitalnih slika se čuvaju kao RGB slike i moraju se pretvoriti u druge prostore boja. Boja u RGB prostoru predstavljena je crvenom, zelenom i plavom koordinatom i svaki kanal je 8-bit, odnosno  $2^8 = 256$  pozitivnih vrednosti (Weller, 2020). To daje ukupno  $256^3 = 16777216$  mogućih boja. RGB aditivni model boja ne može da uoči promene svetlosti boje, koje se vizuelno (ljudskim okom) mogu opaziti. Glavna primena RGB prostora je u elektronskim uređajima kao što su: televizori i kompjuterski monitori. Takođe, ovaj prostor boje zavisi od uređaja (Wu i Sun, 2013), što znači da se ista boja na različitim uređajima može razlikovati u zavisnosti od drugih proizvođača.

Pored RGB, postoje još dva popularna prostora boje: **YIQ** (engl. *luminance* - osvetljenje, *in-phase* - faza, *quadrature* - kvadratura) i **CMYK** (engl. *cyan* - cijan, *magenta* - magenta, *yellow* - žuta, *key-black* - crna). YIQ je model usvojen 1950. godine od strane Nacionalnog odbora za televizijski standard (NTSC) za TV emitovanje u boji i video sisteme (Plataniotis i Venetsanopoulos, 2000), dok se CMY(K) najčešće koristi kod izlaznih uređaja kao što su štampači (Ibraheem i sar., 2012).



### 2.2.2. Modeli zasnovani na ljudskoj percepciji boje

Ovi modeli se nazivaju još i korisnički modeli boja (engl. *human-oriented color model*). Ova vrsta prostora boje odgovara konceptima boje, nijanse i tona, koji su definisani od strane umetnika na osnovu intuitivnih karakteristika boje. Ovi prostori boja bazirani su na tonu i zasićenju, poput: **HSI** (engl. *hue* - nijansa, *saturation* - zasićenje, *intensity* - intenzitet), **HSV** (engl. *hue* - nijansa, *saturation* - zasićenje, *value* - vrednost), **HSL** (*hue* - nijansa, *saturation* - zasićenje, *lightness* - svetloća) i **HSB** (engl. *hue* - nijansa, *saturation* - zasićenje, *brightness* - svetloća) (Wu i Sun, 2013).

HSI, HSL i HSV su razvijeni da budu jednostavniji za manipulaciju boja, dizajniranje, kao i da približe način na koji ljudsko oko opaža i tumači boju (Wen i sar., 2002). Boja u HS prostoru je definisana pomoću cilindričnih koordinata. S obzirom da su ovi prostori razvijeni na osnovu koncepta vizuelne percepcije ljudskog oka, veoma često se koriste za definisanje boja prehrambenih namirnica. Međutim, ovi prostori boje nisu osetljivi na male varijacije u boji zbog čega nisu pogodni za procenu promene boje proizvoda tokom obrade (Wu i Sun, 2013).

### 2.2.3. Instrumentalni prostori boje

Brojni instrumentalni prostori boje su standardizovani od strane Commission Internationale de l'Eclairage (CIE<sup>1</sup>) serijom standardnih uslova (Rossel i sar., 2006). Kod ovog prostora koordinate osa su iste, za razliku od prostora boja zasnovanih na kompjuterskoj percepciji boje koji imaju različite koordinate za istu boju.

**CIE XYZ** je najznačajniji model ovog prostora kreiran 1931. godine na osnovu fiziološke percepcije svetlosti. XYZ su tristimulusne vrednosti i predstavljaju relativne udele (količine) primarnih boja. Koordinatne ose su izvedene iz tristimulusnih vrednosti sledećim formulama (Ware, 2020):

$$x = \frac{x}{x + y + z} \quad (1)$$

$$y = \frac{y}{x + y + z} \quad (2)$$

$$z = \frac{z}{x + y + z} \quad (3)$$

Koordinate xyz se zovu „**hromatske komponente**“ i uvek iznose  $x + y + z = 1$ . Iz matematičkih jednačina očigledno je da je dovoljno poznavati bilo koje dve koordinate hromatičnosti (od x, y, z), kako bi se definisala boja. Često se boja određuje njenom osvetljenošću (Y) i x i y hromatskim koordinatama (x, y, Y). Inverzna transformacija od x, y, Y u tristimulusne vrednosti je:

$$X = Yx/y \quad (4)$$

$$Y = Y \quad (5)$$

$$Z = (1 - x - y) Y/y \quad (6)$$

U ovom modelu boja, komponenta Y označava svetloću, dok X i Z predstavljaju dve primarne virtuelne komponente koje izgledaju kao crvena i plava kriva konusa. CIE XYZ je nezavisan od uređaja; međutim, neki izvedeni prostori boja mogu biti opisani kao zavisni zbog zavisnosti matrica

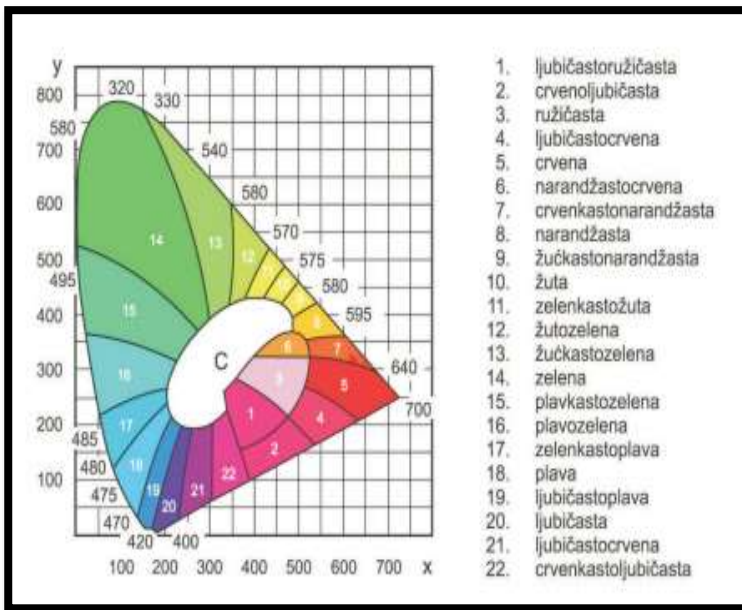
<sup>1</sup> **CIE** (*The International Commission on Illumination/the Commission Internationale de l'Eclairage*) je međunarodna komisija za osvetljenje.

konverzije od iluminanta ili uređaja.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_R & X_G & X_B \\ Y_R & Y_G & Y_B \\ Z_R & Z_G & Z_B \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (7)$$

XYZ se najviše koristi kod spektrofotometara i digitalnih analizatora boje koji direktno pružaju tristimulusne vrednosti (Capitán-Vallvey i sar., 2015).

CIE dijagram hromatičnosti boja prikazuje relativnu količinu imaginarnih primera potrebnu za bilo koju realnu boju. Gama svih boja koje se mogu ostvariti u prirodi sadržana je unutar linije oblika potkovice i ravne linije koja spaja krajeve te potkovice (slika 2).



Slika 2. Dijagram hromatičnosti po CIE sistemu (Randelović, 2009)

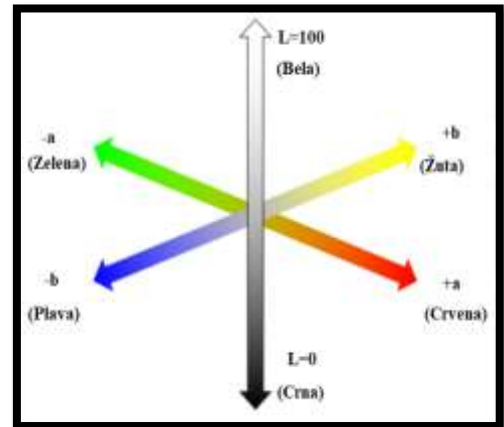
Na oblom delu obodne linije potkovice raspoređene su sve maksimalno zasićene, monohromatske, tj. čiste spektralne boje (od crvene sa oko 700 nm, do ljubičaste sa oko 400 nm) prema krugu boja. Tonovi boja koji su mešavina plave i crvene boje, a kojih u Sunčevom spektru nema, nalaze se na ravnom delu obodne linije potkovice, poznatijem kao purpurna ili linija ljubičaste (engl. *purple boundary*). Sve ostale vidljive višehromatske boje raspoređene su unutar dijagrama hromatičnosti. Boje i njihove nijanse određuju se koordinatama x i y. Prema sredini potkovice boje su sve manje zasićene. Tačka C, poznata kao bela tačka, označava potpunu ahromatičnost ili

standardno belo svetlo. Bela ovalna površina predstavlja zonu boja standardnih izvora svetlosti. U beloj boji u jednakoj razmeri učestvuju sve tri osnovne boje, dok recimo u crvenoj najveću zastupljenost ima crvena komponenta, za razliku od druge dve boje (zelene i plave). Dve koordinate CIE sistema (x i y) ekvivalentni su za dva osnovna atributa boje (ton i zasićenost). No, odnosi među njima izrazito su nelinearni. Razdaljine između boja u dijagramu nisu uniformne, i ne odgovaraju percepcijskoj skali boja. Neke od boja zgusnute su na maloj površini, dok neke druge zauzimaju relativno veliku površinu. Na primer, zelena pokriva relativno veliku površinu, za razliku od crvene, ljubičaste i plave koje su zbijene na malom prostoru. Upravo se neravnomerni raspored boja u potkovicu smatra osnovnim nedostatkom CIE XYZ dijagrama hromatičnosti. Zbog toga su razvijeni sistemi CIELAB i CIELUV, koji percepcijski uniformno uređuju prostor boja (Krimer-Gaborović, 2019).

**CIE L\*a\*b\*** je najpoznatiji uniformni trodimenzionalni prostor boja koji je nezavisan od uređaja i baziran na opažanju boje standardnog posmatrača definisanog od Međunarodne komisije za osvetljenje. Numeričke vrednosti u ovom modelu opisuju sve boje koje zdravo ljudsko oko može razlikovati (Vladić, 2013). CIE L\*a\*b\* je predložen 1976. godine kao opšte prihvaćen model da bi se regulisale vrednosti razlika u boji. To je percepcijski uniforman prostor gde razlike između dve prikazane tačke u prostoru boja odgovaraju vizuelnim razlikama između dve prikazane boje. Ovaj nezavisni sistem pruža najširi spektar vidljivih boja i zato se koristi kao osnova za tumačenje i računanje podataka o bojama iz prostora boje jednog uređaja za drugi. Poznat je i pod nazivom

„referentni prostor“ ili „prostor za povezivanje profila boja“. U CIELAB prostoru boje su definisane sa tri ose: dve hromatske ose  $a^*$  i  $b^*$  i ahromatska osa  $L^*$  (slika 3).

**Svetloća ( $L^*$ )** se meri od 0 do 100 po vertikalnoj osi, gde je 0 vrednost za crnu, a 100 za belu boju. **Udeo crvene boje ( $a^*$ )** označava poziciju između crvene i zelene boje, gde je +120 vrednost za crvenu, a -120 za zelenu boju. **Udeo žute boje ( $b^*$ )** je lokacija između žute i plave boje, +120 je vrednost žute boje, a -120 plave boje (Yam i Papadakis, 2004). Koordinate CIELAB prostora boja se izračunavaju iz standardnih tristimulusnih vrednosti boja X, Y i Z. Glavni cilj u razvoju ovog i drugih sličnih uniformnih prostora boja bilo je istraživanje teorijskih prilaza u rešavanju problema da kvantifikuju male vrednosti razlike boja i da se pruži jedinstvena praksa za merenje razlike boja, nešto što nije bilo moguće u hromatičnim prostorima (Sharma, 2003). Vrednosti koordinata boja u CIELAB sistemu se mogu odrediti prema sledećim formulama:



Slika 3. CIE  $L^*a^*b^*$  prostor boje (Kim i sar., 2020)

$$L^* = 116 (Y/Y_n)^{1/3} - 16 \quad (8)$$

$$a^* = 500 [(X/X_n)^{1/3} - (Y/Y_n)^{1/3}] \quad (9)$$

$$b^* = 200 [(Y/Y_n)^{1/3} - (Z/Z_n)^{1/3}] \quad (10)$$

Razlika između boja se može odrediti kao razdaljina koordinata dve boje u trodimenzionalnom prostoru. Razlika se označava znakom  $\Delta$ , tako da postoje  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$ . Ukupna razlika između dve boje se daje pomoću formule:

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

$\Delta L^* = L^*_{uzorak} - L^*_{standard} + \Delta L^*$  onačava da je uzorak svetliji od standardnog uzorka

-  $\Delta L^*$  onačava da je uzorak tamniji od standardnog uzorka

$\Delta a^* = a^*_{uzorak} - a^*_{standard} + \Delta a^*$  onačava da je uzorak crveniji od standardnog uzorka

-  $\Delta a^*$  onačava da je uzorak zeleniji od standardnog uzorka

$\Delta b^* = b^*_{uzorak} - b^*_{standard} + \Delta b^*$  onačava da je uzorak žući od standardnog uzorka

-  $\Delta b^*$  onačava da je uzorak plavlji od standardnog uzorka (Karlović, 2010).

Ljudsko oko može da razlikuje dve boje u zavisnosti od njihove ukupne razlike u bojama: ( $\Delta E < 1$ ) razlike u bojama koje ne mogu biti uočljive za ljudsko oko, ( $1 < \Delta E < 3$ ) manje razlike u bojama koje bi mogle biti uočljive za ljudsko oko, i ( $\Delta E > 3$ ) razlike u boji koje su uočljive za ljudsko oko (Quintanilla i sar., 2019).

### 2.3. Merenje boje

Merenje boje je od velikog značaja u oblasti prehrambene industrije, posebno kada je reč o hrani animalnog porekla. U slučaju svežeg mesa, potrošači svežinu crvenog mesa povezuju sa homogenom, jarkocrvenom bojom, dok tamnije, blede ili braon meso povezuju sa defektom, lošim tehnološkim postupkom proizvodnje i smatraju ga neprihvatljivim (Calnan, 2017). Kod mleka, boja može biti

pokazatelj eventualnog prisustva nekih defekata kao što je falsifikovanje (Santos i sar., 2012) ili kvar (Lakade i sar., 2017), takođe, značajan indikator produženih uslova čuvanja (Popov-Raljić i sar., 2008) čineći mleko neprihvatljivim za upotrebu. Na primer, mastitis oboljenje daje mleku crvenkastožučkast izgled (Espada i Vijverberg, 2002), koji je suprotan tipičnoj beloj boji mleka (Belitz i sar., 2004). Kada su u pitanju jaja, boja žumanceta (Berkhoff i sar., 2020) i ljuske (Samiullah i sar., 2015) su posebno značajne za potrošače.

Generalno, postoje različite metode određivanja i merenja boje, ali se sve one mogu svrstati u dve osnovne grupe:

1. vizuelne;
2. instrumentalne metode.

### **2.3.1. Vizuelna merenja boje**

Vizuelna (subjektivna) merenja boje predstavljaju upoređivanje sa nekim poznatim fizičkim, referentnim standardom. Ova merenja podrazumevaju posmatranje uzorka bez korišćenja uređaja, ali pod kontrolisanim uslovima osvetljenja (Pathare i sar., 2013). Vizuelna merenja boje mogu biti sprovedena od strane obučениh ocenjivača ili od strane potrošača. Procena boje od strane obučenog panela je objektivna, ponovljiva i uporediva sa laboratorijskom opremom. Sa druge strane, procene potrošača daju subjektivni (hedonski) rezultat za boju (Tomašević i sar., 2021).

### **2.3.2. Instrumentalno merenje boje**

Za razliku od vizuelnog merenja boje, instrumentalno (objektivno) merenje boje podrazumeva upotrebu uređaja za merenje boje, gde se boja izražava numerički, odnosno, pomoću koordinata. Postoje 3 tipa uređaja za merenje boje:

- Kolorimetri;
- Spektrofotometri;
- Spektroradiometri.

Najčešće se za instrumentalno merenje boje koriste sledeće dve grupe uređaja: tristimulusni kolorimetri i spektrofotometri (Socaciu i Diehl, 2009).

#### **2.3.2.1. Kolorimetri i spektrofotometri**

**Kolorimetri** su uređaji dizajnirani da oponašaju fizičko-hemijski osećaj ljudskog oka (Malacara, 2011). Kolorimetar direktno meri boju uzorka. Metoda je brza i jednostavna, a kalibracija se postiže primenom standardnih pločica na početku rada. Kolorimetar radi po principu da nakon osvetljavanja uzorka standardnim izvorom svetlosti, reflektovana svetlost dolazi u detektor u kome se nalaze filteri za tri osnovne boje (crvena, zelena i plava) (Stinco i sar., 2012). Intenzitet svetlosti se meri preko tristimulusnih vrednosti (X, Y i Z) uz pomoć mikroprocesora, a zatim se tristimulusne vrednosti mogu prevesti u parametre boje nekog od poznatih sistema boja (CIE XYZ; CIE L\*a\*b\*; CIE L\*C\*h; Hunter Lab sistem boja). Generalno, kolorimetri se sastoje iz tri glavne komponente (slika 4):

- Izvor osvetljenja;



**Slika 4.** Tristimulusni kolorimetar (<https://sensing.konicaminolta.us/us/applications/color-measurement/>)

- Filteri;
- Fotoelektrični detektor.

**Spektrofotometar** je uređaj za merenje intenziteta svetlosti, koji može da meri intenzitet svetlosti kao funkciju talasne dužine. Prilikom merenja uzorak se osvetljava standardnim izvorom svetla, a reflektovane talasne dužine svetlosti sa površine uzorka mere se pomoću detektora u kome se nalazi difrakciona rešetka (monohromator) ili sistem fotodioda koji detektuju opsege reflektovane svetlosti. Detektovane vrednosti preuzima mikroprocesor i prikazuje ih kao spektar, koji se može konvertovati u tristimulusne vrednosti (X, Y i Z) ili parametre boje nekog od poznatih sistema boja. **Za razliku od kolorimetarskog filter sistema, spektrofotometar** radi tako što meri ceo spektar vidljivog svetla reflektovanog od uzorka između 380 i 700 nm (Brimelow i Joshi, 2001). Iako se pomoću ovih instrumenata postižu jednostavna merenja, postoje određeni nedostaci:

- mogu meriti samo uniformne i male površine uzoraka (Papadakis i sar., 2000);
- boja uzoraka mora biti homogena (Goñi i Salvadori, 2017);
- veliki instrumenti mogu dovesti do gubitka ivica, ukoliko je veličina aparature veća od površine uzorka koja se analizira (Hulsegge i sar., 2001).

### 2.3.2.2. Kompjuterski vizuelni sistem (CVS)

CVS (slika 5) je sistem koji predstavlja osnovu za automatsku ekstrakciju i analizu korisnih informacija o objektu, slici ili setu slika (Wu i Sun, 2013). Osnovni podatak - vrednost boje predstavljen je u digitalnoj slici pikselima. CVS slika boju svakog piksela unutar slike objekta koristeći tri senzora boje po pikselu (ili jedan senzor sa tri alternativna filtera) po pikselu (Forsyth i Ponce, 2003). Kompjutersko merenje izvlači kvantitativne informacije boje iz digitalnih slika, kroz obradu i analizu slika što daje brzo i jednostavno definisanje boje. Hardver konfiguracija CVS se sastoji od: sistema za osvetljavanje, digitalne kamere, rama za prikupljanje, kompjutera i monitora visoke rezolucije.



**Slika 5.** CVS (Milovanovic i sar., 2021)

**Sistem za osvetljavanje** je najvažniji uslov za akviziciju slike i u velikoj meri utiče na kvalitet snimljene slike. Položaji, vrste lampi i kvalitet boje se uzima u obzir pri odabiru najpogodnijeg osvetljenja (Teena i sar., 2013). Sijalice sa žarnom niti, fluorescentne sijalice, laseri i infracrvene lampe su najčešće korišćeni izvori svetlosti (Kodagali i Balaji, 2012). Dobro dizajniran sistem osvetljenja može poboljšati tačnost, smanjiti vreme i kompleksnost obrade slike (Du i Sun, 2004). Dobar sistem osvetljenja treba da obezbedi ravnomernu radijaciju na sceni, izbegavajući prisustvo sjaja ili senki, i koliko god je to moguće mora biti spektralno jednoličan i stabilan tokom vremena (Saldana i sar., 2013). Štaviše, veoma je važno uzeti u obzir geometriju objekta koji se analizira. Na primer, usmeravanje

osvetljenja pod uglom od  $45^\circ$  u odnosu na vertikalnu je efikasno kada se ravan objekat osvetljava, kako bi se izbegli direktni odrazi na kameri. U današnje vreme sistemi osvetljenja zasnovani na diodama koje emituju svetlost (LED) postaju sve češći i ekonomičniji. Obično imaju malu potrošnju energije, robusni su i proizvode vrlo malo toplote, ali s druge strane su usmereni, i izlaz svetlosti je i dalje

prilično ograničen.

**Akvizicija slike** započinje prenosom elektronskih signala od senzora do numeričkog prikaza uz pomoć kamere (Zareiforush i sar., 2015). **Digitalna kamera** ima iste funkcije kao i ljudsko oko, i predstavlja ključnu komponentu kompjuterskog vizuelnog sistema (Zhang i sar., 2014). Najčešće korišćeni model boja je RGB u kome senzor za snimanje beleži intenzitet svetlosti crvene (R), zelene (G) i plave (B) komponente (Leon i sar., 2006). Što je svetlo jače, više elektrona je generisano. Elektroni se posle konvertuju u napon i transformišu u brojeve putem analogno/digitalnih (A/D) konvertora. Signal koji se formira se prosleđuje elektronskim kolima unutar uređaja. Postoje dva tipa senzora koji se najčešće koriste: **CCD** (engl. *charged coupled device*) i **CMOS** (engl. *complementary metal oxide silicon*).

Bilo koji senzor slike sastavljen je od stotine hiljada foto-osetljivih dioda koje beleže jednu jačinu svetla koju prime i tu vrednost pretvaraju u električni napon. Taj napon se pojačava do nivoa na koji može da bude procesuiran od strane analognog digitalnog konvertora. Napon koji se očita sa pojedine fotodiode se pretvara u piksel. Konvertor klasifikuje analognu voltažu sa piksela na nivoe osvetljenja i dodeljuje svakom nivou binarnu oznaku, tako da slika može da bude sačuvana digitalno (Wu i Sun, 2013).

CCD senzori imaju više prednosti u odnosu na CMOS senzore. Kako CCD kamere imaju manje šuma, veću osetljivost i veći dinamički opseg, CCD je postao uređaj izbora za širok spektar primena u prehrambenom inženjerstvu (Sun, 2012). Poređenje CCD i CMOS senzora prikazano je u tabeli 1.

**Tabela 1.** Poređenje CCD i CMOS senzora (Mehta i sar., 2015)

CCD	CMOS
Stvara visokokvalitetne slike sa malim šumom	Podložniji buci
Veća osetljivost na svetlost	Osetljivost na svetlost je manja
Veća potrošnja energije	Manja potrošnja energije
Potrebna specijalizacija za proizvođača	Lak za rukovođenje
Skuplji	Jeftiniji
Visok dinamički opseg	Umeren dinamički opseg
Veća brzina	Manja brzina

**Frame-grabber - ram za prikupljanje** je još jedna važna hardverska komponenta. Kada su bile dostupne samo analogne kamere, ploče (ramovi) za prikupljanje su imale funkciju digitalizacije, sinhronizacije, formatiranja podataka, lokalnog čuvanja podataka i njihov prenos sa kamere na računar. Danas se koriste digitalne kamere, pa ovi elementi nisu potrebni za digitalizaciju. Takođe nisu potrebni za prenos podataka sa kamere na računar. Ove komponente i dan danas postoje, ali se razlikuju od prvobitnih. Njihova uloga je danas mnogo šira od prenosa podataka. Sada imaju brojne specijalne funkcije poput: kontrola slikanja, ulazno/izlazna (Input/Output - I/O) kontrola, formatiranje podataka, itd. (Wu i Sun, 2013).

**Transformacija boje** je takođe bitna u kompjuterskom vizuelnom sistemu. Postignuta je pomoću sistema za upravljanje bojom (engl. *color management*). Digitalna kamera radi u RGB prostoru. Svaka kamera ima svoj karakteristični odgovor, pa bi RGB vrednosti bile drugačije prilikom upotrebe Nikon, Canon ili Soni modela fotoaparata. Umesto direktnog slanja RGB vrednosti na uređaj, upravljanje bojom vrši se konverzijom RGB vrednosti uređaja u  $L^*a^*b^*$ . RGB vrednosti kamere pretvaraju se iz RGB u  $L^*a^*b^*$ , koristeći profil kamere. Svaki izlazni uređaj dobija iste  $L^*a^*b^*$ .  $L^*a^*b^*$  se koristi kao zajednički prostor za razmenu i koristi se za komunikaciju informacija u boji od izvora do odredišta kompenzujući karakteristike ulaznog uređaja preko RGB u  $L^*a^*b^*$ . Sistem za upravljanje bojom podrazumeva kalibraciju, karakterizaciju i konverziju. Kalibracija uključuje uspostavljanje fiksnog, ponovljivog stanja uređaja. Za monitor to može značiti prilagođavanje podešavanja osvetljenosti i kontrasta. Kada se kalibriše uređaj, sledi karakterizacija (engl. *profiling*).

Tokom karakterizacije boje utvrđuju se karakteristike i opseg uređaja. Ovi podaci se čuvaju u profilu International Color Consortium (ICC) profilu uređaja. Konverzija je treći deo sistema za upravljanje boja u kojem se slike konvertuju iz jednog prostora boja u drugi pomoću profila uređaja. sRGB je široko korišćen RGB profil za ravne ekrane, internet pregledače, tablete i mobilne uređaje (Sharma, 2018).

**Sistem za upravljanje bojom kod kamere** podrazumeva pravljenje profila kamere (engl. *the camera raw profile*). RGB prostor boja ICC profila koji je povezan sa datom slikom predstavlja izvor ICC profila za digitalnu sliku kamere. Photoshop nudi otvaranje RAW<sup>2</sup> datoteke i pretvaranje u DNG<sup>3</sup> datoteke koji je generički format datoteke za RAW ili neke druge datoteke. Formiranje RAW profila kamere se ostvaruje najčešće pomoću X-Rite ColorChecker Passport pločice (standard) koji se slika i prebacuje u softver gde se formira profil kamere. Taj profil se potom pojavljuje prilikom ubacivanja slike u Photoshopu (Sharma, 2018).

**Sistem za upravljanje bojom kod monitora** se sastoji takođe od kalibracije, karakterizacije i pravljenja profila. Kalibracija se može postići softverski i hardverski. Softverski podrazumeva upotrebu kolorimetara poput X-Rite uređaja, dok hardverski podrazumeva kalibraciju podešavanjem parametara bele tačke (engl. *white point*) i game (engl. *gamma*) monitora. Različiti monitori zahtevaju svoje specijalizovane softvere. Pravljenje profila se postiže podešavanjem parametara svetloće i kontrasta monitora. Monitori sadrže gamma korekciju, koja se kreće između 2,0 - 3,0. Za sRGB najčešće se koristi profil sa gama podešavanjem od 2,2. Nivo svetloće (engl. *luminance levels*) je takođe bitna stavka koja se izražava u  $\text{cd/m}^2$ . Target za ovaj parametar je obično  $160 \text{ cd/m}^2$ . Još jedan bitan parametar za monitore jeste temperatura boje (K). U slučaju nekalibrisanog monitora, temperatura boje je oko 9,000 K. Podrazumevana temperatura boje za kalibrisan monitor jeste 5,000 K, odnosno, upotreba iluminanta D50, koji se najčešće koristi u sistemu za upravljanje bojom (Sharma, 2018).

### 2.3.3. Tehnički parametri uređaja za merenje boje

Budući da odbijena svetlost određuje boju objekta, izgled se može promeniti u zavisnosti od količine svetlosti, izvora svetlosti, standardnog posmatrača, veličine i razlika u pozadini. Instrumenti za merenje boje u sklopu podešavanja mogu imati niz različitih parametara, koji u velikoj meri mogu da utiču na merenje boje.

**Veličina otvora uređaja** (engl. *aperture/port size*) je veoma važan parametar kod uređaja za merenje boje. Predstavlja otvor promenljive veličine koji kontroliše količinu svetlosti (Mansurov, 2020). Veličina otvora se kreće od 8 mm do više od 3,18 cm (AMSA, 2012). U slučaju digitalne kamere, otvor blende prekriva sočivo. Kada se blenda otvori, ona propušta svetlost u fotoaparatus. Ako se blenda otvori više, u objektiv ulazi više svetla. Ako se otvori manje, ulazi manje svetla. Mera otvora blende meri se f-brojem. Ako je f-broj veći, blenda je zatvoreniija. Ako je f-broj manji, blenda je otvoreniija.

Osetljivost ljudskog oka zavisi od osobe do osobe, uzrokujući da svaka osoba doživljava boju različito (subjektivno). Zapravo, u zavisnosti od raspodele čepića u oku, tristimulusne vrednosti zavise od posmatračevog vidnog polja (Ilić, 2014). Zbog toga, CIE organizacija je utvrdila funkcije za standardizaciju načina merenja boje predmeta, uključujući vidno polje. CIE je definisala **standardnog posmatrača** (engl. *standard observer*). Naime, standardni posmatrač je statistički podatak dobijen nizom merenja u kojima su učestvovali ljudi sa normalnim vidom. Najznačajnija su dva tipa standardnih posmatrača: standardni posmatrač 2° i standardni posmatrač 10° (Socaciu i Diehl, 2009). Prvi standardni posmatrač definisan od strane CIE je bio 1931. godine. Ovo je bilo

<sup>2</sup> RAW – datoteka neobrađenih slika koja sadrži minimalno obrađene podatke senzora slike digitalnog fotoaparata.

<sup>3</sup> DNG (engl. *Digital Negative*) – patentirani format neobrađenih slika bez gubitaka koji je razvio Adobe i koji se koristi za digitalnu fotografiju.

zasnovano na seriji eksperimenata izvedenih četiri godine ranije koji su uključivali korišćenje 2° vidnog polja. Primera radi, površina prečnika 3,5 cm posmatrana sa rastojanja od 1 m tačno daje ugao viđenja od 2°. Ovaj ugao je odabran zahvaljujući uverenju da su fotosenzitivni čepići raspoređeni unutar luka od 2° u centralnoj jamici mrežnjače (lat. *fovea centralis*) (Ilić, 2014). Kasnije je utvrđeno da je to, zapravo, bilo prilično nerealno, jer se većina vizuelnih procena radi sa velikim delom vidnog polja većim od 2°. Tako je 1964. godine CIE predstavio 10° standardni posmatrač - područje u mrežnjači koje sadrži receptore štapiće (odgovorne za prepoznavanje svetloće) (Whetzel, 2016).

Pored standardnog posmatrača, CIE definiše i **standardne izvore svetlosti** (engl. *standard illuminant*). Kvalitet i energija dnevnog svetla varira. Na primer, sunčeva svetlost nije ista tokom dana, doba godine ili vremena. Zbog toga izvor svetlosti nije pouzdano matematički definisan ili ponovljiv, pa stoga nije pogodan za kolorimetrijsku karakterizaciju. Neophodno je imati standardna osvetljenja koja su numerički definisana (Gulrajani, 2010). Kako bi se imala pouzdana i objektivna deskripcija izvora svetlosti, CIE je 1966. godine preporučila dnevne iluminante na osnovu brojnih spektroradiometrijskih merenja dnevne svetlosti na različitim lokacijama u Sjedinjenim Američkim Državama, Kanadi i Ujedinjenom Kraljevstvu (Judd i sar., 1964). Odnosno, ova organizacija je proučila i utvrdila standarde za različite tipove izvora svetlosti. Oni se zovu „iluminanti“ i predstavljaju matematičke tablične vrednosti koje se koriste za kolorimetrijske kalkulacije. Dnevna svetlost ima temperaturu boje od 6,504 K za prosečno dnevno svetlo; otuda se koristi simbol „D65“.

CIE je 1931. godine predstavio 3 standardna iluminanta: iluminante A, B i C. CIE standardni iluminant A predstavlja tipično, domaće osvetljenje od volframovih vlakana. Njegova relativna spektralna raspodela snage je na temperaturi od približno 2,856 K. Svetlost nastaje zagrevanjem žarne niti pri niskom pritisku. Dobijena svetlost je žuto-crvene boje. Iluminanti B i C imitiraju dnevnu svetlost. Izvedeni su od iluminanta A uz pomoć filtera. Iluminant B je predstavnik sunčeve svetlosti u podne sa temperaturom zračenja od 4,874 K, dok C predstavlja prosečnu dnevnu svetlost sa temperaturom zračenja od 6,774 K. Danas se više skoro pa i ne upotrebljavaju, i zamenjeni su sa D iluminantom. Iluminanti D su dnevni illuminanti koji su obeleženi sa D, što ukazuje na dnevnu svetlost (engl. *daylight*), dok naredne dve cifre označavaju temperaturu boje izraženu u kelvinima (K) i podeljenu sa 100, na primer, D50, D55, D60, ..., D75.

- D50 - svetlost pri zalasku sunca (5,003 K);
- D55 - srednja prepodnevna ili srednja popodnevna svetlost (5,503 K);
- D65 - srednja podnevna svetlost (6,500 K);
- D75 - svetlost pri oblačnom vremenu (7,504 K) (Hunt i Pointer, 2011).

Grafička industrija odabrala je D50 kao referentni iluminant, jer je negde između prosečne dnevne svetlosti i užarene svetlosti. CIE predlaže upotrebu D65 illuminanta gde god je to moguće. U 2009. godini CIE je definisala dva unutrašnja dnevna iluminanta označena kao ID50 (5,000 K) i ID65 (6,500 K) (CIE, 2009). Iluminant E je imaginaran iluminant i koristi se kao teorijska referenca. Iluminant F predstavlja različite tipove fluorescentne rasvete. CIE je definisala 12 tipova fluorescentnih iluminanata od F1 do F12 koji su podeljeni u 3 grupe:

- F1 - F6 su standardni (tradicionalni);
- F7 - F9 su širokopojasne fluorescentne sijalice;
- F10 - F12 - tri usko pojase fluorescentne sijalice (Schanda, 2007).

**Geometrija merenja** predstavlja veoma važan aspekt dizajna uređaja koji se koristi za merenje boje. Postoji više geometrija za merenje kombinacija senzor-osvetljenje i svaka je optimalna za odgovarajuće situacije (Sharma, 2003). Postoje dve glavne kategorije geometrije merenja. Prva grupa je označena kao usmerena geometrija (45°/upravno i upravno/45°) koje imaju ili dvosmerno ili obodno osvetljenje. U okviru usmerene geometrije se nalazi podvrsta - kružna geometrija, koja se označava sa „a“. Druga grupa je difuzna geometrija (difuzno/upravno i upravno/difuzno) i ukazuje



na upotrebu integralnih sfera. CIE je definisala neke standarde i geometrijske uslove koji su označeni kao što su  $45^{\circ}:0^{\circ}$  ili  $d:8^{\circ}$ .

## **2.4. Boja mesa i proizvoda od mesa**

Boja svežeg mesa zavisi od vrste životinje (Mancini i Hunt, 2005). Sivkastoružičasta boja se smatra prihvatljivom za potrošače kada je u pitanju svinjsko meso, a jarkocrvena boja u slučaju mesa govedine, jagnjetine i ovčetine. Postoji veliki broj faktora koji utiču na boju mesa, ali je najznačajniji sadržaj pigmentata u mišiću u momentu smrti životinje (Rede i Petrović, 1997). Glavni pigment u mesu je purpurnocrveni pigment mioglobin (Eskin i Shahidi, 2012). Mioglobin (grčki *mio* - mišić) je sarkoplazmatski protein koji je glavni pigment odgovoran za crvenu boju (Livingston i Brown, 1981; Suman i Joseph, 2013). Kod sisara, mioglobin je hromoproteid velike molekulske mase (14-18 kDA) (Eskin i Shahidi, 2012) sastavljen od proteinskog lanca globina i prostetske grupe hema (slika 6).



**Slika 6.** Molekul mioglobina  
(<https://sh.wikipedia.org/wiki/Mioglobin>)

Pored mioglobina, u mesu postoje i drugi pigmenti u izrazito malim količinama koji mogu imati određenu ulogu u boji. To su: hemoglobin i citohrom C (crvene boje), vitamin B12 i flavini (žute boje) koji su više zastupljeni kod živine, ribe i divljači (Suman i Joseph, 2013). Boja svežeg mesa određena je relativnim proporcijama tri primarna oblika mioglobina (Watts i sar., 1966). Tu spadaju tri oksidativna stanja mioglobina: oksimioglobin, deoksimioglobin i metmioglobin. Preovlađujući oblik mioglobina u jarko obojenom crvenom mesu je oksimioglobin u kome je mioglobin vezan za kiseonik. Deoksimioglobin, redukovani oblik mioglobina, je purpurni pigment za koji se vezuje voda (ili sa uklonjenim kiseonikom) i lako se pretvara u oksimioglobin. Nasuprot tome, nepoželjna braonkasta (mrka) boja koja je povezana sa obezbojenim mesom je metmioglobin.

### **2.4.1. Instrumentalno merenje boje mesa i proizvoda od mesa**

#### **2.4.1.1. Pregled istraživanja tehničkih parametara**

Meat Science je časopis koji je publikovao najviše radova o instrumentalnom merenju boje mesa i proizvoda od mesa, za period od 1998-2007 (Tapp i sar., 2011), kao i za period 2019-2020. godine (tabela 2). Posle njega slede Poultry Science, LWT, Livestock Science, Food Chemistry i Food Research International. Najveći procenat radova (48,00% radova) bio je iz Evrope (Tapp i sar., 2011), dok je za period 2019-2020. godine najviše radova bilo iz Azije (40,50%), dok je na drugom mestu bila Evropa (26,50%). U ovom periodu se najviše ispitala boja svinjskog mesa, dok je u periodu 2019-2020. godine najviše merena boja goveđeg mesa (26,83%) (tabela 2).

Najnoviji podaci pokazuju da se svinjsko meso najviše konzumira u Aziji (Kina) i Evropi (Evropska unija), dok je goveđe meso karakteristično za područje Južne Amerike (Argentina) (World Population Review, 2021). Može se zaključiti da na ove podatke utiče geografsko područje, navike ljudi, religija, kao i životni standard.

**Tabela 2.** Pregled istraživanja o boji mesa po časopisima, zemljama istraživanja i vrsti mesa (Tomašević i sar., 2021)

Časopis	Broj radova
Meat Science	194 (32,33%)
Ostali <sup>1</sup>	121 (20,17%)
Poultry Science	93 (15,50%)
LWT	61 (10,17%)
Livestock Science	31 (5,17%)
Food Chemistry	28 (4,66%)
Food Research International	22 (3,67%)
Animal	20 (3,33%)
Innovative Food Science & Emerging Technologies	16 (2,67%)
Food Control	14 (2,33%)
Zemlja istraživanja	
Azija	243 (40,50%)
Evropa	159 (26,50%)
Južna Amerika	72 (12,00%)
Severna Amerika	67 (11,17%)
Okeanija	32 (5,33%)
Afrika	27 (4,50%)
Vrsta mesa	
Goveđe meso	161 (26,83%)
Svinjsko meso	154 (25,67%)
Pileće meso	153 (25,50%)
Ovčije meso	56 (9,33%)
Riba	29 (4,83%)
Ostalo <sup>2</sup>	14 (2,33%)
Zečije meso	12 (2,00%)
Kozje meso	11 (1,83%)
Meso divljači	6 (1,00%)
Morski plodovi	4 (0,67%)

<sup>1</sup>Ostali su obuhvatali sve časopise sa manje od 2% radova.

<sup>2</sup>Ostale uključene vrste koje su se pojavile u samo nekoliko radova (konj, alpaka, gazela, impala, kamila, kajman, krokodil, antilopa, gnu).

Instrumentalno se boja mesa u najvećoj meri određuje pomoću tradicionalnog Minolta kolorimetra (60,0%) prema literaturnim podacima Tapp i sar. (2011) za period od 1998-2007. godine. Takođe, novi literaturni podaci (tabela 3) su u saglasnosti sa tim podacima da je Minolta najviše korišćen uređaj za merenje boje mesa i proizvoda od mesa (67,5%) za period od 2019-2020. godine, potom slede Hunter uređaj (16,3%), drugi tipovi uređaja (12,0%), i CVS (3,2%) (Tomašević i sar., 2021). Istraživanje je pokazalo da razlika u merenju boje (bilo da se radi o instrumentu ili metodologiji merenja) može uticati na vrednosti instrumentalne boje mesa. Takođe, Stevenson i sar. (1991) i Brewer i sar. (2001) pokazali su relevantne razlike u L\*, a\* i b\* vrednostima boje između Minolta i Hunter kolorimetara za meso divljači i sveže svinjsko meso.

Pored uređaja, bitni tehnički faktori koji u velikoj meri mogu da utiču na instrumentalno merenje boje mesa i proizvoda od mesa su osvetljenje, otvor blende i standardni posmatrač. U slučaju iluminanata, Tapp i sar (2011), kao i noviji podaci objavljeni od strane Tomašević i sar. (2021) navode da je D65 dominantan iluminant za merenje boje mesa i proizvoda od mesa.

**Tabela 3.** Pregled istraživanja tehničkih parametara (Tapp i sar., 2011; Tomašević i sar., 2021)

	Procenat radova	
	1998–2007 <sup>1</sup> (n = 1,068)	2019–2020 <sup>2</sup> (n = 600)
<b>Uređaj</b>		
Minolta	60,0	67,5
Hunter	31,6	16,3
CVS	-	3,2
Ostali	5,8	12,0
Nije prijavljeno	2,6	1,0
<b>Iluminant</b>		
D65	32,3	46,9
A	8,6	4,8
C	8,6	4,8
Ostali	1,5	2,3
Nije prijavljeno	48,9	41,2
<b>Ugao posmatranja</b>		
0°	3,8	4,3
2°	5,3	11,2
10°	24,2	35,1
Više od 10°	0,9	0,7
Nije prijavljeno	65,9	48,7
<b>Broj očitavanja po uzorku</b>		
1	0,3	0,2
2	6,6	0,3
3	21,9	36,2
4	5,9	4,2
5	5,2	8,7
6+	7,8	14,7
Nije prijavljeno	52,4	35,7
<b>Otvor blende</b>		
Prijavljeno	26,4	42,3
Nije prijavljeno	73,6	57,7

<sup>1</sup>Tapp i sar. (2011)<sup>2</sup>Tomašević i sar. (2021)

Međutim, AMSA (2012) preporučuje da se za merenje boje svežeg mesa koristi iluminant A. Što se tiče ugla posmatranja, 10° standardni posmatrač je bio najviše ustanovljen u oba pregledna rada (tabela 3). Međutim, ovo nije u skladu sa rezultatima Karamucki i Jakubowska (2019) koji sugerišu da bi 2° standardni posmatrač mogao biti korisniji za merenje boje, posebno u slučaju stabilnosti boje.

Honikel (1998) je preporučio da veličina otvora blende bude velika onoliko koliko instrument može da dozvoli. Yancey i Kropf (2008) su pokazali da su se L\*, a\* i b\* vrednosti, kao i vrednosti indeksa zasićenja smanjile sa smanjenjem veličine otvora blende, kada se koriste iluminanti A, C i D65. Ovi autori su takođe primetili da su uglovi nijanse u obrnutoj vezi sa otvorom blende za sva tri iluminanta i, sa iluminantima C i D65, najmanja veličina otvora rezultovala je negativnim a\* vrednostima koje menjaju kalkulacije za ugao nijanse.

Međutim, oba pregledna rada su ukazala da veliki broj radova ne pokazuje adekvatne informacije kao što su: iluminanti, veličina otvora, ugao posmatranja, podatak o kalibraciji, kao i broj očitavanja po uzorku koje su neophodne za poređenje i tačno tumačenje instrumentalnih rezultata boja.

#### 2.4.2. Instrumentalni podaci merenja boje mesa i proizvoda od mesa

Boja je jedan od najvažnijih faktora pomoću kojeg potrošači procenjuju kvalitet mesa i proizvoda od

mesa (Cachaldora i sar., 2013). Literaturni podaci instrumentalnog merenja boje pernate živine predstavljeni su u tabeli 4. U pogledu parametra L\* (svetloća), najsvetlije meso na osnovu literaturnog pregleda bilo je ćureće meso ( $L^* = 57,56 \pm 6,13$ ), zatim pileće ( $L^* = 53,96 \pm 10,31$ ) i gušćije ( $L^* = 45,91 \pm 10,49$ ), dok je najtamnije bilo pačije meso ( $L^* = 42,14 \pm 7,99$ ). U pogledu a\* parametra, najmanje „crveno“ bilo je pileće meso ( $a^* = 5,98 \pm 5,05$ ), dok je pačije meso najviše „crveno“ ( $a^* = 16,94 \pm 5,55$ ). Najmanje „žuto“ meso bilo je pačije meso ( $b^* = 5,08 \pm 3,78$ ), dok je najveći udeo žute boje pripao pilećem mesu ( $b^* = 9,99 \pm 6,40$ ).

**Tabela 4.** Boja mesa pernate živine (srednja vrednost  $\pm$  standardna devijacija)  
(Tomašević i sar., 2021)

Pernata živina		Pileće meso (n = 91)	Pačije meso (n = 7)	Ćureće meso (n = 4)	Gušćije meso (n = 9)
Boja	L*	53,96 $\pm$ 10,31	42,14 $\pm$ 7,99	57,56 $\pm$ 6,13	45,91 $\pm$ 10,49
	a*	5,98 $\pm$ 5,05	16,94 $\pm$ 5,55	8,99 $\pm$ 8,76	16,34 $\pm$ 4,30
	b*	9,99 $\pm$ 6,40	5,08 $\pm$ 3,78	6,07 $\pm$ 6,24	8,59 $\pm$ 8,50

Ovi literaturni podaci su u skladu sa instrumentalnim rezultatima boje dobijenim pomoću kolorimetra, sa izuzetkom za L\* parametar (najsvetlije meso bilo je pileće meso). Velike standardne devijacije kod ovih literaturnih podataka mogu biti posledica različitih faktora poput vrste, starosti i ishrane, načina držanja životinje, vrste mišića i funkcije koju mišić ima u živom organizmu. Generalno, sadržaj mioglobina (Mb) u grudnim mišićima živine je značajno niži u odnosu na mišiće nogu. Poznato je da mišići nogu imaju veliki procenat Mb i da su označeni kao „crveni mišići“, dok su grudni mišići sastavljeni od belih vlakana i označeni kao „beli mišići“ (Barbut, 2016). Veliki uticaj može imati pH vrednost, odnosno, porastom pH vrednosti meso postaje tamnije (Fletcher, 1999). Sa starošću životinje, L\* vrednosti se smanjuju. Sezonske razlike u boji mesa mogu biti posledica fizičke aktivnosti, stresa i/ili razlika u ishrani između sezona, koje dovode do razlika u sastavu mišića (Neethling i sar., 2014) i pH (Wiklund i sar., 2010), pa samim tim i do razlika u boji.

Dobijeni rezultati boje za meso domaćih životinja predstavljeni su u tabeli 5. Generalno, boja goveđeg mesa varira od svetlocrvene do izrazito tamnocrvene, dok je teletina sivoružičasta. Boja svinjskog mesa je svetloružičasta do ružičastocrvena, a ovčijeg svetlocrvene boje.

**Tabela 5.** Boja mesa domaćih životinja (srednja vrednost  $\pm$  standardna devijacija)  
(Tomašević i sar., 2021)

Meso domaćih životinja		Svinjsko meso (n = 59)	Goveđe meso (n = 82)	Ovčije meso (n = 46)	Kozje meso (n = 8)	Konjsko meso (n = 2)
Boja	L*	51,78 $\pm$ 9,98	43,60 $\pm$ 15,95	40,17 $\pm$ 8,59	39,89 $\pm$ 7,69	37,92 $\pm$ 5,12
	a*	8,96 $\pm$ 5,61	14,75 $\pm$ 2,06	14,47 $\pm$ 4,62	13,91 $\pm$ 5,75	13,40 $\pm$ 2,13
	b*	8,33 $\pm$ 9,42	9,00 $\pm$ 7,00	8,87 $\pm$ 4,08	9,23 $\pm$ 2,49	7,61 $\pm$ 1,29

Prema ovim literaturnim izvorima, konjsko meso imalo je najtamniju boju ( $L^* = 37,92 \pm 5,12$ ), zatim slede kozje meso ( $L^* = 39,89 \pm 7,69$ ), ovčije ( $L^* = 40,17 \pm 8,59$ ), goveđe ( $L^* = 43,60 \pm 15,95$ ) i svinjsko meso ( $L^* = 51,78 \pm 9,98$ ). Najveći udeo crvene boje (a\*) sadrži goveđe meso ( $a^* = 14,75 \pm 2,06$ ), a najmanji udeo crvene boje ima svinjsko meso ( $a^* = 8,96 \pm 5,61$ ). Udeo žute boje je najveći kod kozjeg mesa ( $b^* = 9,23 \pm 2,49$ ), dok je sa druge strane najmanji kod konjskog mesa ( $b^* = 7,61 \pm 1,29$ ). Razlike u instrumentalnim parametrima boje između različitih životinja mogu da budu zbog velikog broja faktora. Različite vrste mišića takođe imaju različit sadržaj Mb. Aktivni mišići (mišići nogu i vrata goveda, grudni mišići ptica koje lete) imaju više Mb i oni su tamniji. Mišići koji su u slabijoj radnoj funkciji (dugi leđni mišić ili *musculus longissimus dorsi*) imaju manju količinu Mb, odnosno, svetlije su boje. Veliki uticaj na boju može imati **sezona**. Kod Koreanske govedine, parametar za svetloću (L\*) je najmanji u toku zimskih perioda, a najveći u periodu jeseni i proleća.

Takođe, parametri  $a^*$  i zasićenje su najveći u periodu proleća i leta, dok su u zimskom periodu niži;  $b^*$  parametar je najveći u letnjem, a najmanji u zimskom periodu (Kim i sar., 2003). Na boju i stabilnost boje može uticati **način ishrane** koji uključuje ekstenzivne (trava/pašnjak/krmno bilje) ili intenzivne sisteme ishrane (koncentrat/zrno/krmno bilje). Diaz i sar. (2002) nisu pronašli razlike u boji mišića *rektusa abdominis*, ali su primetili manje vrednosti za  $L^*$  parametar u *longissimus* mišiću jagnjadi na paši u odnosu na *longissimus* mišić jagnjadi koja su hranjena koncentratom. Takođe, tamnija boja mesa je posledica većih koncentracija Mb zbog veće fizičke aktivnosti životinja na pašnjacima u odnosu na životinje koje su hranjene koncentratom (Vestergaard i sar., 2000). Jedan od važnijih faktora koji utiče na količinu Mb u mišićima je **rasa**. Plemenite rase koje se uzgajaju u savremenim uslovima i gde se životinje manje kreću imaju malu količinu mioglobina u odnosu na manje plemenite rase koje se gaje primitivnijim uzgojom. Kadim i sar. (2004) su istraživali razlike u kvalitetu mesa između 4 mišića (*longissimus*, *biceps femoris*, *semitendinosus* i *semimembranosus*) tri različite omanske rase koza. Nisu primećene razlike između  $a^*$  i  $b^*$  vrednosti među pasminama ni za jedan mišić, dok su razlike za  $L^*$  zabeležene; *longissimus* mišići koza Jabal Khaddar bili su svetliji od mišića rasa Batina i Dhofari, dok su *semimembranosus* mišići rasa Jabal Khaddar i Dhofari bili svetliji od Batina koza. Na osnovu ovih rezultata može se zaključiti da su rasa i vrsta mišića uticali na boju kozjeg mesa. Drugi autori, takođe, su dokumentovali razlike u boji mišića između vrsta koza (Dhanda i sar., 1999). Uticaj **starosti** životinje je takođe veoma bitan faktor. Koncentracija Mb u mesu se povećava sa starošću životinje (Cho i sar., 2015). Koncentracija Mb utiče na percepciju boje mesa (Gatellier i sar., 2001), tako da starije životinje imaju tamnije (niže  $L^*$  vrednosti) i crvenije meso (veće  $a^*$  vrednosti). **Pol** je faktor koji utiče na razlike u boji različitih vrsta mesa. Meso životinja muškog pola ima tamniju boju u odnosu na ženski pol. Ovo se pripisuje razlikama u koncentraciji Mb, pri čemu muški pol ima veće koncentracije usled veće fizičke aktivnosti (Seideman i sar., 1982). Generalno, meso nekastriranih mužjaka je tamnije (Seideman i sar., 1982) u odnosu na meso ženki i kastriranih mužjaka. Veća koncentracija Mb kod nekastriranih mužjaka posledica je veće fizičke aktivnosti. Simela i sar. (2004) pokazali su da meso nekastriranih muških jarčeva ima manje  $a^*$  vrednosti u odnosu na ženke i kastrate, dok je zasićenje boje nekastriranih mužjaka i ženki manje u odnosu na kastrate.

Na osnovu literaturnih podataka za boju divljači (tabela 6) može se zaključiti da je meso jelena najtamnije ( $L^* = 29,13 \pm 4,69$ ) i najviše crveno ( $a^* = 15,43 \pm 8,30$ ), dok je meso prepelice najsvetlije ( $L^* = 52,81 \pm 3,13$ ). Najviše udela žute boje pokazalo je meso antilope ( $b^* = 12,07 \pm 2,14$ ), zatim slede meso prepelice, jelena, zečije meso i meso alpake sa vrednostima  $9,15 \pm 0,36$ ;  $8,47 \pm 2,25$ ;  $6,19 \pm 4,74$  i  $4,53 \pm 5,47$ , respektivno.

**Tabela 6.** Boja mesa različite divljači (srednja vrednost  $\pm$  standardna devijacija) (Tomašević i sar., 2021)

Divljač	Meso jelena ( $n = 3$ )	Meso prepelice ( $n = 3$ )	Meso alpake ( $n = 4$ )	Meso antilope ( $n = 3$ )	Zečije meso ( $n = 13$ )	
Boja	$L^*$	$29,13 \pm 4,69$	$52,81 \pm 3,13$	$37,32 \pm 2,14$	$37,43 \pm 3,89$	$52,49 \pm 8,61$
	$a^*$	$15,43 \pm 8,30$	$10,40 \pm 8,69$	$14,57 \pm 3,29$	$13,13 \pm 1,06$	$6,29 \pm 6,35$
	$b^*$	$8,47 \pm 2,25$	$9,15 \pm 0,36$	$4,53 \pm 5,47$	$12,07 \pm 2,14$	$6,19 \pm 4,74$

Generalno, boja mesa divljači je smeđecrvena i tamnija u odnosu na meso domaćih životinja (Daszkiewicz i sar., 2011). Divljač se u odnosu na domaće životinje odlikuje većom aktivnošću kretanja, tako da sadrži više Mb i ima bolju pigmentaciju. Tamnija boja mesa divljači je posledica velikog sadržaja Mb (Daszkiewicz i sar., 2011), razlika u tipovima mišićnih vlakana (North i Hoffman, 2015) i nižeg nivoa masti (Hoffman i sar., 2005) u poređenju sa domaćim životinjama. Ustanovljeno je da se sa starošću povećavaju vrednosti  $L^*$  i  $a^*$  parametara, dok su vrednosti  $b^*$  parametra smanjene. Studije o divljači su pokazale da način ishrane može uticati na stabilnost boje, a poboljšana stabilnost boje se uglavnom pripisuje većim koncentracijama antioksidanasa u mesu

(Wiklund i sar., 2010). Oni su takođe istražili da jeleni hranjeni peletom imaju niže pH vrednosti što doprinosi većim vrednostima  $a^*$  parametra.

U tabeli 7 su prikazani literaturni podaci boje za ribu. Kao najsvetlija riba prema ovim podacima pokazala se jesetra ( $L^* = 60,37 \pm 13,01$ ), zatim slede som ( $L^* = 52,84 \pm 6,02$ ), šaran ( $L^* = 38,38 \pm 20,63$ ) i tuna ( $L^* = 37,00 \pm 6,58$ ). Najveći udeo crvene boje ima tuna ( $a^* = 6,26 \pm 4,42$ ), kao i najmanji udeo žute boje ( $b^* = 4,72 \pm 3,61$ ). Standardne devijacije mogu biti posledica velikog broja faktora. Na primer, usled skladištenja dolazi do promena u boji, zbog oksidacije i degradacije proteina i masti, što uzrokuje više žutu boju koja je posledica oksidacije masti (Shi i sar., 2014; Guerrero i sar. 2015). Nepoželjne boje najčešće nastaju kao posledica fenolnih žutih jedinjenja poput florizina i hlorogene kiseline (Sun i sar., 2017). Takođe, prilikom oksidacije Mb dolazi do smanjenja  $a^*$  parametra (Jung i sar., 2003), dok su promene u  $b^*$  parametru najčešće povezane sa oksidacijom polinezasićenih masnih kiselina (Zhan i sar., 2018). Takođe, ishrana može da utiče na parametre boje. Na primer, intenzivnija boja ribe koja se hrani lososovim uljem može biti usled prisustva astaksantina, koji predstavlja intenzivni žuto-narandžasti karotenoid (Deepika i sar., 2014). Adekoya i sar. (2018) su pokazali da veći sadržaj ribljeg ulja doprinosi smanjenju  $L^*$  i  $b^*$  parametara kod šarana. Clarkson i sar. (2018) su pokazali da smanjenje  $L^*$  vrednosti Ruske jesetre (*Acipenser gueldenstaedti*) tokom skladištenja može biti usled enzimskog tamnjenja, degradacije proteina i stvaranja braon pigmenta.

**Tabela 7.** Boja mesa različitih vrsta riba (srednja vrednost  $\pm$  standardna devijacija)  
(Tomašević i sar., 2021)

Riba		Som ( $n = 5$ )	Šaran ( $n = 4$ )	Tuna ( $n = 3$ )	Jesetra ( $n = 2$ )
Boja	$L^*$	$52,84 \pm 6,02$	$38,38 \pm 20,63$	$37,00 \pm 6,58$	$60,37 \pm 13,01$
	$a^*$	$1,04 \pm 3,60$	$2,48 \pm 3,75$	$6,26 \pm 4,42$	$1,47 \pm 3,78$
	$b^*$	$4,76 \pm 8,72$	$8,01 \pm 3,10$	$4,72 \pm 3,61$	$7,25 \pm 2,91$

Boja mesa i proizvoda od mesa je prva karakteristika koja ostavlja utisak na potrošače i jedan je od najintuitivnijih faktora koji utiče na odluke potrošača prilikom kupovine (Font-i-Furnols i Guerrero, 2014). Kada su u pitanju kobasice (tabela 8), najsvetlije su pileće kobasice ( $L^* = 66,46 \pm 9,34$ ), dok su najtamnije goveđe ( $L^* = 48,92 \pm 14,96$ ). Najviše udela crvene i žute boje imaju goveđe kobasice ( $a^* = 14,58 \pm 9,61$ ;  $b^* = 13,85 \pm 6,83$ ).

**Tabela 8.** Boja različitih proizvoda od mesa (srednja vrednost  $\pm$  standardna devijacija)  
(Tomašević i sar., 2021)

Izvor mesa		Svinjsko ( $n = 29$ )	Goveđe ( $n = 10$ )	Pileće ( $n = 6$ )
Kobasice	$L^*$	$57,74 \pm 12,95$	$48,92 \pm 14,96$	$66,46 \pm 9,34$
	$a^*$	$10,83 \pm 5,21$	$14,58 \pm 9,61$	$7,25 \pm 5,99$
	$b^*$	$12,66 \pm 4,03$	$13,85 \pm 6,83$	$13,75 \pm 2,09$
Mleveno meso			( $n = 6$ )	( $n = 7$ )
	$L^*$	-	$43,10 \pm 9,32$	$63,59 \pm 5,43$
	$a^*$	-	$14,81 \pm 6,24$	$6,36 \pm 4,16$
Paštete			( $n = 23$ )	( $n = 3$ )
	$L^*$	$57,58 \pm 16,37$	$45,39 \pm 10,83$	$60,93 \pm 3,14$
	$a^*$	$10,38 \pm 4,97$	$16,20 \pm 7,50$	$4,79 \pm 3,61$
	$b^*$	$12,29 \pm 3,03$	$12,91 \pm 6,16$	$15,35 \pm 5,91$

- Nema prijavljenih podataka

Kada je smanjen sadržaj masti, proizvod je tamniji i crveniji u poređenju sa proizvodom sa visokim udelom masti (Henning i sar., 2016). Kao što se i očekivalo, u ovoj vrsti proizvoda od mesa (suve kobasice) porast crvene boje tokom procesa očvršćavanja može biti usled formiranja nitrozilmioglobina (Feiner, 2016). Razlika u rezultatima može biti i posledica procesa usitnjavanja ili upotrebljene opreme (Kang i sar., 2014), koji mogu da variraju od studije do studije. Takođe, neznatne

razlike u vrednostima svetloće kobasica mogu biti posledica temperature, koja uzrokuje tamnjenje crvenog pigmenta i dehidraciju površine (Ahn i sar., 1999). Dodatno, značajne razlike u vrednostima boja kobasica različitih lotova mogu nastati zbog razlika u vrednostima boje sirovih materijala tj. mlevenog mesa i izolata proteina, koji se koriste za pripremu kobasica (Surasani i sar., 2020). U slučaju  $a^*$  parametra, smanjenje crvene boje kobasice može biti rezultat smanjenja nitrozilhemohrom pigmenta ili nestajanja boje tokom skladištenja (Saputro i sar., 2016).

Literaturni podaci boje za mleveno meso (tabela 8) pokazuju da je goveđe mleveno tamnije ( $L^* = 43,10 \pm 9,32$ ), crvenije ( $a^* = 14,81 \pm 6,24$ ) i manje žuto ( $b^* = 12,66 \pm 7,61$ ) u odnosu na pileće meso koje je svetlije ( $L^* = 63,59 \pm 5,43$ ), manje crveno ( $a^* = 6,36 \pm 4,16$ ) i žuće ( $b^* = 15,23 \pm 9,64$ ). Postoji veliki broj varijabli koje mogu biti uzrok standardnih devijacija u vrednostima boje za ove proizvode od mesa. Visoke temperature tokom dužeg vremenskog perioda uzrokuju gubitak boje i tamniji izgled (Aksoy i sar., 2019). Rezultati pokazuju da se  $L^*$  vrednosti smanjuju sa vremenom skladištenja (Krichen i sar., 2020), što bi moglo dovesti do smanjenja kapaciteta zadržavanja vode (Hughes i sar., 2014). Slično tome,  $a^*$  vrednost se takođe smanjuje sa vremenom skladištenja. Ovo smanjenje intenziteta crvene boje tokom skladištenja moglo bi biti rezultat međusobne zavisnosti boje i oksidacije masti u mesu (Benli, 2016). Neželjene promene parametara boje i senzornih svojstava mesa tokom skladištenja uzrokovane su jedinstvenim nastalim tokom oksidativne razgradnje masti (Nam i sar., 2002b; Gok i sar., 2008). Za tamniji izgled mesa takođe je odgovorna i zanemarljiva količina intramuskularne masti (Pietrasik i sar., 2006). Dodatno, promene u  $b^*$  vrednosti se mogu pripisati formiranju metmioglobina i povećanju oksidacije masti (Xiong, 2000).

Na osnovu podataka boje za paštete, goveđe paštete su se pokazale kao najtamnije ( $45,39 \pm 10,83$ ), za razliku od svinjskih i pilećih pašteta koje imaju približne  $L^*$  vrednosti ( $L^* = 57,58 \pm 16,37$ ;  $L^* = 60,93 \pm 3,14$ , respektivno), što je saglasno činjenici da je svinjsko meso tamnije meso u odnosu na pileće, i da se stoga očekuje da ovaj proizvod mesa bude tamniji (tabela 8). Najviše crvenu boju je imala goveđa, dok je najviše žutu boju imala pileća pašteta. Promena boje pašteta može biti izazvana oksidacijom proteina i masti. Smanjenje  $a^*$  vrednosti moglo bi biti posledica denaturacije Mb i stvaranja metmioglobina (MMb) tokom skladištenja u smrznutom stanju. Pored toga, oksidacija masti takođe doprinosi povećanju vrednosti  $L^*$  i  $b^*$  parametara.

## **2.5. Boja mleka i proizvoda od mleka**

Boja mleka je bela sa nijansom žute, a mleko sa smanjenim sadržajem masti ima beloplavičastu boju. Boja mleka i proizvoda od mleka je bitan faktor prilikom njihove kupovine. S tim u vezi se u mnogim evropskim zemljama žuta boja mleka povezuje sa pašnjacima, što doprinosi konotaciji „prirodne“ ishrane (Prache i sar., 2003), dok se takva boja za određena tržišta Bliskog Istoka smatra negativnom (Houssin i sar., 2002).

Boja mleka i mlečnih proizvoda u velikoj meri zavisi od sadržaja karotenoida. Karotenoidi su porodica sa više od 600 molekula koje sintetišu više biljke i alge. Biljni karotenoidi se prenose u proizvode animalnog porekla. Oni čine glavnu grupu prirodnih pigmenata žutog do crvenog opsega boja u biljnim i životinjskim tkivima. U kravljem mleku, karotenoidi se uglavnom sastoje od celokupnog trans- $\beta$ -karotena i, u manjoj meri, luteina, zeaksantina i  $\beta$ -kriptoksantina (Havemose i sar., 2004; Martin i sar., 2004). Budući da količina deponovanog  $\beta$ -karotenoida u masnom tkivu i/ili izlučenog u mlečnoj masti varira u velikoj meri u zavisnosti od sadržaja karotenoida u hrani, on igra ključnu ulogu u senzornoj i hranljivoj vrednosti konačnog proizvoda.

### **2.5.1. Instrumentalno merenje boje mleka i proizvoda od mleka**

Za razliku od mesa, za instrumentalno merenje boje mleka i proizvoda od mleka nije bilo odgovarajućeg pregleda literature. Iz tog razloga odrađen je literaturni pregled sa ciljem da se na osnovu dostupnih informacija sagledaju tehnički parametri merenja koji su neophodni za poređenje i

tumačenje instrumentalnih rezultata boje. U tu svrhu istraženi su radovi objavljeni na engleskom jeziku koji su proučavali boju mleka i proizvoda od mleka u periodu od 2008-2019. godine. Radovi su preuzimani iz različitih elektronskih baza podataka poput: Web of Science, ScienceDirect, Scopus, Google Scholar, SpringerLink, Mendeley, Wiley online library, PubMed. Strategija pretraživanja je podrazumevala upotrebu sledećih ključnih reči:

1. „*milk color evaluation*“ – procena boje mleka;
2. „*Hunter Lab milk color values*“ – Hunter Lab vrednosti boje mleka;
3. „*CIE L\*a\*b\* dairy products color values*“ – CIE L\*a\*b\* vrednosti boje proizvoda od mleka;
4. „*instrumental milk color measurement*“ – instrumentalno merenje boje mleka;
5. „*instrumental dairy products/cheese color assessment*“ – instrumentalno merenje boje mlečnih proizvoda/merenje boje sira;
6. „*physicochemical characteristics of milk and milk products*“ – fizičko-hemijske karakteristike mleka i proizvoda od mleka.

Iz svake studije merenja boje izdvojene su sledeće varijable:

- zemlja porekla prvog autora;
- časopis;
- vrsta mlečnog proizvoda;
- instrument;
- iluminant;
- metoda kalibracije;
- veličina otvora blende;
- ugao posmatranja;
- broj tehničkih replika po uzorku.

Zemlje porekla autora su kategorisane u šest kontinenata: Afrika, Azija, Evropa, Severna Amerika, Južna Amerika i Okeanija (uključujući Novi Zeland i Australiju).

Mleko i proizvodi od mleka su kategorisani na sledeći način prema Codex Alimentarius:

1. sirevi i analozi;
2. mlečni dezerti (npr. dulce de leche<sup>4</sup>, peda<sup>5</sup>, itd.);
3. maslac i analozi (ulje maslaca, anhidrovana mlečna mast, gi ili *ghee*<sup>6</sup>);
4. fermentisani mlečni proizvodi (uključujući aromatizovani jogurt);
5. tečno mleko i mlečni proizvodi (uključujući sva tečna i aromatizovana tečna mleka na bazi obranog, delimično obrađenog, nemasnog i punomasnog mleka);
6. mleko i krem u prahu i analozi u prahu;
7. ostali proizvodi (npr. kolostrum);
8. surutka i proizvodi od surutke.

### **2.5.1.1. Strategija pretraživanja**

Početna strategija pretraživanja baza podataka (slika 7) bila je sa 35,864 radova i 65 radova identifikovanih iz drugih izvora, što je ukupno uzelo u obzir 35,929 radova. Nakon uklanjanja istih radova koji se pojavljuju u različitim bazama podataka (duplikati) (n = 16,531), ostalo je 19,398 rukopisa koji su pregledani. Nakon primene kriterijuma za uklanjanje i uklanjanja radova kojima nedostaju podaci o boji (n = 16,796), 2,602 rada su podvrgnuta analizi u celokupnom tekstu. Pored

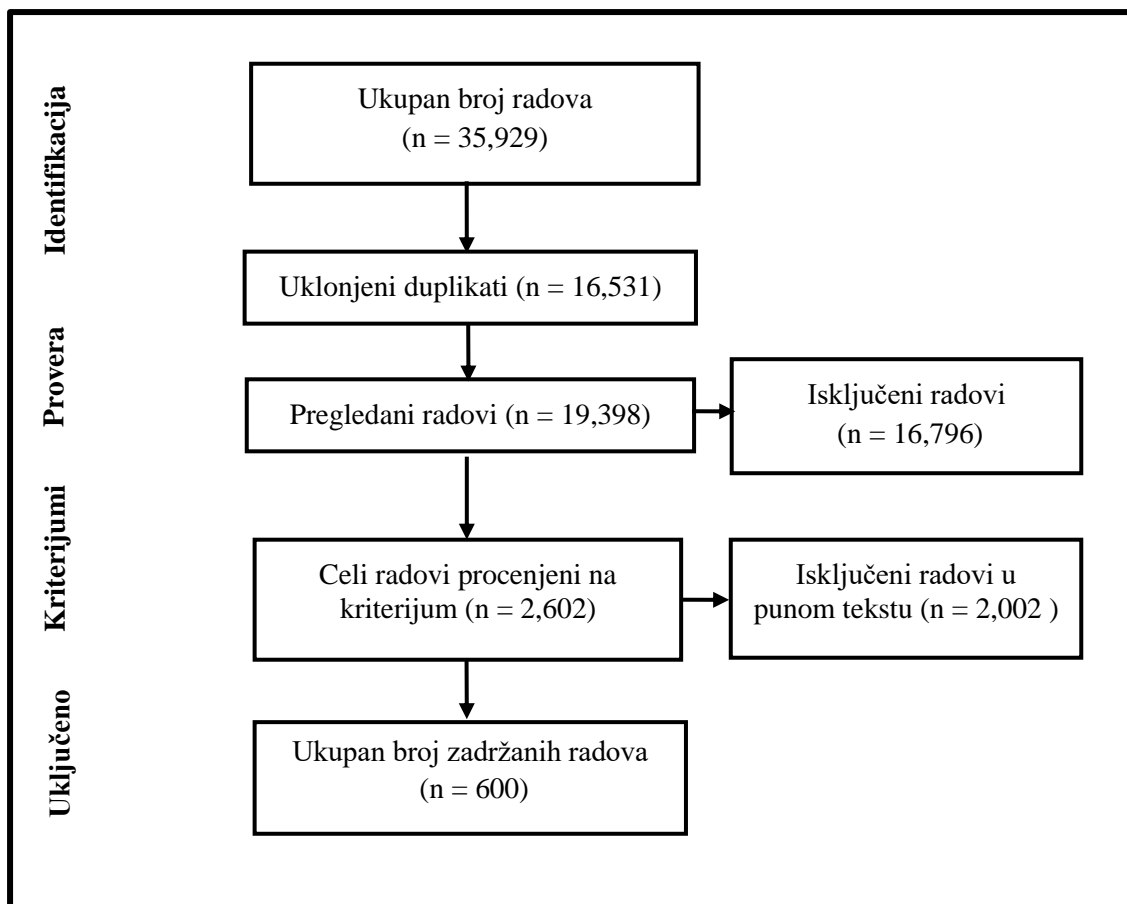
<sup>4</sup> Dulce de leche je tradicionalni južnoamerički slatki mlečni namaz.

<sup>5</sup> Peda je mlečni indijski desert koji se sastoji od khoa (mlečni proizvod poreklom iz Indije, Pakistana, Nepala i Bangladeša), šećera i tradicionalnih aroma.

<sup>6</sup> Gi (engl. *Ghee*) je prečišćeni maslac karakterističan za jugoistočnu Aziju.



toga, 2,002 rada su izuzeta nakon čitanja celog teksta, jer su smatrana irelevantnim (subjektivna merenja boje). Dijagram toka postupka odabira prikazan je na slici 7.



Slika 7. Dijagram toka za selekciju i identifikaciju prema PRISMA-P (Moher i sar., 2009)

### 2.5.1.2. Pregled istraživanja tehničkih parametara

Istraživanja su pokazala da je najveći broj naučnih radova bio iz Evrope, zatim Azije, Severne Amerike, Južne Amerike, Afrike i Okeanije (tabela 9). Među ispitanim radovima, većina radova (88 radova) bila je iz časopisa Journal of Dairy Science, 84 rada iz International Journal of Dairy Technology, dok je 64 bilo iz International Dairy Journal i 59 iz LWT (tabela 9). Dalje, postoje mnogi časopisi označeni kao „drugi“ (procenat svakog rada je manji od 2%), uključujući American Journal of Animal and Veterinary Sciences, Animal, Australian Journal of Dairy Technology, Dyes and Pigments, Food and Nutrition Sciences, Food Bioscience, Food Packaging and Shelf Life, Food Quality and Preference.

**Tabela 9.** Pregled istraživanja o boji mleka po časopisima i zemljama istraživanja (Milovanovic i sar., 2020)

Časopisi	Broj radova (%)
Ostali <sup>1</sup>	203 (33,83%)
Journal of Dairy Science	88 (14,67%)
International Journal of Dairy Technology	84 (14,00%)
International Dairy Journal	64 (10,67%)
LWT-Food Science and Technology	59 (9,83%)
Food Research International	22 (3,67%)
Food Chemistry	21 (3,50%)
Innovative Food Science and Emerging	20 (3,33%)
Food Hydrocolloids	14 (2,33%)
Dairy Science and Technology	13 (2,17%)
Journal of Food Engineering	12 (2,00%)
Zemlja istraživanja	
Evropa	218 (36,33%)
Azija	177 (29,50%)
Severna Amerika	84 (14,00%)
Južna Amerika	79 (13,17%)
Afrika	25 (4,17%)
Okeanija	17 (2,83%)

<sup>1</sup> Drugi obuhvataju sve časopise sa manje od 2% radova

Sirevi (186 radova) su bili najčešće analizirani mlečni proizvodi, potom fermentisani mlečni proizvodi, tečno mleko (engl. *fluid milk*), mleko i krem u prahu, odnosno njihovi analozi (tabela 10).

**Tabela 10.** Broj radova o ispitivanju boje proizvoda od mleka (Milovanovic i sar., 2020)

Proizvodi od mleka	Broj radova (%)
Sir	186 (31,00%)
Fermentisani proizvodi	127 (21,17%)
Mleko	102 (17,00%)
Mleko u prahu i njegovi analozi	49 (8,17%)
Dezerti na bazi mlečnih proizvoda	48 (8,00%)
Surutka i proizvodi od surutke	47 (7,83%)
Ostalo <sup>1</sup>	32 (5,33%)
Maslac	16 (2,67%)

<sup>1</sup>Ostalo uključuje proizvode ili komponente mleka poput kolostruma, mlečnog gela, itd.

Kada je reč o uređajima za merenje boje, u istraživanjima su najčešće korišćeni Minolta kolorimetri (353 rada), Hunter (158 radova), dok je 25 radova koristilo CVS za analizu boje mleka i proizvoda od mleka (tabela 11). Postojali su i drugi tipovi uređaja: Gardner, Data Color, Colorgard sistem, MOM, LUCI™, Macbeth, itd. (56 radova). Mali broj radova (8 radova) nije objavio marku korišćenih uređaja za ispitivanja. Dobijeni rezultati su u saglasnosti sa zaključcima Pathare i sar. (2013) da se Minolta kolorimetri najviše koriste za merenje boje hrane.

**Tabela 11.** Vrste uređaja koji se koriste u istraživanjima za merenje boje mleka i proizvoda od mleka (Milovanovic i sar., 2020)

Uređaj	Broj radova (%)
Minolta	353 (58,83%)
Hunter	158 (26,33%)
Ostali <sup>1</sup>	56 (9,33%)
CVS	25 (4,17%)
Nije prijavljeno	8 (1,33%)

<sup>1</sup>Ostali uređaji podrazumevaju Gardner, Data Color, Colorgard system, MOM, LUCI™, Macbeth.

Veliki broj razlika u merenju boja u literaturnim podacima objašnjen je promenom podešavanja i uslova rada, čak i kada su korišćeni isti instrumenti ili metodologija. Cheng i sar. (2018) pokazali su razlike u  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  vrednostima boje prilikom poređenja Hunter i CIE sistema za analizu boje mlečnih napitaka. Upoređivanjem ova dva sistema, utvrđeno je da je Hunter osetljiviji na  $L^*$ , dok je CIE sistem osetljiviji na varijacije  $b^*$  vrednosti (Whetzel, 2016).

Kalibracija i re-kalibracija instrumenta su veoma bitne za pouzdano i tačno prikupljanje podataka. Postoje različite tehnike kalibracije, koje se mogu razlikovati u zavisnosti od modela i marke uređaja. Kalibracija se obično bazira na skeniranju standardizovanih crno-belih ploča. Time se uspostavlja kvantitativni odnos između vrednosti naznačenih mernim uređajem i odgovarajućih vrednosti predstavljenih referentnim materijalom (Phillips i sar., 2001). Kalibracija se mora izvršiti pre svake analize merenja, i treba je uvesti u radovima. Međutim, dobijeni rezultati su pokazali da 60,50% radova nije prijavilo podatak o postupku kalibracije.

Izvor svetlosti (iluminant), kao i ugao posmatranja u velikoj meri utiču na opaženu boju. Iluminanti koje CIE preporučuje za merenje prehrambenih proizvoda su iluminanti A (2,848 K; osvetljenje od volframove niti), B (4,900 K; direktna sunčeva svetlost), C (6,800 K; prosečna dnevna svetlost) i D65 (6,500 K; spektralna raspodela prosečne podnevne svetlosti). Shodno tome, iluminanti D50, D55 i D75 ukazuju na temperaturu boje od 5,000, 5,500 i 7,500 K, respektivno. Kada je bila dostupna informacija o iluminantu, i to u samo 39% pregledanih radova, D65 je bio najviše korišćen iluminant (tabela 12), što odgovara istraživanjima Kortei i Akonor (2015).

**Tabela 12.** Iluminanti koji se koriste u istraživanjima za merenje boje mleka i proizvoda od mleka (Milovanovic i sar., 2020)

Iluminant	Broj radova (%)
Nije prijavljeno	366 (61,00%)
D65	177 (29,50%)
Ostali <sup>1</sup>	32 (5,33%)
C	14 (2,33%)
A	12 (2,00%)

<sup>1</sup> Ostali podrazumevaju kompaktnu fluorescentnu lampu (engl. CFL) ili fluorescentnu hladno-belu (engl. FCV). C: 6,800 K; prosečna dnevna svetlost; A: 2,848 K; osvetljenje od volframove niti.

Iluminanti A, C i drugi, poput kompaktne fluorescentne sijalice (KFS) (engl. *compact fluorescent lamp* (CFL)) ili fluorescentne hladno-bele (FCV), zabeleženi su u 12, 14, odnosno 32 rada. Važno je, međutim, napomenuti da najveći broj (366) radova nije prijavio vrstu iluminanta. Iako je D65 referentni iluminant koji se najviše koristi za izračunavanje vrednosti CIELAB (Macdougall, 2010), predstavlja svetloplavičasti izvor svetlosti (naglašava plavu, a prigušuje zelenu i crvenu) koji nije „idealna“ za merenja boje mleka i mlečnih proizvoda. Razlog za pretežnu upotrebu iluminanta D65 (75%), u 177 od 235 radova koji su ga naveli (tabela 12), je taj što su D65 i C iluminanti jedina opcija za Minolta kolorimetre, koji su korišćeni u najvećem broju radova 58,83% (tabela 12). Drugi razlog je taj što se D65 koristi za boje, plastiku, tekstil, mastila, automobile i druge proizvode i često se koristi kao primarni izvor svetlosti u mernim instrumentima kao što je Minolta koji nije prvobitno dizajniran za merenje boje hrane. Poželjnog iluminanta koji se koristi za procenu boje mleka i mlečnih proizvoda tek treba istražiti i preporučiti. Do sada se može sa sigurnošću istaći da ne može biti iluminant A, jer naglašava proporciju crvenih talasnih dužina, pa se stoga preporučuje za merenje boje mesa (Tapp i sar., 2011).

Veličina otvora blende uređaja za određivanje boje, može značajno uticati na rezultate. Korišćenje različitih veličina otvora rezultuje različitim podacima o boji zbog razlika u merenjima refleksije (Macdougall, 2010). Izbor odgovarajuće veličine otvora je inherentno povezan sa veličinom uzorka koji se ocenjuje. Veličine otvora mogu se kretati od 8 mm do više od 3,18 cm. Preporučuje se izbor najveće veličine otvora blende koji omogućava višestruka merenja (preporučuju se najmanje tri) istog

uzorka ujednačene boje. Ako uzorci imaju neujednačen izgled, savetuje se odabir veličine otvora koji pokriva samo ujednačene delove uzorka u boji (AMSA, 2012). Na primer, veća veličina otvora rezultuje manjim varijacijama u merenjima ili ograničava merenja koja se mogu preduzeti. Kada se CVS koristi za procenu boja, veličina uzorka je definisana softverskim mogućnostima koje se koriste za izdvajanje tristimulusnih vrednosti iz digitalnih slika. Na primer, u slučaju da se koristi program Adobe Photoshop, tada se koristi alat za uzorkovanje boja kako bi se dobila trajna očitavanja vrednosti piksela koja se prikazuju na informativnoj tabli i koja mogu prikazati do četiri očitavanja tačaka uzorka u boji na slici. Pomoću alata za uzorkovanje boja mogu se pratiti vrednosti boja piksela u fiksni tačkama na slici koristeći jednu od opcija: Point Sample  $3 \times 3$  Average,  $5 \times 5$  Average,  $11 \times 11$  Average,  $31 \times 31$  Average,  $51 \times 51$  Average, ili  $101 \times 101$  Average. Opcija Point Sample uzorkuje samo vrednost boje u jednom pikselu. Budući da se digitalne slike uzoraka hrane snimaju u RAW formatu (minimalno obrađeni podaci sa senzora slike digitalnog fotoaparata) rezolucije 300 piksela po inču, lako se može izračunati da je jedan piksel jednak 0,0085 cm. Stoga je maksimalna veličina uzorka ( $101 \times 101$  piksel) koja se može izmeriti u jednom tehničkom primerku ekvivalentna  $0,85 \times 0,85$  cm.

Budući da su za merenje boje mleka korišćene različite veličine otvora blende (tabela 13), isti uzorak je mogao da rezultuje različitim vrednostima boje zbog razlika u merenjima refleksije (Yancey i Kropf 2008). Analiziranjem radova iz ove oblasti ustanovljeno je da većina pregledanih radova (563 rada) nije navela podatke o veličini otvora. Kada su ove informacije uključene, najčešće se koristio otvor blende veličine 8 mm (18 radova) (tabela 13).

**Tabela 13.** Otvori blende koji se koriste u istraživanjima za merenje boje mleka i proizvoda od mleka (Milovanovic i sar., 2020)

Otvor blende	Broj radova (%)
Nije prijavljeno	563 (93,83%)
8 mm	18 (3,00%)
45 mm	5 (0,83%)
Više od 50 mm	5 (0,83%)
10–25 mm	4 (0,67%)
30–35 mm	2 (0,33%)
50 mm	2 (0,33%)
4 mm ili manje	1 (0,17%)

Neki instrumenti pružaju različite uglove posmatranja. Standardni posmatrač je matematički prikaz prosečne percepcije boje ljudske populacije. Najčešći posmatrači su od  $2^\circ$  i  $10^\circ$ . Međutim, malo je poznato o uticaju ugla posmatranja na rezultate procene boje mleka. Veliki deo radova (440 radova) nije prijavio podatak za ugao posmatranja (tabela 14). Međutim, kada je prijavljen ovaj podatak, dominantan ugao je bio  $10^\circ$  (123 rada), potom sledi  $2^\circ$  standardni posmatrač (24 rada).

**Tabela 14.** Standardni posmatrači koji se koriste u istraživanjima za merenje boje mleka i proizvoda od mleka (Milovanovic i sar., 2020)

Posmatrač	Broj radova (%)
Nije prijavljeno	440 (73,33%)
$10^\circ$	123 (20,50%)
$2^\circ$	24 (4,00%)
$0^\circ$	6 (1,00%)
Više od $45^\circ$	4 (0,67%)
$3-8^\circ$	2 (0,33%)
$45^\circ$	1 (0,17%)

Broj očitavanja je neophodan za ponavljanje i reprodukciju merenja, jer povećanje tehničkih replika

poboljšava preciznost procene boje (Kortei i Akonor, 2015). Literaturnim pregledom ustanovljen je sledeći broj očitavanja koji se najčešće koriste: najmanje 2 očitavanja po uzorku (9 radova), 3 očitavanja (44 rada), 4–6 očitavanja (80 radova), 8 očitavanja (6 radova), 10–12 očitavanja (23 rada) i više od 12 očitavanja (3 rada). Većina istraživanja (435 radova), međutim, nije prijavila podatak o broju očitavanja po uzorku (tabela 15).

**Tabela 15.** Broj očitavanja po uzorku koji se koristi u istraživanjima za merenje boje mleka i proizvoda od mleka (Milovanovic i sar., 2020)

Broj očitavanja	Broj radova (%)
Nije prijavljeno	435 (72,50%)
4–6	80 (13,33%)
3	44 (7,33%)
10–12	23 (3,83%)
2	8 (1,33%)
7–8	7 (1,17%)
15–20	2 (0,33%)
Više od 20	1 (0,17%)

Propisani minimalni broj tehničkih ponavljanja za sve instrumentalne uređaje za merenje boje je tri (Honikel, 1998), mada se taj broj može povećati u zavisnosti od uređaja koji se koriste, kao u slučaju Hunter Lab MiniScan, gde se predlaže da budu četiri (Whetzel, 2018), ili sa Nik Pro Color Sensor uređajem, gde je preporučeno najmanje sedam ponavljanja (Holman i sar., 2018). Koliko je poznato, ovo pitanje nije istraženo u vezi sa CVS metodom, pa je preporuka koristiti najmanje tri replike, kao u slučaju drugih instrumentalnih uređaja za merenje boje.

Većina radova (292 rada) je koristila CIE L\*a\*b\* sistem boja za izračunavanje svetloće, udela crvene boje i udela žute boje, dok je Hunter Lab sistem korišćen u 94 rada. Za merenje boje, istraživači često koriste L\*a\*b\* sistem, jer je on najpribližniji ljudskoj percepciji boje (Leon i sar., 2006). Mnogi radovi su takođe koristili i druge parametre boje kao što su: ugao nijanse (70 radova), zasićenost (82 rada), indeks žute boje (YI) (10 radova), indeks braon boje (BI) (10 radova), indeks bele boje (WI) (24 rada) i ukupnu razliku u boji (102 rada).

Simbol tona,  $h^*$ , ima seksagesimalni stepen ( $^\circ$ ) i definisan je prema sledećoj matematičkoj funkciji. Ugao nijanse ( $h^\circ$ ) odnosi se na stepen dominantne spektralne komponente, poput crvene, zelene i plave boje, i kreće se od  $0^\circ$  do  $360^\circ$ . Ugao od  $0^\circ$  ili  $360^\circ$  predstavlja crvenu nijansu, dok uglovi od  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  i  $270^\circ$  predstavljaju žutu, zelenu i plavu nijansu. Kombinovanjem  $a^*$  i  $b^*$ ,  $h^\circ$  bolje predstavlja boju; izračunava se na osnovu formule (Bermúdez-Aguirre i sar., 2009b):

$$(\circ\text{Hue}) = \tan^{-1} (a^*/b^*) \quad (12)$$

Zasićenje (eng. *chroma*) predstavlja živost ili zasićenost boje (Bermúdez-Aguirre i sar., 2009b) i definisana je sledećom formulom:

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{0.5} \quad (13)$$

Udeo bele boje mlečnih proizvoda je često najkritičnija karakteristika boje. Indeks bele boje (WI) ukazuje na stepen beline i matematički kombinuje svetlost i žuto-plavu boju u jedan pojam. Dobija se na osnovu sledeće formule (Vargas i sar., 2008):

$$WI = 100 - \left( (100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2} \right)^{0.5} \quad (14)$$

Spektralna reflektometrijska merenja su takođe merena (400–700 nm) kao podesna mera udela bele boje u mleku (Solah i sar., 2007). Neki radovi su prijavljivali vrednosti refleksije dobijene na talasnim dužinama 360–750 nm na 5,10 ili 20 nm rezolucije (18 radova). Nekoliko radova je koristilo XYZ (2

rada) ili Lch (4 rada) prostore boje.

Indeks braon boje (BI) je definisan kao čistoća braon boje i jedan je od najčešćih pokazatelja smeđe boje u prehrambenim proizvodima koji sadrže šećer (Vargas i sar., 2008). Indeks braon boje se računa prema sledećoj jednačini (Erbay i Koca, 2015):

$$BI = 100 \times (x - 0.31/0.17) \quad (15)$$

Gde je X:

$$X = \frac{(a^* + 1.75L)a}{(5.645L + a^* - 3.012b^*)} \quad (16)$$

Indeks žute boje (YI) se koristi kao merenje boje koje je povezano sa indeksom braon boje.

$$YI = 142.86 \times b^*/L^* \quad (17)$$

### 2.5.2. Instrumentalni podaci merenja boje mleka i proizvoda od mleka

U poređno posmatranje boje postignuto je određivanjem srednje vrednosti boje L\*a\* b\* parametara. Istraženi su kontrolni uzorci u cilju da se utvrdi da li postoje razlike među mlečnim proizvodima prema životinjskim vrstama za svaku mlečnu grupu, sa izuzetkom „ostalih“ i dezerata na bazi mleka, zbog raznolikosti i složenog sastava, što otežava poređenje.

Kada su u pitanju mleka, kozje i mleko košute su bili svetliji u odnosu na mleka ostalih vrsta životinja (kamilje, kobilje, ovčije i kravlje mleko) (tabela 16).

**Tabela 16.** Boja različitih vrsta mleka (srednja vrednost ± standardna devijacija) (Milovanovic i sar., 2020)

Izvor mleka	Kravlje (n = 41)	Kozje (n = 1)	Ovčije (n = 3)	Kamilje (n = 1)	Mleko košute (n = 1)	Kobilje (n = 2)	Mešavina (n = 23)
Mleka (n=72)	L*	81,02 ± 8,08	86,02 ± 0,00	79,92 ± 8,87	67,77 ± 0,00	89,24 ± 0,00	73,46 ± 14,35
	a*	-1,50 ± 3,0	-2,13 ± 0,00	-2,38 ± 1,28	-1,99 ± 0,00	-3,05 ± 0,00	-2,19 ± 0,21
	b*	7,46 ± 4,40	5,48 ± 0,00	7,54 ± 1,31	-0,23 ± 0,00	8,45 ± 0,00	-2,31 ± 2,44
							64,81 ± 22,35
							3,15 ± 8,72
							11,33 ± 9,15

U pogledu a\* vrednosti (udeo crvene boje), najveće vrednosti imaju mešavine različitih vrsta mleka (a\* = 3,15 ± 8,72) ukazujući na više crvenu boju, dok najniže a\* vrednosti je imalo mleko košute (a\* = -3,05 ± 0,00) indukujući više zelenu boju. Udeo žute boje (b\* parametar) je bio najveći kod mešavine različitih mleka (b\* = 11,33 ± 9,15), zatim slede mleko košute (b\* = 8,45 ± 0,00), ovčije (b\* = 7,54 ± 1,31), kravlje (b\* = 7,46 ± 4,40), kozje (b\* = 5,48 ± 0,00), kamilje (b\* = -0,23 ± 0,00) i kobilje mleko (b\* = -2,31 ± 2,44). Standardne varijacije mogu nastati zbog mogućih hemijskih promena u mleku (sadržaj karotenoida, proteina i riboflavina). Zabeleženo je da je kozje mleko svetlije zbog svoje sposobnosti da pretvori β-karoten u vitamin A (Lucas i sar., 2008). Na a\* i b\* parametre utiču faktori povezani sa prirodnom količinom pigmenta u mleku. Na primer, lutein i zeaksantin su u velikoj količini prisutni u zelenom bilju (Prache i sar., 2005) i oni se mogu asimilovati u ovčije mleko uzrokujući žućkastu boju (Nozière i sar., 2006). Međutim, mlečni karotenoidi su odgovorni za žutu boju kravljeg mleka u poređenju sa ovčijim i kozjim mlekom, koji su oskudni sa β-karotenom. Verovatni razlog za razlike u ovim podacima boje može biti činjenica da na boju mleka utiču mnoge promenljive kao što su genetski i negenetski faktori. U slučaju boje mleka, moguće

razlike su povezane sa ishranom (Langman, 2009), rasom (Berry i sar., 2009), paritetom i mesecom ispitivanja (Scarso i sar., 2017), kao i sezonskim teljenjem (Walker i sar., 2013). Na primer, Džersijske rase imale su svetliju boju mleka u odnosu na druge (Holštajn, Frizijska rasa, Norveška crvena rasa i Montbeliard rasa). Džersijske krave imale su žuće mleko nego Holštajn krave. Inače, mleko krava rase Monbelijer (Montbeliard) imalo je intenzivniju plavu boju u odnosu na mleko krava rase Holštajn. Ovo bi se moglo opisati sposobnošću krave da transformiše karoten u vitamin A, kao i većom količinom masti koja je prisutna u mleku Džersijske rase u odnosu na mleko krava Frizijske rase, Holštajna, Monbelijer rase i Norveških crvenih krava (Scarso i sar., 2017). Međutim, ovaj trend bio je suprotan rezultatima koje su dobili Solah i sar. (2007) u vezi s Holštajn-frizijskim kravama u zapadnoj Australiji. Očigledne razlike između pariteta, vremena laktacije i meseca ispitivanja takođe postoje u boji mleka u hladnijem periodu (Walker i sar., 2013), što rezultuje intenzivnijom bojom mleka. Sastav hrane takođe može biti mogući faktor za varijacije boje mleka i proizvoda od mleka. Uočene sezonske varijacije boje mlečne masti mogle bi se objasniti odstupanjima u koncentraciji  $\beta$ -karotena u vezi sa promenom pašnjaka. Štaviše, boja mlečne masti je važna jer utiče na boju mlečnih proizvoda, pre svega maslaca i sira. Prisustvo neke infekcije može biti povezano sa osobinama boje mleka. Viguier i sar. (2009) su ustanovili da se kravlje mleko odlikuje više crvenkastom bojom u slučaju kliničkog mastitisa. Tehnološki procesi, kao uslovi i vreme skladištenja, mogu usloviti promene boje proizvoda od mleka. Homogenizacija uzrokuje veće vrednosti za svetloću (krem proizvodi, mleko), dok termički tretmani mogu prouzrokovati ili povećanje ili smanjenje  $L^*$  parametara. Povećanje svetloće nastaje kao posledica denaturacije  $\beta$ -laktoglobulina i njegove agregacije sa kappa kazeinom formirajući koagregate protein mleka. Popov-Raljić i sar. (2008) ispitivali su promene boje UHT mleka sa 3,2% sadržajem masti čuvanog na temperaturi od  $20 \pm 5^\circ\text{C}$  tokom 90 dana. Primitili su promene svetloće sa 89,88 na 77,15, udela crvene boje sa  $-3,26$  na  $2,12$  i udela žute boje sa  $9,27$  na  $7,06$ . Pored toga, uslovi skladištenja i tehnološki postupak mogu da promene fizičku strukturu mleka što rezultuje u varijacijama boje (Hassan i sar., 2009), posebno u slučaju  $L^*$  parametra.

Kada je reč o sirevima, najsvetliji je bio kozji sir ( $L^* = 87,10 \pm 14,80$ ), zatim slede sir od mešanog mleka ( $L^* = 85,92 \pm 5,50$ ), bivolji ( $L^* = 85,17 \pm 11,52$ ), ovčiji ( $L^* = 83,30 \pm 6,45$ ) i kravlji sir ( $L^* = 82,60 \pm 9,18$ ) (tabela 17). Parametri  $a^*$  i  $b^*$  pokazali su najveće vrednosti za kravlji sir ( $a^* = 0,34 \pm 9,12$  i  $b^* = 17,41 \pm 9,99$ ). Kozji sir je uglavnom svetliji od kravljeg (Park, 2006). Uočena standardna odstupanja mogu biti posledica hemijskog sastava (manji sadržaj masti i ukupna konverzija  $\beta$ -karotena u vitamin A). Sir od bivoljeg mleka je imao najveće negativne vrednosti za  $a^*$  parametar (sa izuzetkom mešavine) zbog prisustva plavo-zelenog pigmenta biliverdina, koji je prisutan u bivoljem mleku, a odsutan u kravljem mleku (Abd El-Salam i sar., 2011). Što se tiče  $b^*$  parametra, veći je kod sireva od kravljeg mleka nego kod ovčijeg ili kozjeg mleka. Ovaj podatak je u saglasnosti sa istraživanjem sprovedenim od strane Raynal-Ljutovac i sar. (2008). U sirevima dobijenih od mleka drugih životinjskih vrsta, na boju utiču tretmani u postupku proizvodnje, a varijable koje najviše utiču na ovu osobinu su termički tretman, pritisak i period skladištenja (Martínez-Rodríguez i sar., 2012). Neki istraživači su povezivali povećanje  $L^*$  i  $b^*$  vrednosti površine sira sa mikrostrukturnim promenama.

Koca i sar. (2011) izjavili su da visok pritisak tokom presovanja i duže vreme pritiska doprinose znatno manjim  $a^*$  i većim  $b^*$  vrednostima, odnosno, zelenijoj i žućoj boji turskih sireva u salamuri. Sa druge strane, smanjenje svetloće sira tokom zrenja povezano je sa koncentracijom samih komponenata u siru. Proteoliza koja se javlja tokom zrenja doprinosi razgradnji kazeina u velike, srednje i potom manje peptide što može prouzrokovati smanjenje svetloće (Chudy i sar., 2020). Sličan trend primećen je u drugim studijama, odnosno, primećena je svetlija boja mleka nakon ultrazvučnog tretmana (veća  $L^*$  vrednost) zbog homogenizacije i smanjenja masnih globula na manje veličine i njihove povezanosti sa kazeinskim micelama (Bermúdez-Aguirre i sar., 2009a). Porast  $a^*$  i  $b^*$

parametara boje uglavnom je rezultat povećanja koncentracije komponenata sira zbog dehidracije tokom procesa zrenja (Ávila i sar., 2008), a sličan trend utvrđen je i kod parametra  $L^*$  tokom prva dva meseca zrenja (Diezhandino i sar., 2016).

**Tabela 17.** Boja različitih proizvoda od mleka (srednja vrednost  $\pm$  standardna devijacija) (Milovanovic i sar., 2020)

Izvor mleka		Kravlje (n = 93)	Kozje (n = 20)	Ovčije (n = 19)	Bivolje (n = 5)	Mešavina (n = 4)
Sirevi (n = 141)	$L^*$	82,61 $\pm$ 9,18	87,10 $\pm$ 14,80	83,30 $\pm$ 6,45	85,17 $\pm$ 11,52	85,92 $\pm$ 5,50
	$a^*$	0,34 $\pm$ 9,12	0,00 $\pm$ 2,76	-0,69 $\pm$ 2,84	-2,99 $\pm$ 3,16	-4,26 $\pm$ 3,63
	$b^*$	17,41 $\pm$ 9,98	8,25 $\pm$ 4,40	15,36 $\pm$ 3,84	12,28 $\pm$ 7,35	14,53 $\pm$ 4,37
		(n = 6)	(n = 1)			(n = 5)
Maslac (n = 12)	$L^*$	84,88 $\pm$ 9,92	95,00 $\pm$ 0,00	-	-	40,26 $\pm$ 39,19
	$a^*$	-1,38 $\pm$ 3,11	-1,40 $\pm$ 0,00	-	-	-1,54 $\pm$ 2,20
	$b^*$	24,27 $\pm$ 7,51	4,90 $\pm$ 0,00	-	-	9,73 $\pm$ 8,99
		(n = 34)	(n = 8)	(n = 4)	(n = 1)	(n = 15)
Jogurt (n = 62)	$L^*$	86,22 $\pm$ 10,96	86,63 $\pm$ 5,99	84,00 $\pm$ 17,73	84,80 $\pm$ 0,00	64,60 $\pm$ 27,92
	$a^*$	-1,10 $\pm$ 4,87	-0,76 $\pm$ 2,18	-18,85 $\pm$ 28,35	-1,10 $\pm$ 0,00	-0,02 $\pm$ 6,62
	$b^*$	8,98 $\pm$ 5,30	12,13 $\pm$ 7,05	11,77 $\pm$ 7,94	8,11 $\pm$ 0,00	9,74 $\pm$ 8,51
		(n = 9)				(n = 4)
Fermentisana mleka (n = 13)	$L^*$	70,50 $\pm$ 18,00	-	-	-	76,75 $\pm$ 28,21
	$a^*$	-3,76 $\pm$ 1,68	-	-	-	2,85 $\pm$ 2,96
	$b^*$	8,88 $\pm$ 5,01	-	-	-	9,35 $\pm$ 10,45
		(n = 8)				
Kiselo mleko (n = 8)	$L^*$	86,57 $\pm$ 8,47	-	-	-	-
	$a^*$	-1,78 $\pm$ 4,38	-	-	-	-
	$b^*$	11,16 $\pm$ 7,48	-	-	-	-
		(n = 1)	(n = 2)		(n = 1)	
Kefir (n = 4)	$L^*$	91,60 $\pm$ 0,00	66,95 $\pm$ 2,23	-	93,00 $\pm$ 0,00	-
	$a^*$	-2,20 $\pm$ 0,00	-1,75 $\pm$ 0,09	-	-1,70 $\pm$ 0,00	-
	$b^*$	6,20 $\pm$ 0,00	5,09 $\pm$ 0,17	-	6,50 $\pm$ 0,00	-
		(n = 4)				
Voćni jogurt (n = 4)	$L^*$	69,78 $\pm$ 13,72	-	-	-	-
	$a^*$	5,99 $\pm$ 6,59	-	-	-	-
	$b^*$	0,26 $\pm$ 7,25	-	-	-	-
		(n = 17)	(n = 3)		(n = 2)	(n = 13)
Proizvodi mleka u prahu (n = 35)	$L^*$	88,63 $\pm$ 10,14	89,16 $\pm$ 6,05	-	87,92 $\pm$ 3,57	78,73 $\pm$ 21,35
	$a^*$	0,21 $\pm$ 6,78	-1,62 $\pm$ 0,75	-	-3,56 $\pm$ 0,40	1,13 $\pm$ 6,48
	$b^*$	11,84 $\pm$ 6,09	10,98 $\pm$ 2,79	-	8,77 $\pm$ 6,48	12,98 $\pm$ 17,02
		(n = 20)				(n = 6)
Proizvodi od surutke (n = 26)	$L^*$	82,98 $\pm$ 15,08	-	-	-	67,47 $\pm$ 25,13
	$a^*$	1,21 $\pm$ 6,20	-	-	-	2,38 $\pm$ 9,48
	$b^*$	7,95 $\pm$ 4,71	-	-	-	6,32 $\pm$ 6,41

- Nema prijavljenih podataka

Posmatrajući podatke o boji maslaca (tabela 17), maslac od kozjeg mleka bio je svetlije boje ( $L^* = 95,00 \pm 0,00$ ) od maslaca proizvedenog od kravlje mleka ( $L^* = 84,88 \pm 9,92$ ). Što se tiče  $a^*$  vrednosti boje, kozji i kravlji maslac bili su jednaki ( $a^* = -1,40 \pm 0,00$ ;  $a^* = -1,38 \pm 3,11$ ), dok je kravlji maslac bio najviše „žut” ( $b^* = 24,27 \pm 7,51$ ). Poznato je da prirodna žuta boja maslaca potiče prvenstveno od prisustva karotena (likopena), vitamina A i drugih pigmenata, pa prema tome ogromna standardna odstupanja vrednosti boje maslaca mogu biti zbog sadržaja karotenoida u hrani. Štaviše, prethodne studije su izvestile da maslac napravljen od kravlje mleka ima žuću boju (Queirós i sar., 2016). Boja



maslaca se obično menja iz žute u svetložutu (Kaya, 2000). Faktori povezani sa tehnološkim procesom poput zrenja i skladištenja relevantni su za boju maslaca. Kristensen i sar. (2000) su utvrdili da veoma visoka temperatura skladištenja doprinosi tamnijoj boji maslaca. Razlike u boji maslaca rezultat su promena boje masti maslaca, promena u veličini masnih kapljica, prisustva ili odsustva soli, uslova proizvodnje maslaca (Hettinga, 2005), vrste pakovanja i temperature skladištenja.

Što se tiče fermentisanih proizvoda, vrednosti za svetloću bile su u rasponu od  $66,95 \pm 2,23$  (kefir od kozjeg mleka) do  $93,00 \pm 0,00$  (kefir od bivoljeg mleka) (tabela 17). Suprotno tome, u pogledu  $a^*$  parametra, vrednosti su se kretale između  $-3,76 \pm 1,68$  (fermentisano mleko od kravljeg mleka) i  $5,99 \pm 6,58$  (voćni jogurt od kravljeg mleka), a vrednosti žute boje ( $b^*$  parametra) kretale su se od  $0,26 \pm 7,26$  (voćni jogurt od kravljeg mleka) do  $11,16 \pm 7,48$  (kiselo mleko napravljeno od kravljeg mleka). Varijacije očitavanja boja mogu biti posledica različitog stepena neprozirnosti gela. Stoga, to se može povezati sa sadržajem kazeina i nivoom njegove agregacije (Mason i sar., 2003). Štaviše, Erkaya i Şengül (2012) istraživali su jogurte proizvedene korišćenjem mleka različitih vrsta i primetili veći sadržaj suve materije, proteina i masti u jogurtu od ovčijeg mleka u poređenju sa jogurtima od kravljeg i kozjeg mleka. Pored toga,  $a^*$  parametar ovčijeg mleka je niži u poređenju sa kravljim mlekom (Mazloomi i sar., 2011), zbog činjenice da su karotenoidi niži u ovčijem mleku nego u kravljem mleku (Nozière i sar., 2006). Što je veća količina proteina u ovčijem mleku, jogurt je zeleniji. Pored toga, može se reći da su na vrednosti boje fermentisanog mleka više uticale vrste mleka (zamena mleka) nego upotrebene starter kulture. Mani-López i sar. (2014) su izjavili da skladištenje nije imalo uticaja na  $L^*$ ,  $a^*$  i  $b^*$  parametre boje za jogurt i fermentisano mleko. Suprotan trend primetili su Hilali i sar. (2011), tj. da se  $L^*$  parametar vremenom povećavao, ukazujući na to da je jogurt postao svetliji, verovatno zbog povećanja sadržaja mlečne masti, koja je odgovorna za belu boju.

U slučaju boje mleka u prahu (tabela 17) vrednosti  $L^*$ ,  $a^*$  i  $b^*$  kravljeg, kozjeg, ovčijeg i mešavine mleka u prahu iznosile su  $88,63 \pm 10,14$ ,  $0,21 \pm 6,78$ ,  $11,84 \pm 6,09$ ;  $89,16 \pm 6,05$ ,  $-1,62 \pm 0,75$ ,  $10,98 \pm 2,79$ ;  $87,92 \pm 3,57$ ,  $-3,56 \pm 0,40$ ,  $8,77 \pm 6,48$ ; i  $78,73 \pm 21,35$ ,  $1,13 \pm 6,49$ ,  $12,98 \pm 17,02$ , respektivno. Vrednosti  $L^*a^*b^*$  su se razlikovale među uzorcima ne samo zbog različitog izvora mleka i njihovih razlika u hemijskom sastavu, već i zbog razlika u sastavu retentata/koncentrata i varijacija u industrijskom procesu kao što su vrsta sušare, faze sušenja i korišćeni uslovi sušenja tokom njihove proizvodnje (Meena i sar., 2017). Takođe, Majlardove reakcije dovode do promena u boji hrane. Na primer, niže  $L^*$  vrednosti mogu biti rezultat stvaranja braon pigmenata u mešavini proteina šećera, odnosno, tamnijeg uzorka (Morales i Van Boekel, 1998). Temperatura merenja, odnosno, uzorka takođe može biti potencijalni razlog za različite rezultate u boji. Na primer, obrano mleko u prahu je svetlije ( $L^* = 79,3 \pm 2,2$ ). Proizvodi Majlardove reakcije u kasnijoj fazi ne samo da dovode do braon boje mlečnog proizvoda, već se smatraju i pokretačem za umrežavanje proteina u proizvodima mleka u prahu (Le i sar., 2013).

Koordinate boja proizvoda od surutke bile su  $82,98 \pm 5,08$ ,  $1,21 \pm 6,20$  i  $7,95 \pm 4,71$  za  $L^*a^*b^*$ , respektivno (tabela 17). Generalno, surutka u prahu se može naći u raznim bojama u zavisnosti od njenog sastava. Što je veća neprozirnost, veća je osvetljenost uzorka i manje čista boja. Vrednosti boje mogu biti povezane sa činjenicom da je surutka zelenkastožuti proizvod (Carvalho i sar., 2013), a na boju takođe utiče Majlardova reakcija tokom procesa sušenja (Castro-Cislaghi i sar., 2012).

## **2.6. Boja jaja i proizvoda od jaja**

Jaje je prirodni izvor jedinstvenih i dobro uravnoteženih esencijalnih hranljivih sastojaka (Yuceer i Caner, 2014), i prema tome, prilično je važan u međunarodnoj trgovini (Darvishi i sar., 2012). Danas boja jajeta predstavlja veoma važan atribut kvaliteta za prihvatanje i preferenciju od strane potrošača. Potrošači imaju zahteve za željenu boju, a ako postoji nesavršenost ili promena boje, jaja se smatraju da su lošeg kvaliteta. Preferencije za boju žumanceta se znatno razlikuju u zavisnosti od geografskog područja i nacionalnosti. Svetliju boju potrošači često doživljavaju kao meru nižeg kvaliteta ili

moguće kvarenje proizvoda. Boja žumanceta utiče na prihvatljivost mnogih prehrambenih proizvoda; pa stoga ljudi možda neće prihvatiti diskoloracije i promene boje usled obrade, smatrajući ih štetnim za kvalitet jaja (de Souza i Fernández, 2011).

Jaja sa smeđom ljuskom obično se biraju u Australiji i Zapadnoj Evropi, pa je boja ljuske smeđih jaja aspekt kvaliteta za potrošače (Samiullah i Roberts, 2013). Međutim, bela i smeđa jaja su podjednako poželjna u Nemačkoj, Holandiji i Španiji (Arthur i O'Sullivan, 2005). Generalno, homogena smeđa boja ljuske je prioritetnija u odnosu na pegava ili bleđa jaja. Na primer, bleđa i nejednako obojena jaja mogu biti odbačena (Johnston i sar., 2011). Dalje, boja ljuske i obojena jaja mogu biti pokazatelji stresa i bolesti (Mertens i sar., 2010), a nenormalna tanka i bleđa boja ljuske jajeta povezana je sa prethodno navedenim faktorima. Takođe, boja ljuske jajeta bleđi sa starošću životinje (Odabaši i sar., 2007), pa je stoga boja pokazatelj starosti životinje.

### **2.6.1. Instrumentalno merenje boje jaja i proizvoda od jaja**

S obzirom na nedostatak objavljenih informacija o instrumentalnim podacima o boji jaja i standardnim uslovima koji moraju biti utvrđeni, odrađen je literaturni pregled sa namerom da se ispituju dostupni podaci kako bi se pravilno interpretirali, dobili i uporedili rezultati i metodologija boje jaja u periodu od 2009 do 2020. godine. Radovi su preuzimani iz različitih elektronskih baza podataka poput: Web of Science, ScienceDirect, Scopus, Google Scholar, SpringerLink, Mendeley, Wiley online library, PubMed. Strategija pretraživanja je podrazumevala upotrebu sledećih ključnih reči:

1. „egg color“ – boja jajeta;
2. „yolk color” – boja žumanceta;
3. „egg white color“ – boja belanceta;
4. „eggshell color” – boja ljuske;
5. „albumen color” – boja belanceta.

Iz svake studije merenja boje izdvojene su sledeće varijable:

- zemlja porekla prvog autora;
- časopis;
- delovi jaja i proizvodi od jaja;
- instrument;
- iluminant;
- metoda kalibracije;
- veličina otvora blende;
- ugao posmatranja;
- broj tehničkih replika po uzorku.

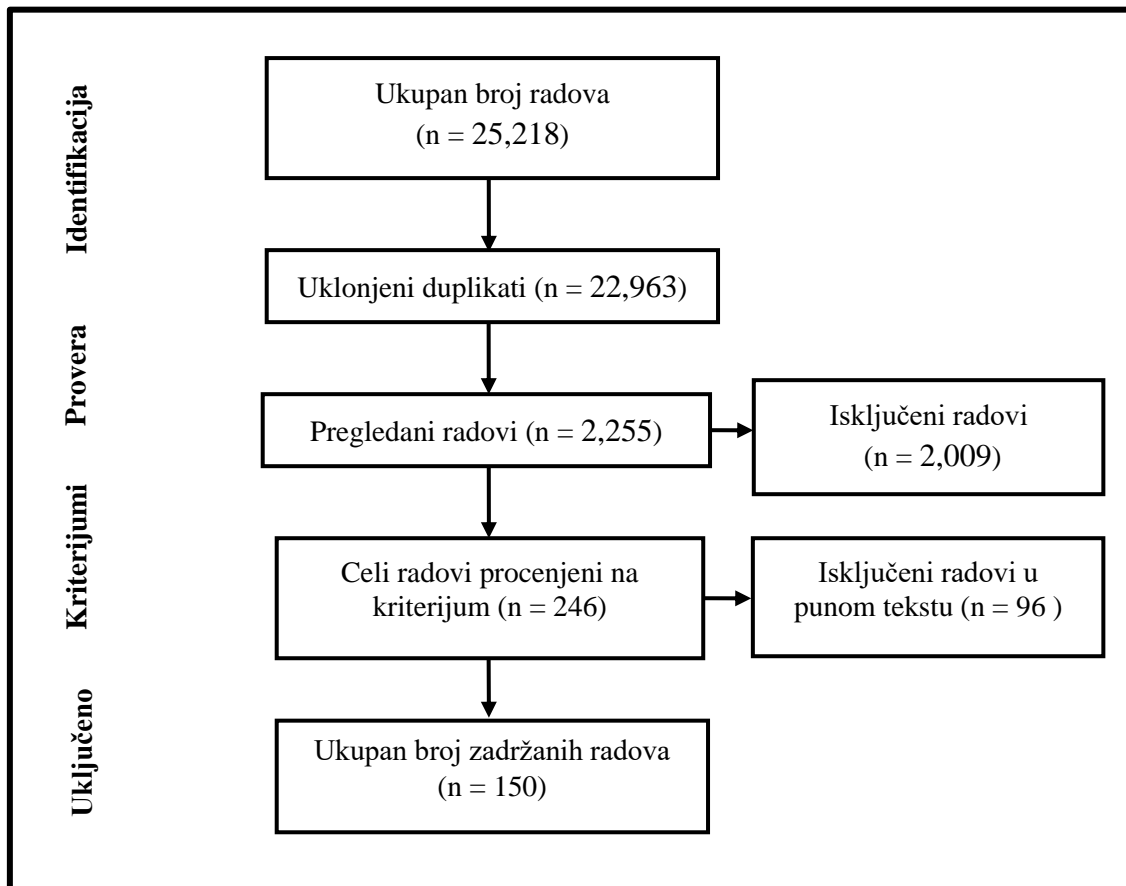
Zemlje porekla autora su kategorisane u šest kontinenata: Afrika, Azija, Evropa, Severna Amerika, Južna Amerika i Okeanija (uključujući Novi Zeland i Australiju).

Jaja i proizvodi od jaja su kategorisani na sledeći način:

1. ljuska;
2. žumance;
3. belance;
4. tečni proizvodi od jaja;
5. belance u prahu i njegovi analozi;
6. žumance u prahu i njegovi analozi;
7. konzervisana (pidan) jaja.

### 2.6.1.1. Strategija pretraživanja

Početna strategija pretraživanja elektronskih baza podataka (slika 8) započeta je sa 25,218 radova. Nakon uklanjanja istih radova koji se pojavljuju u različitim bazama podataka (duplikati) ( $n = 22,963$ ), ostalo je 2,255 radova koji su pregledani. Nakon primene kriterijuma koji su izuzeti - subjektivna procena boje ( $n = 2,009$ ) i uklanjanja radova kojima nedostaju rezultati boja ( $n = 96$ ), 150 radova je podvrgnuto konačnoj analizi. Dijagram toka postupka odabira predstavljen je na slici 8.



**Slika 8.** Dijagram toka za selekciju i identifikaciju prema PRISMA-P (Moher i sar., 2009)

Najdominantnija regija istraživanih radova bila je Azija (42,00%), zatim Evropa (28,00%) i Severna Amerika (14,00%). Boja žumanceta (68 radova) bila je najčešće analizirani deo jajeta, zatim boja ljske jajeta (44 rada) i tečni proizvodi od jaja (15 radova) (tabela 18).

**Tabela 18.** Pregled istraživanja o boji jaja po zemljama istraživanja, delovima jaja i proizvodima od jaja

Zemlja istraživanja	Procenat radova
Azija	63 (42,00%)
Evropa	42 (28,00%)
Severna Amerika	21 (14,00%)
Južna Amerika	14 (9,33%)
Afrika	5 (3,33%)
Okeanija	5 (3,33%)
<b>Delovi jaja</b>	
Žumance	68 (45,33%)
Ljuska	44 (29,33%)
Albumin	9 (6,00%)
Ostalo (providna jaja i kutikula)	2 (1,33%)
<b>Proizvodi od jaja</b>	
Tečni proizvodi jaja	15 (10,00%)
Balance u prahu i njegovi analozi	10 (6,67%)
Pidan jaja	7 (4,67%)
Žumance u prahu i njegovi analozi	4 (2,67%)

U slučaju tipa uređaja, najveći broj radova uključio je tu informaciju o prijavljenim instrumentima (146 radova). Minolta kolorimetri su korišćeni za procenu boje jaja u 98 radova, zatim Hunter uređaji, „drugi” uređaji i CVS u 24, 21, odnosno 3 rada (tabela 19). Ostali instrumenti za merenje boje bili su: Macbeth, Gardner, Ks-Rite, Nippon Denshoku, Cengtaike instrument. Samo četiri rada nisu sadržala informacije o tipu uređaja. Istraživanje je otkrilo da razlike u proceni boje (bilo da se radi o opremi ili metodologiji) mogu uticati na instrumentalne vrednosti boje jaja.

**Tabela 19.** Tehnički parametri koji se koriste u istraživanjima za merenje boje jaja i proizvoda od jaja

Uređaj	Broj radova (%)
Minolta	98 (65,3%)
Hunter	24 (16,0%)
Ostali	21 (14,0%)
Nije prijavljeno	4 (2,7%)
CVS	3 (2,0%)
<b>Illuminant</b>	
Nije prijavljeni	126 (84,0%)
D65	18 (12%)
Ostalo (A, D25, C)	6 (4,0%)
<b>Otvor blende</b>	
Nije prijavljeno	138 (92,0%)
8 mm	6 (4,0%)
10-30 mm	3 (2,0%)
2,54 cm	2 (1,3%)
Ostalo (inči)	1 (0,7%)
<b>Ugao posmatranja</b>	
Nije prijavljeno	135 (90,0%)
10°	11 (7,3%)
0° i 2°	4 (2,7%)

Kada su dostupni podaci o osvetljenju, D65 je bio najviše korišćen iluminant (18 od 150 radova). Suprotno tome, najveći broj radova (126 radova) nije prijavio vrstu iluminanta (tabela 19). Često je upotrebljeni iluminant ograničen odabranim instrumentom, tako da odabir iluminanta nije izbor za

svako ispitivanje. Na primer, ovi podaci mogu biti rezultat činjenice da Minolta ima samo D65 i C iluminant u sklopu svojih podešavanja za merenje boje.

Što se tiče veličine otvora blende i dostupnih podataka o uglu posmatranja, većina ispitanih radova (138 radova za otvor blende; 135 radova za ugao posmatranja) nije prijavila te vrste informacija. Kada su ovi podaci bili uključeni, najčešće je korišćena veličina otvora 8 mm (6 radova) i ugao posmatranja od 10° u 11 radova (tabela 19). Dokazano je da veličina otvora može uticati na boju merenja hrane (Yancey i Kropf, 2008).

Rezultati su pokazali da 66,67% radova nije prijavilo informacije o korišćenim postupcima kalibracije. Što se tiče tehničkih replika, najviše su bila prijavljena 3 očitavanja (25 radova), 4-10 očitavanja (15 radova) i 1-2 očitavanja (5 radova). Međutim, većina radova (105 radova) nije sadržala podatke o tehničkim replikama (tabela 20).

U istraživanju literature, većina ispitanih radova (139 radova) izveštava o podacima o boji koristeći L\*a\*b\* sistem boja za merenje svetloće, udela crvene i udela žute boje. S druge strane, RGB ili Lch modeli boje zabeleženi su u ukupno dva rada. Štaviše, izmereni su i neki drugi parametri boje, kao što su: ukupna razlika u boji, zasićenje i nijansa, i to u 28, 16 i 13 radova, respektivno. Rezultati indeksa bele boje, indeksa žute boje i indeksa braon boje takođe su bili dostupni u 4, 2 i 2 rada, respektivno.

**Tabela 20.** Kalibracija i tehničke replike koje se koriste u istraživanjima za merenje boje jaja i proizvoda od jaja

Kalibracija	Broj radova
Nije prijavljeno	100 (66,67%)
Prijavljeni podaci	50 (33,33%)
Tehničke replike	
Nije prijavljeno	105 (70,00%)
3 očitavanja	25 (16,67%)
4-10 očitavanja	15 (10,00%)
1-2 očitavanja	5 (3,33%)

## 2.6.2. Instrumentalni podaci merenja boje jaja i proizvoda od jaja

Literaturni pregled o instrumentalnim podacima boje jaja i proizvoda od jaja izvršen je određivanjem srednje vrednosti očitavanja L\*a\*b\* parametara. Ispitivani su kontrolni uzorci kako bi se utvrdilo da li postoje varijacije boje u delovima/proizvodima jaja prema vrstama životinja (tabela 21).

**Tabela 21.** Boja delova jaja različitih životinja (srednja vrednost ± standardna devijacija)

Životinja		Kokoška	Patka	Prepelica	Morka
Žumance	L*	63,25 ± 11,84	62,00 ± 0,00	51,55 ± 15,10	-
	a*	4,05 ± 8,56	-0,89 ± 0,00	-2,56 ± 3,33	-
	b*	42,45 ± 15,82	36,00 ± 0,00	38,14 ± 20,15	-
Belance	L*	47,93 ± 31,75	91,00 ± 0,00	-	-
	a*	-0,98 ± 2,08	-2,80 ± 0,00	-	-
	b*	7,74 ± 9,06	2,30 ± 0,00	-	-
Ljuska	L*	69,84 ± 17,20	86,60 ± 0,00	-	74,40 ± 0,00
	a*	9,10 ± 8,43	-4,50 ± 0,00	-	4,60 ± 0,00
	b*	22,88 ± 12,62	11,90 ± 0,00	-	20,70 ± 0,00

- Nema prijavljenih podataka.

Što se tiče žumanceta (tabela 21), svetloća kokošijeg jajeta ( $L^* = 63,25 \pm 11,84$ ) bila je približna

svetloći pačijeg jajeta ( $L^* = 62,00 \pm 0,00$ ) i oba su bila svetlija od žumanceta prepeličijeg jajeta ( $L^* = 51,56 \pm 15,10$ ). Što se tiče vrednosti  $a^*$  parametra, kokošije jaje je pokazalo najveći intenzitet crvene boje  $a^* = 4,05 \pm 8,56$ , dok je najveću vrednost za  $b^*$  parametar imalo kokošije žumance  $b^* = 42,45 \pm 15,82$ . Generalno, obojenost žumanceta zavisi od različitog broja promenljivih kao što su: zdravlje i fiziologija životinja, faktori ishrane i ishrana, kao i karakteristike proizvoda sa sposobnošću skladištenja ksantofila (Baker i Günther, 2004). U pogledu hrane, obojenost žumanceta (žuto-crvena) pripisuje se količini i vrsti karotenoida u ishrani i antioksidativnoj aktivnosti pigmenata, kao što su karoten i ksantofili (An i sar., 2010). Važno je naglasiti da je boja žumanceta takođe osobina pojedinih vrsta kokošaka, kao i same rase. Komercijalne koke nosilje imaju svetliju boju žumanceta u poređenju sa bojom žumanceta lokalnih rasa. Dalje, toplotna obrada može uticati na karotenoide. Grashorn i sar. (2000) su izjavili da kuvanje jaja dovodi do svetlije boje žumanceta. Takođe, svetlija boja žumanceta se povezuje sa starošću životinje. Svi gore navedeni faktori koji utiču na boju žumanceta mogu biti mogući razlozi za varijacije u posmatranim podacima boje.

Uprkos činjenici da ljuska jajeta predstavlja značajnu vizuelnu karakteristiku jaja, ona nije pokazatelj unutrašnjeg kvaliteta jaja ili hranljive vrednosti (Cavero i sar., 2012). Boja ljuske jajeta može biti bele do smeđe boje, kao nasledna kvantitativna osobina (Wilson, 2017). Najsvetlija ljuska je bila pačija, zatim morčija i kokošija sa vrednostima od  $86,62 \pm 0,00$ ;  $74,40 \pm 0,00$  i  $69,84 \pm 7,19$ , respektivno. Kada je u pitanju  $a^*$  parametar, najveći intenzitet crvene boje imala je kokošija ljuska sa  $9,10 \pm 8,43$ , dok je najveći intenzitet zelene boje imala pačija ljuska  $-4,46 \pm 0,00$ . Najintenzivniju žutu boju imala je kokošija ljuska ( $b^* = 22,88 \pm 12,61$ ), zatim morčija ( $20,70 \pm 0,00$ ) i pačija ( $11,90 \pm 0,00$ ). Ako postoje vidljive varijacije boja, to je povezano sa promenama koje karakteristično odgovaraju varijacijama u prisustvu i koncentraciji protoporfirina IX i biliverdina odgovornih za obojenje ljuske ptičjih jaja u različitim ptičjim porodicama (Kennedy i sar., 1976; Gorchein i sar., 2009). Ogromna količina biliverdina i biliverdin-helata sa cinkom dominira u plavim ili zelenim ljuskama, dok protoporfirin dominira u smeđoj ljusci jajeta (Zhao i sar., 2006). Štaviše, boja ljuske je genetski određena osobina (Sokołowicz i sar., 2018; Franco i sar., 2020). U slučaju japanske prepelice, jaja imaju pegavu ljusku i to je individualna karakteristika svake ženke, što omogućava specifikaciju određenih ptica (Sezer i Tekelioglu, 2009).

Što se tiče belanceta, jaje patke je imalo  $91,00 \pm 0,00$ ,  $-2,80 \pm 0,00$  i  $2,30 \pm 0,00$  vrednosti za  $L^*$ ,  $a^*$  i  $b^*$ , dok je belance kokošijeg jajeta imalo  $47,93 \pm 31,75$ ,  $-0,98 \pm 2,07$  i  $7,74 \pm 9,06$  vrednosti za  $L^*$ ,  $a^*$  i  $b^*$ , respektivno (tabela 21). Varijacije u svetloći mogu biti posledica stepena denaturacije proteina (Hwang i sar., 2007). Takođe, na boju belanceta i njegovih proizvoda utiče pH vrednost; kako se pH povećava, belance postaje tamnije i zelenkastije (Chang i sar., 1999).

Žuto-narandžasta boja proizvoda od jaja nastaje zbog karotenoida u žumancetu, uglavnom zbog karotena i ksantofila (lutein, kriptoksantin i zeaksantin) (Wu, 2014).

**Tabela 22.** Boja različitih proizvoda od jaja (srednja vrednost  $\pm$  standardna devijacija)

Proizvod		Kokoška
Tečni proizvodi (cela jaja)	L*	66,99 $\pm$ 10,43
	a*	9,16 $\pm$ 8,17
	b*	37,82 $\pm$ 5,88
Tečni proizvodi (belance)	L*	62,83 $\pm$ 24,06
	a*	-0,27 $\pm$ 1,02
	b*	16,54 $\pm$ 9,53
Tečni proizvodi (žumance)	L*	59,28 $\pm$ 0,00
	a*	27,40 $\pm$ 0,00
	b*	69,87 $\pm$ 0,00
Belance u prahu	L*	93,79 $\pm$ 4,81
	a*	-0,74 $\pm$ 2,03
	b*	10,40 $\pm$ 5,08
Sušeno žumance (Žumance u prahu)	L*	79,58 $\pm$ 3,03
	a*	7,89 $\pm$ 3,46
	b*	36,78 $\pm$ 12,96
Patka		
Pidan belance	L*	50,86 $\pm$ 37,67
	a*	2,44 $\pm$ 6,29
	b*	6,58 $\pm$ 3,38
Pidan žumance	L*	45,23 $\pm$ 5,33
	a*	0,33 $\pm$ 8,02
	b*	18,41 $\pm$ 28,43

U slučaju boje celih tečnih jaja, boja je prilično važna karakteristika kod potrošača, jer je povezuju sa kvalitetom i svežinom proizvoda. Prvenstveno se određuje bojom žumanceta i utiče na nijansu konačnih prehrambenih proizvoda u kojima se koristi celo jaje (Alamprese i sar., 2019). Boja tečnog celog jajeta predstavljena je u tabeli 22. Parametri boje bili su  $L^* = 69,99 \pm 10,43$ ,  $a^* = 9,16 \pm 8,17$  i  $b^* = 37,82 \pm 5,88$ . Ne samo da hrana koka nosilja jasno utiče na celu boju jaja, već i prerada jaja i proizvoda od jaja može biti razlog značajnih varijacija boje (Dvořák i sar., 2012). Svetlija boja povezana je sa oksidacijom pigmenata (ksantofili, lutein i zeaksantin) što rezultuje svetlijom bojom celog tečnog jajeta zbog viših temperatura (Koç i sar., 2011). Što se tiče obrade, termički obrađeni uzorci pokazali su veće  $L^*$  vrednosti, bez obzira na homogenizaciju. Na primer, De Souza i Fernández (2011) pokazali su da termička obrada (pasterizacija) i UV zračenje utiču na smanjenje  $L^*$  vrednosti, povećanje  $a^*$  i  $b^*$  vrednosti. Marco-Molés i sar. (2011) su naglasili da su homogenizovani netretirani uzorci tečnih celih jaja (engl. *LWE*) pokazali svetliji, crveniji i žući izgled u odnosu na nehomogenizovane neobrađene uzorke. Veće vrednosti se mogu pripisati tretmanu homogenizacije. Prethodno homogenizovani termički obrađeni uzorci pokazali su svetlije boje od onih koji nisu homogenizovani, a sličan efekat primećen je i za  $a^*$  i  $b^*$  parametre. Termička koagulacija proteina jaja objasnila bi glavne promene boje dobijene u tretiranim *LWE* uzorcima. Dalje, ultrazvučni tretman visokog intenziteta uzrokuje smanjenje žute boje. Kada je analizirana boja *LWE* tretiranog ultrazvukom visokog intenziteta, uočena je svetlija boja, manje  $a^*$  i  $b^*$  vrednosti u poređenju sa uzorcima tretiranim ultrazvukom manjeg intenziteta (Techathuvanan i D'Souza, 2018). To može biti zbog činjenice da ultrazvuk može sprečiti enzimsko tamnjenje usled inaktivacije enzima. Takođe, skladištenje može da utiče na boju tečnih proizvoda od jaja. Tokom skladištenja konačnog proizvoda, intenzitet boje se smanjuje, verovatno zbog oksidativne razgradnje karotenoida.

Koordinate boje za tečno belance bile su  $62,83 \pm 24,06$  za  $L^*$ ,  $-0,27 \pm 1,02$  za  $a^*$  i  $16,54 \pm 9,53$  za  $b^*$  parametre (tabela 22). Generalno se promena boje obično pripisuje denaturaciji belanaca u prahu. Termičkom obradom, boja belanaca kreće se od prozirne do mutne (Llave i sar., 2018). Termički efekat na belance dovodi do denaturacije i naknadnog agregiranja belanaca u prahu, da bi se formirala

trodimenzionalna struktura gela. Min i sar. (2012) su zaključili da denaturacija proteina i fragmentacija u belancu mogu dovesti do stvaranja gela homogene konstrukcije, što dovodi do nižih  $L^*$ ,  $a^*$  i  $b^*$  vrednosti. Dalje, Yuceer i Asik (2020) pokazali su da enzimski lipazni tretman ima ogroman efekat na rezultate boje. Enzimski tretman lipazom povećava  $L^*$  i  $a^*$ , dok smanjuje  $b^*$  parametar boje. Sa druge strane, porast  $b^*$  parametra nastaje usled UV-tretmana i generalno je povezan sa uništavanjem karotenoida i stvaranjem Majlardovih proizvoda, što je evidentno tokom prerade ili skladištenja jaja (Caboni i sar., 2005).

Podaci o boji tečnog žumanceta iznosili su  $59,28 \pm 0,00$ ,  $27,40 \pm 0,00$ ,  $69,87 \pm 0,00$  za svetloću, udeo crvene i žute boje, respektivno (tabela 22). U tečnom žumancetu,  $b^*$  parametar je dominantan zbog prisustva karotenoida. de Souza i Fernandez (2011) izjavili su da se parametar udela crvene boje ( $a^*$ ) tečnog žumanceta (LEW) blago poveća nakon tretmana UV-C lampama, pokazujući tendenciju ka više crvenkastim intenzitetima, dok se parametar  $b^*$  izuzetno povećava nakon UV-tretmana. Uslovi skladištenja mogu takođe uticati na boju žumanceta. Naime, tokom skladištenja proizvod postaje manje crvenkastožut, ili žumance tokom skladištenja gubi pigment.

U literaturnom pregledu boje belanceta u prahu, srednje vrednosti za  $L^*a^*b^*$  bile su  $93,79 \pm 4,81$ ,  $-0,74 \pm 2,03$ , odnosno  $10,40 \pm 5,08$  (tabela 22). Netermički tretman belanceta može biti odgovoran za promene u izgledu i boji. Prijavljeno je da tretman zračenja može da doprinese promene boje belanceta. Obrada pod visokim pritiskom može uticati na nekoliko promena vrednosti boje belanceta, žumanceta, odnosno celog tečnog jajeta (Singh i Ramaswamy, 2013). Efekat uklanjanja šećera (engl. *desugaring*) i pasterizacija mogu sprečiti pojavu Majlardove reakcije (Sze i sar., 2018). Komercijalno belance u prahu pokazalo je najveću vrednost  $b^*$  parametra, i najmanje vrednosti za  $a^*$  i  $L^*$  parametre. Velika  $b^*$  vrednost komercijalnog belanceta u prahu može biti posledica promene boje albumina tokom skladištenja. Ako se jaja drže duže vreme u neprikladnom okruženju, belance ima tendenciju da bude žuto (Coutts i Wilson, 1990). Rannou i sar. (2013) primetili su da niska  $L^*$  koordinata jajeta u prahu može biti posledica reakcije neenzimskog tamnjenja usled stvaranja jedinjenja tamne boje prilikom skladištenja.

$L^*a^*b^*$  žumanceta u prahu bile su  $79,58 \pm 3,03$ ,  $7,89 \pm 3,46$  i  $36,78 \pm 12,96$ , respektivno (tabela 22). Ovo zapažanje je u skladu sa Wei i sar. (2019) koji su istraživali boju žumanceta u prahu različitih ptica. Žumance u prahu borbenih kokoši imalo je najmanju  $L^*$  vrednost (76,66), a najveću vrednost  $a^*$  i  $b^*$  koordinata (14,05 i 72,21, respektivno). Sa druge strane, morčije žumance u prahu imalo je najveći  $L^*$  (83,12), dok je najmanji  $a^*$  imao Leghorn (5,60) i  $b^*$  komercijalno žumance u prahu (35,84). Ove visoke vrednosti  $a^*$  i  $b^*$  parametara ukazuju na to da je žumance u prahu borbenih kokoši bilo bogato visokom koncentracijom karotenoida kao što su lutein i zeaksantin (Rannou i sar., 2015). Takođe su primetili da obrada na visokoj temperaturi može smanjiti svetloću zbog Majlardove reakcije. Ovo bi moglo objasniti boju komercijalnog žumanceta u prahu, koji je proizveden metodom sušenja raspršivanjem. Na primer, u sprej-sušenom žumancetu u prahu ima manje ksantofila (Wenzel i sar., 2010).

Rezultati za boju kada je u pitanju pidan belance bila su  $L^* = 50,86 \pm 37,67$ ,  $a^* = 2,44 \pm 6,29$  i  $b^* = 6,58 \pm 3,38$  (tabela 22). Generalno, manje  $L^*$  vrednosti i veće  $a^*$  i  $b^*$  vrednosti su verovatno posledica stvaranja smeđih i žutih pigmenata, koji mogu nastati Majlardovom reakcijom (Huang i sar., 2019). Međutim, kako se vreme sušenja i zrenja produžava, očigledno smanjenje  $a^*$  i  $b^*$  parametara može biti povezano i sa efektima zelene boje belanceta koji prelaze u dublju boju belanceta (Ai i sar., 2020). U kasnijoj fazi skladištenja, pidan belance pokazuje tamniju boju. Uticaj na pidan belance ima konzervisanje. Na primer, sa povećanjem konzervisanja i koncentracije NaOH,  $L^*$  vrednost opada. Sa druge strane,  $a^*$  i  $b^*$  vrednosti se povećavaju sa povećanjem vremena konzervisanja i koncentracije NaOH (Huang i sar. 2019).

Pidan žumance patke imalo je sledeće  $L^*a^*b^*$  koordinate boje:  $45,23 \pm 5,33$ ,  $0,33 \pm 8,01$  i  $18,41 \pm 28,43$ , respektivno (tabela 22). Povećavanje  $b^*$  vrednosti može biti u skladu sa stvaranjem pirolnih



pigmenata koji mogu proizaći iz fosfolipidne oksidacije (Zamora i sar., 2000). Tamnija boja uglavnom je posledica Majlardove reakcije koja dovodi do akumulacije pigmenata (Ganasen i Benjakul, 2011).

### **3. CILJ ISTRAŽIVANJA**

Brza i objektivna merenja boje hrane animalnog porekla su od fundamentalnog značaja, jer boja predstavlja bitan faktor kvaliteta, pa stoga utiče na prihvatljivost hrane od strane potrošača. CVS je novi alternativni metod čiji se potencijal ispituje u oblasti prehrambene industrije.

Osnovni cilj ovog istraživanja bio je ispitivanje mogućnosti primene CVS metode za merenje boje hrane animalnog porekla. U tu svrhu neophodno je bilo obezbediti objektivne dokaze da je metoda ispitivanja bila prikladna za jasno utvrđenu namenu. Ovo je obavljeno procenom mere variranja CVS metode (standardna devijacija). Mala standardna devijacija karakteriše precizno merenje. Cilj istraživanja je bio zapravo da se odredi preciznost CVS metode za merenje hrane animalnog porekla.

Drugi cilj istraživanja bio je utvrđivanje postojanja razlike između CVS-dobijene boje i boje dobijene pomoću kolorimetra. U tu svrhu bio je uključen senzorni panel koji je imao zadatak da uporedi boje dobijene pomoću ova dva metoda i oceni da li su slične/različite, i u kojem stepenu. Takođe, senzorni panel je imao cilj da uporedi te boje sa bojom uzorka i odredi koja je od ove dve boje sličnija boji uzorka. U cilju sprovođenja ovoga koristili su se testovi sličnosti prema metodi Girolami i sar. (2013) sa malim izmenama. U prvom testu sličnosti, panelisti su imali cilj da utvrde da li postoji sličnost CVS-dobijene boje i boje uzorka, i u kojem stepenu. Drugi test sličnosti podrazumevao je da panelisti uporede dve prikazane boje na monitoru dobijene pomoću CVS metode i kolorimetra, kao i da procene koja boja je sličnija boji uzorka prikazanoj na monitoru. U trećem testu senzorni panel imao je cilj da proceni da li postoji razlika između prikazanih boja i u kojem stepenu.

## 4. MATERIJAL I METOD RADA

Istraživanja tokom doktorske disertacije su obavljena u Laboratoriji za tehnologiju mesa na Poljoprivrednom fakultetu Univerziteta u Beogradu.

### 4.1. Materijal i priprema uzoraka

#### 4.1.1. Materijal i priprema uzoraka mesa i proizvoda od mesa

Deo eksperimenta koji se odnosi na meso i proizvode od mesa obuhvatio je uzorke mesa i proizvoda od mesa prema Pravilniku o kvalitetu usitnjelog mesa, poluproizvoda od mesa i proizvoda od mesa (Službeni glasnik RS, 104/2014; 94/ 2015 i 50/2019).

U ispitivanjima svežeg mesa korišćeni su uzorci *m. pectoralis major* tri uzorka za svaku od četiri vrste mesa pernate živine (pileće, ćureće, pačije i gušćije meso), zatim na *m. longissimus dorsi* za goveđe i svinjsko meso, kao i pet vrsta mesa divljači (prepeličije meso, meso divlje svinje, zečije meso, meso jelena i fazana).

Kada su u pitanju proizvodi od mesa, istraživanje je obavljeno na 18 proizvoda koji su prikazani u tabeli 23.

**Tabela 23.** Poluproizvodi i proizvodi od mesa

Grupa	Podgrupa	Reprezentativni uzorci
<i>Poluproizvodi</i>		
Poluproizvodi od mesa	Sveže kobasice	Sveža kobasica
	Usitnjeno meso sa dodacima	Svinjsko i goveđe mleveno meso
<i>Proizvodi od mesa</i>		
Barene kobasice	Grubo usitnjene barene kobasice	Mortadela
	Fino usitnjene barene kobasice	Viršla, Safalada
Fermentisane kobasice	Fermentisane suve kobasice	Goveđa kobasica Delikates salama
Suvomesnati proizvodi	-	Svinjska pršuta Goveđa pršuta Suvi svinjski vrat
Dimljeni proizvodi od mesa	-	Dimljeni svinjski kare
Kuvane kobasice	Jetrene kobasice i paštete	Jetrena pašteta Goveđa pašteta Pileća pašteta
Konzerve od mesa	Konzerve od mesa u komadima	Stišnjena šunka
Slanina	-	Hamburška slanina Panceta

Svi uzorci mesa i proizvoda od mesa kupljeni su u maloprodajnim objektima. Pre analize boje, sveže isečeni uzorci mesa, debljine oko 3,00 cm pojedinačno su se postavljali na polistirenske bele tacne (slika 9) koje su potom prekrivene sa providnim PVC filmom propustljivim za kiseonik. Zatim su svi uzorci stavljeni u frižider na 4°C u trajanju od 30 min u cilju oksigenacije mioglobina („cvetanje mesa”<sup>7</sup>). Neposredno pred merenje boje, PVC film je uklonjen.

<sup>7</sup> Cvetanje mesa (engl. *blooming*) predstavlja oksigenaciju, odnosno, proces izlaganja deoksimioglobina dejstvu kiseonika koji za posledicu ima stvaranje oksimioglobina svetlo-crvene boje.

#### **4.1.2. Materijal i priprema uzoraka mleka i proizvoda od mleka**

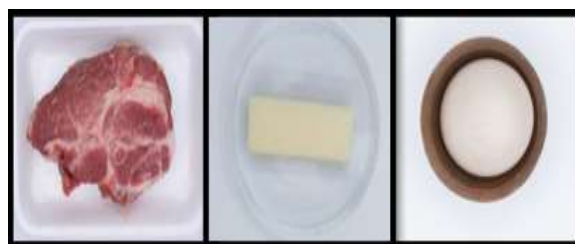
Deo eksperimenata koji se odnose na mleko i proizvode od mleka su obuhvatila ispitivanja na tri vrste sirovog mleka (kravlje, ovčije, kozje) i 28 odabranih proizvoda od mleka prema Pravilniku o kvalitetu proizvoda od mleka i starter kultura (2014) uključujući:

- Termičko obrađeno mleko (pasterizovano i sterilizovano mleko);
- Fermentisani proizvodi (jogurt, kefir, kiselo mleko, voćni jogurt);
- Pavlaka (fermentisana pavlaka, termički obrađena pavlaka);
- Maslac;
- Kajmak (mladi, zreli kajmak, kajmak krem, kajmak namaz);
- Sirevi sa zrenjem (polutvrđi, tvrđi, sirevi sa plesnima, sirevi u salamuri);
- Sirevi bez zrenja (sveži sirevi, sveži sirevi parenog testa);
- Proizvodi od sira (sirni namaz, topljeni sir);
- Surutka (kisela surutka, slatka surutka, surutka u prahu);
- Mleko u prahu (punomasno mleko u prahu, obrano mleko u prahu).

Tri uzorka za svaku vrstu mleka i proizvoda od mleka su nasumično odabrana i korišćena za merenje boje. Pre samog određivanja boje, svi uzorci su čuvani u frizideru na 4°C u trajanju od 24h. U slučaju uzoraka sirovog mleka, uzorkovano je sirovo mleko jutarnje muže i podvrgnuto analizi odmah po isporuci u laboratoriju. Neophodno je ohladiti sirovo mleko posle muže da bi se smanjile promene u sastavu mleka (kvar), jer je poznato da se sastav sirovog mleka posle 24h značajno menja (Zajac i sar., 2015). Boja je direktno merena sa površine čvrstih, kremastih i praškastih uzoraka proizvoda od mleka (20 mm debiljine uzorka) koristeći belu pozadinu (slika 9), dok su tečni uzorci mereni u sterilnom pakovanju zapremine 40 ml (20 mm debljine uzorka). Nekoliko uzoraka (kiselo mleko, kisela pavlaka, jogurt, kajmak namaz, kajmak krem i voćni jogurt) je mereno iz same ambalaže sa koje je prethodno skinut poklopac, kako se ne bi narušila tekstura proizvoda koja bi mogla negativno da utiče na analizu boje.

#### **4.1.3. Materijal i priprema uzoraka jaja**

Boja jaja je merena na tri uzorka za svaku od pet vrsta jaja: kokošije, pačije, gušćije, prepeličije i ćureće jaje. Merena je pojedinačno boja žumanceta, belanceta i ljuske. Pre analize boje, jaja su ostavljena u frižideru 24h na temperaturi od 8 °C u cilju da se postigne bolje odvajanje žumanceta i belanceta (Dvořák i sar., 2009). Prvo je merena boja ljuske, a nakon razbijanja ljuske, boja žumanceta i belanceta, i to na sedam naizmeničnih lokacija (tehničkih replika). Jaja su postavljena na posebne uloške kako bi se nesmetano obavila analiza boje kada je u pitanju ljuska jajeta (slika 9).



**Slika 9.** Priprema uzoraka hrane animalnog porekla za analizu boje (fotografija autora)

#### **4.2. Merenje boje**

Merenje boje prehrambenih proizvoda animalnog porekla izvršeno je prema metodi Girolami i sar. (2013) sa manjim izmenama. Korišćena su dva različita instrumenta za merenje boje hrane animalnog porekla:

1. tradicionalni kolorimetar Minolta CR-400 i,

## 2. savremeni CVS.

Parametri boje ( $L^*a^*b^*$ ) su za svaki uzorak izraženi kao prosek od sedam nasumičnih merenja (tehničke replike). Na osnovu  $L^*a^*b^*$  parametara izračunati su i ostali parametri boje poput: ugao nijanse ( $^{\circ}h$ ), zasićenje boje ( $C^*$ ), razlika u svetloći ( $\Delta L$ ), razlika ugla nijanse ( $\Delta H$ ), razlika zasićenja ( $\Delta C$ ), ukupna razlike boje ( $\Delta E$ ), indeks bele boje (WI) i indeks žute boje (YI). Sva merenja su rađena u triplikatu.

## 4.2.1. Minolta CR-400 kolorimetar

U ogledu je korišćen kompaktni prenosivi kolorimetar Minolta (CR-400, Osaka, Japan) sa sledećim podešavanjima: otvor blende 8 mm,  $2^{\circ}$  standardni posmatrač, iluminant D65, koji imitira prosečnu dnevnu svetlost sa temperaturom boje od 6,500 K, i impulznom ksenonskom lampom kao podrazumevanim izvorom svetlosti. Pre merenja boje, uređaj je kalibrisan pomoću referentne pločice ( $Y=88,6$ ,  $x=0,3175$  i  $y=0,3350$ ). Dodatno, ovaj uređaj je opremljen sa nastavcima CR-A33a, CR-A50 i CM-A99 za merenje boje čvrstih, praškastih i tečnih uzoraka. Analiza boje uzoraka kolorimetrom prikazana je na slici 10.



**Slika 10.** Analiza boje pomoću kolorimetra (fotografija autora)

## 4.2.2. Kompjuterski vizuelni sistem (CVS)

CVS (slika 11) se sastojao od sledećih elemenata: drvene kutije, sistema za osvetljavanje, digitalne kamere, kompjutera i monitora sa odgovarajućim softverom.



**Slika 11.** CVS (fotografija autora)

**Mračna komora (lat. camera obscura) za akviziciju fotografija.**

Mračnu komoru je predstavljala drvena kutija ( $a = 80$  cm) koja se sastoji od poklopca sa čije unutrašnjosti se stavlja digitalna kamera. Unutrašnjost kutije prekrivena je sa mat, crnim fotografskim materijalom u cilju da se spreči bilo kakva vrsta refleksije svetlosti. Takođe, sa prednje strane kutije se nalazi otvor za unos uzoraka.

**Osvetljenje.** Uzorci se osvetljavaju korišćenjem četiri fluorescentne lampe (Master Graphica TLD 965) sa temperaturom boje od 6,500 K. Svaka lampa (60 cm dužina) je postavljena pod uglom od  $45^{\circ}$  i udaljenosti 50 cm od uzorka kako bi se postiglo uniformno i difuzno osvetljenje.

**Digitalna kamera.** Sony Alpha DSLR-A200 (10,2 MP, CCD senzor) se nalazila na postolju, vertikalno postavljena na 30 cm udaljenosti od uzorka. Pre slikanja uzoraka, kameru je neophodno

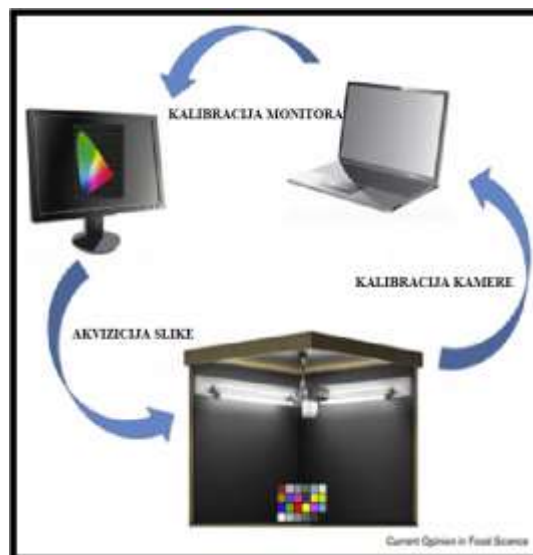
kalibrisati. To je postignuto pomoću kalibracione pločice (X-Rite Colourchecker Passport, Michigan, USA) koja sadrži 24 standardne boje predstavljene kvadratima ( $4 \times 4 \text{ cm}^2$ ). Procedura kalibrisanja je postignuta fotografisanjem pločice i stavljanjem iste u specijalni softver (ColourChecker Passport 1,0,1, X-Rite Inc.). Podešavanja digitalne kamere korišćene u eksperimentu prikazana su u tabeli 24.

**Tabela 24.** Podešavanja parametara digitalne kamere

Parametri	Vrednosti
Veličina slike	3872 x 2592
Format slike	RAW
Iso brzina	100
Otvor blende	F/11,0
Ekspozicija	1/6s
Senzor slike	CCD
Žižna daljina	30mm
Objektiv	DT-S18-70mm f 3,5-5,6
Blic	Off
Režim	Manual (M)

**Softver.** Kompjuterski hardver i softver su napravljeni da imitiraju ljudski mozak. Hardver se sastoji od kompjutera i monitora. Kalibracija CVS metode prikazana je na slici 12.

Kompjuter omogućava čuvanje slika i njihovu obradu, dok monitor omogućava prikaz snimljenih slika. Eksterni monitor sa sRGB je prethodno hardverski kalibrisan korišćenjem X-rite i1 Display Pro uređajem. Kreiranje ICC<sup>8</sup> profila se postiže sa i1Profiler 1,5,6, softverom. Takođe, izvršena su podešavanja kao što su: svetloća (bela tačka) podešena na 6,500 K (D65), luminance ( $140 \text{ cd/m}^2$ ) i kontrast (gamma) na 2,2. Softver koji se koristi za analiziranje slike je Adobe Photoshop. Parametri boje ( $L^*a^*b^*$ ) se dobijaju korišćenjem RAW slike uz pomoć specijalnog alata (engl. *average color sampler tool*) ( $31 \times 31$  piksel) koji odgovara veličini blende od 8 mm kod Minolta kolorimetra.



**Slika 12.** Kalibracija CVS-a  
(Tomašević i sar., 2021)

### 4.3. Senzorni testovi

Panel ocenjivača je bio sačinjen od četrnaest (za ocenjivanje mesa i proizvoda od mesa) i dvanaest (za ocenjivanje svinjskog i goveđeg mesa, mleka/proizvoda od mleka i jaja) eksperata čiji je zadatak bio da popune tri senzorna testa na osnovu njihove vizuelne procene.

Za odabir panelista korišćen je Ishihara test (The Colblinder online Ishihara 38 plate [www.colorblindness.com](http://www.colorblindness.com)) u cilju potencijalnog otkrivanja daltonizma. Ovaj test je izabran na osnovu činjenice da predstavlja validan skrining test za detekciju daltonizma (Staden i sar., 2018). Trening panelista je podrazumevao korišćenje Blendoku softvera ([blendoku.com](http://blendoku.com)). U cilju da se odredi i njihova

<sup>8</sup>ICC profil je datoteka koja opisuje ponašanje uređaja, na način da povezuje vrednosti boja koje daje uređaj (skup RGB ili CMYK vrednosti), sa vrednostima boja koje su nezavisne od uređaja (CIELAB vrednosti).

detekcija nijansi, odrađen je i IQ test boje (X-Rite, Prato, Italy) sa maksimalnim prolaznim rezultatom od 20, koji predstavlja skoro savršen vid. Za vreme svih testova, panelisti su držali distancu od približno 60 cm od kalibrisanog monitora, opremljenog sa posebnim zaštitnim elementom u cilju smanjenja odsjaja (Compushade Universal Monitor Hood, DulCO, USA).

Za prvi senzorni test (test A) ocenjivači su poredili boju digitalne fotografije prikazane na monitoru i boju uzorka koji se nalazi unutar drvene kutije (slika 13). Ocenjivači su imali zadatak da daju odgovor da li su boje slične ili ne. Ako su boje slične, trebali su da odrede nivo sličnosti boja prema petostepenoj skali, gde 1 predstavlja „veoma mali”, 2 - „mali”, 3 - „umeren”, 4 - „veliki”, 5 - „vrlo veliki” nivo sličnosti između dve boje.



**Slika 13.** Senzorni testovi  
(fotografija autora)

U drugom testu (test B) panelisti su imali zadatak da uporede boje dobijene pomoću dva uređaja (kolorimetar i CVS) sa bojom proizvoda prikazanom na monitoru, i da odrede koja od te dve boje je sličnija boji uzorka.

Treći test (test C) predstavlja test trougla, koji se sastoji od tri boje, gde je jedna boja različita. Dodatno, ocenjivači su imali zadatak da ocene stepen razlike prema petostepenoj skali gde je 1 – „veoma mali”, 2 - „mali”, 3 - „umeren”, 4 - „veliki”, 5 - „vrlo veliki” nivo razlike.

#### **4.4. Statistička obrada podataka**

Dobijeni rezultati pomoću testova sličnosti (prvi i drugi test) su analizirani pomoću  $\chi^2$  One sample testa kako bi se odredila statistička značajnost zasnovana na učestalosti svakog odgovora (očekuje se učestalost 50%). U cilju određivanja podataka u odnosu na nivo sličnosti (prvi test) i nivo razlike (drugi test) radila se jednofaktorska ANOVA. U cilju određivanja statistički značajne razlike između podataka koristili su se Tukey's post hoc testovi. Statistička analiza rezultata prikazanih kao srednja vrednost  $\pm$  standardna devijacija izvršena je korišćenjem softvera SPSS 17.0 (Chicago, Illinois, USA).

## 5. REZULTATI I DISKUSIJA

### 5.1. Meso

#### 5.1.1. Meso živine

##### 5.1.1.1. Svetlije meso pernate živine

Instrumentalna merenja boje za svetlije uzorke mesa živine (piletina i ćuretina) dobijena pomoću kolorimetra bila su slična prethodno objavljenim rezultatima za procenu boje piletine (Mitsumoto i sar., 2005; Babić i sar., 2009) i ćuretine (Nam i Ahn, 2002a; Feng i sar., 2017) koji su dobijeni pomoću drugih kolorimetara. Međutim, dobijene vrednosti boje za L\*, a\*, b\*, zasićenje (C\*) i ugao nijanse (h°) izmerene sa dva uređaja su se značajno razlikovale (tabela 25).

**Tabela 25.** Boja mesa pernate živine dobijena pomoću dve različite metode (srednja vrednost ± standardna devijacija)

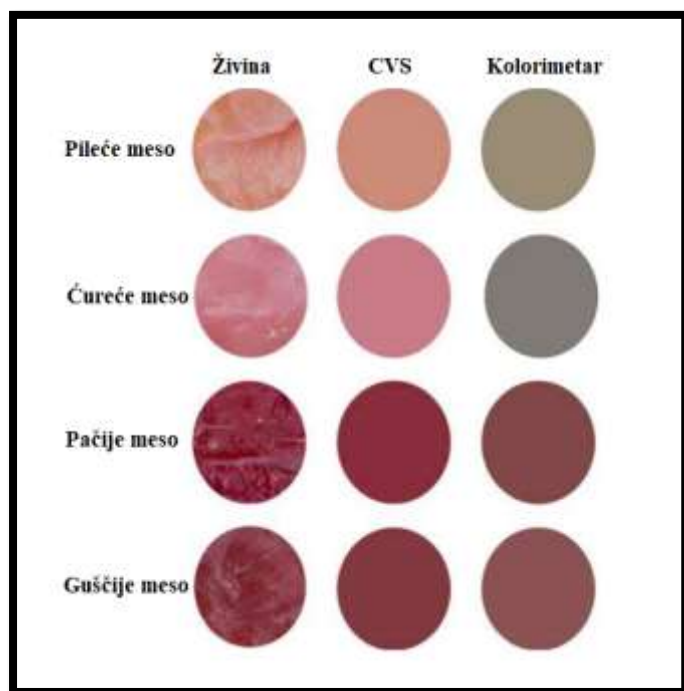
Parametar	CVS	Kolorimetar	P vrednost	CVS	Kolorimetar	P vrednost
	Pileće grudi			Ćureće grudi		
L*	64,71 ± 2,43	58,09 ± 1,35	***	62,29 ± 2,21	51,76 ± 1,80	***
a*	18,34 ± 2,44	2,23 ± 0,92	***	21,43 ± 1,72	2,63 ± 0,54	***
b*	14,14 ± 3,48	10,31 ± 2,32	*	6,29 ± 0,95	2,16 ± 0,81	***
C*	23,29 ± 3,86	37,12 ± 4,16	***	22,34 ± 1,88	3,43 ± 0,88	***
h°	37,12 ± 4,16	77,88 ± 4,08	***	16,29 ± 1,51	38,18 ± 7,43	***
ΔE*	18,50 ± 0,91		ΔE*	22,04 ± 0,79		
ΔL*	6,63 ± 3,68		ΔL*	10,52 ± 1,75		
ΔC*	12,72 ± 2,85		ΔC*	18,91 ± 1,56		
ΔH*	10,76 ± 1,89		ΔH*	3,39 ± 1,41		
	Pačije grudi			Gušćije grudi		
L*	36,43 ± 1,27	39,76 ± 1,40	**	36,29 ± 2,21	43,63 ± 3,18	***
a*	27,86 ± 0,69	17,74 ± 0,69	***	23,29 ± 0,76	15,88 ± 2,06	***
b*	9,00 ± 0,82	9,83 ± 1,13		9,14 ± 1,35	8,98 ± 3,41	
C*	29,28 ± 0,89	20,30 ± 0,88	***	25,05 ± 0,59	18,36 ± 3,26	**
h°	17,88 ± 1,17	28,95 ± 2,74	***	21,43 ± 3,27	28,40 ± 7,82	
ΔE*	10,92 ± 1,15		ΔE*	11,17 ± 4,99		
ΔL*	-3,33 ± 2,3		ΔL*	-7,34 ± 4,80		
ΔC*	8,98 ± 0,71		ΔC*	6,69 ± 3,46		
ΔH*	4,70 ± 1,36		ΔH*	3,57 ± 2,35		

Nivo statističke značajnosti: \*=P<0,05; \*\*=P<0,01; \*\*\*=P<0,001.

Veličinu razlike u boji između dve korišćene vrste uređaja najbolje predstavlja vrednost ukupne razlike u boji (ΔE). Jasan prag za otkrivanje razlika u boji mesa nije utvrđen, ali moguća vrednost bi mogla biti oko 2–6 (Larraín i sar., 2008). Vrednosti ΔE u opsegu 2–10 ukazuju na to da je razlika u boji vidljiva na prvi pogled, a kada su razlike veće od 10 može se zaključiti da su boje više različite nego slične (Brainard, 2003). Dakle, može se uočiti da su dva uređaja izmerila boju svetlijih uzoraka živine na značajno različit (tabela 25) i kontrastan način (slika 14).



Razlika u boji bila je još više uočljivija, jer nije bila usmerena samo u jednoj dimenziji; značajno različite vrednosti između metoda CVS i Minolta kolorimetra bile su zabeležene za sve tri dimenzije



**Slika 14.** Boja mesa živine (CVS i kolorimetar)

( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ). Pozitivne vrednosti  $\Delta L$  za pileće i ćureće meso ukazuju da je CVS-izmerena boja bila svetlija u odnosu na boju izmerenu pomoću kolorimetra (tabela 25). Sve  $a^*$  vrednosti dobijene pomoću CVS-a su bile veće u odnosu na  $a^*$  vrednosti dobijene pomoću kolorimetra, odnosno, CVS-izmerena boja je bila više „crvena“ (ili manje „zelena“) (slika 14). Sve  $b^*$  vrednosti izmerene sa kolorimetrom su bile značajno manje nego CVS-izmerene  $b^*$  vrednosti (tabela 25), što znači da su svetliji uzorci pernate živine (piletina i ćuretina) bili manje „plavi“ (više „žuti“) u poređenju sa bojama dobijenim Minolta kolorimetrom (slika 14). Pozitivna razlika u zasićenju ( $\Delta C$ ) pokazala je da je CVS-dobijena boja pilećeg i ćurećeg mesa bila zasićenija u odnosu na boje dobijene pomoću kolorimetra (tabela 25). Boje dobijene sa CVS metodom su bile više usmerene u crvenom pravcu (slika 14), pošto su sve vrednosti za ugao nijanse bile značajno veće kod kolorimetra (tabela 25).

### 5.1.1.2. Tamnije meso pernate živine

Rezultati boje za tamnije meso pernate živine (pačije i guščije grudi) dobijeni sa kolorimetrom bili su u skladu sa literaturnim podacima dobijenim za pačije i guščije meso korišćenjem drugih kolorimetara (Millar i sar., 2000; Ali i sar., 2007; Geldenhuys i sar., 2014; Qiao i sar., 2017). Kao i kod uzoraka svetlijeg živinskog mesa, CVS i kolorimetar merili su svoju boju na znatno drugačiji način (tabela 25). Međutim, ukupne razlike u boji ( $\Delta E$ ) između dve metode za pačije i guščije meso bile su polovine izračunatih vrednosti za pileće i ćureće meso. Ipak, sa prosečnim vrednostima  $\Delta E$  oko 11, ove razlike u boji su uočljivije na prvi pogled ili smatrane više suprotne nego slične. Razlog smanjenja ukupne razlike boje u poređenju sa rezultatima za svetliju živinu leži u činjenici da se rezultati boje za  $L^*a^*b^*$  vrednosti između dva uređaja značajno razlikuju. Sve  $b^*$  vrednosti izmerene sa kolorimetrom nisu se značajno razlikovale od vrednosti dobijenih sa CVS metodom (tabela 25). Negativne vrednosti  $\Delta L$  za pačije i guščije grudi ukazuju da je CVS-izmerena boja bila tamnija od boje dobijene pomoću kolorimetra (tabela 25). Isto je bilo i sa svetlijim uzorcima živine, odnosno sve  $a^*$  vrednosti su bile veće pri merenju sa CVS metodom u odnosu na kolorimetar, što znači da je CVS-dobijena boja bila više „crvena“ (ili manje „zelena“) (slika 14).

### 5.1.2. Meso divljači

#### 5.1.2.1. Tamnije meso divljači

Instrumentalna merenja boje mesa tamnije divljači (meso divlje svinje i meso jelena) dobijena pomoću Minolta kolorimetra bila su u skladu sa prethodno objavljenim rezultatima kada je u pitanju

meso divlje svinje (Borilova i sar., 2016) i meso jelena (Kudrnáčová i sar., 2018), dobijenim sa drugim kolorimetrima. Meso divljači je tamnije crvene boje u odnosu na meso domaćih životinja (Daszkiewicz i sar., 2011) i karakteriše se  $L^*$  vrednostima manjim od 40, većim  $a^*$  i  $b^*$  vrednostima boje koji doprinose tamnocrvenoj boji mesa (Volpelli i sar., 2002). Međutim,  $L^*a^*b^*$  vrednosti dobijene u ovom eksperimentu pomoću dva metoda za merenje boje su značajno različite (tabela 26). Negativne vrednosti  $\Delta L$  za meso divlje svinje i meso jelena pokazuju da je CVS-dobijena boja tamnija u odnosu na boju izmerenu sa kolorimetrom. Sve  $a^*$  vrednosti očitane sa CVS metodom bile su veće u poređenju sa kolorimetrom, odnosno, daju crveniji izgled tog mesa (manje „zelena“ boja) (slika 15). Statistički značajne razlike između korišćenih metoda nisu uočene za  $b^*$  vrednost i vrednost ugla nijanse. Evidentno je da razlike u boji mesa i stabilnosti boje između vrsta mogu u velikoj meri biti uzrokovane razlikama u njihovoj aktivnosti, koja utiče na tip mišićnog vlakna, koncentraciju Mb i sadržaj potkožne masti mesa, koje opet utiču na boju mišića. Pozitivna razlika u zasićenju ( $\Delta C$ ) značila je da je CVS-izmerena boja mesa divlje svinje i jelena imala veći intenzitet (uzorci su više zasićeni) od boja izmerenih pomoću kolorimetra (tabela 26).

**Tabela 26.** Boja mesa divljači dobijena pomoću dve različite metode (srednja vrednost  $\pm$  standardna devijacija)

Parametar	CVS	Minolta	P vrednost	CVS	Minolta	P vrednost
	Prepelica			Divlja svinja		
$L^*$	56,43 $\pm$ 1,99	50,75 $\pm$ 1,66	***	30,43 $\pm$ 4,31	38,31 $\pm$ 3,08	**
$a^*$	20,43 $\pm$ 0,98	6,10 $\pm$ 1,30	***	27,00 $\pm$ 2,24	16,76 $\pm$ 2,90	***
$b^*$	9,29 $\pm$ 2,63	9,41 $\pm$ 1,67		7,14 $\pm$ 1,77	6,57 $\pm$ 3,00	
$C^*$	22,57 $\pm$ 1,02	11,27 $\pm$ 1,69	***	27,97 $\pm$ 2,39	18,12 $\pm$ 3,51	***
$h^\circ$	24,34 $\pm$ 6,66	56,82 $\pm$ 6,55	***	14,77 $\pm$ 3,12	20,68 $\pm$ 7,67	
$\Delta E^*$	15,98 $\pm$ 1,26		$\Delta E^*$	13,92 $\pm$ 3,48		
$\Delta L^*$	5,68 $\pm$ 2,62		$\Delta L^*$	-7,88 $\pm$ 5,42		
$\Delta C^*$	11,30 $\pm$ 2,34		$\Delta C^*$	9,84 $\pm$ 2,67		
$\Delta H^*$	8,86 $\pm$ 3,01		$\Delta H^*$	3,33 $\pm$ 1,79		
	Zec			Jelen		
$L^*$	57,43 $\pm$ 5,19	53,95 $\pm$ 1,51	*	27,14 $\pm$ 4,95	34,52 $\pm$ 0,50	*
$a^*$	19,86 $\pm$ 3,85	2,70 $\pm$ 0,75	***	23,71 $\pm$ 1,70	17,06 $\pm$ 0,92	***
$b^*$	-1,71 $\pm$ 4,96	-0,40 $\pm$ 2,94		6,29 $\pm$ 2,50	8,34 $\pm$ 0,60	
$C^*$	20,57 $\pm$ 3,03	3,72 $\pm$ 1,31	***	24,61 $\pm$ 2,23	18,99 $\pm$ 1,05	***
$h^\circ$	-6,6 $\pm$ 16,62	-4,99 $\pm$ 43,72	***	14,50 $\pm$ 4,79	26,04 $\pm$ 1,02	***
$\Delta E^*$	19,01 $\pm$ 1,85		$\Delta E^*$	10,82 $\pm$ 4,14		
$\Delta L^*$	2,48 $\pm$ 5,64		$\Delta L^*$	-7,38 $\pm$ 5,14		
$\Delta C^*$	16,85 $\pm$ 2,83		$\Delta C^*$	5,62 $\pm$ 1,86		
$\Delta H^*$	5,73 $\pm$ 3,66		$\Delta H^*$	4,25 $\pm$ 1,55		
	Fazan					
$L^*$	59,71 $\pm$ 3,64	55,70 $\pm$ 3,36				
$a^*$	21,71 $\pm$ 2,21	8,83 $\pm$ 1,08				
$b^*$	17,71 $\pm$ 2,50	15,62 $\pm$ 1,47				
$C^*$	28,11 $\pm$ 2,36	17,98 $\pm$ 1,33				
$h^\circ$	39,17 $\pm$ 4,71	60,45 $\pm$ 3,95				
$\Delta E^*$	9,67 $\pm$ 1,34					
$\Delta L^*$	7,65 $\pm$ 1,43					
$\Delta C^*$	-3,21 $\pm$ 1,13					
$\Delta H^*$	4,81 $\pm$ 0,51					

Nivo statističke značajnosti: \*= $P < 0,05$ ; \*\*= $P < 0,01$ ; \*\*\*= $P < 0,001$ .

### 5.1.2.2. Svetlije meso divljači

Očigledno je da se razlike u boji mesa i postojanosti boje između vrsta u velikoj meri mogu pripisati razlikama u njihovoj aktivnosti, koja utiču na tip mišićnih vlakana, koncentraciju Mb i unutar mišića sadržaj masti u mesu, što zauzvrat utiče na boju mišića. Zbog toga nije svo meso divljači tamnije boje od mesa domaćih životinja (Vargas-Sánchez i sar., 2018). Parametri boje ( $L^*a^*b^*$ , zasićenje, ugao nijanse) dobijeni sa CVS metodom za svetlije meso divljači (prepeličije, zečije i meso fazana) su statistički različiti od vrednosti parametara boje dobijenih pomoću kolorimetra (tabela 26).

Pozitivne vrednosti  $\Delta L$  pokazuju da je boja dobijena sa CVS metodologijom svetlija u odnosu na boju dobijenu pomoću Minolte. Sve  $a^*$  vrednosti su veće kod CVS-a u odnosu na Minolta kolorimetar, pokazujući da je CVS-očitana boja više „crvena“ (manje „zelena“) u odnosu na boju dobijenu sa kolorimetrom (slika 15). Pozitivna razlika u zasićenju ( $\Delta C$ ) pokazuje da je boja kod CVS metoda za prepeličije meso i meso zeca intenzivnija (zasićenija) u odnosu na boje dobijene kolorimetrom. CVS-dobijene boje su bile u suprotnom smeru kazaljke na satu od boja dobijenih sa kolorimetrom, što pokazuje veći pomak ka crvenom smeru (slika 15). Vrednosti za  $\Delta E$  su se kretale u opsegu 9,67–19,01, pokazujući da se boja svetlije divljači dobijena pomoću ova dva metoda značajno razlikuje, pogotovo kada je reč o zečijem mesu.



Slika 15. Boja mesa divljači (CVS i kolorimetar)

### 5.1.3. Svinjsko i goveđe meso

Kada je reč o svinjskom mesu, rezultati boje mereni pomoću CVS-a i kolorimetra bili su značajno različiti, osim za  $b^*$  vrednost (tabela 27). Veće  $L^*$  vrednosti, manje  $a^*$  i relativno veće  $b^*$  vrednosti boje su izmerene sa kolorimetrom u poređenju sa vrednostima boje izmerenim pomoću CVS metode. Ukupna promena boje za delove mesa i masti bila je 16,71 i 10,83, respektivno. Delovi mesa i masti su bili tamnije boje kod CVS metodologije u odnosu na kolorimetar (slika 16). CVS-dobijene boje za svinjsko meso su više zasićene (pozitivne  $\Delta C$  vrednosti) u poređenju sa Minoltom. Sve vrednosti za ugao nijanse su bile značajno veće kada su izmerene sa kolorimetrom, dok CVS-očitane boje za meso i delove masti su više bile u crvenoj oblasti. Moguće razlike između dva uređaja mogu biti: gruba površina, tekstura mesa, količina sjaja na površini, kao i geometrija mernog instrumenta. U slučaju svežeg svinjskog mesa, mesa koje se sastoji od segmenata mesa i masti, sjajnost površine može dovesti do spektralne refleksije. Dodatno, merenje boje pomoću kolorimetra zavisi od svojstava apsorpcije i rasejanja. U ovom eksperimentu, korišćen izvor svetlosti je bio isti kod oba instrumenta sa temperaturom od 6,500 K, ali interakcija sa svetlošću je bila očigledno zavisna od uređaja. Dobijeni rezultati su pokazali da kolorimetar nije pogodan za merenje boje mesa zbog činjenice da je meso proziran i optički nehomogen medijum. Ovo rezultuje varijacijama u merenju boje mesa, odnosno, uzrokuje difuziju svetlosti čineći kolorimetar manje preciznim. Rezultati ovog oglada su pokazali da je CVS pokazao realnije boje nego kolorimetar. Dobijeni rezultati su u saglasnosti sa istraživanjem sprovedenim od strane Girolami i sar. (2013) koji su potvrdili da je CVS precizniji i približniji realnim

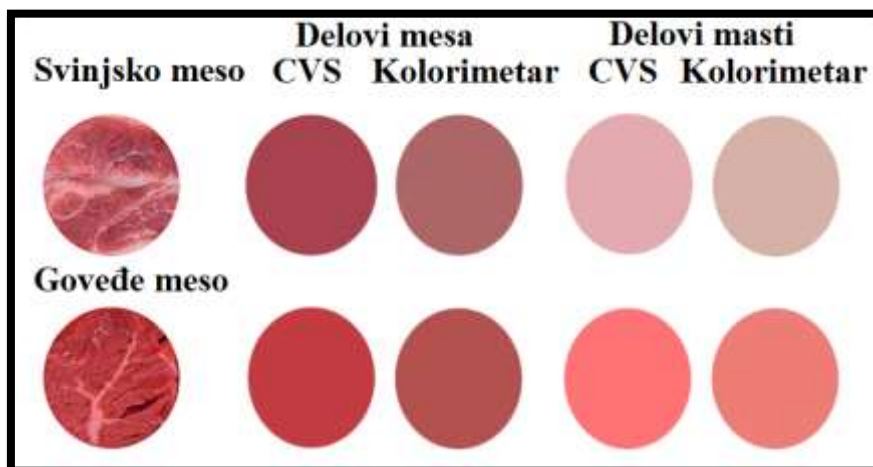
vrednostima boje. Slični rezultati su zabeleženi od strane Yagiz i sar. (2009) da refleksna svojstva svežeg mesa mogu da utiču na merenja kolorimetra, kao i da difuzno osvetljenje uzorka može biti način prevazilaženja ovog problema. Pored toga, O'Sullivan i sar. (2003) su takođe zaključili da je CVS reprezentativniji u poređenju sa kolorimetrom, kada je merena boja svinjskog mesa.

**Tabela 27.** Boja svinjskog i goveđeg mesa dobijena pomoću dve različite metode (srednja vrednost  $\pm$  standardna devijacija)

Parametar	CVS	Kolorimetar	P vrednost	CVS	Kolorimetar	P vrednost
	Svinjsko meso (delovi mesa)			Svinjsko meso (delovi masti)		
L*	39,29 $\pm$ 2,29	49,83 $\pm$ 2,79	***	73,29 $\pm$ 4,54	73,86 $\pm$ 2,19	
a*	33,14 $\pm$ 1,57	20,40 $\pm$ 2,39	***	15,00 $\pm$ 4,12	7,89 $\pm$ 1,64	**
b*	10,86 $\pm$ 1,35	11,34 $\pm$ 1,34		5,14 $\pm$ 3,13	9,64 $\pm$ 2,04	*
C*	34,90 $\pm$ 1,41	23,37 $\pm$ 2,44	***	15,94 $\pm$ 4,87	12,50 $\pm$ 2,37	
h°	18,17 $\pm$ 2,53	29,15 $\pm$ 3,04	***	17,32 $\pm$ 6,91	50,63 $\pm$ 5,22	***
$\Delta E^*$	16,71 $\pm$ 3,10		$\Delta E^*$	10,83 $\pm$ 2,76		
$\Delta L^*$	-10,28 $\pm$ 4,03		$\Delta L^*$	-0,57 $\pm$ 5,07		
$\Delta C^*$	11,53 $\pm$ 1,26		$\Delta C^*$	3,44 $\pm$ 5,47		
$\Delta H^*$	5,47 $\pm$ 2,04		$\Delta H^*$	7,85 $\pm$ 1,68		
	Goveđe meso (delovi mesa)			Goveđe meso (delovi masti)		
L*	39,29 $\pm$ 2,56	44,06 $\pm$ 2,10	*	60,20 $\pm$ 2,17	59,64 $\pm$ 3,36	
a*	42,57 $\pm$ 1,40	29,38 $\pm$ 2,82	***	42,20 $\pm$ 1,10	30,37 $\pm$ 2,65	***
b*	19,57 $\pm$ 1,72	16,61 $\pm$ 2,32	*	19,20 $\pm$ 1,92	17,32 $\pm$ 2,35	
C*	46,87 $\pm$ 1,90	33,76 $\pm$ 3,58	***	46,38 $\pm$ 1,77	34,97 $\pm$ 3,45	**
h°	24,65 $\pm$ 1,41	29,38 $\pm$ 1,21	***	24,42 $\pm$ 1,64	29,59 $\pm$ 1,39	**
$\Delta E^*$	15,08 $\pm$ 3,94		$\Delta E^*$	12,97 $\pm$ 2,42		
$\Delta L^*$	-4,77 $\pm$ 4,55		$\Delta L^*$	0,56 $\pm$ 4,85		
$\Delta C^*$	13,11 $\pm$ 4,31		$\Delta C^*$	11,41 $\pm$ 3,31		
$\Delta H^*$	3,29 $\pm$ 1,35		$\Delta H^*$	3,64 $\pm$ 1,48		

Nivo statističke značajnosti: \*= $P < 0,05$ ; \*\*= $P < 0,01$ ; \*\*\*= $P < 0,001$ .

Što se tiče goveđeg mesa, rezultati boje dobijeni pomoću dve metode za merenje boje su pokazali statistički značajne razlike. Vrednosti boje L\*a\*b\*, zasićenja i ugla nijanse ove dve metode prikazane su u tabeli 27. Svetloća goveđeg mesa izmerena sa kolorimetrom je uvek bila veća nego svetloća izmerena sa CVS metodom. Suprotno tome, parametri boje poput a\*, b\* i zasićenja za CVS su bili uvek veći u poređenju sa parametrima za Minoltu. Vrednosti za ugao nijanse su bile veće kod kolorimetra, dajući netipičan izgled goveđeg mesa (slika 16). Ukupna promena u boji ( $\Delta E$ ) bila je 15,08, ukazujući da su boje dobijene pomoću dve metode različite. Boja dobijena pomoću kolorimetra nije dala stvaran izgled boje, i to može biti posledica prodiranja svetlosti u uzorak. U goveđim uzorcima, Girolami i sar. (2013) su procenili da svetlost kolorimetra prodire u uzorak oko 15-20 mm, i oko 5 mm kada je u pitanju CVS. Takođe, Trinderup i sar. (2015) su došli do sličnog zaključka da svetlo kolorimetra prolazi otprilike oko 20 mm u slučaju kolorimetra, i nekoliko mm kada je u pitanju CVS.



**Slika 16.** Boja goveđeg i svinjskog mesa (CVS i kolorimetar)

#### 5.1.4. Proizvodi od mesa

##### 5.1.4.1. Homogeno obojeni proizvodi od mesa

Parametri boje homogenih proizvoda od mesa su bili statistički značajni (tabela 28). Veličina razlike u boji između dve korišćene metode najbolje je predstavljena ukupnom vrednošću razlike u boji. Ove vrednosti su se kretale od 6,66 za Safaladu do 25,98 za svinjsku pršutu. Za većinu proizvoda od mesa sa homogenim površinama  $\Delta E$  je bio oko 10 (tabela 28). Jasan prag za otkrivanje razlike u boji mesa nije ustanovljen, ali moguća vrednost bi mogla biti oko 2–6 (Larraín i sar., 2008). Vrednosti  $\Delta E$  u rasponu od 2-10 ukazuju na to da je razlika u boji vidljiva na prvi pogled, a kada su veće od 10, može se zaključiti da su boje više suprotne nego slične (Brainard, 2003). Prema Ramirez-Navas i Rodriguez de Stouvenel (2012), sve razlike u boji sa  $\Delta E$  vrednostima većim od 6 su znatne. Stoga, čak iako je boja proizvoda od mesa bila jednolična, dva sistema su je merila značajno drugačije. Razlika u bojama bila je još primetnija jer nije koncentrisana u samo jednoj dimenziji; umesto toga značajno različite vrednosti između uređaja CVS i kolorimetra su zabeležene za sve 3 dimenzije ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ).

Pozitivne  $\Delta L$  vrednosti za jednobojne (homogene) proizvode od mesa ukazuju na to da je boja merena CVS-om bila svetlija od boje dobijene kolorimetrom (tabela 28). Sve  $a^*$  vrednosti su bile veće kod CVS merenja u poređenju sa kolorimetrom, odnosno, boja dobijena CVS-om bila je više „crvena“ (slika 17). Izuzev svinjske pršute i sveže kobasice, svi  $b^*$  rezultati mereni kolorimetrom bili su značajno veći od CVS-dobijenih vrednosti (tabela 28), što znači da su CVS-dobijene boje za homogene proizvode od mesa bile više „plave“ (ili manje „žute“) u poređenju sa bojama dobijenim pomoću kolorimetra (slika 17). Pozitivna razlika u zasićenju ( $\Delta C$ ) značila je da su CVS-dobijene boje stišnjene šunke, svinjske, goveđe pršute i sveže kobasice, imale veći intenzitet ili su bile zasićenije od boja koje generiše kolorimetar (tabela 28). Suprotno je primećeno kod goveđe, pileće i jetrene paštete, stišnjene šunke, viršle i Safalade (tabela 28). CVS-proizvedene boje bile su u smeru pravca kazaljki na satu u odnosu na boje dobijene pomoću kolorimetra, predstavljajući pomeranje ka crvenom smeru (slika 17), jer su sve vrednosti ugla Hue (nijanse) bile značajno veće kada se meri kod kolorimetra u poređenju sa CVS merenjem (tabela 28). Dobijeni rezultati su u saglasnosti sa zaključcima Valous i sar. (2009) da je CVS alat koji objektivno može odrediti boju kuvanih šunki.

**Tabela 28.** Boja za homogene proizvode od mesa dobijena pomoću dve različite metode (srednja vrednost ± standardna devijacija)

Parametar	CVS	Kolorimetar	P vrednost	CVS	Kolorimetar	P vrednost
Goveđa pašteta			Pileća pašteta			
L*	73,57 ± 0,79	65,92 ± 1,42	***	76,86 ± 0,69	70,83 ± 1,22	**
a*	11,00 ± 0,58	9,03 ± 0,21	***	9,57 ± 0,53	8,17 ± 0,44	***
b*	11,14 ± 1,07	16,58 ± 0,29	***	16,43 ± 0,53	23,87 ± 0,45	***
C*	15,66 ± 1,11	18,87 ± 0,32	***	19,02 ± 0,57	25,23 ± 0,53	***
h°	45,28 ± 1,87	61,43 ± 0,51	***	59,78 ± 1,49	71,11 ± 0,76	***
ΔE*	9,67 ± 1,34		ΔE*	9,76 ± 1,10		
ΔL*	7,65 ± 1,43		ΔL*	6,03 ± 1,51		
ΔC*	-3,21 ± 1,13		ΔC*	-6,21 ± 0,68		
ΔH*	4,81 ± 0,51		ΔH*	4,32 ± 0,65		
Jetrena pašteta			Viršla			
L*	73,57 ± 0,53	67,34 ± 0,34	***	71,57 ± 0,79	67,18 ± 0,67	***
a*	11,00 ± 0,01	8,79 ± 0,16	***	20,86 ± 0,69	18,28 ± 0,21	***
b*	12,71 ± 0,49	17,76 ± 0,29	***	8,57 ± 0,53	13,98 ± 0,21	***
C*	16,81 ± 0,37	19,82 ± 0,29	***	22,6 ± 0,80	23,02 ± 0,27	***
h°	49,11 ± 1,11	63,68 ± 0,46	***	22,33 ± 0,91	37,40 ± 0,28	***
ΔE*	8,34 ± 0,62		ΔE*	7,52 ± 0,76		
ΔL*	6,24 ± 0,52		ΔL*	4,39 ± 1,26		
ΔC*	-3,00 ± 0,52		ΔC*	-0,46 ± 0,75		
ΔH*	4,63 ± 0,34		ΔH*	5,97 ± 0,31		
Safalada			Stišnjena šunka			
L*	72,57 ± 0,53	69,43 ± 0,44	***	70,86 ± 3,13	65,45 ± 1,61	**
a*	17,86 ± 0,38	15,80 ± 0,12	***	16,14 ± 2,73	8,47 ± 1,27	***
b*	10,29 ± 3,90	14,33 ± 0,15	*	5,00 ± 0,82	7,80 ± 0,37	***
C*	20,80 ± 2,43	21,33 ± 0,17		16,91 ± 2,77	11,54 ± 0,98	**
h°	29,21 ± 7,80	42,21 ± 0,24	**	17,36 ± 2,57	42,87 ± 4,30	***
ΔE*	6,66 ± 0,40			10,69 ± 1,35		
ΔL*	3,22 ± 0,75			5,41 ± 3,88		
ΔC*	-0,53 ± 2,44			5,37 ± 2,67		
ΔH*	5,10 ± 1,60			6,14 ± 1,16		
Dimljeni svinjski kare			Svinjska pršuta			
L*	78,29 ± 1,70	71,70 ± 1,08	***	54,57 ± 1,27	45,71 ± 1,85	***
a*	9,71 ± 0,95	7,43 ± 1,74	*	34,29 ± 1,11	12,69 ± 0,84	***
b*	3,29 ± 0,95	8,41 ± 0,82	***	23,14 ± 2,04	12,30 ± 0,66	***
C*	10,27 ± 1,18	11,24 ± 1,77		41,41 ± 1,04	17,68 ± 0,78	***
h°	18,42 ± 3,57	48,99 ± 3,65	***	33,99 ± 2,85	44,13 ± 2,39	***
ΔE*	9,07 ± 1,73			25,98 ± 0,93		
ΔL*	6,58 ± 2,13			8,86 ± 2,79		
ΔC*	-0,97 ± 2,47			23,73 ± 1,33		
ΔH*	5,58 ± 0,66			4,74 ± 1,99		
Goveđa pršuta			Sveža kobasica			
L*	20,71 ± 2,36	30,48 ± 2,99	***	54,71 ± 1,98	53,54 ± 0,63	
a*	14,86 ± 3,76	11,89 ± 1,93		43,43 ± 2,70	30,35 ± 1,62	***
b*	3,86 ± 3,18	6,39 ± 1,94		45,57 ± 3,95	39,19 ± 0,97	**
C*	15,53 ± 4,21	13,58 ± 2,21		62,97 ± 4,52	49,57 ± 1,64	***
h°	12,70 ± 10,56	27,95 ± 6,88	**	46,33 ± 1,42	52,27 ± 1,09	***
ΔE*	10,99 ± 3,09			15,04 ± 4,16		
ΔL*	-9,77 ± 3,34			1,17 ± 1,89		
ΔC*	1,95 ± 2,80			13,40 ± 5,06		
ΔH*	3,56 ± 0,98			5,74 ± 1,57		

Nivo statističke značajnosti: \* = P < 0,05; \*\* = P < 0,01; \*\*\* = P < 0,001.



**Slika 17.** Boja homogeno obojenih proizvoda od mesa (CVS i kolorimetar)

#### 5.1.4.2. Dvobojni proizvodi od mesa

Rezultati dvobojnih proizvoda od mesa dobijenih pomoću dve metode (CVS i kolorimetar) dati su u tabeli 29. Dvobojni proizvodi od mesa poput mortadele, šunke, suvog svinjskog vrata ili pancete se sastoje od mesnih i masnih segmenata koji su veći od otvora blende Minolte (8 mm), koji je korišćen u eksperimentu, omogućavajući kolorimetru da samostalno meri njihovu boju. Ukupna razlika u boji segmenata mesa između dve metode bila je u opsegu od 7,31 do 14,85, a za masne delove u rasponu od 7,70 do 12,92 (tabela 29). Segmenti mesa su procenjeni tamnijim, a segmenti masti svetlijim bojama kada se mere sa CVS uređajem u poređenju sa bojama dobijenim pomoću kolorimetra (slika 18).

CVS-dobijeni segmenti mesa su bili intenzivniji, odnosno, zasićeniji (pozitivne vrednosti  $\Delta C$ ), dok je segment masti dobijen pomoću CVS metode bio manje zasićen (negativne vrednosti  $\Delta C$ ) u poređenju sa bojama izmerenim pomoću kolorimetra (tabela 29). Kao i kod proizvoda od

mesa sa homogenom površinom, sve vrednosti za ugao nijanse (delovi mesa i delovi masti) bile su znatno veće kada se mere sa kolorimetrom, ali je veličina razlike bila još veća za dvobojne proizvode od mesa. CVS-proizvedene boje za mast i meso bile su u smeru kazaljke na satu (tabela 29), što predstavlja još jedan pomak ka crvenom pravcu.

Pretpostavlja se da jedan parametar utiče na razliku merenja boje između dva uređaja – dubina prodiranja izvora svetlosti. U ovom eksperimentu izvor svetlosti za oba uređaja imao je iste temperature boje (6,500 K), ali njihova interakcija sa uzorcima ovih proizvoda od mesa je bila očigledno zavisna od uređaja. Ovi rezultati su u saglasnosti sa rezultatima dobijenim od strane Girolami i sar., (2013). Razlog je proziran i optički nehomogen matriks proizvoda od mesa zbog prisustva različitih sastojaka rasutih unutar njega. Kolorimetar se postavlja na površinu uzorka i prodiranje svetlosti kroz matriks proizvoda od mesa mora biti veće nego za CVS. Ovo stoga uzrokuje višestruke refleksije i refrakcije tamo gde su optički diskontinuiteti prisutni, što dovodi do difuzije svetlosti (rasejavanja) izvora osvetljenja (Oleari, 1998) čineći merenja kolorimetra manje tačnim.

**Tabela 29.** Boja za dvobojne proizvode od mesa dobijena pomoću dve različite metode (srednja vrednost ± standardna devijacija)

Parametar	CVS	Kolorimetar	P vrednost	CVS	Kolorimetar	P vrednost
Mortadela (delovi mesa)			Mortadela (delovi masti)			
L*	70,71 ± 0,95	65,57 ± 1,91	***	82,14 ± 1,57	78,19 ± 2,06	***
a*	17,43 ± 0,53	14,33 ± 0,33	***	7,29 ± 0,49	5,96 ± 1,08	***
b*	9,00 ± 0,01	12,89 ± 0,48	***	1,71 ± 0,76	7,96 ± 0,51	***
C*	19,62 ± 0,48	19,28 ± 0,45	***	7,51 ± 0,62	9,96 ± 0,94	***
h°	27,33 ± 0,71	41,95 ± 1,09	***	12,98 ± 4,94	53,46 ± 4,25	***
ΔE*	7,31 ± 1,44		ΔE*	8,19 ± 1,79		
ΔL*	5,15 ± 2,04		ΔL*	3,95 ± 3,54		
ΔC*	0,34 ± 0,55		ΔC*	-2,45 ± 1,39		
ΔH*	4,95 ± 0,53		ΔH*	5,94 ± 0,77		
Hamburška slanina (delovi mesa)			Hamburška slanina (delovi masti)			
L*	60,14 ± 5,18	64,94 ± 8,23	*	81,29 ± 0,49	76,92 ± 0,48	***
a*	22,29 ± 1,98	12,18 ± 3,36	***	7,71 ± 0,76	6,61 ± 0,47	*
b*	7,57 ± 0,53	9,13 ± 0,31	***	2,57 ± 0,53	8,35 ± 0,39	***
C*	23,54 ± 2,00	15,35 ± 2,63	***	8,14 ± 0,81	10,65 ± 0,58	***
h°	18,81 ± 1,02	38,03 ± 8,22	***	18,38 ± 3,25	51,68 ± 0,88	***
ΔE*	12,68 ± 5,98		ΔE*	7,38 ± 0,60		
ΔL*	-4,79 ± 7,99		ΔL*	4,36 ± 0,33		
ΔC*	8,19 ± 2,72		ΔC*	-2,51 ± 1,01		
ΔH*	6,11 ± 1,85		ΔH*	5,32 ± 0,51		
Suvi svinjski vrat (delovi mesa)			Suvi svinjski vrat (delovi masti)			
L*	35,71 ± 1,98	38,34 ± 1,87	*	73,00 ± 2,16	72,96 ± 0,82	
a*	30,14 ± 0,90	17,39 ± 1,20	***	8,57 ± 1,27	4,85 ± 0,21	***
b*	13,29 ± 1,11	10,00 ± 0,73	***	4,71 ± 0,95	16,83 ± 0,25	***
C*	32,96 ± 0,86	20,08 ± 1,12	***	9,82 ± 1,31	17,52 ± 0,23	***
h°	23,79 ± 1,98	29,94 ± 2,46	***	28,90 ± 5,38	73,92 ± 0,74	***
ΔE*	13,56 ± 0,95			12,92 ± 0,95		
ΔL*	-2,62 ± 1,35			0,04 ± 2,33		
ΔC*	12,88 ± 0,37			-7,7 ± 1,45		
ΔH*	2,75 ± 0,56			10,02 ± 1,35		
Panceta			Panceta			
L*	29,14 ± 3,89	35,92 ± 2,30	**	79,86 ± 1,57	74,15 ± 1,09	***
a*	22,57 ± 5,19	11,87 ± 3,45	**	7,29 ± 1,25	2,95 ± 1,87	***
b*	5,71 ± 3,04	5,58 ± 1,72		1,71 ± 1,25	5,73 ± 0,80	***
C*	23,35 ± 5,71	13,11 ± 3,85	**	7,58 ± 1,18	6,71 ± 0,49	
h°	13,46 ± 4,74	25,00 ± 0,91	**	13,57 ± 10,11	56,12 ± 1,19	***
ΔE*	14,85 ± 3,16			7,70 ± 0,97		
ΔL*	-6,77 ± 5,58			5,31 ± 0,58		
ΔC*	10,24 ± 6,67			1,02 ± 0,51		
ΔH*	3,44 ± 1,50			5,08 ± 2,90		

Nivo statističke značajnosti: \* = P < 0,05; \*\* = P < 0,01; \*\*\* = P < 0,001.

### 5.1.4.3. Heterogeno obojeni proizvodi od mesa

Heterogen proizvod od mesa je svaki proizvod koji sadrži delove mesa i masti koji su premali (manji od 8 mm) za kolorimetar da bi nezavisno procenio njihovu boju. Međutim, kada je merena boja svinjske, goveđe fermentisane kobasice i hamburgera, L\*a\*b\* parametri boje mereni sa kolorimetrom su bili isti za delove mesa i masti (tabela 30).



**Tabela 30.** Boja heterogenih proizvoda od mesa dobijena pomoću dve različite metode (srednja vrednost  $\pm$  standardna devijacija)

Parametar	CVS	Kolorimetar	P vrednost	CVS	Kolorimetar	P vrednost
	Delovi mesa			Delovi masti		
<b>Goveđa kobasica</b>						
L*	33,14 $\pm$ 0,90	48,04 $\pm$ 2,07	***	64,43 $\pm$ 4,16	48,04 $\pm$ 2,07	***
a*	35,57 $\pm$ 1,72	21,86 $\pm$ 2,80	***	16,57 $\pm$ 2,23	21,86 $\pm$ 2,80	**
b*	11,86 $\pm$ 1,95	12,45 $\pm$ 1,29		5,14 $\pm$ 5,30	12,45 $\pm$ 1,29	**
C*	37,52 $\pm$ 2,22	25,17 $\pm$ 2,94	***	17,86 $\pm$ 3,47	25,17 $\pm$ 2,94	**
h°	18,35 $\pm$ 2,01	29,75 $\pm$ 2,14	***	15,23 $\pm$ 14,23	29,75 $\pm$ 2,14	*
$\Delta E^*$	20,29 $\pm$ 3,03		$\Delta E^*$	19,48 $\pm$ 7,05		
$\Delta L^*$	-14,90 $\pm$ 2,38		$\Delta L^*$	16,39 $\pm$ 5,21		
$\Delta C^*$	12,34 $\pm$ 1,53		$\Delta C^*$	-7,31 $\pm$ 6,09		
$\Delta H^*$	6,01 $\pm$ 1,60		$\Delta H^*$	6,33 $\pm$ 2,37		
<b>Delikates salama</b>						
L*	34,71 $\pm$ 2,14	41,86 $\pm$ 5,72	**	75,00 $\pm$ 2,08	41,86 $\pm$ 5,72	****
a*	34,86 $\pm$ 2,54	19,95 $\pm$ 2,82	***	8,71 $\pm$ 1,38	19,95 $\pm$ 2,82	***
b*	11,43 $\pm$ 2,82	8,74 $\pm$ 1,37	*	-1,14 $\pm$ 1,57	8,74 $\pm$ 1,37	***
C*	36,73 $\pm$ 3,20	21,09 $\pm$ 3,21	***	8,92 $\pm$ 1,30	21,09 $\pm$ 3,21	***
h°	17,94 $\pm$ 3,25	23,75 $\pm$ 1,90	**	-7,14 $\pm$ 11,35	23,75 $\pm$ 1,90	***
$\Delta E^*$	18,91 $\pm$ 5,11		$\Delta E^*$	35,28 $\pm$ 7,47		
$\Delta L^*$	-8,13 $\pm$ 7,86		$\Delta L^*$	32,16 $\pm$ 6,80		
$\Delta C^*$	15,65 $\pm$ 2,70		$\Delta C^*$	-12,17 $\pm$ 3,58		
$\Delta H^*$	2,70 $\pm$ 1,80		$\Delta H^*$	7,32 $\pm$ 2,62		
<b>Svinjsko mleveno meso</b>						
L*	41,14 $\pm$ 1,95	47,63 $\pm$ 4,67	*	75,29 $\pm$ 3,68	47,63 $\pm$ 4,67	***
a*	30,86 $\pm$ 2,19	15,10 $\pm$ 2,39	***	8,71 $\pm$ 1,25	15,10 $\pm$ 2,39	***
b*	10,86 $\pm$ 1,46	9,93 $\pm$ 1,64		2,86 $\pm$ 1,86	9,93 $\pm$ 1,64	**
C*	32,72 $\pm$ 2,53	17,70 $\pm$ 3,03	***	9,31 $\pm$ 1,45	17,70 $\pm$ 3,03	***
h°	19,32 $\pm$ 1,30	33,22 $\pm$ 4,66	***	17,37 $\pm$ 10,84	33,22 $\pm$ 4,66	**
$\Delta E^*$	17,86 $\pm$ 6,13			29,38 $\pm$ 7,97		
$\Delta L^*$	-6,46 $\pm$ 5,12			27,68 $\pm$ 7,81		
$\Delta C^*$	15,02 $\pm$ 5,40			-8,39 $\pm$ 3,55		
$\Delta H^*$	5,79 $\pm$ 1,89			3,67 $\pm$ 2,25		
<b>Goveđe mleveno meso</b>						
L*	32,00 $\pm$ 3,27	41,72 $\pm$ 3,49	***	70,57 $\pm$ 3,21	41,72 $\pm$ 3,49	***
a*	29,71 $\pm$ 1,80	19,77 $\pm$ 1,63	***	14,14 $\pm$ 3,02	19,77 $\pm$ 1,63	***
b*	10,29 $\pm$ 2,43	11,73 $\pm$ 1,02		7,57 $\pm$ 0,98	11,73 $\pm$ 1,02	***
C*	31,49 $\pm$ 2,36	22,51 $\pm$ 1,55	***	16,07 $\pm$ 3,00	22,51 $\pm$ 1,55	***
h°	18,95 $\pm$ 3,35	30,20 $\pm$ 1,87	***	28,65 $\pm$ 3,89	30,20 $\pm$ 1,87	***
$\Delta E^*$	14,66 $\pm$ 2,66		$\Delta E^*$	30,00 $\pm$ 5,80		
$\Delta L^*$	-9,46 $\pm$ 3,94		$\Delta L^*$	29,11 $\pm$ 5,61		
$\Delta C^*$	8,98 $\pm$ 3,27		$\Delta C^*$	-6,44 $\pm$ 3,46		
$\Delta H^*$	5,20 $\pm$ 1,17		$\Delta H^*$	1,58 $\pm$ 0,65		

Nivo statističke značajnosti: \*= $P < 0,05$ ; \*\*= $P < 0,01$ ; \*\*\*= $P < 0,001$ .

Vrednosti za kolorimetar su iste za delove mesa i masti.

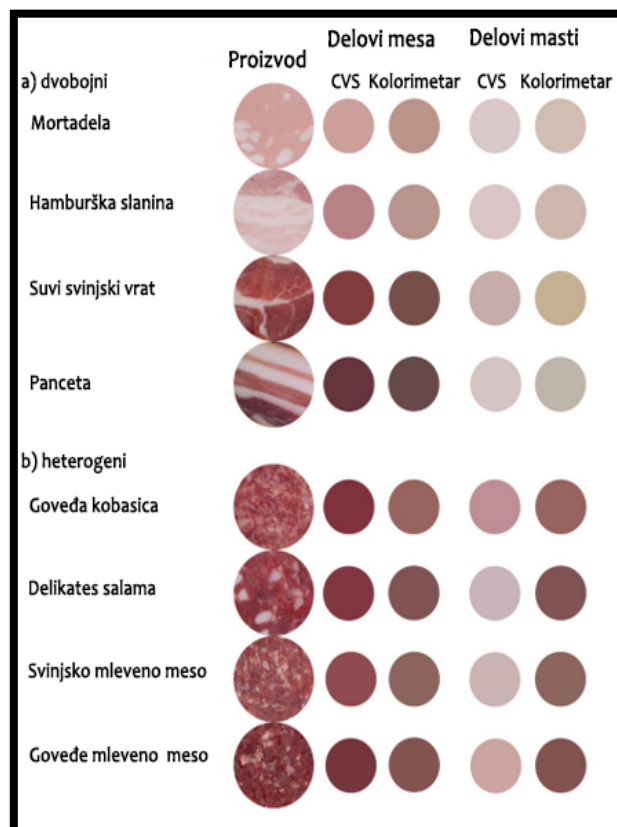
Za CVS je korišćen prosečan alat za uzorkovanje boje (31 x 31 piksel), koji je omogućio nezavisno merenje boje delova mesa i masti. Ovo je rezultovalo najvećom ukupnom razlikom boje za delove mesa  $\Delta E = 20,29$  koja je uočena kod goveđe fermentisane kobasice, i za masne delove  $\Delta E = 35,28$  kod svinjske fermentisane kobasice. Ove izrazito visoke vrednosti za ukupnu razliku u boji (Ramirez-Navas i Rodriguez de Stouvenel, 2012) pokazuju da su boje dobijene pomoću ova dva metoda gotovo različite. CVS-izmerena boja za delove mesa je značajno tamnija, ima veći intenzitet i zasićenija je u

poređenju sa parametrima boje izmerenim sa Minoltom (slika 18). Suprotno je uočeno kod delova masti merenih pomoću CVS metoda. Zbog visoke varijacije i kompleksnosti raspoređenosti boje kod heterogenih proizvoda od mesa, kolorimetar nije mogao tačno da proceni boju mesnih i masnih segmenata. Dobijeni rezultati su saglasni rezultatima Girolami i sar. (2013) da je CVS precizniji metod za merenje boje fermentisanih kobasica.

### 5.1.5. Senzorni testovi

Rezultati prvog testa sličnosti (test A) između boja uzorka mesa/proizvoda od mesa i CVS-dobijene boje prikazane na monitoru, pokazali su da su panelisti pronašli digitalne slike slične uzorcima mesa i proizvoda od mesa ( $P < 0,001$ ). Učestalost sličnosti koju su procenili panelisti bila je 100% za sve uzorke mesa živine, divljači (izuzetak zečije meso), goveđeg i svinjskog mesa (tabela 31). Učestalost sličnosti proizvoda od mesa je takođe bila vrlo velika i kretala se u rasponu od 92,86% za pileću paštetu, govedu kobasicu, Hamburšku slaninu, suvi svinjski vrat i pancetu, do 100,00% za sve ostale uzorke proizvoda od mesa.

Za uzorke mesa živine, nivo sličnosti se kretao od „niske“ do „umerene“, dok se za meso divljači, goveđe, svinjsko meso, kao i uzorke proizvoda od mesa kretao od „umerenog“ do „visokog“ stepena sličnosti.



**Slika 18.** Boja dvobojnih i heterogenih proizvoda od mesa (CVS i kolorimetar)

Tabela 31. Rezultati senzornih testova

	Učestalost sličnosti (test A)	Nivo sličnosti (test A)	CVS ili kolorimetar (test B)	Nivo razlike (test C)
Goveđa pašteta	100,00%	3,43 ± 1,40 <sup>a, b</sup>	CVS (100,00%)	3,03 ± 1,10 <sup>a, b, c</sup>
Jetrena pašteta	100,00%	3,64 ± 1,15 <sup>a, b</sup>	CVS (100,00%)	2,42 ± 1,14 <sup>a, b, c</sup>
Pileća pašteta	92,86%	3,46 ± 1,05 <sup>a, b</sup>	CVS (100,00%)	2,10 ± 1,02 <sup>a, b, c</sup>
Goveđa kobasica	92,86%	3,62 ± 0,96 <sup>a, b</sup>	CVS (100,00%)	3,22 ± 0,44 <sup>a, b, c</sup>
Delikates salama	100,00%	4,07 ± 0,83 <sup>a, b</sup>	CVS (100,00%)	2,29 ± 0,52 <sup>a, b, c</sup>
Viršla	100,00%	4,00 ± 1,11 <sup>a, b</sup>	CVS (100,00%)	1,70 ± 0,50 <sup>a, b</sup>
Safalada	100,00%	3,79 ± 0,89 <sup>a, b</sup>	CVS (100,00%)	1,21 ± 0,50 <sup>a</sup>
Mortadela	100,00%	2,86 ± 1,17 <sup>a</sup>	CVS (100,00%)	2,13 ± 1,07 <sup>a, b, c</sup>
Stišnjena šunka	100,00%	3,00 ± 1,24 <sup>a, b</sup>	CVS (100,00%)	3,64 ± 0,33 <sup>b, c</sup>
Hamburška slanina	92,86%	3,15 ± 1,28 <sup>a, b</sup>	CVS (100,00%)	2,21 ± 0,44 <sup>a, b, c</sup>
Dimljeni svinjski kare	100,00%	3,50 ± 1,02 <sup>a, b</sup>	CVS (100,00%)	2,80 ± 1,22 <sup>a, b, c</sup>
Svinjska pršuta	100,00%	4,07 ± 0,83 <sup>a, b</sup>	CVS (100,00%)	4,22 ± 1,0 <sup>c</sup>
Goveđa pršuta	100,00%	3,64 ± 0,93 <sup>a, b</sup>	CVS (100,00%)	3,11 ± 1,83 <sup>a, b, c</sup>
Suvi svinjski vrat	92,86%	3,54 ± 1,33 <sup>a, b</sup>	CVS (100,00%)	3,00 ± 0,74 <sup>a, b, c</sup>
Panceta	92,86%	2,79 ± 1,48 <sup>a</sup>	CVS (100,00%)	2,73 ± 1,50 <sup>a, b, c</sup>
Svinjsko mleveno meso	100,00%	2,79 ± 1,05 <sup>a</sup>	CVS (100,00%)	2,04 ± 1,01 <sup>a, b, c</sup>
Goveđe mleveno meso	100,00%	3,36 ± 1,34 <sup>a, b</sup>	CVS (100,00%)	2,71 ± 1,04 <sup>a, b, c</sup>
Sveža kobasica	100,00%	4,43 ± 0,76 <sup>b</sup>	CVS (100,00%)	3,21 ± 1,48 <sup>a, b, c</sup>
Pileće grudi	100,00%	1,71 ± 0,83 <sup>a</sup>	CVS (100,00%)	3,84 ± 1,43 <sup>a</sup>
Pačije grudi	100,00%	2,43 ± 1,02 <sup>a, b</sup>	CVS (100,00%)	1,80 ± 0,42 <sup>b</sup>
Gušćije grudi	100,00%	3,07 ± 0,83 <sup>b</sup>	CVS (100,00%)	1,38 ± 0,50 <sup>a</sup>
Ćureće grudi	100,00%	2,86 ± 1,03 <sup>b</sup>	CVS (100,00%)	4,71 ± 0,70 <sup>b</sup>
Prepeličiji trup	100,00%	2,71 ± 1,27 <sup>a</sup>	CVS (100,00%)	3,59 ± 1,41 <sup>a</sup>
Meso divlje svinje	100,00%	3,36 ± 1,28 <sup>b</sup>	CVS (100,00%)	1,90 ± 0,90 <sup>b, c</sup>
Zečije meso	85,71%	2,67 ± 1,23 <sup>a</sup>	CVS (100,00%)	4,24 ± 1,23 <sup>a</sup>
Meso jelena	100,00%	4,14 ± 0,77 <sup>b</sup>	CVS (100,00%)	1,00 ± 0,00 <sup>c</sup>
Meso fazana	100,00%	3,21 ± 1,19 <sup>b</sup>	CVS (100,00%)	3,44 ± 1,30 <sup>a, b</sup>
Svinjsko meso	100,00%	2,58 ± 0,79 <sup>a</sup>	CVS (100,00%)	4,25 ± 0,75 <sup>a</sup>
Goveđe meso	100,00%	4,08 ± 0,52 <sup>b</sup>	CVS (100,00%)	4,00 ± 0,74 <sup>a</sup>

Vrednosti u istoj koloni sa različitim malim slovima se značajno razlikuju ( $P < 0,05$ ).

Petostepena skala gde je 1 „vrlo nizak“, 2 „nizak“, 3 „umeren“, 4 „visok“ do 5 „vrlo visok“ nivo sličnosti/razlike.

Test B pokazao je da su CVS-proizvedeni čipovi boje sličniji uzorcima mesa živine, divljači, govedeg, svinjskog mesa i proizvoda od mesa predstavljenih na monitoru u poređenju sa čipovima dobijenim pomoću kolorimetra u svim (100%) izvedenim ispitivanjima (tabela 31).

Test C za proizvode od mesa pokazao je da se, prema proceni panelista, veličina razlike između čipova u boji (CVS/kolorimetar) prikazanih na monitoru, kretala od 1,21 („vrlo niska“) za Safaladu do 4,22 („visoka“) za svinjsku pršutu. Najveći nivo razlike između boja za meso živine primećen je u slučaju ćurećeg mesa (4,71 – „vrlo visok“), a kod mesa divljači u slučaju zečijeg mesa (4,24 – „visok“). U slučaju govedeg i svinjskog mesa nivo razlike je bio visok i kretao se od 4,00 (goveđe meso) do 4,25 (svinjsko meso).

## 5.2. Mleko i proizvodi od mleka

Rezultati i diskusija merenja boje mleka i proizvoda od mleka su podeljeni u sledeće grupe: mleko, mlečni proizvodi sa dominantnom belom bojom, mlečni proizvodi sa dominantnom žutom bojom i mlečni proizvodi sa dominantnom žuto-zelenom bojom.

### 5.2.1. Mleko

Svetloća ( $L^*$ ) je vrlo značajna mera bele boje tečnosti (Harte i sar., 2003). Prisustvo masnih globula i kazeina koje reflektuje svetlo u vidljivom spektru su odgovorni za belu boju mleka (Owens i sar., 2001). Rezultati boje mleka mereni sa dve različite metode bili su statistički različiti (tabela 32).

**Tabela 32.** Boja različitih vrsta mleka dobijena pomoću dve različite metode (srednja vrednost  $\pm$  standardna devijacija)

Parametar	CVS	Kolorimetar	P vrednost	CVS	Kolorimetar	P vrednost
Kravlje mleko			Kozje mleko			
$L^*$	$84,86 \pm 1,25$	$82,19 \pm 0,06$	***	$84,29 \pm 0,98$	$83,06 \pm 0,18$	*
$a^*$	$0,71 \pm 0,45$	$-2,44 \pm 0,10$	***	$1,00 \pm 0,00$	$-1,73 \pm 0,02$	***
$b^*$	$4,14 \pm 0,90$	$4,51 \pm 0,26$	***	$2,00 \pm 0,00$	$4,97 \pm 1,07$	***
YI	$6,98 \pm 1,52$	$7,84 \pm 0,47$		$3,98 \pm 0,04$	$8,55 \pm 1,97$	***
WI	$84,25 \pm 1,32$	$81,46 \pm 0,12$	**	$84,13 \pm 0,94$	$82,24 \pm 0,36$	**
$\Delta E^*$	$4,35 \pm 0,86$		$\Delta E^*$	$4,35 \pm 0,97$		
$\Delta L^*$	$2,67 \pm 1,33$		$\Delta L^*$	$1,22 \pm 0,96$		
Ovčije mleko			Pasterizovano mleko			
$L^*$	$86,00 \pm 0,00$	$84,67 \pm 0,16$	***	$86,43 \pm 0,80$	$84,86 \pm 1,81$	
$a^*$	$0,00 \pm 0,00$	$-3,8 \pm 0,04$	***	$0,00 \pm 0,00$	$-2,89 \pm 0,06$	***
$b^*$	$4,00 \pm 0,00$	$7,98 \pm 0,04$	***	$2,14 \pm 0,74$	$5,16 \pm 0,06$	***
YI	$6,64 \pm 0,00$	$13,46 \pm 0,06$	***	$3,55 \pm 1,17$	$8,68 \pm 0,22$	***
WI	$85,44 \pm 0,00$	$82,31 \pm 0,12$	***	$86,25 \pm 0,86$	$83,74 \pm 1,73$	*
$\Delta E^*$	$5,65 \pm 0,04$			$4,78 \pm 1,43$		
$\Delta L^*$	$1,33 \pm 0,16$			$1,57 \pm 2,21$		
Sterilizovano mleko						
$L^*$	$86,86 \pm 0,93$	$84,91 \pm 0,06$	**			
$a^*$	$1,00 \pm 0,00$	$-2,47 \pm 0,02$	***			
$b^*$	$3,00 \pm 0,00$	$6,70 \pm 0,06$	***			
YI	$4,93 \pm 0,05$	$11,27 \pm 0,09$	***			
WI	$86,48 \pm 0,87$	$83,31 \pm 0,06$	***			
$\Delta E^*$	$5,49 \pm 0,36$		$\Delta E^*$			
$\Delta L^*$	$1,95 \pm 0,93$		$\Delta L^*$			

Nivo statističke značajnosti: \*= $P < 0,05$ ; \*\*= $P < 0,01$ ; \*\*\*= $P < 0,001$ .

Vrednosti za  $L^*$  kretale su se od 82,19 (kravlje mleko) do 84,91 (sterilizovano mleko) kada su merene sa kolorimetrom, dok su  $L^*$  vrednosti merene sa CVS metodom iznosile 84,29 (kozje mleko) i 86,86 (sterilizovano mleko), pa zbog toga CVS-očitani uzorci izgledaju svetlije. Najveću  $L^*$  vrednost kada su u pitanju vrste sirovog mleka (najviše dominantnu belu boju) imao je uzorak ovčijeg mleka.

Varijacije u boji između uređaja, od vrste do vrste mleka, mogu biti uzrokovane prisustvom razlika u hemijskom sastavu. Zbog toga, ovčije mleko može biti svetlijeg izgleda zbog visoke nutritivne vrednosti i visoke koncentracije proteina, masti, vitamina u poređenju sa mlekom drugih domaćih vrsta. Sadržaj vitamina u kozjem mleku je najveći u poređenju sa kravljim i ovčijim mlekom, sa izuzetkom karotenoida (Park i sar., 2007), uzrokujući homogenu belu boju (slika 19), što je suprotno žutoj boji kravljeg mleka usled prisustva karotenoida (Calderón i sar., 2007).

Prema rezultatima boje, sve vrednosti su se značajno razlikovale, izuzev očitavanja  $L^*$  vrednosti za pasterizovano mleko (tabela 32). Kada su u pitanju termički tretirana mleka, sterilizovano mleko je bilo najviše „belo“. Termički tretmani, poput pasterizacije i UHT, dovode do denaturacije proteina i izmena membrana masnih globula, i do interakcije između membrane masne globule i proteina mlečnog seruma (Ye i sar., 2017). Dalje, tretmani su uzrokovali malo povećanje  $L^*$  vrednosti za sve uzorke, što može biti posledica povećanja broja dispergovanih komponenti kao rezultata denaturacije proteina mleka na visokim temperaturama. Uticaj toplote na proteine mleka može dovesti do temperaturno-zavisne disocijacije kazeina i mlečnih minerala u kazeinskim micelama i van (Guler i Park, 2009), a to može uticati i na boju. Konačno, kazeinske micelle su agregati submicela ili pojedinih frakcija kazeina koje su sposobne da raspršuju svetlost koja je odgovorna za belu boju mleka. Na  $a^*$  i  $b^*$  komponente boje mleka utiče niz faktora povezanih sa prirodnom koncentracijom pigmenta u mleku. Karotenoidi mleka odgovorni su za žutu boju (veća  $b^*$  vrednost) kravljeg mleka u poređenju sa ovčjim i kozjim mlekom koji su lišeni  $\beta$ -karotena. U ovoj studiji su svi uzorci pokazali za  $a^*$  parametar veće vrednosti dobijene pomoću CVS metode u odnosu na vrednosti dobijene sa kolorimetrom, što znači da su bili u crvenom prostoru. Sa druge strane, svi uzorci dobijeni pomoću kolorimetra su pokazali veće  $b^*$  vrednosti u poređenju sa CVS-dobijenim vrednostima, što je rezultovalo pojavom većeg udela žute boje (slika 19).



**Slika 19.** Boja mleka i sireva bele boje (CVS i kolorimetar)

U literaturi još uvek nedostaju podaci kada je reč o poređenju ova dva različita metoda za merenje boje mleka. Međutim, mogući razlog za odstupanja u podacima kada je u pitanju YI indeks (vrednosti dobijene kolorimetrom su približno dvostruko veće od CVS-dobijenih vrednosti) je verovatno posledica toga što su ovi uzorci providni. Svetlost koja prodire u uzorak se zatim delimično raspršuje i difunduje u uzorak. Ova pojava je izazvana, između ostalih faktora i dubinom prodiranja svetlosti, koja se veoma razlikuje kod kolorimetra i CVS-a (izvor svetlosti je udaljen). Pretpostavlja se da je dubina prodiranja izvora svetlosti parametar koji utiče na razliku između merenja boje mleka. Indeks bele boje koji je dobijen pomoću CVS metode indukovao je svetliji izgled u odnosu na indeks ovčijeg i pasterizovanog mleka dobijenim pomoću Minolte. Generalno, niži WI se može pripisati termičkoj obradi zbog proteolize kazeina koja smanjuje svetloću uzorka (Anema, 2017). Dalje, na osnovu skale za ukupnu razliku boje, ova dva različita uređaja pružaju приметnu razliku koja se kretala u rangu 4,35 (kravlje i kozje mleko) do 5,65 (ovčije mleko). Dobijene vrednosti pomoću Minolta kolorimetra su u

saglasnosti sa rezultatima Guler i Park (2009); McDermott i sar. (2016); Cavalcanti i sar. (2019) u pogledu kozjeg, kravljeg i ovčijeg mleka, respektivno. Štaviše, dobijeni rezultati za termički obrađeno mleko su u skladu sa prethodnim studijama za pasterizovano mleko (Tobin i sar., 2011) i

sterilizovano mleko (Sunds i sar., 2018), koji su analizirani sa drugim kolorimetrima. Ove razlike u boji između uređaja, od jedne do druge vrste mleka, mogu biti zbog dubine prodiranja svetlosti u uzorak. Neke frakcije svetlosti prolaze kroz površinu, a preostale su reflektovane. Pored toga, svojstva rasipanja, takođe, zavise od različitog hemijskog sastava uzorka.

### **5.2.2. Proizvodi od mleka sa dominantnom belom bojom**

Kada je reč o sirevima koji se odlikuju belom bojom, instrumentalno merenje boje između metoda CVS i kolorimetra je bilo statistički različito (tabela 33). U pogledu  $a^*$  CVS-očitanih vrednosti, boja sireva je bliža regionu crvene boje. Sve vrednosti  $b^*$  parametra su manje kada su izmerene sa CVS metodom nego sa kolorimetrom, odnosno, izgled sireva je imao manje „žutu“ boju (slika 19). Rezultati u ovom eksperimentu dobijeni sa Minolta kolorimetrom su u saglasnosti sa literaturnim podacima u pogledu svežeg sira (Aktypis i sar., 2018) i sira u salamuri (Aday i Karagul Yuceer, 2014). Negativne vrednosti  $\Delta L$  pokazuju da je boja izmerena pomoću kolorimetra svetlija nego CVS-izmerena boja. Dalje, najveći indeks žute boje (YI) imao je sir u salamuri, prilikom merenja sa oba instrumenta. Štaviše, najveći WI indeks imao je sirni namaz prilikom merenja sa oba uređaja. Ukupna razlika u boji kretala se u rasponu od 11,30-11,77, pokazujući ogromnu razliku u boji. Razlike u bojama dobijene pomoću ova dva uređaja mogu biti uzrokovane prodorom izvora svetlosti i njegovom interakcijom sa površinom koja se analizira. Boja zavisi od fizičkih i hemijskih svojstava proizvoda i, prema tome, izvor svetlosti može biti, prelomljen, odbijen, difundovan i apsorbovan od strane predmeta. Sirevi sadrže različite sastojke, vazduh i šupljine koje mogu odražavati određene talasne dužine svetlosti koje rezultuju uzorcima različitih boja. Prodiranje svetlosti kroz uzorak sira varira u odnosu na instrument koji se koristi. Svetlost se reflektuje od nekih komponenti sira i može dovesti do rasipanja svetlosti reflektovane od drugih komponenti. U slučaju CVS metodologije, problem prozirnosti je minimalan jer se lampe nalaze 50 cm iznad uzorka, i iz tog razloga svetlost udara o površinu i prodire samo nekoliko mm u uzorak. Suprotno tome, kolorimetar se postavlja na površinu uzorka i prodiranje svetlosti kroz matriks sira je veće nego za CVS. To može prouzrokovati rasipanje iz izvora svetlosti, što čini merenje boje pomoću kolorimetra manje reprezentativnim.

U slučaju merenja boje fermentisanih proizvoda od mleka, može se zaključiti da su dobijeni rezultati pomoću Minolte u saglasnosti sa literaturnim podacima prethodno objavljenih radova kada je u pitanju jogurt (Siefarth i sar., 2014), kiselo mleko (Li i sar., 2019), i kefir (Gul i sar., 2018), koji su dobijeni sa drugim kolorimetrima. Boja svih ispitivanih fermentisanih proizvoda od mleka očitane sa Minoltom je bila svetlija u odnosu na boju fermentisanih uzoraka dobijenu sa CVS uređajem. Međutim, sve  $a^*$  CVS-izmerene vrednosti su bile veće u odnosu na vrednosti izmerene kolorimetrom. To znači da je boja fermentisanih proizvoda izmerena pomoću CVS metode bila bliže crvenom prostoru boje. Sve  $b^*$  vrednosti su bile veće (intenzivnije žute) kada su izmerene kolorimetrom, u odnosu na CVS (intenzivnije plave) (slika 20). Svi YI dobijeni kolorimetrom indukovali su više „žutu“ boju (veća YI) od CVS-dobijenih YI vrednosti.

**Tabela 33.** Boja proizvoda od mleka sa dominantnom belom bojom dobijena pomoću dve različite metode (srednja vrednost  $\pm$  standardna devijacija)

Parametar	CVS	Kolorimetar	P vrednost	CVS	Kolorimetar	P vrednost
Sir u salamuri			Svež sir			
L*	83,14 $\pm$ 0,74	91,22 $\pm$ 0,22	***	85,14 $\pm$ 1,20	93,08 $\pm$ 4,30	**
a*	2,00 $\pm$ 0,00	-1,53 $\pm$ 0,06	***	0,86 $\pm$ 0,36	-2,5 $\pm$ 0,20	***
b*	3,14 $\pm$ 0,36	10,92 $\pm$ 0,18	***	2,14 $\pm$ 0,93	8,89 $\pm$ 0,40	***
YI	5,40 $\pm$ 0,69	17,11 $\pm$ 0,30	***	3,60 $\pm$ 1,54	13,69 $\pm$ 1,19	***
WI	82,73 $\pm$ 0,73	85,90 $\pm$ 0,19	***	84,94 $\pm$ 1,25	88,17 $\pm$ 3,29	
$\Delta E^*$	11,77 $\pm$ 0,40		$\Delta E^*$	11,30 $\pm$ 2,57		
$\Delta L^*$	-8,07 $\pm$ 0,70		$\Delta L^*$	-7,94 $\pm$ 3,89		
Sir namaz			Kiselom mleko			
L*	89,00 $\pm$ 0,00	96,67 $\pm$ 0,29	***	89,57 $\pm$ 0,49	93,53 $\pm$ 0,91	***
a*	1,00 $\pm$ 0,00	-1,90 $\pm$ 0,06	***	0,00 $\pm$ 0,00	-3,19 $\pm$ 0,13	***
b*	1,00 $\pm$ 0,00	9,03 $\pm$ 0,15	***	3,14 $\pm$ 0,36	6,81 $\pm$ 0,25	***
YI	1,61 $\pm$ 0,00	13,34 $\pm$ 0,24	***	5,01 $\pm$ 0,62	10,40 $\pm$ 0,47	***
WI	88,91 $\pm$ 0,0	90,19 $\pm$ 0,19	***	89,10 $\pm$ 0,58	90,07 $\pm$ 0,72	*
$\Delta E^*$	11,48 $\pm$ 0,25		$\Delta E^*$	6,35 $\pm$ 0,51		
$\Delta L^*$	-7,67 $\pm$ 0,32		$\Delta L^*$	-3,96 $\pm$ 1,03		
Kefir			Jogurt			
L*	91,00 $\pm$ 0,00	93,88 $\pm$ 1,80	**	91,00 $\pm$ 0,00	94,01 $\pm$ 0,96	***
a*	0,00 $\pm$ 0,00	-3,28 $\pm$ 0,07	***	0,00 $\pm$ 0,00	-3,28 $\pm$ 0,12	***
b*	3,00 $\pm$ 0,00	7,67 $\pm$ 0,41	***	4,00 $\pm$ 0,00	7,61 $\pm$ 0,26	***
YI	4,71 $\pm$ 0,00	11,67 $\pm$ 0,57	***	6,28 $\pm$ 0,00	11,56 $\pm$ 0,41	***
WI	90,51 $\pm$ 0,00	89,56 $\pm$ 1,02	*	90,15 $\pm$ 0,00	89,75 $\pm$ 0,64	***
$\Delta E^*$	6,57 $\pm$ 0,80		$\Delta E^*$	5,80 $\pm$ 0,51		
$\Delta L^*$	-2,88 $\pm$ 1,77		$\Delta L^*$	-3,01 $\pm$ 1,02		
Kisela pavlaka			Sterilizovana pavlaka			
L*	90,00 $\pm$ 0,00	93,78 $\pm$ 1,78	**	86,71 $\pm$ 0,80	87,63 $\pm$ 0,19	*
a*	1,00 $\pm$ 0,00	-3,49 $\pm$ 0,76	***	1,00 $\pm$ 0,00	-1,72 $\pm$ 0,06	***
b*	2,57 $\pm$ 0,49	11,53 $\pm$ 1,48	***	3,71 $\pm$ 0,46	9,77 $\pm$ 0,12	***
YI	4,08 $\pm$ 0,85	17,61 $\pm$ 2,55	***	6,12 $\pm$ 0,84	15,92 $\pm$ 0,18	***
WI	89,62 $\pm$ 0,13	86,41 $\pm$ 2,25	*	86,16 $\pm$ 0,82	84,15 $\pm$ 0,12	*
$\Delta E^*$	10,96 $\pm$ 1,01			6,74 $\pm$ 0,50		
$\Delta L^*$	-3,78 $\pm$ 1,82			-0,92 $\pm$ 0,74		
Mleko u prahu			Kajmak namaz			
L*	84,29 $\pm$ 0,82	96,07 $\pm$ 0,29	***	86,86 $\pm$ 1,26	91,36 $\pm$ 3,30	*
a*	0,86 $\pm$ 0,36	-2,30 $\pm$ 0,22	***	1,00 $\pm$ 0,00	-1,87 $\pm$ 0,06	***
b*	4,86 $\pm$ 0,36	14,18 $\pm$ 0,79	***	3,00 $\pm$ 0,00	10,33 $\pm$ 0,18	***
YI	8,23 $\pm$ 0,63	21,09 $\pm$ 1,26	***	4,94 $\pm$ 0,08	16,18 $\pm$ 0,71	***
WI	83,52 $\pm$ 0,71	85,10 $\pm$ 0,84	*	86,48 $\pm$ 1,31	86,21 $\pm$ 2,21	*
$\Delta E^*$	15,38 $\pm$ 0,57		$\Delta E^*$	9,48 $\pm$ 1,24		
$\Delta L^*$	-11,78 $\pm$ 0,77		$\Delta L^*$	-4,50 $\pm$ 3,24		

Nivo statističke značajnosti: \*= $P < 0,05$ ; \*\*= $P < 0,01$ ; \*\*\*= $P < 0,001$ .

Ukupna promena u boji između ova dva metoda se kretala od 5,80 (jogurt) do 6,57 (kefir). Promene u vrednostima boje između ova dva uređaja mogu biti posledica različitog nivoa neprozirnosti koje je povezano sa udelom kazeina i njegovim stepenom agregacije. Što je veća vrednost luminescencije, veća je neprozirnost. Neprozirne površine su one površine koje ne propuštaju svetlost. Kada je površina uzorka neprozirna, svetlo se jedino reflektuje. Ovo može biti potencijalno odgovorno za difuziju svetlosti čineći na taj način merenje fermentisanih proizvoda pomoću kolorimetra manje

preciznim.



**Slika 20.** Boja fermentisanih proizvoda, pavlake, mleka u prahu i kajmak namaza (CVS i kolorimetar)

poređenju sa CVS metodom (slika 20). YI indeks boja se kretao od 8,23 (za CVS) do 21,09 (za kolorimetar), dok je WI bio u rasponu od 83,52 (CVS) i 85,10 (kolorimetar) ukazujući na to da je svetliji izgled dao CVS. Dobijeni rezultati (tabela 33) su u saglasnosti sa Pugliese i sar. (2017). Raspodela čestica mleka u prahu definiše njegov izgled i može da utiče na boju jer raspršivanje svetlosti u vidljivom opsegu zavisi od odnosa između veličine čestica i talasne dužine (Walstra, 2003). Stoga razlike između određivanja boje mogu biti posledica interakcije mnogih faktora povezanih sa modifikacijom veličine čestica, koncentracije čestica i pigmenata, i tako dalje.

Vrednosti parametara boje za kajmak namaz korišćenjem dve različite metode su bile statistički značajno različite (tabela 33). Minolta uređaj je izmerio veće vrednosti ( $L^* = 91,36$ ) u odnosu na CVS ( $L^* = 86,86$ ), odnosno, boja kajmak namaza je bila svetlija kada je merena pomoću kolorimetra. Sve  $a^*$  vrednosti dobijene sa uređajem CVS su bile sa manjim udelom zelene boje ( $a^* = 1,00$ ), u poređenju sa kolorimetrom ( $a^* = -1,87$ ), dok su sve  $b^*$  vrednosti bile sa većim udelom žute boje kada su merene kolorimetrom ( $b^* = 10,33$ ) u poređenju sa CVS metodom ( $b^* = 3,00$ ). Ukupna razlika boje bila je 9,48, pokazajući da je razlika između dve boje vidljiva već na prvi pogled (slika 20). Kada je u pitanju YI indeks, boja dobijena sa kolorimetrom je žuća u poređenju sa bojom dobijenom pomoću CVS-a. Sa druge strane, za vrednosti WI indeksa nije bilo razlike (tabela 33). Mogući razlog za odstupanje između vrednosti boja izmerenih pomoću uređaja CVS i kolorimetra mogao bi biti u sastavu kajmak namaza i interakciji izvora svetlosti sa njegovom strukturom, što doprinosi odstupanjima kada se koristi kolorimetar.

Rezultati boje za slatku i kiselu pavlaku su statistički različiti (tabela 33). Pozitivne  $L^*$  vrednosti za kiselu i slatku pavlaku očitane pomoću kolorimetra su veće (svetliji izgled) sa vrednostima 93,78 i 87,63, respektivno. Vrednosti  $a^*$  parametra su bile veće kada je u pitanju CVS u poređenju sa  $a^*$  vrednostima za kolorimetar. Kada je reč o  $b^*$  rezultatima, ona su veća kod kolorimetra ( $b^* = 11,53$  i  $9,77$  za kiselu i sterilizovanu pavlaku, respektivno), rezultujući više žutim izgledom (slika 20). Sve vrednosti za YI indeks dobijene sa Minoltom su bile veće u odnosu na CVS-izračunate vrednosti. Najveći WI indeks imala je kisela pavlaka ( $WI = 89,62$ ) kod CVS-a, dok je najmanji WI imala sterilizovana pavlaka ( $WI = 84,15$ ) kod kolorimetra. Ukupna razlika u boji bila je 6,74 (kisela pavlaka) i 10,96 (sterilizovana pavlaka).

Dobijeni rezultati boje za obrano mleko u prahu za kolorimetar i CVS su značajno različiti (tabela 33). Negativne vrednosti za razliku u svetloći pokazuju da su boje izmerene sa kolorimetrom svetlije od CVS-dobijenih boja. Sa druge strane, sve CVS-očitane  $a^*$  vrednosti su veće (više „crvene“) u odnosu na boje očitane sa kolorimetrom. Sve  $b^*$  vrednosti dobijene sa kolorimetrom su veće (intenzivniji žut izgled) u



## 5.2.3. Proizvodi od mleka sa dominantnom žutom bojom

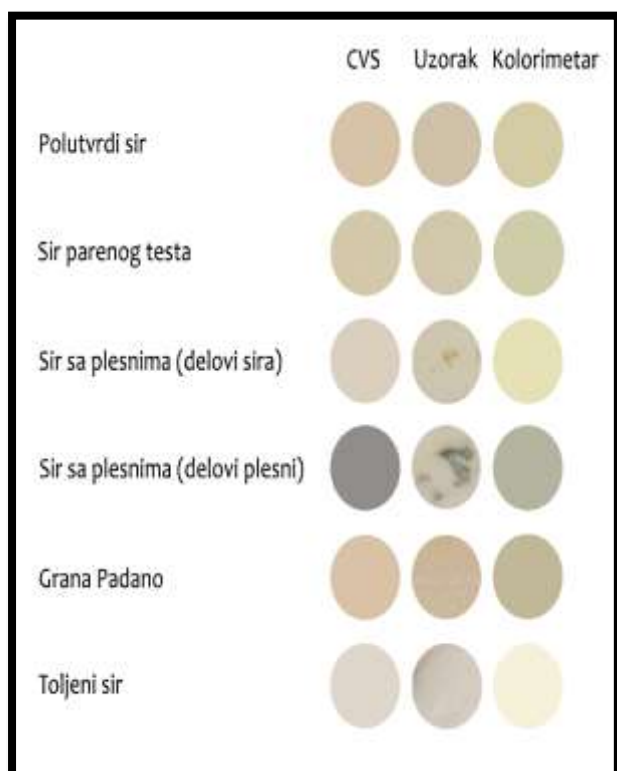
Vrednosti instrumentalnog merenja boje proizvoda od mleka sa dominantnom žutom bojom bile su statistički različite (tabela 34). Dobijeni rezultati boje za žute sireve su u saglasnosti sa rezultatima za polutvrđi sir (Ávila i sar., 2017), sir sa plesnima (Diezhandino i sar., 2016), sir parenog testa (Mozzarella) (Dai i sar., 2018), Grana Padano (Wolanciuk i sar., 2018) i topljeni sir (Ramírez-Navas, 2010). Što se tiče negativnih vrednosti  $\Delta L$ , za sve žute sireve, osim za Grana Padano, ukazuju na to da je analiza boje sa CVS metodom davala tamniji izgled (niže  $L^*$  vrednosti) od boje merene sa Minoltom.

**Tabela 34.** Boja žutih sireva dobijena pomoću dve različite metode (srednja vrednost  $\pm$  standardna devijacija)

Parametar	CVS	Kolorimetar	P vrednost	CVS	Kolorimetar	P vrednost
Polutvrđi sir			Sir parenog testa			
$L^*$	80,14 $\pm$ 0,38	82,22 $\pm$ 0,16	***	81,43 $\pm$ 0,79	82,32 $\pm$ 1,20	
$a^*$	3,86 $\pm$ 0,38	-2,07 $\pm$ 0,07	***	1,00 $\pm$ 0,00	-4,28 $\pm$ 0,04	***
$b^*$	16,43 $\pm$ 0,53	20,82 $\pm$ 0,11	***	16,14 $\pm$ 1,07	18,26 $\pm$ 0,22	**
YI	29,29 $\pm$ 1,01	36,18 $\pm$ 0,18		28,33 $\pm$ 2,06	31,69 $\pm$ 0,48	**
WI	73,94 $\pm$ 0,56	72,54 $\pm$ 0,11		75,37 $\pm$ 1,19	74,21 $\pm$ 0,78	***
$\Delta E^*$	7,69 $\pm$ 0,39		$\Delta E^*$	5,99 $\pm$ 0,41		
$\Delta L^*$	-2,07 $\pm$ 0,38		$\Delta L^*$	-0,89 $\pm$ 1,46		
Sir sa plesnima (deo sira)			Sir sa plesnima (deo plesni)			
$L^*$	79,86 $\pm$ 0,90	88,30 $\pm$ 2,18	***	56,71 $\pm$ 4,72	74,61 $\pm$ 4,67	***
$a^*$	1,29 $\pm$ 0,49	-2,88 $\pm$ 0,31	***	-0,14 $\pm$ 1,68	-2,78 $\pm$ 0,39	**
$b^*$	12,14 $\pm$ 1,57	21,39 $\pm$ 1,13	***	2,14 $\pm$ 3,44	11,20 $\pm$ 2,83	***
YI	21,70 $\pm$ 2,65	34,62 $\pm$ 1,89		5,00 $\pm$ 7,98	21,29 $\pm$ 4,08	
WI	76,38 $\pm$ 4,46	75,38 $\pm$ 1,43		56,49 $\pm$ 4,44	71,78 $\pm$ 2,85	***
$\Delta E^*$	13,34 $\pm$ 2,29		$\Delta E^*$	20,42 $\pm$ 6,07		
$\Delta L^*$	-8,45 $\pm$ 2,37		$\Delta L^*$	-17,90 $\pm$ 5,67		
Grana Padano			Topljeni sir			
$L^*$	76,71 $\pm$ 0,76	74,77 $\pm$ 0,81	**	82,71 $\pm$ 1,11	96,67 $\pm$ 0,32	***
$a^*$	6,57 $\pm$ 0,53	-0,64 $\pm$ 0,35	***	2,86 $\pm$ 0,38	-1,90 $\pm$ 0,05	***
$b^*$	20,43 $\pm$ 2,07	17,70 $\pm$ 1,04	*	7,29 $\pm$ 0,49	9,03 $\pm$ 0,16	***
YI	38,07 $\pm$ 4,14	33,84 $\pm$ 2,17		12,59 $\pm$ 0,93	13,34 $\pm$ 0,24	***
WI	68,31 $\pm$ 1,87	69,16 $\pm$ 1,07		81,02 $\pm$ 1,09	90,19 $\pm$ 0,19	***
$\Delta E^*$	8,40 $\pm$ 0,57		$\Delta E^*$	14,87 $\pm$ 1,03		
$\Delta L^*$	1,94 $\pm$ 1,10		$\Delta L^*$	-13,96 $\pm$ 1,21		

Nivo statističke značajnosti: \* =  $P < 0,05$ ; \*\* =  $P < 0,01$ ; \*\*\* =  $P < 0,001$ .

Što se tiče  $a^*$  vrednosti, može se zaključiti da su svi uzorci imali veće vrednosti za CVS u odnosu na vrednosti za kolorimetar, što je rezultovalo crvenijim izgledom za CVS ili u slučaju Minolte više „zelenom“ bojom (slika 21). Udeo žute boje je bio veći kod kolorimetra u poređenju sa CVS metodom, sa izuzetkom Grana Padana. Indeks žute boje (YI) ukazivao je na to da su boje dobijene sa kolorimetrom bile žuće, sa izuzetkom Grana Padano sira. Što se tiče WI, najveća vrednost je izmerena sa CVS metodom za sir sa plesnima (delovi sira), dok je najmanji WI ustanovljen kod sira sa plesnima (delovi plesni) za CVS (tabela 34). Ukupna razlika u boji bila je u opsegu od 5,99 za sir parenog testa do 14,87 za topljeni sir, što je pokazalo veliku razliku između boja (slika 21). Ovi žuti sirevi su u određenoj meri providni (šupljike na preseku sira) i svetlost se može rasejati i difundovati



**Slika 21.** Boja različitih vrsta sireva sa dominantnom žutom bojom (CVS i kolorimetar)



**Slika 22.** Boja maslaca, kajmaka, voćnog jogurta i surutke u prahu (CVS i kolorimetar)

u uzorku, pa samim tim dobiti različite  $L^*$   $a^*$   $b^*$  vrednosti boje prilikom merenja, čak iako su korišćeni isti uslovi.

Kada je reč o boji maslaca,  $L^*$  merena CVS i kolorimetrom je bila 83,43 odnosno 88,25, rezultujući u svetlijem izgledu maslaca kada je izmeren sa kolorimetrom. Dodatno, očitana  $a^*$  vrednost za CVS je bila  $a^*=2,43$ , dok je za kolorimetar iznosila  $a^* = -3,87$ , dajući manje „zelenu“ boju maslacu. Suprotno tome, udeo žute boje bio je veći prilikom merenja sa kolorimetrom ( $b^* = 33,88$ ) u odnosu sa CVS metodom ( $b^* = 25,29$ ) dajući žući izgled (slika 22). Ovi rezultati su u saglasnosti sa Tarlak i sar. (2016). Međutim, rezultati boje mereni sa CVS i Minoltom su statistički različiti (tabela 35). YI indeks dobijen kolorimetrom je rezultovao većim vrednostima (žući izgled) u odnosu na CVS-izmereni rezultat. WI indeks je bio 63,92 (kolorimetar) i 69,66 (CVS). Takođe, postoji velika razlika u boji dobijenoj pomoću ova dva uređaja,  $\Delta E = 11,79$ . Osim toga, razlike u bojama mogu biti uočljive i može se zaključiti da su više suprotne nego slične (Ostadzadeh i sar., 2012). Razlika u boji može biti povezana sa variranjem u boji masti maslaca, prisustvu ili odsustvu soli. Na primer, prisustvo soli utiče na smanjenje  $L^*$  i  $b^*$  parametara (Méndez-Cid i sar., 2017). Sve ove navedene činjenice mogu biti razlog za razlike u boji između dva metoda za detekciju boja.

Što se tiče uzoraka kajmaka, vrednosti boje su se značajno razlikovale (tabela 35). Negativna razlika u svetloći ( $\Delta L^*$ ) je pokazala da je CVS-dobijena boja tamnija u poređenju sa svetlijom bojom koja je dobijena sa kolorimetrom. Dalje,  $a^*$  vrednosti dobijene CVS-om, bile su veće, odnosno, kajmak je imao više „crven“ izgled, u poređenju sa zelenom bojom koju je davao kolorimetar. Suprotno tome,  $b^*$  vrednosti dobijene sa Minoltom bile su veće od CVS-očitanih vrednosti. Sve vrednosti za YI dobijene kolorimetrom su bile veće u odnosu na vrednosti izmerene sa CVS metodom. U slučaju WI indeksa, najveća vrednost za CVS bila je za kajmak krem, dok je WI dobijen kolorimetrom

bio najviši za zreo kajmak. Ukupna razlika u boji bila je 11,28 (kajmak krem) do 13,62 (mlad kajmak).

**Tabela 35.** Boja proizvoda od mleka sa dominantnom žutom bojom dobijena pomoću dve različite metode (srednja vrednost  $\pm$  standardna devijacija)

Parametar	CVS	Kolorimetar	P vrednost	CVS	Kolorimetar	P vrednost
Maslac			Mlad kajmak			
L*	83,43 $\pm$ 0,53	88,25 $\pm$ 0,61	***	84,86 $\pm$ 0,69	93,40 $\pm$ 1,06	***
a*	2,43 $\pm$ 0,53	-3,87 $\pm$ 0,19	***	0,71 $\pm$ 0,49	-3,85 $\pm$ 0,11	***
b*	25,29 $\pm$ 1,60	33,88 $\pm$ 1,36	***	6,57 $\pm$ 0,79	16,09 $\pm$ 0,46	***
YI	43,31 $\pm$ 2,96	54,86 $\pm$ 2,06	***	11,07 $\pm$ 1,40	24,60 $\pm$ 0,7	***
WI	69,66 $\pm$ 1,59	63,92 $\pm$ 1,22	***	83,46 $\pm$ 0,89	82,17 $\pm$ 0,53	**
$\Delta E^*$	11,79 $\pm$ 1,63		$\Delta E^*$	13,62 $\pm$ 1,07		
$\Delta L^*$	-4,82 $\pm$ 0,66		$\Delta L^*$	-8,55 $\pm$ 1,33		
Zreo kajmak			Kajmak krem			
L*	82,86 $\pm$ 0,69	90,54 $\pm$ 2,21	***	87,14 $\pm$ 0,69	93,99 $\pm$ 1,29	***
a*	0,43 $\pm$ 0,53	-3,98 $\pm$ 0,18	***	1,00 $\pm$ 0,00	-2,26 $\pm$ 0,04	***
b*	9,29 $\pm$ 1,50	16,24 $\pm$ 1,04	***	5,29 $\pm$ 0,49	13,57 $\pm$ 0,18	***
YI	16,02 $\pm$ 2,67	25,61 $\pm$ 1,27	***	8,66 $\pm$ 0,78	20,63 $\pm$ 0,15	***
WI	80,46 $\pm$ 1,17	80,67 $\pm$ 0,86		86,05 $\pm$ 0,60	84,94 $\pm$ 0,40	**
$\Delta E^*$	11,36 $\pm$ 2,06		$\Delta E^*$	11,28 $\pm$ 1,19		
$\Delta L^*$	-7,68 $\pm$ 1,92		$\Delta L^*$	-6,84 $\pm$ 1,52		
Voćni jogurt			Surutka u prahu			
L*	83,57 $\pm$ 2,30	90,63 $\pm$ 1,54	***	85,00 $\pm$ 0,00	97,19 $\pm$ 0,30	***
a*	1,86 $\pm$ 0,38	-2,29 $\pm$ 0,12	***	0,00 $\pm$ 0,00	-4,87 $\pm$ 0,07	***
b*	9,86 $\pm$ 1,57	18,60 $\pm$ 1,06	***	8,00 $\pm$ 0,00	19,02 $\pm$ 0,24	***
YI	16,91 $\pm$ 3,04	29,31 $\pm$ 1,32	***	13,45 $\pm$ 0,00	27,96 $\pm$ 0,36	***
WI	80,73 $\pm$ 2,59	78,98 $\pm$ 0,60		83,00 $\pm$ 0,00	80,16 $\pm$ 0,25	***
$\Delta E^*$	12,18 $\pm$ 1,90			17,14 $\pm$ 0,27		
$\Delta L^*$	-7,06 $\pm$ 1,66			-12,19 $\pm$ 0,30		

Nivo statističke značajnosti: \* =  $P < 0,05$ ; \*\* =  $P < 0,01$ ; \*\*\* =  $P < 0,001$

Voćni jogurt od kajsije ima različite vrednosti boja očitane za kolorimetar i CVS. L\* je bio 90,63 (za kolorimetar) i 83,57 (za CVS), što ukazuje da je boja izmerena sa kolorimetrom svetlija. Suprotno tome, udeo crvene boje je bio veći merenjem sa CVS metodom u odnosu na Minolta kolorimetar. Parametar b\* (udeo žute boje) je veći prilikom merenja kolorimetrom (b\* = 18,60) nego sa CVS metodom (b\* = 9,86). Ipak, razlike u boji dobijene ovim uređajima su posledica ne samo metode merenja nego verovatno i razlike u sastavu. Minolta kolorimetar nije pogodan za merenje boje nehomogenih uzoraka. Minolta ima otvor blende od 8 mm, koji zajedno prekriva delove jogurta i delove voća, pa se dobijaju vrednosti parametara boje za oba dela zajedno. Sa druge strane, koristeći CVS moguće je lako proceniti homogene regione uzorka (posebno deo jogurta, posebno deo voća), što ovu metodu za merenje boje heterogenih mlečnih proizvoda čini preciznijom.

Upoređujući vrednosti boje dobijene pomoću dve metode (CVS i kolorimetar) za surutku u prahu, vrednosti boje se značajno razlikuju (tabela 35). Boja surutke u prahu očitana pomoću CVS metoda bila je značajno tamnija, više „crvena“ i više „plava“ u poređenju sa izgledom uzorka merenim kolorimetrom (slika 22). Indeks za žutu boju bio je 13,45 dobijen sa CVS metodom i 27,96 za kolorimetar, dok je indeks bele boje bio 80,16 kod kolorimetra i 83,00 kod CVS metodologije. Ukupna razlika u boji bila je 17,14 što ukazuje na ogromnu razliku u boji između dva instrumenta za analizu boje surutke u prahu.

### 5.2.4. Proizvodi od mleka sa dominantnom žuto-zelenom bojom

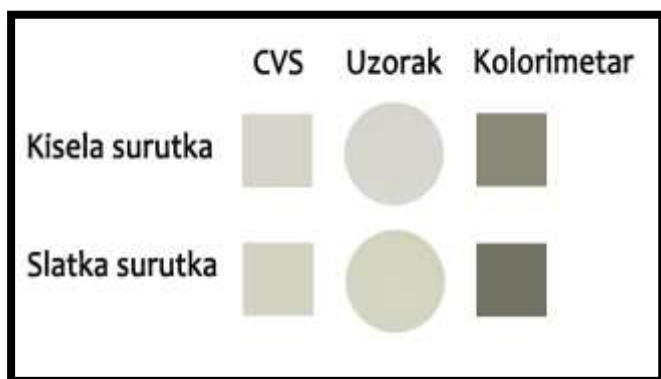
Dobijeni rezultati dva različita uređaja za merenje boje bili su statistički različiti, sa izuzetkom a\* parametra za obe surutke (tabela 36).

**Tabela 36.** Boja za proizvode od mleka sa dominantnom žuto-zelenom bojom dobijena pomoću dve različite metode (srednja vrednost ± standardna devijacija)

Parametar	CVS	Kolorimetar	P vrednost	CVS	Kolorimetar	P vrednost
	Kisela surutka			Slatka surutka		
L*	85,00 ± 1,24	56,45 ± 6,97	***	84,14 ± 0,66	48,11 ± 4,73	***
a*	-1,50 ± 0,52	-1,65 ± 0,13		-2,00 ± 0,39	-2,40 ± 1,14	
b*	6,00 ± 1,88	10,46 ± 0,97	***	8,43 ± 1,22	7,12 ± 1,68	***
YI	10,13 ± 3,30	26,92 ± 4,60	***	14,31 ± 2,07	21,61 ± 6,44	***
WI	83,72 ± 1,85	55,15 ± 6,84	***	81,89 ± 0,81	52,47 ± 4,79	***
ΔE*	28,98 ± 5,85			36,16 ± 4,21		
ΔL*	28,55 ± 6,10			36,04 ± 4,30		

Nivo statističke značajnosti: \* = P < 0,05; \*\* = P < 0,01; \*\*\* = P < 0,001.

L\* vrednosti za kiselu i slatku surutku dobijene sa CVS metodom su veće (svetliji izgled) u odnosu na vrednosti dobijene pomoću kolorimetra. Vrednosti a\* parametra su bile veće kod CVS uređaja, za oba mlečna proizvoda u poređenju sa očitavanjima za kolorimetar (slika 23). Kada je reč o b\* rezultatima, kod kisele surutke je veći kada je meren sa kolorimetrom. Sa druge strane, b\* kod slatke surutke izmeren sa kolorimetrim je manji u odnosu na b\* izmeren sa CVS metodom. Sve vrednosti za YI indeks dobijene sa Minoltom su bile veće u odnosu na CVS-dobijene rezultate. Najveći WI indeks imala je kisela pavlaka (83,72) (CVS), dok je najmanji WI imala slatka surutka (52,47) (kolorimetar). Ukupna razlika u boji bila je izrazito velika i kretala se od 28,98 (kisela surutka) do 36,14 (slatka surutka).



**Slika 23.** Boja kisele i slatke surutke (CVS i kolorimetar)

### 5.2.5. Senzorni testovi

Rezultati prvog vizuelnog testa (test A) između boje uzorka unutar kutije i CVS-dobijene boje prikazane na monitoru pokazao je da su ocenjivači uočili istu boju proizvoda unutar kutije i uzorka predstavljenog na monitoru računara. Učestalost sličnosti za test A bila je 100,00% za sva mleka i mlečne proizvode, izuzev kisele i slatke surutke (tabela 37). To znači da su svi ocenjivači utvrdili da je vizuelna boja uzorka slična CVS-dobijenoj boji. Nivo sličnosti kretao se od „niskog“ do „visokog“.

Drugi test (test B) pokazao je da je CVS-izmerena boja sličnija stvarnoj boji mleka i proizvoda od mleka u poređenju sa bojom dobijenom kolorimetrom, i to u 83,33% za sirni namaz, kiselo mleko, kefir i 91,67% za sir parenog testa, topljeni sir, jogurt i 100,00% za mleka i sve ostale proizvode od mleka.

Testom trougla (test C) je ustanovljeno da postoji razlika između boja dobijenih pomoću uređaja CVS

i kolorimetra. Dobijeni rezultati su u saglasnosti sa instrumentalnim rezultatima (tabele 32-36). Razlika u boji između ova dva uređaja kretala se od 1,67 („niska“) do 4,75 („visoka“)

**Tabela 37.** Rezultati senzornih testova

	Učestalost sličnosti (test A)	Nivo sličnosti (test A)	CVS ili kolorimetar (test B)	Nivo razlike (test C)
Maslac	100,00%	3,33 ± 1,07 <sup>a</sup>	CVS (100,00%)	3,75 ± 0,62 <sup>e-f</sup>
Polutvrđi sir	100,00%	3,08 ± 0,66 <sup>a</sup>	CVS (100,00%)	3,00 ± 0,43 <sup>c-e</sup>
Sir parenog testa	100,00%	3,42 ± 0,79 <sup>a</sup>	CVS (91,67%)	2,58 ± 0,67 <sup>a-d</sup>
Sir u salamuri	100,00%	3,66 ± 1,07 <sup>a</sup>	CVS (100,00%)	3,75 ± 0,87 <sup>e-f</sup>
Sveži sir	100,00%	3,17 ± 1,34 <sup>a</sup>	CVS (100,00%)	3,33 ± 1,07 <sup>c-f</sup>
Sir sa plesnima	100,00%	3,08 ± 0,99 <sup>a</sup>	CVS (100,00%)	3,75 ± 0,87 <sup>e-f</sup>
Grana Padano	100,00%	3,58 ± 0,79 <sup>a</sup>	CVS (100,00%)	3,75 ± 0,75 <sup>e-f</sup>
Topljeni sir	100,00%	3,42 ± 1,24 <sup>a</sup>	CVS (91,67%)	3,67 ± 0,78 <sup>d-f</sup>
Sirni namaz	100,00%	3,08 ± 1,08 <sup>a</sup>	CVS (83,33%)	2,67 ± 1,07 <sup>a-e</sup>
Mlad kajmak	100,00%	3,00 ± 1,04 <sup>a</sup>	CVS (100,00%)	3,42 ± 0,79 <sup>c-f</sup>
Zreo kajmak	100,00%	3,25 ± 0,62 <sup>a</sup>	CVS (100,00%)	3,42 ± 0,79 <sup>c-f</sup>
Kajmak krem	100,00%	2,92 ± 1,24 <sup>a</sup>	CVS (100,00%)	3,00 ± 0,95 <sup>c-e</sup>
Kajmak namaz	100,00%	3,42 ± 1,08 <sup>a</sup>	CVS (100,00%)	3,25 ± 0,87 <sup>c-f</sup>
Kravlje mleko	100,00%	3,75 ± 1,14 <sup>a</sup>	CVS (100,00%)	1,67 ± 0,49 <sup>a</sup>
Kozje mleko	100,00%	3,25 ± 0,96 <sup>a</sup>	CVS (100,00%)	2,50 ± 0,67 <sup>a-c</sup>
Ovčije mleko	100,00%	3,16 ± 0,72 <sup>a</sup>	CVS (100,00%)	2,58 ± 0,51 <sup>a-d</sup>
Pasterizovano mleko	100,00%	3,67 ± 1,30 <sup>a</sup>	CVS (100,00%)	1,83 ± 0,83 <sup>a, b</sup>
Sterilizovano mleko	100,00%	3,67 ± 1,15 <sup>a</sup>	CVS (100,00%)	2,58 ± 0,67 <sup>a-d</sup>
Jogurt	100,00%	2,92 ± 1,24 <sup>a</sup>	CVS (91,67%)	1,75 ± 0,96 <sup>a</sup>
Kiselo mleko	100,00%	3,33 ± 0,89 <sup>a</sup>	CVS (83,33%)	1,67 ± 0,65 <sup>a</sup>
Kefir	100,00%	3,67 ± 1,07 <sup>a</sup>	CVS (83,33%)	2,58 ± 0,79 <sup>a-d</sup>
Voćni jogurt	100,00%	2,75 ± 1,14 <sup>a</sup>	CVS (100,00%)	3,58 ± 0,67 <sup>c-f</sup>
Slatka pavlaka	100,00%	3,67 ± 0,98 <sup>a</sup>	CVS (100,00%)	2,92 ± 0,51 <sup>b-e</sup>
Kisela pavlaka	100,00%	3,67 ± 1,07 <sup>a</sup>	CVS (100,00%)	3,00 ± 0,85 <sup>c-e</sup>
Obrano mleko u prahu	100,00%	2,92 ± 0,90 <sup>a</sup>	CVS (100,00%)	3,58 ± 0,51 <sup>c-f</sup>
Surutka u prahu	100,00%	3,17 ± 0,83 <sup>a</sup>	CVS (100,00%)	4,33 ± 0,65 <sup>f</sup>
Kisela surutka	83,33%	1,50 ± 0,67 <sup>a</sup>	CVS (100,00%)	4,50 ± 0,67 <sup>a</sup>
Slatka surutka	91,67%	1,92 ± 1,00 <sup>a</sup>	CVS (100,00%)	4,75 ± 0,45 <sup>a</sup>

Vrednosti u istoj koloni sa različitim malim slovima se značajno razlikuju ( $P < 0,05$ ).

Petostepena skala gde je 1 „vrlo nizak“, 2 „nizak“, 3 „umeren“, 4 „visok“ do 5 „vrlo visok“ nivo sličnosti /razlike.

### 5.3. Jaja

Zbog vizuelne prihvatljivosti, boja jaja se smatra jednim od najznačajnijih senzornih svojstava. Da bi se pojednostavila diskusija o rezultatima boje, uzorci jaja su kategorisani u tri glavne grupe prema delovima jaja: ljuska, žumance i belance.

#### 5.3.1. Boja ljuske jajeta

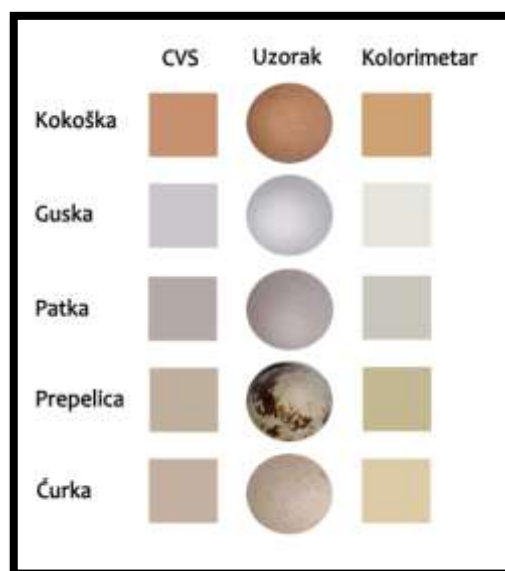
Dobijene instrumentalne vrednosti boje ljuske jajeta prikazane su u tabeli 38. CVS-očitani rezultati poređeni su sa rezultatima dobijenim pomoću kolorimetra. Parametri boje uzoraka jaja izmereni pomoću dva uređaja bili su statistički različiti (izuzeci su L\* očitavanje za ljusku prepelice i WI za ćureću ljusku).

**Tabela 38.** Boja ljuske jajeta dobijena pomoću dve različite metode (srednja vrednost ± standardna devijacija)

Parametar	CVS	Kolorimetar	P vrednost	CVS	Kolorimetar	P vrednost
Kokošija ljuska			Guščija ljuska			
L*	65,00 ± 0,58	70,19 ± 1,42	***	79,79 ± 6,15	90,95 ± 0,56	***
a*	17,57 ± 0,53	12,60 ± 0,68	***	1,57 ± 0,51	-0,97 ± 0,19	***
b*	25,57 ± 0,53	28,85 ± 0,54	***	-1,79 ± 0,70	5,26 ± 1,06	***
YI	56,21 ± 1,50	58,7 ± 1,2	*	-3,20 ± 1,27	8,27 ± 1,71	***
WI	53,22 ± 0,66	56,62 ± 0,96	***	79,62 ± 6,13	89,46 ± 0,87	***
ΔE*	8,00 ± 1,34		ΔE*	13,8 ± 5,2		
Pačija ljuska			Prepelčija ljuska			
L*	70,21 ± 6,42	80,2 ± 3,0	***	72,62 ± 4,65	74,61 ± 3,07	
a*	3,79 ± 0,80	-1,21 ± 0,51	***	2,54 ± 0,66	0,49 ± 0,52	***
b*	3,29 ± 1,77	6,43 ± 1,84	***	10,69 ± 3,28	20,56 ± 1,06	***
YI	6,67 ± 3,47	11,46 ± 3,38	***	21,32 ± 7,26	39,49 ± 3,54	***
WI	69,72 ± 6,35	79,10 ± 3,00	***	71,13 ± 4,40	67,09 ± 2,98	*
ΔE*	13,21 ± 6,31		ΔE*	11,85 ± 2,93		
Prepelčija ljuska (pege)			Ćureća ljuska			
L*	19,36 ± 5,83	40,9 ± 6,5	***	72,93 ± 4,92	81,67 ± 2,57	***
a*	9,57 ± 2,21	5,23 ± 2,22	***	5,64 ± 1,28	3,01 ± 1,11	***
b*	7,86 ± 3,80	12,12 ± 3,64	**	10,93 ± 3,29	20,32 ± 2,15	***
YI	52,97 ± 26,46	42,37 ± 11,35		21,59 ± 6,63	35,66 ± 4,76	***
WI	18,30 ± 5,74	39,28 ± 6,01	***	70,07 ± 4,94	72,45 ± 3,27	
ΔE*	23,25 ± 10,40		ΔE*	13,28 ± 3,64		

Nivo statističke značajnosti: \* = P < 0,05; \*\* = P < 0,01; \*\*\* = P < 0,001.

Što se tiče parametra za svetloću uzoraka ljuske jajeta, najveće vrednosti ljuske guščijeg jajeta kretale su se od 79,79 (CVS) do 90,95 (kolorimetar). Vrednosti a\* parametra izmerenog pomoću CVS metode bile su u crvenom spektru (pozitivni kvadranti) i varirale su između 1,57 (ljuska guščijeg jajeta) i 17,57 (ljuska kokošijeg jajeta). Sa druge strane, vrednosti parametra a\* očitane kolorimetrom bile su u zelenom spektru (negativni kvadranti) u rasponu od -1,21 (ljuska pačijeg jajeta) do -0,97 (ljuska guščijeg jajeta) i u crvenom spektru od 0,49 (ljuska jajeta prepelice) do 12,60 (ljuska pilećeg jajeta). Dalje, što se tiče vrednosti YI indeksa očitanih kolorimetrom, one su bile veće u poređenju sa CVS-očitanim YI vrednostima, što ukazuje da su CVS-proizvedene boje manje „žute“ ili više „zelene“ (slika 24).



**Slika 24.** Boja ljuski jajeta (CVS i kolorimetar)

Prema skali ukupne razlike boje, ova dva različita uređaja pružila su u velikoj meri uočljivu ukupnu vrednost razlika u boji koja se kretala od 8,00 do 23,25 za ljusku prepelice. Dobijeni rezultati za ove uzorke su u skladu sa prethodnim studijama za ljusku kokošijeg jajeta (L\* = 64,4, a\* = 13,2, b\* =

25,6), za ljusku patkinog jajeta ( $L^* = 86,62$ ,  $a^* = -4,46$ ,  $b^* = 11,9$ ); prepelice ( $L^* = 36,9$ ,  $a^* = -5,69$ ,  $b^* = 33,6$ ) analiziranih sa ostalim kolorimetrima. Ove razlike u bojama mogu se pripisati kontaktu kolorimetra sa površinom ljuski koje mogu biti hrapave i mogu doprineti odbijanju svetlosti. Štaviše, ljuske pegavih jaja predstavljaju heterogene uzorke, i Minolta sa otvorom od 8 mm pokriva boje ljuske i pege zajedno. Sa druge strane, CVS koristi prosečan alat za uzorkovanje boja 31 x 31 piksel, kojim se može proceniti boja delova ljuske i pega nezavisno.

### 5.3.2. Boja žumanceta

Koordinata  $b^*$  (udeo žute boje) je najvažniji parametar boje za procenu kvaliteta jaja. Svaka metoda je pokazala različite vrednosti određivanja boje. Prema podacima o boji žumanceta, svi parametri boje su se značajno razlikovali sa izuzetkom  $L^*$  vrednosti za pačije žumance (tabela 39).

**Tabela 39.** Boja žumanaca jajeta dobijena pomoću dve različite metode (srednja vrednost  $\pm$  standardna devijacija)

Parametar	CVS	Kolorimetar	P vrednost	CVS	Kolorimetar	P vrednost
Kokošije žumance			Gušćije žumance			
$L^*$	54,43 $\pm$ 3,18	58,39 $\pm$ 1,47	**	62,38 $\pm$ 2,93	56,01 $\pm$ 4,38	**
$a^*$	31,43 $\pm$ 1,46	9,25 $\pm$ 0,97	***	21,69 $\pm$ 2,21	-0,88 $\pm$ 0,42	***
$b^*$	66,21 $\pm$ 2,91	49,94 $\pm$ 2,74	***	71,77 $\pm$ 4,09	33,34 $\pm$ 2,52	***
YI	173,94 $\pm$ 2,85	122,21 $\pm$ 2,74	***	164,39 $\pm$ 6,20	85,26 $\pm$ 6,44	***
WI	13,59 $\pm$ 1,00	34,30 $\pm$ 2,06	***	16,00 $\pm$ 3,09	44,66 $\pm$ 2,91	***
$\Delta E^*$	28,2 $\pm$ 2,8		$\Delta E^*$	44,96 $\pm$ 7,15		
Pačije žumance			Prepeličije žumance			
$L^*$	56,57 $\pm$ 3,86	57,10 $\pm$ 1,28		61,79 $\pm$ 1,48	63,52 $\pm$ 1,67	*
$a^*$	25,71 $\pm$ 1,20	3,81 $\pm$ 1,40	***	24,00 $\pm$ 0,96	4,16 $\pm$ 1,23	***
$b^*$	68,14 $\pm$ 3,44	44,82 $\pm$ 3,43	***	73,14 $\pm$ 1,51	51,58 $\pm$ 4,46	***
YI	172,28 $\pm$ 3,34	112,15 $\pm$ 8,35	***	169,15 $\pm$ 2,84	115,92 $\pm$ 8,09	***
WI	15,05 $\pm$ 0,82	37,77 $\pm$ 2,47	***	14,03 $\pm$ 1,03	36,57 $\pm$ 2,94	***
$\Delta E^*$	32,39 $\pm$ 4,55		$\Delta E^*$	29,06 $\pm$ 3,32		
Ćureće žumance						
$L^*$	59,14 $\pm$ 2,35	61,93 $\pm$ 1,94	**			
$a^*$	26,86 $\pm$ 1,79	4,40 $\pm$ 1,29	***			
$b^*$	70,21 $\pm$ 2,26	53,91 $\pm$ 2,65	***			
YI	169,65 $\pm$ 1,49	124,34 $\pm$ 4,05	***			
WI	14,37 $\pm$ 1,18	33,78 $\pm$ 1,55	***			
$\Delta E^*$	28,14 $\pm$ 2,67		$\Delta E^*$			

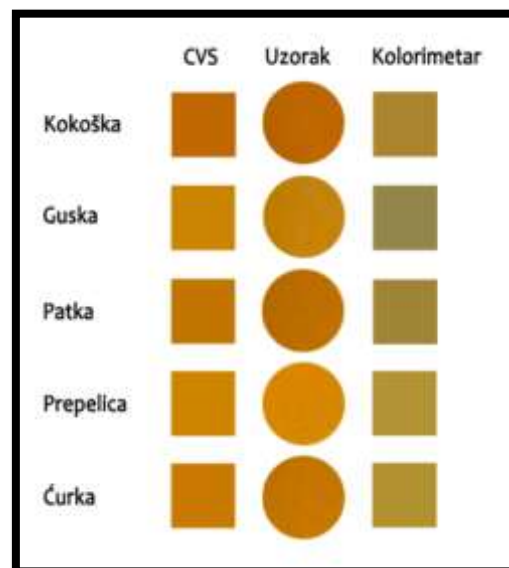
Nivo statističke značajnosti: \* =  $P < 0,05$ ; \*\* =  $P < 0,01$ ; \*\*\* =  $P < 0,001$ .

Parametar  $L^*$  dobijen kolorimetrom kretao se u rasponu od 56,01 (žumance od gušćijeg jajeta) do 63,52 (prepeličije žumance), dok je  $L^*$  koji je izmeren pomoću CVS metode bio u rangu od 54,43 (žumance kokošnjeg jajeta) do 63,52 (žumance jajeta guske). Što se tiče  $a^*$  CVS-dobijenih koordinata, najniže vrednosti imalo je žumance guske ( $a^* = 21,69$ ), a najviše žumance kokošnjeg jajeta ( $a^* = 31,43$ ). Dobijeni rezultati sa kolorimetrom su u skladu sa rezultatima zapaženim u literaturnom

pregledu kokošijeg žumanca sa vrednostima:  $L^* = 63,25 \pm 11,84$ ,  $a^* = 4,05 \pm 8,56$  i  $b^* = 42,8 \pm 15,3$ . Rasipanje svetlosti sa površine uzoraka koji nisu optički ravni može biti nagoveštaj za devijaciju boje kolorimetra koja uzrokuje njegovo prodiranje svetlosti kao nereprezentativnim. Zbog toga je boja dobijena kolorimetrom neobična, odnosno, zelenkasta do žućkasta (slika 25).

### 5.3.3. Boja belanceta

Glavna komponenta belanceta je voda koja čini više od 80% belanceta (Li-Chan i sar., 2008). Voda u proizvodima od jaja ima veliki uticaj na njihovu boju, ukus i teksturu (Miranda i sar., 2014). Svetloća ( $L^*$ ) boje belanaca kretala se od 82,71 do 83,21 za prepeličije i pačije belance (CVS), dok su se u kolorimetru vrednosti kretale od 65,29 do 83,64 za gušćije i prepeličije belance (tabela 40).



Slika 25. Boja žumanaca (CVS i kolorimetar)

Tabela 40. Boja belanaca dobijena pomoću dve različite metode (srednja vrednost  $\pm$  standardna devijacija)

Parametar	CVS	Kolorimetar	P vrednost	CVS	Kolorimetar	P vrednost
Kokošije belance			Gušćije belance			
$L^*$	$82,86 \pm 1,70$	$77,06 \pm 5,38$	***	$82,86 \pm 2,03$	$65,29 \pm 5,73$	***
$a^*$	$-0,50 \pm 0,52$	$-3,11 \pm 0,31$	***	$1,00 \pm 0,00$	$-0,59 \pm 0,29$	***
$b^*$	$6,21 \pm 1,12$	$13,58 \pm 1,19$	***	$0,79 \pm 0,58$	$6,53 \pm 0,84$	***
YI	$10,71 \pm 1,88$	$25,32 \pm 3,02$	***	$1,36 \pm 0,99$	$14,35 \pm 2,04$	***
WI	$81,71 \pm 1,54$	$72,98 \pm 4,62$	***	$82,80 \pm 2,03$	$64,65 \pm 5,59$	***
$\Delta E^*$	$10,56 \pm 3,00$		$\Delta E^*$	$18,73 \pm 5,22$		
Pačije belance			Prepeličije belance			
$L^*$	$83,21 \pm 1,05$	$72,97 \pm 6,22$	***	$82,71 \pm 0,83$	$83,64 \pm 4,55$	
$a^*$	$1,14 \pm 0,36$	$-0,51 \pm 0,29$	***	$0,86 \pm 0,53$	$-0,70 \pm 0,38$	***
$b^*$	$-0,93 \pm 0,62$	$5,52 \pm 0,76$	***	$-1,57 \pm 1,09$	$3,75 \pm 1,20$	***
YI	$-1,60 \pm 1,05$	$10,91 \pm 1,96$	***	$-2,71 \pm 1,89$	$6,48 \pm 2,36$	***
WI	$83,14 \pm 1,06$	$72,37 \pm 6,11$	***	$83,41 \pm 0,43$	$84,02 \pm 3,94$	
$\Delta E^*$	$12,74 \pm 4,78$		$\Delta E^*$	$6,87 \pm 2,24$		
Čurke belance						
$L^*$	$83,07 \pm 1,54$	$66,01 \pm 5,86$	***			
$a^*$	$-0,43 \pm 0,51$	$-3,08 \pm 0,52$	***			
$b^*$	$8,00 \pm 1,71$	$13,56 \pm 2,23$	***			
YI	$13,81 \pm 3,16$	$29,45 \pm 4,73$	***			
WI	$81,24 \pm 2,08$	$63,10 \pm 5,08$	***			
$\Delta E^*$	$18,56 \pm 4,13$		$\Delta E^*$			

Nivo statističke značajnosti: \* =  $P < 0,05$ ; \*\* =  $P < 0,01$ ; \*\*\* =  $P < 0,001$ .





**Slika 26.** Boja belanaca  
(CVS i kolorimetar)

Što se tiče  $a^*$  vrednosti koje su dobijene sa kolorimetrom, davale su zeleniji izgled u odnosu na CVS-očitane vrednosti (slika 26), dok su  $b^*$  vrednosti za CVS davale manje „žutu“ boju od Minolte. Boje dobijene kolorimetrom su bile zelenkaste i netipične za belance. Ukupna razlika u boji bila je u rasponu od 6,87 (prepeličije belance) do 18,3 (guščije belance). Mogući razlog može biti hemijski sastav, količina površinskog „sjaja“ belanceta i činjenica da belance predstavlja transparentan medijum. Transparentnost belanceta može da izazove ograničenu dubinu prodiranja izvora svetlosti i pretpostavlja se da je to rezultovalo pojavi zelenkastog izgleda belanceta dobijenog pomoću Minolta uređaja.

#### 5.3.4. Senzorni testovi

Rezultati za prvi test (test A) pokazali su veliku sličnost između boje uzorka unutar kutije i boje uzorka na ekranu koju je proizveo CVS. Učestalost te sličnosti bila je 75,00% (za guščije belance), 83,33% (kokošije, pačije i čureće belance), 91,67% (prepeličije belance) i 100,00% za sve ostale uzorke jaja. Nivo sličnosti kretao se od 1,16 („vrlo nizak“) za kokošije belance do 4,33 („vrlo visok“) za pačije žumance (tabela 41).

**Tabela 41.** Rezultati senzornih testova

	Učestalost sličnosti (test A)	Nivo sličnosti (test A)	CVS ili kolorimetar (test B)	Nivo razlike (test C)
Kokošija ljuska	100,00%	$3,87 \pm 0,67^c$	CVS (100,00%)	$2,70 \pm 1,30^a$
Guščija ljuska	100,00%	$3,50 \pm 1,28^{b,c}$	CVS (100,00%)	$3,21 \pm 0,90^{a,b}$
Pačija ljuska	100,00%	$2,87 \pm 1,23^{a,b}$	CVS (100,00%)	$3,08 \pm 0,88^a$
Prepeličija ljuska	100,00%	$2,29 \pm 1,08^a$	CVS (100,00%)	$4,29 \pm 0,62^c$
Čureća ljuska	100,00%	$3,29 \pm 0,76^{b,c}$	CVS (100,00%)	$3,83 \pm 0,76^{b,c}$
Kokošije žumance	100,00%	$3,83 \pm 0,92^a$	CVS (100,00%)	$4,21 \pm 0,51^a$
Guščije žumance	100,00%	$4,12 \pm 0,80^a$	CVS (100,00%)	$4,83 \pm 0,38^b$
Pačije žumance	100,00%	$4,33 \pm 0,48^a$	CVS (100,00%)	$4,75 \pm 0,44^b$
Prepeličije žumance	100,00%	$3,96 \pm 0,99^a$	CVS (100,00%)	$4,46 \pm 0,51^{ab}$
Čureće žumance	100,00%	$4,29 \pm 0,76^a$	CVS (100,00%)	$4,54 \pm 0,50^{ab}$
Kokošije belance	83,33%	$1,16 \pm 0,72^a$	CVS (100,00%)	$3,75 \pm 0,62^b$
Guščije belance	75,00%	$1,83 \pm 1,26^a$	CVS (100,00%)	$4,16 \pm 0,94^b$
Pačije belance	83,33%	$2,16 \pm 1,26^a$	CVS (100,00%)	$3,83 \pm 0,83^b$
Prepeličije belance	91,67%	$2,16 \pm 1,11^a$	CVS (100,00%)	$2,25 \pm 0,62^a$
Čureće belance	83,33%	$1,25 \pm 0,75^a$	CVS (100,00%)	$4,58 \pm 0,51^b$

Vrednosti u istoj koloni sa različitim malim slovima se značajno razlikuju ( $P < 0,05$ ).

Petostepena skala gde je 1 „vrlo nizak“, 2 „nizak“, 3 „umeren“, 4 „visok“ do 5 „vrlo visok“ nivo sličnosti/razlike.

Test B pokazao je da je procena boje pomoću CVS metodologije bila veoma slična bojama svih uzoraka jaja (100,00%).

Test C pokazao je da je razlika između dve boje velika, i to u rasponu od 2,25 (belance prepelice) do 4,83 (gušćije žumance).

## 6. ZAKLJUČCI

Na osnovu ispitivanja merenja boje hrane animalnog porekla različitim instrumentalnim metodama izvedeni su sledeći zaključci:

- Eksperiment za merenje boje mesa i proizvoda od mesa pokazao je statistički značajne razlike između dve korišćene metode (CVS i kolorimetar).
- Mera variranja CVS metode - standardna devijacija (skr. SD) bila je mala (prosečna SD = 1,49 za homogene proizvode od mesa; prosečna SD = 1,60 za dvobojne proizvode od mesa; prosečna SD = 1,69 za meso živine; prosečna SD = 1,81 za goveđe meso; prosečna SD = 2,33 za heterogene proizvode; prosečna SD = 2,83 za svinjsko meso i prosečna SD = 3,02 za divljač) čime je potvrđeno precizno merenje boje mesa i proizvoda od mesa.
- Boje dobijene CVS metodom bolje predstavljaju realnu boju uzoraka mesa i proizvoda od mesa. Učestalost sličnosti kretala se od 85,71% (zečije meso), 92,86% (pileća pašteta, goveđa kobasica, Hamburška slanina, suvi svinjski vrat i panceta) do 100,00% za sva ostala mesa i proizvode od mesa.
- Kolorimetar ne može biti pogodan za merenje boje mesa i proizvoda od mesa. Razlog tome je interakcija izvora svetlosti sa prozirnim i optički nehomogenim matriksom uzoraka mesa usled čega dolazi do difuzije svetlosti (rasejavanja), uzrokujući da merenja kolorimetra budu manje tačna.
- Dobijeni rezultati boje su jasno pokazali da je CVS preciznija i validnija metoda i da predstavlja superiornu alternativu konvencionalnoj metodi za merenje boje uzoraka mesa i proizvoda od mesa.
- Eksperiment za merenje boje mleka i proizvoda od mleka je pokazao da su uprkos korišćenju istih parametara za merenje boje (D65 izvor svetlosti, isti otvor blende) uočene statistički značajne razlike.
- Mera variranja CVS metode (standardna devijacija) bila je mala (prosečna SD = 0,98 za proizvode sa dominantnom žuto-zelenom bojom; prosečna SD = 0,30 za proizvode od mleka sa dominantnom belom bojom; prosečna SD = 0,40 za mleka i prosečna SD = 0,94 za proizvode sa dominantnom žutom bojom). Na osnovu ovih rezultata može se zaključiti da je CVS metodologija precizna za merenje boje mleka i proizvoda od mleka.
- Utvrđeno je da su CVS-proizvedene boje umereno do veoma slične u odnosu na boje koje su procenili obučeni ocenjivači. Učestalost sličnosti kretala se od 83,33% za kiselu surutku, 91,67% za slatku surutku i 100,00% za sve ostale proizvode od mleka.
- Uzorci mleka izmereni Minolta kolorimetrom su imali tamniju i žuću boju u odnosu na boju dobijenu sa CVS metodom, dok je boja proizvoda od mleka imala svetliju i žuću boju izgleda sa izuzetkom sira Grana Padano.
- Iako je upotreba kolorimetra za procenu boje svih mlečnih proizvoda pouzdana, pokazala se manje tačnom. Nedostatak validnosti konvencionalnog Minolta kolorimetra može se pripisati činjenici da zahteva neprozirne medijume. CVS metod se može smatrati pogodnom alternativnom metodom za merenje boje mleka i proizvoda od mleka.
- Iako su sprovedeni isti uslovi merenja, instrumentalno merenje boje jaja pokazalo je statistički značajne razlike između metoda CVS i kolorimetra.
- Mera variranja CVS metode izražena standardnom devijacijom pokazala je da je CVS metoda precizna za merenje boje jaja sa sledećim prosečnim SD vrednostima: 0,95 za belance jajeta;

2,37 za žumance jajeta i 2,67 za ljusku jajeta.

- CVS-dobijena boja uzoraka jaja bila je veoma slična boji uzoraka jaja sa učestalošću sličnosti od 75,00% za gušćije belance, 83,33% za kokošije, pačije i ćureće belance, 91,67% za prepeličije belance i 100,00% za ostale delove jaja.
- Boja ljuske jajeta merena pomoću Minolta kolorimetra imala je svetliju, zeleniju i žuću boju u poređenju sa CVS-proizvedenom bojom. Što se tiče žumanceta, boje kolorimetra su bile svetlije (izuzev gušćijeg žumanceta), zelenije i manje „žute“ u poređenju sa CVS-dobijenim bojama. Boja belanceta dobijena pomoću kolorimetra imala je tamniju, zeleniju i više „žutu“ boju u poređenju sa bojom dobijenom pomoću CVS metode.
- Dobijeni podaci jasno su pokazali da je kolorimetar bio manje reprezentativan i precizan za merenje boje jaja, dajući neobičnu i netipičnu boju.
- Iako je upotreba kolorimetra za procenu boje svih uzoraka jaja bila pouzdana pokazalo se da je manje tačna. To se može pripisati činjenici da Minolta kolorimetar za merenje boje zahteva neprozirne medijume. Zbog toga bi CVS trebalo smatrati kao moćniji, precizniji i beskontaktni uređaj za merenje boje svih delova jajeta (ljuska, belance i žumance).

Na osnovu dobijenih rezultata istraživanja ove disertacije utvrđeno je postojanje razlike između CVS-dobijene boje i boje dobijene pomoću kolorimetra. Merenje boje pomoću CVS metode bilo je veoma precizno (mala mera variranja metode). Na kraju, može se zaključiti da je CVS veoma primenljiv za merenje boje hrane animalnog porekla i da predstavlja superiornu alternativu tradicionalnom kolorimetrijskom metodi.

## 7. LITERATURA

- Abd El-Salam, M. H., & El-Shibiny, S. (2011). A comprehensive review on the composition and properties of buffalo milk. *Dairy Science & Technology*, 91(6), 663-699. <https://doi.org/10.1007/s13594-011-0029-2>
- Aday, S., & Karagul Yuceer, Y. (2014). Physicochemical and sensory properties of Mihalic Cheese. *International Journal of Food Properties*, 17(10), 2207-2227. <https://doi.org/10.1080/10942912.2013.790904>
- Adekoya, A., Porcadilla, M., Varga, D., & Kucska, B. (2018). Replacing fish meal with alternative protein sources in common carp's feed. *Acta Agraria Kaposváriensis*, 22(2), 18-24. <https://doi.org/10.31914/aak.2283>
- Ahn, H., Hsieh, F., Clarke, A., & Huff, H. (1999). Extrusion for Producing Low-fat Pork and its Use in Sausage as Affected by Soy Protein Isolate. *Journal of Food Science*, 64, 267-271. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1999.tb15880.x>
- Ai, M., Zhou, Q., Guo, S., Fan, H., Cao, Y., Ling, Z., Zhou, L., & Jiang, A. (2020). Characteristics of intermolecular forces, physicochemical, textural and microstructural properties of preserved egg white with Ca (OH) 2 addition. *Food Chemistry*, 314, 126206. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126206>
- Aksoy, A., Karasu, S., Akcicek, A., & Kayacan, S. (2019). Effects of Different Drying Methods on Drying Kinetics, Microstructure, Color, and the Rehydration Ratio of Minced Meat. *Foods*, 8(6), 216. <https://doi.org/10.3390/foods8060216>
- Aktypis, A., Christodoulou, E. D., Manolopoulou, E., Georgala, A., Daferera, D., & Polysiou, M. (2018). Fresh ovine cheese supplemented with saffron (*Crocus sativus L.*): Impact on microbiological, physicochemical, antioxidant, color and sensory characteristics during storage. *Small Ruminant Research*, 167, 32-38. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2018.07.016>
- Alamprese, C., Cigarini, M., & Brutti, A. (2019). Effects of ohmic heating on technological properties of whole egg. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 58, 102244. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.102244>
- Ali, M. S., Kang, G. H., Yang, H. S., Jeong, J. Y., Hwang, Y. H., Park, G. B., & Joo, S. T. (2007). A comparison of meat characteristics between duck and chicken breast. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*, 20(6), 1002-1006. <https://doi.org/10.5713/ajas.2007.1002>
- AMSA. (2012). *Meat color measurement guidelines*. Champaign, Illinois, USA: American meat science association. Preuzeto sa [https://meatscience.org/docs/default-source/publicationsresources/hot-topics/2012\\_12\\_meat\\_clr\\_guide.pdf?sfvrsn=d818b8b3\\_0](https://meatscience.org/docs/default-source/publicationsresources/hot-topics/2012_12_meat_clr_guide.pdf?sfvrsn=d818b8b3_0)
- An, S. Y., Guo, Y. M., Ma, S. D., Yuan, J. M., & Liu, G. Z. (2010). Effects of different oil sources and vitamin E in breeder diet on egg quality, hatchability and development of the neonatal offspring. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 23(2), 234-239. <https://doi.org/10.5713/ajas.2010.90140>
- Anema, S. G. (2017). Storage stability and age gelation of reconstituted ultra-high temperature skim milk. *International Dairy Journal*, 75, 56-67. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2017.06.006>

- Arthur, J. A., & O'Sullivan, N. (2005). Breeding chickens to meet egg quality needs. *International Hatchery Practice*, 19(7), 7-11.
- Ávila, M., Garde, S., & Nuñez, M. (2008). The influence of some manufacturing and ripening parameters on the colour of ewes' milk cheese. *Milchwissenschaft*, 63(2), 160-164.
- Ávila, M., Gómez-Torres, N., Delgado, D., Gaya, P., & Garde, S. (2017). Effect of high-pressure treatments on proteolysis, volatile compounds, texture, colour, and sensory characteristics of semi-hard raw ewe milk cheese. *Food Research International*, 100, 595-602. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.07.043>
- Babić, J., Cantalejo, M. J., & Arroqui, C. (2009). The effects of freeze-drying process parameters on Broiler chicken breast meat. *LWT*, 42(8), 1325-1334. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.03.020>
- Baker, R., & Günther, C. (2004). The role of carotenoids in consumer choice and the likely benefits from their inclusion into products for human consumption. *Trends in Food Science & Technology*, 15(10), 484-488. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2004.04.0094>
- Barbut, S. (2016). *Poultry Products Processing: An Industry Guide*. Boca Raton, USA: CRC Press.
- Bassey, F. I., Chinnan, M. S., Ebenso, E. E., Edem, C. A., & Iwegbue, C. M. A. (2013). Colour change: An indicator of the extent of maillard browning reaction in food system. *Asian Journal of Chemistry*, 25(16), 9325-9328. <https://doi.org/10.14233/ajchem.2013.15504>
- Belitz, H. D., Grosch, W., & Schieberle, P. (2004). *Food chemistry*. Berlin, Heidelberg: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-07279-0>
- Benli, H. (2016). Consumer attitudes toward storing and thawing chicken and effects of the common thawing practices on some quality characteristics of frozen chicken. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*, 29(1), 100–108. <https://doi.org/10.5713/ajas.15.0604>
- Berkhoff, J., Alvarado-Gilis, C., Keim, J. P., Alcalde, J. A., Vargas-Bello-Pérez, E., & Gandarillas, M. (2020). Consumer preferences and sensory characteristics of eggs from family farms. *Poultry Science*, 99(11), 6239-6246. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.06.064>
- Bermúdez-Aguirre, D., Corradini, M. G., Mawson, R., & Barbosa-Cánovas, G. V. (2009a). Modeling the inactivation of *Listeria innocua* in raw whole milk treated under thermo-sonication. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 10(2), 172-178. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2008.11.005>
- Bermúdez-Aguirre, D., Mawson, R., Versteeg, K., & Barbosa-Cánovas, G. V. (2009b). Composition properties, physicochemical characteristics and shelf life of whole milk after thermal and thermo-sonication treatments. *Journal of Food Quality*, 32(3), 283-302. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2009.00250.x>
- Berry, S. D., Davis, S. R., Beattie, E. M., Thomas, N. L., Burrett, A. K., Ward, H. E., Stanfield, A. M., Biswas, M., Ankersmit-Udy, A. E., Oxley, P. E., Barnett, J. L., Pearson, J. F., van der Does, Y., Macgibbon, A. H., Spelman, R. J., Lehnert, K., & Snell, R. G. (2009). Mutation in bovine beta-carotene oxygenase 2 affects milk color. *Genetics*, 182(3), 923–926. <https://doi.org/10.1534/genetics.109.101741>

- Borilova, G., Hulankova, R., Svobodova, I., Jezek, F., Hutarova, Z., Vecerek, V., & Steinhäuserova, I. (2016). The effect of storage conditions on the hygiene and sensory status of wild boar meat. *Meat Science*, 118, 71-77. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.03.024>
- Brainard, D. H. (2003). Color Appearance and Color Difference Specification. In S. K. Shevell (Ed.), *The science of color* (pp. 191–216). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-044451251-2/50006-4>
- Brewer, M. S., Zhu, L. G., Bidner, B., Meisinger, D. J., & McKeith, F. K. (2001). Measuring pork color: effects of bloom time, muscle, pH and relationship to instrumental parameters. *Meat Science*, 57(2), 169-176. [https://doi.org/10.1016/s0309-1740\(00\)00089-9](https://doi.org/10.1016/s0309-1740(00)00089-9)
- Brimelow, C. J. B., & Joshi, P. (2001). Colour measurement of foods by colour reflectance. In E. Kress-Rogers & C. J. B. Brimelow (Eds.), *Instrumentation and sensors for the food industry* (pp. 85-116). Cambridge, UK: Woodhead Publishing.
- Caboni, M. F., Boselli, E., Messia, M. C., Velazco, V., Fratianni, A., Panfili, G., & Marconi, E. (2005). Effect of processing and storage on the chemical quality markers of spray-dried whole egg. *Food Chemistry*, 92(2), 293-303. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.07.025>
- Cachaldora, A., García, G., Lorenzo, J. M., & Camino García-Fontán, M. (2013). Effect of modified atmosphere and vacuum packaging on some quality characteristics and the shelf-life of “morcilla”, a typical cooked blood sausage. *Meat Science*, 93(2), 220-225. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.08.028>
- Calderón, F., Chauveau-Duriot, B., Pradel, P., Martin, B., Graulet, B., Doreau, M., & Nozière, P. (2007). Variations in carotenoids, vitamins A and E, and color in cow's plasma and milk following a shift from hay diet to diets containing increasing levels of carotenoids and vitamin E. *Journal of Dairy Science*, 90(12), 5651-5664. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0264>
- Calnan, H. (2017). *The influence of phenotypic and genotypic factors on the colour of lamb meat during retail display* (Doctoral dissertation, Murdoch University, Australia). Preuzeto sa <https://researchrepository.murdoch.edu.au/id/eprint/39911/1/Calnan2017.pdf>
- Capitán-Vallvey, L. F., Lopez-Ruiz, N., Martinez-Olmos, A., Erenas, M. M., & Palma, A. J. (2015). Recent developments in computer vision-based analytical chemistry: A tutorial review. *Analytica Chimica Acta*, 899, 23-56. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2015.10.009>
- Carvalho, F., Prazeres, A. R., & Rivas, J. (2013). Cheese whey wastewater: Characterization and treatment. *Science of The Total Environment*, 445, 385-396. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.12.038>
- Cavalcanti, R. N., Balthazar, C. F., Esmerino, E. A., Freitas, M. Q., Silva, M. C., Raices, R. S. L., Gut, J. A. W., Cruz, A. G., & Tadini, C. C. (2019). Correlation between the dielectric properties and the physicochemical characteristics and proximate composition of whole, semi-skimmed and skimmed sheep milk using chemometric tools. *International Dairy Journal*, 97, 120-130. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2019.05.018>
- Cavero, D., Schmutz, M., Icken, W., & Preisinger, R. (2012). Attractive eggshell color as a breeding goal. *Lohmann Information*, 47(2), 15-21.

- Chang, Y. I., Chen, T. C., Lee, G. H., & Chang, K. S. (1999). Rheological, surface and colorimetric properties of egg albumen gel affected by pH. *International Journal of Food Properties*, 2(2), 101-111. <https://doi.org/10.1080/10942919909524594>
- Cheng, N., Barbano, D. M., & Drake, M. A. (2018). Hunter versus CIE color measurement systems for analysis of milk-based beverages. *Journal of Dairy Science*, 101(6), 4891-4905. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14197>
- Cho, S., Kang, G., Seong, P. N., Park, B., & Kang, S. M. (2015). Effect of slaughter age on the antioxidant enzyme activity, color, and oxidative stability of Korean Hanwoo (*Bos taurus coreanae*) cow beef. *Meat Science*, 108, 44-49. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.05.018>
- Chudy, S., Biliska, A., Kowalski, R., & Teichert, J. (2020). Colour of milk and their products in CIE L\* a\* b\* space. *Medycyna Weterynaryjna*, 76(01), 77-81. <https://doi.org/10.21521/mw.6327>
- CIE. (2009). *Indoor Daylight Illuminants*. Commission Internationale de l'éclairage (CIE 184:2009). Preuzeto sa [www.cie.co.at](http://www.cie.co.at)
- Clarkson, C., Miroso, M., & Birch, J. (2018). Potential of extracted *Locusta migratoria* protein fractions as value-added ingredients. *Insects*, 9(1), 20. <https://doi.org/10.3390/insects9010020>
- Codex Alimentarius. General Standard for Food Additives. Preuzeto sa: [http://www.fao.org/gsfaonline/docs/CXS\\_192e.pdf](http://www.fao.org/gsfaonline/docs/CXS_192e.pdf)
- Coutts, J. A., & Wilson, G. C. (1990). *Egg quality handbook*. Australia: Queensland Department of Primary Industries.
- Crisosto, C. H., Crisosto, G. M., & Metheney, P. (2003). Consumer acceptance of 'Brooks' and 'Bing' cherries is mainly dependent on fruit SSC and visual skin color. *Postharvest Biology and Technology*, 28(1), 159-167. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(02\)00173-4](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(02)00173-4)
- Dai, S., Jiang, F., Corke, H., & Shah, N. P. (2018). Physicochemical and textural properties of mozzarella cheese made with konjac glucomannan as a fat replacer. *Food Research International*, 107, 691-699. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.02.069>
- Darvishi, H., Khoshtaghaza, M. H., Zarein, M., & Azadbakht, M. (2012). Ohmic processing of liquid whole egg, white egg and yolk. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 14(4), 224-230.
- Daszkiewicz, T., Kondratowicz, J., & Koba-Kowalczyk, M. (2011). Changes in the quality of meat from roe deer (*Capreolus capreolus* L.) bucks during cold storage under vacuum and modified atmosphere. *Polish Journal of Veterinary Sciences*, 14(3). <https://doi.org/10.2478/v10181-011-0068-x>
- De Castro-Cislaghi, F. P., Carina Dos Reis, E. S., Fritzen-Freire, C. B., Lorenz, J. G., & Sant'Anna, E. S. (2012). Bifidobacterium Bb-12 microencapsulated by spray drying with whey: Survival under simulated gastrointestinal conditions, tolerance to NaCl, and viability during storage. *Journal of Food Engineering*, 113(2), 186-193. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.06.006>



- De Souza, P. M., & Fernández, A. (2011). Effects of UV-C on physicochemical quality attributes and *Salmonella enteritidis* inactivation in liquid egg products. *Food Control*, 22(8), 1385-1392. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2011.02.017>
- Deepika, D., Vegneshwaran, V. R., Julia, P., Sukhinder, K. C., Sheila, T., Heather, M., & Wade, M. (2014). Investigation on oil extraction methods and its influence on omega-3 content from cultured salmon. *Journal of Food Processing and Technology*, 5(12), 1-13. <https://doi.org/10.4172/2157-7110.1000401>
- Dhanda, J. S., Taylor, D. G., McCosker, J. E., & Murray, P. J. (1999). The influence of goat genotype on the production of Capretto and Chevon carcasses. 1. Growth and carcass characteristics. *Meat Science*, 52(4), 355-361. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(99\)00016-9](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(99)00016-9)
- Diaz, M. T., Velasco, S., Caneque, V., Lauzurica, S., De Huidobro, F. R., Pérez, C., González, J., & Manzanares, C. (2002). Use of concentrate or pasture for fattening lambs and its effect on carcass and meat quality. *Small Ruminant Research*, 43(3), 257-268. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(02\)00016-0](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(02)00016-0)
- Diezhandino, I., Fernández, D., Sacristán, N., Combarros-Fuertes, P., Prieto, B., & Fresno, J. M. (2016). Rheological, textural, colour and sensory characteristics of a Spanish blue cheese (Valdeón cheese). *LWT*, 65, 1118-1125. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.10.003>
- Du, C. J., & Sun, D. W. (2004). Recent developments in the applications of image processing techniques for food quality evaluation. *Trends in Food Science & Technology*, 15(5), 230-249. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2003.10.006>
- Đurišić, S., Milić-Lemić, A., Obradović-Đuričić, K., & Popović, O. (2007). Instrumentalno određivanje boje zuba u protetsoj rekonstrukciji. *Stomatološki Glasnik Srbije*, 54, 240-247.
- Dvořák, P., Doležalová, J., & Suchý, P. (2009). Photocolorimetric determination of yolk colour in relation to selected quality parameters of eggs. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(11), 1886-1889. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3668>
- Dvořák, P., Suchý, P., Straková, E., & Kopřiva, V. (2012). Possibilities of enhancing the colour of egg yolk. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(4), 853-856. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4657>
- Erbay, Z., & Koca, N. (2015). Effects of whey or maltodextrin addition during production on physical quality of white cheese powder during storage. *Journal of Dairy Science*, 98(12), 8391-8404. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9765>
- Erkaya, T., & Şengül, M. (2012). A Comparative Study on Some Quality Properties and Mineral Contents of Yoghurts Produced From Different Type of Milks. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 18(2). <https://doi.org/10.9775/kvfd.2011.5498>
- Eskin, N. M., & Shahidi, F. (2012). *Biochemistry of Foods* (3<sup>rd</sup> edition). London, UK: Elsevier.
- Espada, E., & Vijverberg, H. (2002). Milk colour analysis as a tool for the detection of abnormal milk. In J. McLean, M. Sinclair & B. West (Eds.), *First North American Conference on robotic milking* (pp. 20-22). Toronto, Canada.
- Feiner, G. (2016). *Salami: Practical science and processing technology*. London, UK: Elsevier.

- Feng, X., Moon, S. H., Lee, H. Y., & Ahn, D. U. (2017). Effect of irradiation on the parameters that influence quality characteristics of raw turkey breast meat. *Radiation Physics and Chemistry*, 130, 40-46. <https://doi.org/10.3382/ps/pew272>
- Fletcher, D. L. (1999). Broiler breast meat color variation, pH, and texture. *Poultry Science*, 78(9), 1323–1327. <https://doi.org/10.1093/ps/78.9.1323>
- Font-i- Furnols, M., & Guerrero, L. (2014). Consumer preference, behavior and perception about meat and meat products: An overview. *Meat Science*, 98, 361- 371. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.06.025>
- Forsyth, D. A., & Ponce, J. (2003). *Computer vision: a modern approach*. USA: Prentice Hall, Pearson Education, Inc.
- Franco, D., Rois, D., Arias, A., Justo, J. R., Marti-Quijal, F. J., Khubber, S., Barba, F. J., López-Pedrouso, M., & Manuel Lorenzo, J. (2020). Effect of breed and diet type on the freshness and quality of the eggs: A comparison between MOS (Indigenous Galician breed) and Isa brown hens. *Foods*, 9 (3), 342. <https://doi.org/10.3390/foods9030342>
- Ganasen, P., & Benjakul, S. (2011). Chemical composition, physical properties and microstructure of pidan white as affected by different divalent and monovalent cations. *Journal of Food Biochemistry*, 35(5), 1528-1537. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4514.2010.00475.x>
- Gatellier, P., Hamelin, C., Durand, Y., & Renerre, M. (2001). Effect of a dietary vitamin E supplementation on colour stability and lipid oxidation of air-and modified atmosphere-packaged beef. *Meat Science*, 59(2), 133-140. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(01\)00063-8](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(01)00063-8)
- Gaucheron, F. (2011). Milk and Dairy Products: A Unique Micronutrient Combination. *Journal of the American College of Nutrition*, 30, 400S-409S. <https://doi.org/10.1080/07315724.2011.10719983>
- Geldenhuis, G., Hoffman, L. C., & Muller, M. (2014). Sensory profiling of Egyptian goose (*Alopochen aegyptiacus*) meat. *Food Research International*, 64, 25-33. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.06.005>
- Girolami, A., Napolitano, F., Faraone, D., & Braghieri, A. (2013). Measurement of meat color using a computer vision system. *Meat Science*, 93(1), 111-118. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.08.010>
- Gok, V., Obuz, E., & Akkaya, L. (2008). Effect of packaging method and storage time on the chemical, microbiological, and sensory properties of Turkish pastirma – a dry cured beef product. *Meat Science*, 80(2),335–344. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.12.017>
- Goñi, S. M., & Salvadori, V. O. (2017). Color measurement: comparison of colorimeter vs. computer vision system. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 11(2), 538-547. <https://doi.org/10.1007/s11694-016-9421-1>
- Gorchein, A., Lim, C. K., & Cassey, P. (2009). Extraction and analysis of colourful eggshell pigments using HPLC and HPLC/electrospray ionization tandem mass spectrometry. *Biomedical Chromatography*, 23(6), 602-606. <https://doi.org/10.1002/bmc.1158>

- Grashorn, M. A., Steinberg, W., & Blanch, A. (2000). Effects of canthaxanthin and saponified capsanthin/capsorubin in layer diets on yolk pigmentation in fresh and boiled eggs (pp. 20-24). In *XXI World's Poultry Congress, Montreal, Canada, August*.
- Grzybowski, A., & Kupidura-Majewski, K. (2019). What is color and how it is perceived? *Clinics in Dermatology*, 37(5), 392-401. <https://doi.org/10.1016/j.clindermatol.2019.07.008>
- Guerrero, P., O'Sullivan, M. G., Kerry, J. P., & de la Caba, K. (2015). Application of soy protein coatings and their effect on the quality and shelf-life stability of beef patties. *RSC advances*, 5(11), 8182-8189. <https://doi.org/10.1039/C4RA13421D>
- Gul, O., Atalar, I., Mortas, M., & Dervisoglu, M. (2018). Rheological, textural, colour and sensorial properties of kefir produced with buffalo milk using kefir grains and starter culture: A comparison with cows' milk kefir. *International Journal of Dairy Technology*, 71, 73-80. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12503>
- Guler, Z., & Park, Y. W. (2009). Evaluation of chemical and color index characteristics of goat milk, its yoghurt and salted yoghurt. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 11(1), 37-39.
- Gulrajani, M. L. (2010). *Colour measurement: Principles, advances and industrial applications*. Cambridge, UK: Woodhead Publishing.
- Hammad, H., Ma, M., Damaka, A., Elkhedir, A., & Jin, G. (2019). Effect of Freeze and Re - freeze on Chemical Composition of Beef and Poultry Meat at Storage Period 4.5 Months (SP4. 5). *Journal of Food Processing & Technology*, 10, 791. <https://doi.org/10.4172/2157-7110.1000791>
- Harte, F., Luedecke, L., Swanson, B., & Barbosa-Canovas, G. V. (2003). Low-fat set yogurt made from milk subjected to combinations of high hydrostatic pressure and thermal processing. *Journal of Dairy Science*, 86(4), 1074-1082. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73690-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73690-X)
- Hassan, A., Amjad, I., & Mahmood, S. (2009). Microbiological and physicochemical analysis of different UHT milks available in market. *African Journal of Food Science (ACFS)*, 3(4), 100-106.
- Havemose, M. S., Weisbjerg, M. R., Bredie, W. L. P., & Nielsen, J. H. (2004). Influence of feeding different types of roughage on the oxidative stability of milk. *International Dairy Journal*, 14(7), 563-570. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2003.11.005>
- Henning, S. S., Tshalibe, P., & Hoffman, L. C. (2016). Physico-chemical properties of reduced-fat beef species sausage with pork back fat replaced by pineapple dietary fibres and water. *LWT*, 74, 92-98. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.07.007>
- Hettinga, D. (2005). *Bailey's Industrial Oil and Fat Products* (6th edition). Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons Inc.
- Hilali, M., Iñiguez, L., Knaus, W., Schreiner, M., Wurzinger, M., & Mayer, H. K. (2011). Dietary supplementation with nonconventional feeds from the Middle East: Assessing the effects on physicochemical and organoleptic properties of Awassi sheep milk and yogurt. *Journal of Dairy Science*, 94(12), 5737-5749. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3979>

- Hoffman, L. C., Kritzing, B., & Ferreira, A. V. (2005). The effects of region and gender on the fatty acid, amino acid, mineral, myoglobin and collagen contents of impala (*Aepyceros melampus*) meat. *Meat Science*, 69(3), 551-558. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.10.006>
- Holman, B. W., Collins, D., Kilgannon, A. K., & Hopkins, D. L. (2018). The effect of technical replicate (repeats) on Nix Pro Color Sensor™ measurement precision for meat: A case-study on aged beef colour stability. *Meat Science*, 135, 42-45. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.09.001>
- Honikel, K. O. (1998). Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat science*, 49(4), 447-457. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(98\)00034-5](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(98)00034-5)
- Houssin, B., Foret, A., & Chenais, F. (2002). Effect of the winter diet (corn vs. grass silage) of dairy cows on the organoleptic quality of butter and camembert cheese. In J. L. Durand, J. C. Emile, C. Huyghe, & G. Lemaire (Eds.), *Multi-function grasslands: quality forages, animal products and landscapes* (pp. 572-573). Proceedings of the 19th General Meeting of the European Grassland, Versailles cedex, France.
- Huang, X., Li, J., Chang, C., Gu, L., Su, Y., & Yang, Y. (2019). Effects of NaOH/NaCl pickling on heat-induced gelation behaviour of egg white. *Food Chemistry*, 297, 124939. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.06.006>
- Hughes, J. M., Oiseth, S. K., Purslow, P. P., & Warner, R. D. (2014). A structural approach to understanding the interactions between colour, water-holding capacity and tenderness. *Meat Science*, 98(3), 520-532. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.05.022>
- Hulsegge, B., Engel, B., Buist, W., Merkus, G. S. M., & Klont, R. E. (2001). Instrumental colour classification of veal carcasses. *Meat Science*, 57(2), 191-195. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(00\)00093-0](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(00)00093-0)
- Hunt, R. W. G., & Pointer, M. R. (2011). Light Sources. In M.A, Kriss & L.W, MacDonald (Eds.), *Measuring colour* (pp. 73-96). Chicester, UK: John Wiley & Sons Ltd.
- Hwang, J. S., Lai, K. M., & Hsu, K. C. (2007). Changes in textural and rheological properties of gels from tilapia muscle proteins induced by high pressure and setting. *Food Chemistry*, 104(2), 746-753. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.11.075>
- Ibraheem, N. A., Hasan, M. M., Khan, R. Z., & Mishra, P. K. (2012). Understanding color models: a review. *ARPN Journal of Science and Technology*, 2(3), 265-275.
- Ilić, J. (2014). *Boje i osvetljenost za studente animacije u inženjerstvu*. Novi Sad, Srbija: Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet Tehničkih Nauka.
- Johnston, N. P., Jefferies, L. K., Rodriguez, B., & Johnston, D. E. (2011). Acceptance of brown-shelled eggs in a white-shelled egg market. *Poultry Science*, 90(5), 1074-1079.
- Judd, D. B., MacAdam, D. L., Wyszecki, G., Budde, H. W., Condit, H. R., Henderson, S. T., & Simonds, J. L. (1964). Spectral distribution of typical daylight as a function of correlated color temperature. *Josa*, 54(8), 1031-1040. <https://doi.org/10.1364/JOSA.54.001031>
- Jung, S., Ghoul, M., & de Lamballerie-Anton, M. (2003). Influence of high pressure on the color and microbial quality of beef meat. *LWT*, 36(6), 625-631. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(03\)00082-3](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(03)00082-3)

- Kadim, I., Mahgoub, O., Al-Ajmi, D., Al-Maqbaly, R., Al-Saqri, N., & Ritchie, A. (2004). An evaluation of the growth, carcass and meat quality characteristics of Omani goat breeds. *Meat Science*, 66(1), 203-210. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(03\)00092-5](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(03)00092-5)
- Kang, Z. L., Zou, Y. F., Xu, X. L., Zhu, C. Z., Wang, P., & Zhou, G. H. (2014). Effect of a beating process, as a means of reducing salt content in Chinese-style meatballs (kung-wan): A physico-chemical and textural study. *Meat Science*, 96(1), 147-152. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.06.019>
- Karamucki, T., & Jakubowska, M. (2019). Comparison of 2° and 10° standard observers used with C and D65 illuminants in measurements of colour in raw minced pork loin. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 18(4). <https://doi.org/10.17306/J.AFS.2019.0712>
- Karlović, I. (2010). *Karakterizacija kolorimetrijskih i geometrijskih osobina oplemenjenih površina u štampi* (Doktorska disertacija, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, Republika Srbija). Preuzeto sa [https://www.grid.uns.ac.rs/data/biblioteka/disertacije/disertacija\\_karlovic.pdf](https://www.grid.uns.ac.rs/data/biblioteka/disertacije/disertacija_karlovic.pdf)
- Kaya, A. (2000). Properties and stability of butter oil obtained from milk and yoghurt. *Food/Nahrung*, 44(2), 126-129. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1521-3803\(20000301\)44:2<126::AID-FOOD126>3.0.CO;2-B](https://doi.org/10.1002/(SICI)1521-3803(20000301)44:2<126::AID-FOOD126>3.0.CO;2-B)
- Kennedy, G. Y., & Vevers, H. G. (1976). A survey of avian eggshell pigments. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry*, 55(1), 117-123. [https://doi.org/10.1016/0305-0491\(76\)90183-8](https://doi.org/10.1016/0305-0491(76)90183-8)
- Kim, E. K., Lee, H., Kim, J.Y., & Kim, S. (2020). Data Augmentation Method by Applying Color Perturbation of Inverse PSNR and Geometric Transformations for Object Recognition Based on Deep Learning. *Applied Sciences*, 10(11):3755. <https://doi.org/10.3390/app10113755>
- Kim, Y. S., Yoon, S. K., Song, Y. H., & Lee, S. K. (2003). Effect of season on color of Hanwoo (Korean native cattle) beef. *Meat Science*, 63(4), 509-513. [https://doi.org/10.1016/s0309-1740\(02\)00112-2](https://doi.org/10.1016/s0309-1740(02)00112-2)
- Koç, M., Koç, B., Susyal, G., Yilmazer, M. S., Ertekin, F. K., & Bağdathoğlu, N. (2011). Functional and physicochemical properties of whole egg powder: effect of spray drying conditions. *Journal of Food Science and Technology*, 48(2), 141-149. <https://doi.org/10.1007/s13197-010-0159-1>
- Koca, N., Balasubramaniam, V. M., & Harper, W. J. (2011). High-Pressure Effects on the Microstructure, Texture, and Color of White-Brined Cheese. *Journal of Food Science*, 76(5), E399-E404. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02201.x>
- Kodagali, J. A., & Balaji, S. (2012). Computer vision and image analysis based techniques for automatic characterization of fruits-a review. *International Journal of Computer Applications*, 50(6). <https://doi.org/10.5120/7773-0856>
- Konica Minolta. (n.d.). *Color & Appearance Measurement*. Preuzeto May 28, 2021, sa <https://sensing.konicaminolta.us/us/applications/color-measurement>
- Kortei, N., & Akonor, P. (2015). Correlation between hue-angle and color lightness of gamma irradiated mushrooms. *Annals. Food Science and Technology*, 16, 98-103.

- Krichen, F., Hamed, M., & Karoud, W. (2020). Essential oil from pistachio by-product: potential biological properties and natural preservative effect in ground beef meat storage. *Food Measure*, 14, 3020–3030. <https://doi.org/10.1007/s11694-020-00546-6>
- Krimer-Gaborović, S. (2019). Knjiga 20: *Prepoznavanje i imenovanje boja u engleskom i srpskom jeziku*. E-disertacija. Filozofski fakultet, Novi Sad, Srbija.
- Kristensen, D., Boesen, M., Jakobsen, U. L., Månsson, L., Erichsen, L., & Skibsted, L. H. (2000). Oxidative and colour stability of salted sour cream dairy spread compared to salted sweet cream dairy spread. *Milchwissenschaft*, 55(9), 504-507.
- Kudrnáčová, E., Bartoň, L., Bureš, D., & Hoffman, L. C. (2018). Carcass and meat characteristics from farm-raised and wild fallow deer (*Dama dama*) and red deer (*Cervus elaphus*): A review. *Meat Science*, 141, 9-27. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.02.020>
- Kuzmanović, S. (2008). *Industrijski dizajn*. Novi Sad, Srbija: Fakultet tehničkih nauka.
- Lakade, A. J., Sundar, K., & Shetty, P. H. (2017). Nanomaterial-based sensor for the detection of milk spoilage. *LWT*, 75, 702-709. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.10.031>
- Lana, M. M., Tijskens, L. M. M., & Van Kooten, O. (2005). Effects of storage temperature and fruit ripening on firmness of fresh cut tomatoes. *Postharvest Biology and Technology*, 35(1), 87-95. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2004.07.001>
- Langman, L. (2009). *Calidad Organoléptica en Leche Expresada en Su Color y Perfil de Olor. Relación de Estos Parámetros con la Incorporación de Antioxidantes Naturales en la Dieta Implementada en las Vacas* (Doctoral Dissertation, La Plata National University, La Plata, Argentina).
- Larraín, R., Schaefer, D., & Reed, J. (2008). Use of digital images to estimate CIE colour coordinates of beef. *Food Research International*, 41(4), 380-385. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2008.01.002>
- Le, T. T., Holland, J. W., Bhandari, B., Alewood, P. F., & Deeth, H. C. (2013). Direct evidence for the role of Maillard reaction products in protein cross-linking in milk powder during storage. *International Dairy Journal*, 31(2), 83-91. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2013.02.013>
- Leon, K., Mery, D., Pedreschi, F., & Leon, J. (2006). Color measurement in L\* a\* b\* units from RGB digital images. *Food Research International*, 39(10), 1084-1091. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2006.03.006>
- Li, Y., Shabani, K. I., Qin, X., Yang, R., Jin, X., Ma, X., & Liu, X. (2019). Effects of cross-linked inulin with different polymerisation degrees on physicochemical and sensory properties of set-style yoghurt. *International Dairy Journal*, 94, 46-52. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2019.02.009>
- Li-Chan, E. C., & Kim, H. O. (2008). Structure and chemical composition of eggs. In Y. Mine (Ed.), *Egg Bioscience and Biotechnology*, 10. USA: John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9780470181249.ch1>
- Liu, Y. Q., Davis, C., Schmaelzle, S., Rocheford, T., Cook, M., & Tanumihardjo, S. (2012).  $\beta$ -Cryptoxanthin biofortified maize (*Zea mays*) increases  $\beta$ -cryptoxanthin concentration and

- enhances the color of chicken egg yolk. *Poultry Science*, 91(2), 432-438. <https://doi.org/10.3382/ps.2011-01719>
- Livingston, D. J., & Brown, W. D. (1981). The chemistry of myoglobin and its reactions [Meat Pigments, Food Quality Indices]. *Food Technology*, 38, 238-252.
- Llave, Y., Fukuda, S., Fukuoka, M., Shibata-Ishiwatari, N., & Sakai, N. (2018). Analysis of color changes in chicken egg yolks and whites based on degree of thermal protein denaturation during ohmic heating and water bath treatment. *Journal of Food Engineering*, 222, 151-161. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.11.024>
- Lokaewmanee, K., Yamauchi, K., Komori, T., & Saito, K. (2010): Effects on egg yolk colour of paprika or paprika combined with marigold flower extracts. *Italian Journal of Animal Science*, 9(4). <https://doi.org/10.4081/ijas.2010.e67>
- Lucas, A., Rock, E., Agabriel, C., Chilliard, Y., & Coulon, J. B. (2008). Relationships between animal species (cow versus goat) and some nutritional constituents in raw milk farmhouse cheeses. *Small Ruminant Research*, 74(1-3), 243-248. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2007.03.011>
- MacDougall, D. B. (1982). Changes in the colour and opacity of meat. *Food Chemistry*, 9(1-2), 75-88. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(82\)90070-X](https://doi.org/10.1016/0308-8146(82)90070-X)
- Macdougall, D. B. (2010). 13 - Colour measurement of food: principles and practice (1<sup>st</sup> edition). In M. L. Gulrajani (Ed.), *Colour Measurement* (pp. 312-342). Cambridge, UK: Woodhead Publishing.
- Malacara, D. (2011). *Color vision and colorimetry: Theory and applications* (2<sup>nd</sup> edition) Bellingham, Wash, USA: SPIE. <https://doi.org/10.1117/3.881172>
- Mancini, R. A., & Hunt, M. C. (2005). Current research in meat color. *Meat Science*, 71 (1), 100-121. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.03.003>
- Mani-López, E., Palou, E., & López-Malo, A. (2014). Probiotic viability and storage stability of yogurts and fermented milks prepared with several mixtures of lactic acid bacteria. *Journal of Dairy Science*, 97(5), 2578-2590. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7551>
- Mansurov, N. (2020). *Understanding Aperture in Photography*. Preuzeto sa <https://photographylife.com/what-is-aperture-in-photography>
- Marco-Molés, R., Rojas-Graü, M. A., Hernando, I., Pérez-Munuera, I., Soliva-Fortuny, R., & Martín-Belloso, O. (2011). Physical and structural changes in liquid whole egg treated with high-intensity pulsed electric fields. *Journal of Food Science*, 76(2), C257-C264. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.02016.x>.
- Martin, B., Fedele, V., Ferlay, A., Grolier, P., Rock, E., Gruffat, D., & Chilliard, Y. (2004). Effects of grass-based diets on the content of micronutrients and fatty acids in bovine and caprine dairy products. In A. Lüscher, B. Jeangros, W. Kessler, O. Huguenin, M. Lobsiger, N. Millar, & D. Suter (Eds.), *Land use systems in grassland dominated regions* (pp. 876-886). Proceedings of the 20th General Meeting of the European Grassland Federation, Luzern, Switzerland.

- Martínez-Rodríguez, Y., Acosta-Muñiz, C., Olivas, G. I., Guerrero-Beltrán, J., Rodrigo-Aliaga, D., & Sepúlveda, D. R. (2012). High Hydrostatic Pressure Processing of Cheese. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 11(4), 399-416. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2012.00192.x>
- Mason, R. L., Gunst, R. F., & Hess, J. L. (2003). *Statistical design and analysis of experiments: with applications to engineering and science* (2<sup>nd</sup> edition). Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Mazloomi, S. M., Shekarforoush, S. S., Ebrahimnejad, H., & Sajedianfard, J. (2011). Effect of adding inulin on microbial and physicochemical properties of low fat probiotic yogurt. *Iranian Journal of Veterinary Research*, 12, 93. <https://doi.org/10.22099/IJVR.2011.47>
- McDermott, A., Visentin, G., McParland, S., Berry, D. P., Fenelon, M., & De Marchi, M. (2016). Effectiveness of mid-infrared spectroscopy to predict the color of bovine milk and the relationship between milk color and traditional milk quality traits. *Journal of Dairy Science*, 99(5), 3267-3273. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10424>
- Meena, G. S., Singh, A. K., Arora, S., Borad, S., Sharma, R., & Gupta, V. K. (2017). Physico-chemical, functional and rheological properties of milk protein concentrate 60 as affected by disodium phosphate addition, diafiltration and homogenization. *Journal of Food Science and Technology*, 54, 1678–1688. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2600-1>
- Mehta, S., Patel, A., & Mehta, J. (2015, April 2-4). *CCD or CMOS Image sensor for photography*. 2015 International Conference on Communications and Signal Processing (ICCSP), Melmaruvathur, India. <https://doi.org/10.1109/ICCSP.2015.7322890>
- Méndez-Cid, F. J., Centeno, J. A., Martínez, S., & Carballo, J. (2017). Changes in the chemical and physical characteristics of cow's milk butter during storage: Effects of temperature and addition of salt. *Journal of Food Composition and Analysis*, 63, 121-132. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2017.07.032>
- Mertens, K., Vaesen, I., Loffel, J., Kemps, B., Kamers, B., Perianu, C., Zoons, J., Darius, P., Decuypere, E., De Baerdemaeker, J., & De Ketelaere, B. (2010). The transmission color value: A novel egg quality measure for recording shell color used for monitoring the stress and health status of a brown layer flock. *Poultry Science*, 89(3), 609-617. <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00261>
- Milić-Lemić, A., Obradović-Đuričić, K., & Popović, O. (2007). Instrumentalno određivanje boje zuba u protetsoj rekonstrukciji. *Stomatološki Glasnik Srbije*, 54, 240- 247.
- Millar, S. J., Moss, B. W., & Stevenson, M. H. (2000). The effect of ionising radiation on the colour of leg and breast of poultry meat. *Meat Science*, 55(3), 361-370. [https://doi.org/10.1016/s0309-1740\(99\)00165-5](https://doi.org/10.1016/s0309-1740(99)00165-5)
- Milovanovic, B., Djekic, I., Miocinovic, J., Djordjevic, V., Lorenzo, J. M., Barba, F. J., Morlein, D., & Tomasevic, I. (2020). What Is the Color of Milk and Dairy Products and How Is It Measured? *Foods*, 9(11), 1629. <https://doi.org/10.3390/foods9111629>
- Milovanovic, B., Tomovic, V., Djekic, I., Miocinovic, J., Solowiej, B. G., Lorenzo, J. M., Francisco, J. B., & Tomasevic, I. (2021). Colour assessment of milk and milk products using computer vision system and colorimeter. *International Dairy Journal*, 120, 105084. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2021.105084>



- Min, B., Nam, K. C., Jo, C., & Ahn, D. U. (2012): Irradiation of shell egg on the physicochemical and functional properties of liquid egg white. *Poultry Science*, 91(10), 2649-2657. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02345>
- Miranda, G., Berna, À., González, R., & Mulet, A. (2014). The storage of dried apricots: The effect of packaging and temperature on the changes of texture and moisture. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38(1), 565-572. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12004>
- Mitsumoto, M., O'Grady, M. N., Kerry, J. P., Buckley, D. J. (2005). Addition of tea catechins and vitamin C on sensory evaluation, colour and lipid stability during chilled storage in cooked or raw beef and chicken patties. *Meat Science*, 69(4), 773-779. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.11.010>
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & PRISMA Group (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS medicine*, 6(7), e1000097. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
- Morales, F., & van Boekel, M. A. J. S. (1998). A study on advanced Maillard reaction in heated casein/sugar solutions: colour formation. *International Dairy Journal*, 8(10-11), 907-915. [https://doi.org/10.1016/s0958-6946\(99\)00014-x](https://doi.org/10.1016/s0958-6946(99)00014-x)
- Nam, K. C., & Ahn, D. U. (2002a). Carbon monoxide-heme pigment is responsible for the pink color in irradiated raw turkey breast meat. *Meat Science*, 60(1), 25-33. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(01\)00101-2](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(01)00101-2)
- Nam, K. C., Hur, S. J., Ismail, H., & Ahn, D. U. (2002b). Lipid oxidation, volatiles, and color changes in irradiated raw turkey breast during frozen storage. *Journal of Food Science*, 67(6), 2061-2066. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb09501.x>
- Neethling, J., Hoffman, L. C., & Britz, T. J. (2014). Impact of season on the chemical composition of male and female blesbok (*Damaliscus pygargus phillipsi*) muscles. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(3), 424-431. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6281>
- North, M. K., & Hoffman, L. C. (2015). Changes in springbok (*Antidorcas marsupialis*) Longissimus thoracis et lumborum muscle during conditioning as assessed by a trained sensory panel. *Meat science*, 108, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.05.004>
- Nozière, P., Graulet, B., Lucas, A., Martin, B., Grolier, P., & Doreau, M. (2006). Carotenoids for ruminants: From forages to dairy products. *131*(3-4), 418-450. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.06.018>
- Odabaşı, A. Z., Miles, R. D., Balaban, M. O., & Portier, K. M. (2007). Changes in Brown Eggshell Color As the Hen Ages. *Poultry Science*, 86(2), 356-363. <https://doi.org/10.1093/ps/86.2.356>
- Oleari, C. (1998). *Misurare il colore: spettrofotometria, fotometria e colorimetria: fisiologia e percezione*: Hoepli.
- Ostadzadeh, M., Abbasi, S., & Ehsani, M. R. (2012). Effect of ultrasonication on cacao particle size, color, viscosity, and sensory properties of cacao flavored milk. *Iranian Food Science & Technology Research Journal*, 8(1), 73-83. <http://dx.doi.org/10.22067/ifstrj>
- O'Sullivan, M. G., Byrne, D. V., Martens, H., Gidskehaug, L. H., Andersen, H. J., & Martens, M. (2003). Evaluation of pork colour: prediction of visual sensory quality of meat from

instrumental and computer vision methods of colour analysis. *Meat science*, 65(2), 909-918. [https://doi.org/10.1016/s0309-1740\(02\)00298-x](https://doi.org/10.1016/s0309-1740(02)00298-x)

Owens, S. L., Brewer, J. L., & Rankin, S. A. (2001). Influence of Bacterial Cell Population and pH on the Color of Nonfat Milk. *LWT*, 34(5), 329-333. <https://doi.org/10.1006/fstl.2001.0781>

Papadakis, S. E., Abdul-Malek, S., Kamdem, R. E., & Yam, K. L. (2000). A versatile and inexpensive technique for measuring color of foods. *Food Technology*, 54(12), 48–51.

Park, Y. W. (2006). Goat milk—chemistry and nutrition. In Y.W. Park, & G.F.W. Haenlein (Eds.), *Handbook of Milk of Non-bovine Mammals* (pp. 34-58). Oxford, UK/Ames, Iowa: Blackwell Publishing Professional.

Park, Y. W., Juárez, M., Ramos, M., & Haenlein, G. F. W. (2007). Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 68(1), 88-113. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.09.013>

Pathare, P. B., Opara, U. L., & Al-Said, F. (2013). Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: a review. *Food and Bioprocess Technology*, 6(1), 36-60. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0867-9>

Phillips, S. D., Estler, W. T., Doiron, T., Eberhardt, K. R., & Levenson, M. S. (2001). A careful consideration of the calibration concept. *Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology*, 106(2), 371-379. <https://doi.org/10.6028/jres.106.014>

Pietrasik, Z., Dhanda, J. S., Shand, P. J., & Pegg, R. B. (2006). Influence of injection, packaging, and storage conditions on the quality of beef and bison steaks. *Journal of Food Science*, 71(2), S110–S118. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.tb08913.x>

Plataniotis, K. N., & Venetsanopoulos, A. N. (2000). *Color image processing and applications*. Berlin, Heidelberg: Springer.

Popov-Raljić, J. V., Lakić, N. S., Laličić-Petronijević, J. G., Barać, M. B., & Sikimić, V. M. (2008). Color Changes of UHT Milk During Storage. *Sensors*, 8(9), 5961-5974. <https://doi.org/10.3390/s8095961>

Prache, S., Cornu, A., Berdagué, J. L., & Priolo, A. (2005). Traceability of animal feeding diet in the meat and milk of small ruminants. *Small Ruminant Research*, 59(2-3), 157-168. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.05.004>

Prache, S., Priolo, A., & Grolier, P. (2003). Effect of concentrate finishing on the carotenoid content of perirenal fat in grazing sheep: its significance for discriminating grass-fed, concentrate-fed and concentrate-finished grazing lambs. *Animal Science*, 77(2), 225-233. <https://doi.org/10.1017/S1357729800058963>

Pravilnik o kvalitetu proizvoda od mleka i starter kultura. (2014). *Službeni Glasnik Republike Srbije*. Br. 33, 2010; Br. 69, 2010; Br. 43, 2013 i Br. 34, 2014. Preuzeto sa <https://www.tehnologijahrane.com/pravilnik/pravilnik-o-kvalitetu-proizvoda-od-mleka-i-starter-kultura>

Pravilnik o kvalitetu usitnjenog mesa, poluproizvoda od mesa i proizvoda od mesa. (2019). *Službeni glasnik Republike Srbije*, Br. 104, 2014; Br. 94, 2015 i Br. 50, 2019. Preuzeto sa

<https://www.tehnologijahrane.com/pravilnik/pravilnik-o-kvalitetu-usitnjenog-mesa-poluproizvoda-od-mesa-i-proizvoda-od-mesa#toc-podela-proizvoda-od-mesa>

- Pugliese, A., Cabassi, G., Chiavaro, E., Paciulli, M., Carini, E., & Mucchetti, G. J. (2017). Physical characterization of whole and skim dried milk powders. *Journal of Food Science and Technology*, 54(11), 3433-3442. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2795-1>
- Qiao, Y., Huang, J., Chen, Y., Chen, H., Zhao, L., Huang, M., & Zhou, G. (2017). Meat quality, fatty acid composition and sensory evaluation of Cherry Valley, Spent Layer and Crossbred ducks. *Animal science journal = Nihon chikusan Gakkaiho*, 88(1), 156-165. <https://doi.org/10.1111/asj.12588>
- Queirós, M. S., Grimaldi, R., & Gigante, M. L. (2016). Addition of olein from milk fat positively affects the firmness of butter. *Food Research International*, 84, 69-75. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.03.017>
- Quintanilla, P., Beltrán, M. C., Molina, A., Escriche, I., & Molina, M. P. (2019). Characteristics of ripened Tronchón cheese from raw goat milk containing legally admissible amounts of antibiotics. *Journal of Dairy Science*, 102(4), 2941-2953. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15532>
- Ramírez-Navas, J. S. (2010). Espectrocolorimetría: caracterización de leche y quesos. *Tecnología Láctea Latinoamericana*, 61, 52-58.
- Ramirez-Navas, J. S., & Rodriguez de Stouvenel, A. (2012). Characterization of Colombian quesillo cheese by spectrophotometry. *Vitae*, 19(2), 178-185.
- Randelović, D. (2009). *Boja prehrambenih proizvoda*. Tehnologija hrane. Pristupljeno sa <https://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/boja-prehrambenih-proizvoda>
- Rannou, C., Queveau, D., Beaumal, V., David-Briand, E., Borgne, C., Meynier, A., Anton, M., Prost, C., Schuck, P., & Loisel, C. (2015). Effect of spray-drying and storage conditions on the physical and functional properties of standard and n-3 enriched egg yolk powders. *Journal of Food Engineering*, 154. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.11.002>
- Rannou, C., Texier, F., Moreau, M., Courcoux, P., Meynier, A., & Prost, C. (2013). Odour quality of spray-dried hens' egg powders: The influence of composition, processing and storage conditions. *Food Chemistry*, 138(2-3), 905-914. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.11.090>
- Raynal-Ljutovac, K., Lagriffoul, G., Paccard, P., Guillet, I., & Chilliard, Y. (2008). Composition of goat and sheep milk products: An update. *Small Ruminant Research*, 79(1), 57-72. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2008.07.009>
- Rede, R. R., & Petrović, Lj. (1997). *Tehnologija mesa i nauka o mesu*. Novi Sad, Srbija: Tehnološki fakultet.
- Rossel, R. V., Minasny, B., Roudier, P., & McBratney A. B. (2006). Colour space models for soil science. *Geoderma*, 133(3-4), 320-337. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2005.07.017>
- Saldana, E., Siche, R., Luján, M., & Quevedo, R. (2013). Review: Computer vision applied to the inspection and quality control of fruits and vegetables. *Brazilian Journal of Food Technology*, 16, 254-272. <https://doi.org/10.1590/S1981-67232013005000031>

- Samiullah, S., Roberts, J. R. (2013). The location of protoporphyrin in the eggshell of brown-shelled eggs. *Poultry Science*, 92(10), 2783-2788. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03051>
- Samiullah, S., Roberts, J. R., & Chousalkar, K. (2015). Eggshell color in brown-egg laying hens - a review. *Poultry Science*, 94(10), 2566-2575. <https://doi.org/10.3382/ps/pev202>
- Sanmartin, P., Chorro, E., Vázquez-Nion, D., Martínez-Verdú, F. M., & Prieto, B. (2014). Conversion of a digital camera into a non-contact colorimeter for use in stone cultural heritage: The application case to Spanish granites. *Measurement*, 56, 194-202. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2014.06.023>
- Santos, P., Wentzell, P., & Filho, E. (2012). Scanner Digital Images Combined with Color Parameters: A Case Study to Detect Adulterations in Liquid Cow's Milk. *Food Analytical Methods*, 5, 89-95. <https://doi.org/10.1007/s12161-011-9216-2>
- Saputro, E., Bintoro, V. P. P., & Pramono, Y. B. B. (2016). Color, pigment and residual nitrite of dendeng sapi naturally cured at various level of celery leaves and incubation temperatures. *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture*, 41(2), 99-105. <https://doi.org/10.14710/jitaa.41.2.99-105>
- Scarso, S., McParland, S., Visentin, G., Berry, D. P., McDermott, A., & De Marchi, M. (2017). Genetic and nongenetic factors associated with milk color in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 100(9), 7345-7361. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11683>
- Schanda, J. (2007). *Colorimetry: understanding the CIE system*. Hoboken, New Jersey, USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Seideman, S., Cross, H., Oltjen, R., & Schanbacher, B. D. (1982). Utilization of the intact male for red meat production: a review. *Journal of Animal Science*, 55(4), 826-840. <https://doi.org/10.2527/jas1982.554826x>
- Sezer, M. & Tekelioglu, O. (2009). Quantification of Japanese quail eggshell colour by image analysis. *Biological Research*, 42(1), 99-105. <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-97602009000100010>
- Sharma, A. (2018). *Understanding color management*. Hoboken, USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Sharma, G. (2003). Color fundamentals for digital imaging. In G. Sharma, G. Sharma & R. Bala (Eds.), *Digital color imaging handbook* (pp.1-98). Boca Raton, Florida, USA: CRC Press.
- Sharma, S., Sheehy, T., & Kolonel, L. N. (2013). Contribution of meat to vitamin B 12, iron and zinc intakes in five ethnic groups in the USA: implications for developing food-based dietary guidelines. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, 26(2), 156-168. <https://doi.org/10.1111/jhn.12035>
- Shi, C., Cui, J., Yin, X., Luo, Y., & Zhou, Z. (2014). Grape seed and clove bud extracts as natural antioxidants in silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) fillets during chilled storage: Effect on lipid and protein oxidation. *Food Control*, 40, 134-139. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.12.001>
- Siefarth, C., Tran, T. B. T., Mittermaier, P., Pfeiffer, T., & Buettner, A. (2014). Effect of radio frequency heating on yoghurt, I: Technological applicability, shelf-life and sensorial quality. *Foods*, 3(2), 318-335. <https://doi.org/10.3390/foods3020318>

- Simela, L., Webb, E. C., & Frylinck, L. (2004). Effect of sex, age, and pre-slaughter conditioning on pH, temperature, tenderness and colour of indigenous South African goats. *South African Journal of Animal Science*, 34(5), 208-211.
- Simmon, R. (2013). Subtleties of Color (Part 1 of 6). NASA Earth Observatory. <https://earthobservatory.nasa.gov/blogs/elegantfigures/2013/08/05/subtleties-of-color-part-1-of-6/>
- Singh, A., & Ramaswamy, H. (2013). Effect of high pressure processing on color and textural properties of eggs. *Journal of Food Research*, 2(4), 11. <https://doi.org/10.5539/jfr.v2n4p11>
- Singh, S. (2006). Impact of color on marketing. *Management Decision*, 44(6), 783-789. <https://doi.org/10.1108/00251740610673332>
- Škaljac, S. (2014). *Uticaj različitih tehnoloških parametara na formiranje boje tradicionalne fermentisane kobasice (Petrovačka kobasica) tokom standardizacije bezbednosti i kvaliteta* (Doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet, Novi Sad, Srbija). Preuzeto sa <https://search.proquest.com/openview/ffde104a54f7aa344d8e676ccd825cb9/1.pdf?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>
- Socaciu, C., & Diehl, H. A. (2009). Instruments to analyze food colors. In S. Otles (Ed.), *Handbook of Food Analysis Instruments* (pp. 229-246). Boca Raton, Florida, USA: Taylor & Francis Group.
- Sokołowicz, Z., Krawczyk, J., & Dykiel, M. (2018). The effect of the type of alternative housing system, genotype and age of laying hens on egg quality. *Annals of Animal Science*, 18(2), 541-556. <https://doi.org/10.2478/aoas-2018-0004>
- Solah, V. A., Staines, V., Honda, S., & Limley, H. A. (2007). Measurement of Milk Color and Composition: Effect of Dietary Intervention on Western Australian Holstein-Friesian Cow's Milk Quality. *Journal of Food Science*, 72(8), S560-S566. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00491.x>
- Stevenson, J. M., Weatherall, I. L., Litilejohn, R. P., & Seman, D. L. (1991). A comparison of two different instruments for measuring venison CIELAB values and colour assessment by a trained panel. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 34(2), 207-211. <https://doi.org/1080/00288233.1991.10423361>
- Stinco, C. M., Fernández-Vázquez, R., Meléndez-Martínez, A. J., Heredia, F. J., Bejines Mejías, E., & Vicario, I. M. (2012). Influence of Different Backgrounds on the Instrumental Color Specification of Orange Juices. In J.L. Caivano & M. d. Pilar Buera (Eds.), *Color in Food Technological and Psychophysical Aspects* (pp. 143-150). Boca Raton, Florida, USA: Taylor & Francis Group.
- Suman, S. P., & Joseph, P. (2013). Myoglobin chemistry and meat color. *Annual Review of Food Science and Technology*, 4, 79-99. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-030212-182623>
- Sun, D.-W. (Ed.). (2012). *Computer vision technology in the food and beverage industries*. Cambridge, UK: Woodhead Publishing

- Sun, L., Sun, J., Thavaraj, P., Yang, X., & Guo, Y. (2017). Effects of thinned young apple polyphenols on the quality of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) surimi during cold storage. *Food Chemistry*, 224, 372-381. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.12.097>
- Sunds, A. V., Rauh, V. M., Sørensen, J., & Larsen, L. B. (2018). Maillard reaction progress in UHT milk during storage at different temperature levels and cycles. *International Dairy Journal*, 77, 56-64. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2017.08.008>
- Surasani, V. K. R., Raju, C.V., Shafiq, U., Chandra, M. V., & Lakshmisha I. P. (2020). Influence of protein isolates from Pangas processing waste on physico-chemical, textural, rheological and sensory quality characteristics of fish sausages, *LWT*, 117, 108662, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108662>
- Sze, W. K., Huda, N., Dewi, M., & Hashim, H. (2018). Physicochemical properties of egg white powder from eggs of different types of bird. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 8(2), 384-389. <https://doi.org/10.18517/IJASEIT.8.2.4087>
- Tapp III W. N., Yancey, J. W. S., & Apple, J. K. (2011). How is the instrumental color of meat measured? *Meat Science*, 89(1), 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.11.021>
- Tarlak, F., Ozdemir, M., & Melikoglu, M. (2016). Computer vision system approach in colour measurements of foods: Part I. development of methodology. *Food Science and Technology*, 36(2), 382-388. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-457X.11615>
- Techathuvanan, C., & D'Souza, D. H. (2018). High intensity ultrasound for Salmonella Enteritidis inactivation in culture and liquid whole eggs. *Journal of Food Science*, 83(6), 1733-1739. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14185>
- Teena, M., Manickavasagan, A., Mothershaw, A., El Hadi, S., & Jayas, D. S. (2013). Potential of Machine Vision Techniques for Detecting Fecal and Microbial Contamination of Food Products: A Review. *Food and Bioprocess Technology*, 6(7), 1621-1634. doi: <https://doi.org/10.1007/s11947-013-1079-7>
- Tobin, J. T., Fitzsimons, S. M., Kelly, A. L., & Fenelon, M. A. (2011). The effect of native and modified konjac on the physical attributes of pasteurized and UHT-treated skim milk. *International Dairy Journal*, 21(10), 790-797. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2011.04.008>
- Tomašević, I., Djekic, I., Font-i-Furnols, M., Terjung, N., & Lorenzo, J. M. (2021). Recent advances in meat color research. *Current Opinion in Food Science*, 41, 81-87. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2021.02.012>
- Trinderup, C. H., Dahl, A., Jensen, K., Carstensen, J. M., & Conradsen, K. (2015). Comparison of a multispectral vision system and a colorimeter for the assessment of meat color. *Meat Science*, 102, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.11.012>
- Vaes, B. L., Lute, C., Blom, H. J., Bravenboer, N., de Vries, T. J., Everts, V., Dhonukshe-Rutten, R. A., Müller, M., de Groot, L. C., & Steegenga, W. T. (2009). Vitamin B(12) deficiency stimulates osteoclastogenesis via increased homocysteine and methylmalonic acid. *Calcified Tissue International*, 84(5), 413-422. <https://doi.org/10.1007/s00223-009-9244-8>

- Valous, N. A., Mendoza, F., Sun, D.-W., & Allen, P. (2009). Colour calibration of a laboratory computer vision system for quality evaluation of pre-sliced hams. *Meat Science*, 81(1), 132-141. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.07.009>
- van Staden, D., Noor Mahomed, F., Govender, S., Lengisi, L., Singh, B., & Aboobaker, O. (2018). Comparing the validity of an online Ishihara colour vision test to the traditional Ishihara handbook in a South African university population. *African Vision and Eye Health*, 77. <https://doi.org/10.4102/aveh.v77i1.370>
- Vargas, M., Cháfer, M., Albors, A., Chiralt, A., & González-Martínez, C. (2008). Physicochemical and sensory characteristics of yoghurt produced from mixtures of cows' and goats' milk. *International Dairy Journal*, 18(12), 1146-1152. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2008.06.007>
- Vargas-Sánchez, R. D., Torrescano-Urrutia, G. R., Ibarra-Arias, F. J., Portillo-Loera, J. J., Ríos-Rincón, F. G., & Sánchez-Escalante, A. (2018). Effect of dietary supplementation with *Pleurotus ostreatus* on growth performance and meat quality of Japanese quail. *Livestock Science*, 207, 117-125. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.11.015>
- Vestergaard, M., Oksbjerg, N., & Henckel, P. (2000). Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on muscle fibre characteristics and meat colour of semitendinosus, longissimus dorsi and supraspinatus muscles of young bulls. *Meat Science*, 54(2), 177-185. [https://doi.org/10.1016/s0309-1740\(99\)00097-2](https://doi.org/10.1016/s0309-1740(99)00097-2)
- Viguier, C., Arora, S., Gilmartin, N., Welbeck, K., & O'Kennedy, R. (2009). Mastitis detection: current trends and future perspectives. *Trends in biotechnology*, 27(8), 486-493. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2009.05.004>
- Vladić, G. (2013). *Karakterizacija uticajnih faktora na percepciju boje štampanih i bojelih ambalažnih proizvoda* (Doktorska disertacija, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Republika Srbija). Preuzeto sa: [https://www.grid.uns.ac.rs/data/biblioteka/disertacije/vladic\\_disertacija.pdf](https://www.grid.uns.ac.rs/data/biblioteka/disertacije/vladic_disertacija.pdf)
- Volpelli, L. A., Valusso, R., & Piasentier, E. (2002). Carcass quality in male fallow deer (*Dama dama*): effects of age and supplementary feeding. *Meat Science*, 60(4), 427-432. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(01\)00156-5](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(01)00156-5)
- Walker, G., Wijesundera, C., Dunshea, F., & Doyle, P. T. (2013). Seasonal and stage of lactation effects on milk fat composition in northern Victoria. *Animal Production Science*, 53(6), 560-572. <https://doi.org/10.1071/AN11363>
- Walstra, P. (2003). Crystallization. *Physical Chemistry of Foods* (pp. 583-649). Madicon, NY, USA: Marcel Dekker.
- Ware, C. (2020). Chapter Four – Color. *Information Visualization* (4<sup>th</sup> edition) (pp. 95-141). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2016-0-02395-1>
- Watts, B. M., Kendrick, J., Zipser, M. W., Hutchins, B., & Saleh, B. (1966). Enzymatic reducing pathways in meat. *Journal of Food Science*, 31(6), 855-862. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1966.tb03261.x>

- Wei, L. J., Alkarkhi, A. F. M. & Huda, N. (2019). Physicochemical properties of egg yolk powder from eggs of different types of bird. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 9(1), 3046. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.9.1.3046>
- Welch, A., Fransen, H., Jenab, M., Boutron-Ruault, M., Tumino, R., Agnoli, C., Ericson, U., Johansson, I., Ferrari, P., Engeset, D., Lund, E., Lentjes, M., Key, T., Touvier, M., Niravong, M., Larrañaga, N., Rodríguez, L., Ocke, M., Peeters, P., & Bingham, S. (2009). Variation in intakes of calcium, phosphorus, magnesium, iron and potassium in 10 countries in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition study. *European Journal of Clinical Nutrition*, 63(4), S101-121. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2009.77>
- Weller, H. (2020). *Color Spaces*. Preuzeto sa <https://cran.r-project.org/web/packages/colordistance/vignettes/color-spaces.html>
- Wen, C. Y., & Chou, C. M. (2002). Color Image Models and its Applications to Document Examination. *Forensic Science Journal*, 3, 23-32.
- Wenzel, M., Seuss-Baum, I., & Schlich, E. (2010). Influence of Pasteurization, Spray- and Freeze-Drying, and Storage on the Carotenoid Content in Egg Yolk. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(3), 1726-1731. <https://doi.org/10.1021/jf903488b>
- Whetzel, N. (2016). *CIE Standard Observers and calculation of CIE X, Y, Z color values - AN-1002b*. Preuzeto sa <https://support.hunterlab.com/hc/en-us/articles/203420099-CIE-Standard-Observers-and-calculation-of-CIE-X-Y-Z-color-values-AN-1002b>
- Whetzel, N. (2016). *Measuring Color Using Hunter L, a, b versus CIE 1976 L\* a\* b\**. Preuzeto sa <https://support.hunterlab.com/hc/en-us/articles/204137825-Measuring-Color-using-Hunter-Lab-versus-CIE-1976-Lab-AN-1005b>
- Whetzel, N. (2018). *Measuring Meat Steaks, Fillets and Patties Using the MiniScan EZ 45/0 LAV*. Preuzeto sa <https://support.hunterlab.com/hc/en-us/articles/360001011306-Measuring-Meat-Steaks-Fillets-and-Patties-Using-the-MiniScan-EZ-45-0-LAV>
- Wikipedia. (n.d.). *Mioglobin*. Preuzeto May 28, 2021, sa <https://sh.wikipedia.org/wiki/Mioglobin>
- Wiklund, E., Dobbie, P., Stuart, A., & Littlejohn, R. P. (2010). Seasonal variation in red deer (*Cervus elaphus*) venison (*M. longissimus dorsi*) drip loss, calpain activity, colour and tenderness. *Meat Science*, 86(3), 720-727. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.06.012>
- Wilson, P. B. (2017). Recent advances in avian egg science: A review. *Poultry Science*, 96(10), 3747-3754. <https://doi.org/10.3382/ps/pex187>
- Wolanciuk, A., Litwińczuk, Z., Kędzierska-Matysek, M., & Bałowska, J. (2018). Physicochemical, mechanical and sensory properties of long-ripened Polish and Italian cheeses and their content of selected minerals. *Journal of Elementology*, 3. <https://doi.org/10.5601/jelem.2017.22.4.1452>
- World Population Review (2021). Preuzeto sa <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/meat-consumption-by-country>
- Wu, D., & Sun, D. W. (2013). Colour measurements by computer vision for food quality control – A review. *Trends in Food Science & Technology*, 29(1), 5-20. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2012.08.004>



- Wu, J. (2014). Eggs and Egg Products Processing. In S. Clark, S. Jung, & B. Lamsal (Eds.), *Food Processing: Principles and Applications* (2<sup>nd</sup> edition) pp. 437-455. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd.
- Xiong, Y. L. (2000). Protein oxidation and implications for muscle food quality. In E. Decker, C. Faustman & C. J., Lopez-Bote (Eds.), *Antioxidants in Muscle Foods: Nutritional Strategies to Improve Quality* (pp. 85–111). New York, USA: John Wiley and Sons.
- Yagiz, Y., Balaban, M. O., Kristinsson, H. G., Welt, B. A., & Marshall, M. R. (2009). Comparison of Minolta colorimeter and machine vision system in measuring colour of irradiated Atlantic salmon. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(4), 728-730. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3467>
- Yam, K., & Papadakis, S. (2004). A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces. *Journal of Food Engineering*, 61, 137-142. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(03\)00195-X](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(03)00195-X)
- Yancey, J. W. S., & Kropf, D. H. (2008). Instrumental reflectance values of fresh pork are dependant on aperture size. *Meat Science*, 79(4), 734-739. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.11.006>
- Ye, A., Cui, J., Dalgleish, D., & Singh, H. (2017). Effect of homogenization and heat treatment on the behavior of protein and fat globules during gastric digestion of milk. *Journal of Dairy Science*, 100(1), 36-47. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11764>
- Yüceer, M., & Asik, H. (2020). Texture, rheology, storage stability, and sensory evaluation of meringue's prepared from lipase enzyme-modified liquid egg white. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(9), e14667. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14667>
- Yuceer, M., & Caner, C. (2014). Antimicrobial lysozyme-chitosan coatings affect functional properties and shelf life of chicken eggs during storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(1), 153-162. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6322>
- Zajác, P., Čapla, J., Vietoris, V., Zubrická, S., & Čurlej, J. (2015). Effects of storage on the major constituents of raw milk. *Potravinarstvo*, 9(1), 375-381. <https://doi.org/10.5219/518>
- Zaki, F. E. (2013). The Significance of Color In Food Marketing. *Syracuse University Honors Program Capstone Projects*, 113.
- Zamora, R., Alaiz, M., & Hidalgo, F. J. (2000). Contribution of Pyrrole Formation and Polymerization to the Nonenzymatic Browning Produced by Amino–Carbonyl Reactions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(8), 3152-3158. <https://doi.org/10.1021/jf991090y>
- Zareiforush, H., Minaei, S., Alizadeh, M. R., & Banakar, A. (2015). Potential Applications of Computer Vision in Quality Inspection of Rice: A Review. *Food Engineering Reviews*, 7(3), 321-345. <https://doi.org/10.1007/s12393-014-9101-z>
- Zhan, X., Sun, D. W., Zhu, Z., & Wang, Q. J. (2018). Improving the quality and safety of frozen muscle foods by emerging freezing technologies: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(17), 2925-2938. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1345854>
- Zhang, B., Huang, W., Li, J., Zhao, C., Fan, S., Wu, J., & Liu, C. (2014). Principles, developments and applications of computer vision for external quality inspection of fruits and vegetables:

A review. *Food Research International*, 62, 326-343.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.03.012>

Zhao, R., Xu, G. Y., Liu, Z. Z., Li, J. Y., & Yang, N. (2006). A study on eggshell pigmentation: biliverdin in blue-shelled chickens. *Poultry Science*, 85(3), 546-549.  
<https://doi.org/10.1093/ps/85.3.546>

**PRILOZI**

**Prilog A** Izgled ocenjivačkog lista senzornih testova (test A, test B i test C)

Name \_\_\_\_\_

**Sample no. 12– PORK**

A. Is the colour of digital image displayed on the monitor **similar** to the sample colour presented on polystyrene tray?

YES                      If YES please circle the level of similarity                      NO

↓

very low 1	low 2	moderate 3	high 4	very high 5
---------------	----------	---------------	-----------	----------------

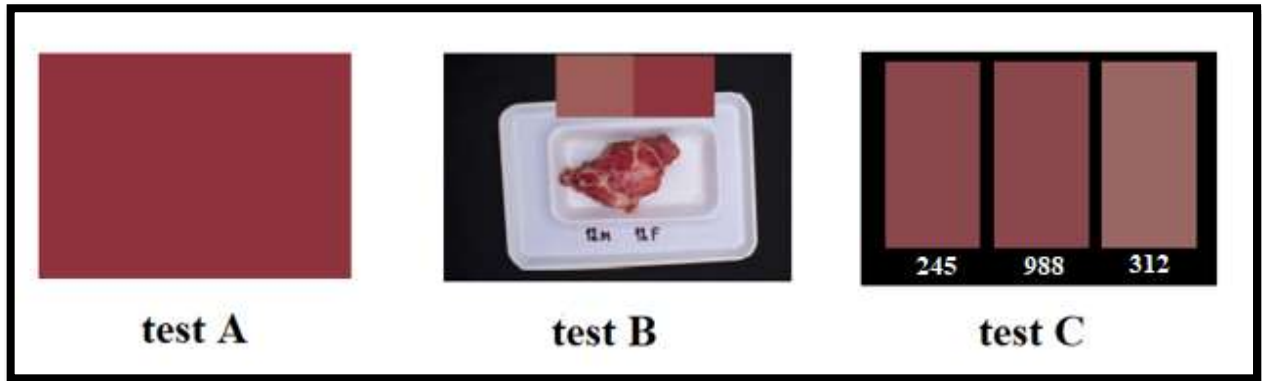
B. Which of the two generated colour chips was more **similar** to the sample of the product visualized on the monitor?

<p><b>Colour of meat parts</b></p> <p>LEFT                      RIGHT</p>	<p><b>Colour of fat parts</b></p> <p>LEFT                      RIGHT</p>
---------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------

C. Which sample is different one? Circle the sample which is **different** from the other two. If no difference is perceived, you must guess.

	245	988	312	
very low 1	low 2	moderate 3	high 4	very high 5

**Prilog B** Izgled senzornih testova (test A, test B i test C)



## **BIOGRAFIJA KANDIDATA**

Bojana, Radoje, Milovanović rođena je 09.04.1993. godine u Valjevu, Republika Srbija. Nakon završetka srednje medicinske škole „dr Miša Pantić” upisala je Poljoprivredni fakultet u Beogradu, smer Prehrambena tehnologija, modul Tehnologija animalnih proizvoda. Diplomirala je 2016. godine sa prosečnom ocenom 9,49, odbranivši završni rad pod nazivom: „Konzervisanje mesa i proizvoda od mesa visokim hidrostatičkim pritiskom” sa ocenom 10.

U školskoj 2016/2017. godini upisala je master akademske studije na studijskom programu Prehrambena tehnologija, odsek Prehrambeni inženjering. Na početku master studija ostvarila je dvomesečnu praksu u kompaniji „Delhaize” u sektoru za kontrolu kvaliteta. Diplomirala je 2017. godine sa prosečnom ocenom 9,67 i ocenom 10 na master (završnom radu).

U školskoj 2017/2018. godini kandidat upisuje doktorske studije na Poljoprivrednom fakultetu kao stipendista Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja. U saradnji sa drugim autorima objavila je ukupno 3 rada u međunarodnim naučnim časopisima sa impakt faktorom i 3 rada/saopštenja u domaćim časopisima i međunarodnim kongresima. Kandidat se aktivno služi engleskim i slovenačkim jezikom.

## **Izjava o autorstvu**

Ime i prezime autora: Bojana Milovanović

Broj indeksa: TH170005

### **Izjavljujem**

da je doktorska disertacija pod naslovom:

Ispitivanje mogućnosti primene kompjuterskog vizuelnog sistema za merenje boje hrane animalnog porekla

- rezultat sopstvenog istraživačkog rada;
- da disertacija u celini ni u delovima nije bila predložena za sticanje druge diplome prema studijskim programima drugih visokoškolskih ustanova;
- da su rezultati korektno navedeni i
- da nisam kršila autorska prava i koristila intelektualnu svojinu drugih lica.

**Potpis autora**

U Beogradu, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## **Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije doktorskog rada**

Ime i prezime autora: Bojana Milovanović

Broj indeksa: TH170005

Studijski program: Prehrambena tehnologija

Naslov rada: Ispitivanje mogućnosti primene kompjuterskog vizuelnog sistema za merenje boje hrane animalnog porekla

Mentor 1: dr Igor Tomašević, vanredni profesor

Mentor 2: dr Jelena Miočinović, redovni profesor

Izjavljujem da je štampana verzija mog doktorskog rada istovetna elektronskoj verziji koju sam predala radi pohranjenja u **Digitalnom repozitorijumu Univerziteta u Beogradu**.

Dozvoljavam da se objave moji lični podaci vezani za dobijanje akademskog naziva doktora nauka, kao što su ime i prezime, godina i mesto rođenja i datum odbrane rada.

Ovi lični podaci mogu se objaviti na mrežnim stranicama digitalne biblioteke, u elektronskom katalogu i u publikacijama Univerziteta u Beogradu.

**Potpis autora**

U Beogradu, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### **Izjava o korišćenju**

Ovlašćujem Univerzitetsku biblioteku „Svetozar Marković“ da u Digitalni repozitorijum Univerziteta u Beogradu unese moju doktorsku disertaciju pod naslovom:

Ispitivanje mogućnosti primene kompjuterskog vizuelnog sistema za merenje boje hrane animalnog porekla

koja je moje autorsko delo.

Disertaciju sa svim priložima predala sam u elektronskom formatu pogodnom za trajno arhiviranje.

Moju doktorsku disertaciju pohranjenu u Digitalnom repozitorijumu Univerziteta u Beogradu i dostupnu u otvorenom pristupu mogu da koriste svi koji poštuju odredbe sadržane u odabranom tipu licence Kreativne zajednice (Creative Commons) za koju sam se odlučila.

1. Autorstvo (CC BY)

2. Autorstvo – nekomercijalno (CC BY-NC)

3. Autorstvo – nekomercijalno – bez prerada (CC BY-NC-ND)

4. Autorstvo – nekomercijalno – deliti pod istim uslovima (CC BY-NC-SA)

5. Autorstvo – bez prerada (CC BY-ND)

6. Autorstvo – deliti pod istim uslovima (CC BY-SA)

**Potpis autora**

U Beogradu, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



1. Autorstvo. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence, čak i u komercijalne svrhe. Ovo je najslobodnija od svih licenci.
2. Autorstvo – nekomercijalno. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela.
3. Autorstvo – nekomercijalno – bez prerada. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, bez promena, preoblikovanja ili upotrebe dela u svom delu, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela. U odnosu na sve ostale licence, ovom licencom se ograničava najveći obim prava korišćenja dela.
4. Autorstvo – nekomercijalno – deliti pod istim uslovima. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence i ako se prerada distribuira pod istom ili sličnom licencom. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela i prerada.
5. Autorstvo – bez prerada. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, bez promena, preoblikovanja ili upotrebe dela u svom delu, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca dozvoljava komercijalnu upotrebu dela.
6. Autorstvo – deliti pod istim uslovima. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence i ako se prerada distribuira pod istom ili sličnom licencom. Ova licenca dozvoljava komercijalnu upotrebu dela i prerada. Slična je softverskim licencama, odnosno licencama otvorenog koda.