

# Fizikalna svojstva medijalnog sarnog mišića buta (M. gluteus medius) jelena običnog (Cervus elaphus)

---

**Hadrović, Josipa**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2022**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:270338>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-05**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
AGRONOMSKI FAKULTET

**FIZIKALNA SVOJSTVA MEDIJALNOG SAPNOG MIŠIĆA  
BUTA (*M. GLUTEUS MEDIUS*) JELENA OBIČNOG  
(*CERVUS ELAPHUS*)**

DIPLOMSKI RAD

Josipa Hadrović

Zagreb, rujan, 2022.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
AGRONOMSKI FAKULTET

Diplomski studij:

Proizvodnja i prerada mesa

**FIZIKALNA SVOJSTVA MEDIJALNOG SAPNOG MIŠIĆA  
BUTA (*M. GLUTEUS MEDIUS*) JELENA OBIČNOG  
(*CERVUS ELAPHUS*)**

DIPLOMSKI RAD

Josipa Hadrović

Mentor:

Izv.prof.dr.sc. Nikolina Kelava Ugarković

Zagreb, rujan, 2022.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**AGRONOMSKI FAKULTET**

**IZJAVA STUDENTA**  
**O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI**

Ja, **Josipa Hadrović**, JMBAG 0178114915, rođena 16.05.1998. u Zagrebu, izjavljujem da sam samostalno izradila diplomski rad pod naslovom:

**FIZIKALNA SVOJSTVA MEDIJALNOG SAPNOG MIŠIĆA BUTA (*M. GLUTEUS MEDIUS*) JELENA  
OBIČNOG (*CERVUS ELAPHUS*)**

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica/jedini autor ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznata/upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
*Potpis studentice*

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
AGRONOMSKI FAKULTET

IZVJEŠĆE  
O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studentice **Josipe Hadrović**, JMBAG 0178114915, naslova

**FIZIKALNA SVOJSTVA MEDIJALNOG SAPNOG MIŠIĆA BUTA (*M. GLUTEUS MEDIUS*) JELENA  
OBIČNOG (*CERVUS ELAPHUS*)**

obranjen je i ocijenjen ocjenom \_\_\_\_\_, dana \_\_\_\_\_.

Povjerenstvo:

potpisi:

- |    |  |            |
|----|--|------------|
| 1. | izv.prof.dr.sc. Nikolina Kelava Ugarković mentor | _____      |
| 2. | izv.prof.dr.sc. Ivica Kos                        | član _____ |
| 3. | izv.prof.dr.sc. Ana Kaić                         | član _____ |

**Zahvala**

## Sadržaj

1. Uvod.....	1
1.1. Cilj rada.....	1
2. Fizikalna svojstva kvalitete mesa .....	2
2.1. Boja mesa.....	2
2.1.1. Pigmenti u mesu .....	2
2.1.2. Procjena boje mesa .....	4
2.1.3. Čimbenici koji određuju boju mesa.....	4
2.1.4. Boja mesa jelenske divljači .....	5
2.2. pH vrijednost mesa .....	6
2.2.1. Blijedo, meko i vodnjikavo meso .....	6
2.2.2. Tamno, suho i čvrsto meso .....	7
2.2.3. pH vrijednost mesa divljači.....	8
2.4. Sposobnost vezivanja vode mesa.....	8
2.4.1. Kalo kuhanja .....	8
2.4.2. Kalo odmrzavanja .....	9
2.5. Otpor presijecanju.....	10
2.6. Utjecaj dobi na fizikalna svojstva mesa jelenske divljači.....	11
3. Materijali i metode.....	12
3.1. Određivanje kala odmrzavanja.....	12
3.2. Određivanje pH vrijednosti i boje mesa.....	13
3.3. Određivanje kala kuhanja.....	14
3.4. Određivanje otpora presijecanju mesa jelena običnog.....	15
3.5. Statistička obrada podataka.....	17
4. Rezultati .....	18
5. Zaključak .....	21
6. Popis literature.....	22
Životopis .....	25

## Sažetak

Diplomskog rada studenta/ice **Josipe Hadrović**, naslova

### **FIZIKALNA SVOJSTVA MEDIJALNOG SAPNOG MIŠIĆA BUTA (M. GLUTEUS MEDIUS) JELENA OBIČNOG (CERVUS ELAPHUS)**

Cilj ovog diplomskog rada bio je utvrditi fizikalna svojstva medijalnog sapnog mišića buta (*m. gluteus medius*) jelena običnog (*Cervus elaphus*). U tu svrhu izvršeno je uzorkovanje 16 uzoraka navedenog mišića od muških jedinki na kojima je provedeno mjerenje pH vrijednosti i parametra boje mesa prema CIELAB sustavu, određivanje kala odmrzavanja i kala kuhanja te otpora presijecanju. Analizirani uzorci imali su prosječnu pH vrijednost  $5,58 \pm 0,25$ , kalo kuhanja iznosio je 18,67%, a kalo odmrzavanja 7,36%. Prosječna početna vrijednost parametara boje iznosila je  $L_0^* = 31,78 \pm 1,50$ ,  $a_0^* = 14,93 \pm 1,09$  i  $b_0^* = 1,88 \pm 0,88$ , dok su vrijednosti parametara boje nakon 60-minutne stabilizacije iznosile  $L_{60}^* = 30,96 \pm 1,53$ ,  $a_{60}^* = 16,35$  i  $b_{60}^* = 4,87 \pm 0,80$ . Nije utvrđen značajan ( $p > 0,05$ ) utjecaj dobi na analizirana fizikalna svojstva, no meso starijih grla jelena bilo je tamnije, gubilo je više mesnog soka tijekom odmrzavanja te je imalo manji gubitak mase pri kuhanju. Ujedno, uzorci starijih grla jelena običnog imali su veću tvrdoću odnosno veći otpor presijecanju u odnosu na mlađa grla.

**Ključne riječi:** jelen obični (*Cervus elaphus*), meso, boja, pH, kalo kuhanja, kalo odmrzavanja, otpor presijecanju



## Summary

Of the master's thesis – student **Josipa Hadrović**, entitled

### **PHYSICAL PROPERTIES OF THE MEDIAL GLUTEUS MUSCLE (*M. GLUTEUS MEDIUS*) OF RED DEER (*CERVUS ELAPHUS*)**

The aim of this master thesis was to determine physical properties of the medial thigh muscle (*m. gluteus medius*) of red deer (*Cervus elaphus*). For this purpose, 16 samples of gluteus medius muscle were sampled from male. On muscle samples were made following analyses: pH value, colour parameters according CIELAB, cooking loss, thawing loss and shear force. Average pH value of analyzed samples was  $5.58 \pm 0.25$ , the cooking loss was 18.67%, and the thawing loss was 7.36%. The average initial value of color parameters was  $L_0^* = 31.78 \pm 1.50$ ,  $a_0^* = 14.93 \pm 1.09$  and  $b_0^* = 1.88 \pm 0.88$ , while the values of color parameters after 60-minute blooming were  $L_{60}^* = 30.96 \pm 1.53$ ,  $a_{60}^* = 16.35$  and  $b_{60}^* = 4.87 \pm 0.80$ . No significant ( $p > 0,05$ ) influence of age on analyzed physical properties was found, but the meat of older red deer was darker, lost more meat juice during thawing, and had lower cooking loss. At the same time, samples of older red deer had lower tenderness i.e. greater shear force compared to younger individuals.

**Keywords:** red deer (*Cervus elaphus*), meat, colour, pH, cooking loss, thawing loss, shear force

# 1. Uvod

Kvaliteta mesa je širok pojam i obuhvaća niz svojstava. Svojstva kvalitete mogu se podijeliti u četiri skupine, od kojih jedna obuhvaća komponente važne za ljudsku prehranu – nutritivna svojstva; druga koja se odnosi na higijenske i toksikološke aspekte kao što su bakterijska kontaminacija i ostaci otrovnih i farmaceutskih spojeva; treća se odnosi na niz svojstava važnih za preradu mesa; a četvrta uključuje senzorska svojstva koja imaju najveći utjecaj na odluku potrošača o kupnji mesa (Hartung i sur. 2009.).

Fizikalna svojstva poput boje, pH vrijednosti, kala kuhanja i kala odmrzavanja, otpora presijecanju važna su kako za potrošače svježeg mesa tako i za prerađivačku industriju. Tako, na primjer, boja mesa je prva koju potrošač uočava i prema kojoj procjenjuje svježinu i kvalitetu mesa prije daljnje obrade. Za razliku od boje, pH vrijednost ne možemo odrediti golim okom, ali je važan pokazatelj kvalitete mesa. Fizikalna svojstva se razlikuju ovisno o vrsti, spolu, dobi, anatomskoj poziciji mišića, tehnologiji uzgoja, postupcima prije i poslije klanja, djelovanju stresora.

Pored mesa domaćih vrsta životinja koje se uobičajeno koristi u prehrani (meso svinja, goveda, perad), na tržištu se sve češće može naći i meso egzotičnih životinja i divljači. Meso divljači tradicionalno se konzumira u obiteljima lovaca, no zanimanje i potrošnja ove vrste mesa raste i u drugih potrošača. Naime, meso divljači je porijeklom od životinja koje žive slobodno i hranu dominantno pronalaze samostalno u svom okruženju. Također, divlje životinje nisu ograničene u iskazivanju ponašanja specifičnog za vrstu što je važno dijelu potrošača koji osobito pridaju važnost dobrobiti životinja. Na kraju, ne manje važno, meso ne sadrži antibiotike ili rezidue lijekova koje se inače koriste u liječenju domaćih životinja.

Iako su dosada već provedena istraživanja kvalitete mesa jelenske divljači, tako i jelena običnog (*Cervus elaphus*), pokazalo se da postoje razlike u fizikalno-kemijskim svojstvima ovisno o brojnim čimbenicima (npr. dob, spol) i porijeklu divljači. Stoga je poželjno provesti daljnja istraživanja kako bi se utvrdile sličnosti i/ili razlike u kvaliteti mesa pojedinih vrsta divljači iz različitih klimatsko-okolišnih uvjeta. To doprinosi boljem razumijevanju kvalitete mesa divljači i prilagođavanju tehnika i tehnologija koje se koriste pri pripremi i preradi ove vrste mesa.

## 1.1. Cilj rada

Cilj ovoga diplomskoga rada bio je utvrditi fizikalna svojstva (boju mesa, pH vrijednost, kalo kuhanja, kalo odmrzavanja, otpor presijecanju) medijalnog sarnog mišića buta (*m. gluteus medius*) jelena običnog (*Cervus elaphus*). Ujedno, analiziran je utjecaj dobi na navedena fizikalna svojstva mesa jelena običnog.

## 2. Fizikalna svojstva kvalitete mesa

### 2.1. Boja mesa

Boja mesa predstavlja jedan od važnijih fizikalnih parametara kvalitete mesa kojeg kupci povezuju za svježinom i određuju dopadljivost mesa. Boja mesa se mijenja ovisno o izloženosti zraku te dužim stajanjem na zraku, zbog oksidacijskih procesa boja mesa se mijenja. Ovisno o postupcima prije i nakon usmrćivanja, može se razviti nepoželjna boja što se negativno odražava na percepciju potrošača i cijenu proizvoda (Bekhit i sur. 2018.).

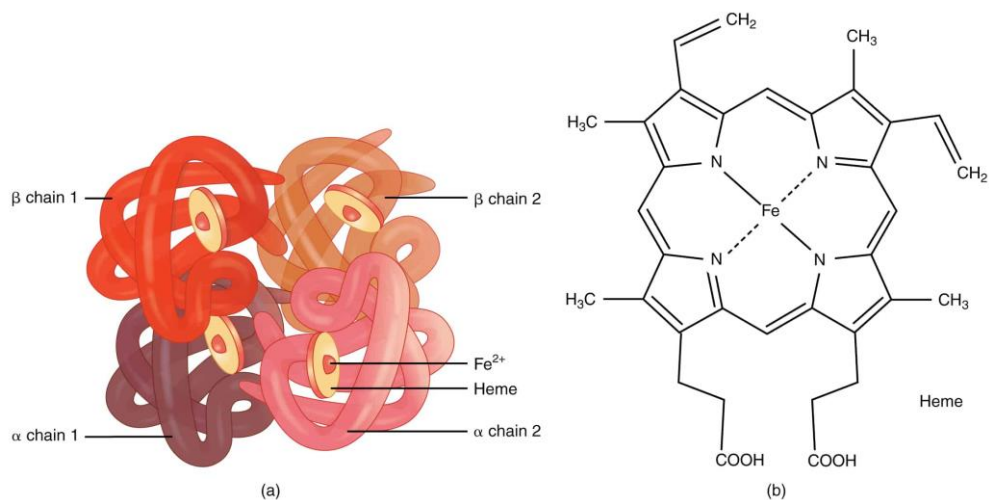
Procjenjuje se da popusti na cijene uzrokovani diskoloracijom rezultiraju gubitkom prihoda više od milijardu dolara za mesnu industriju Sjedinjenih Američkih Država svake godine. No, pored ekonomskih gubitaka, promjenom boje mesa neposredno se negativno odražavaju i na održivost poljoprivrede i zaštitu okoliš. Te šire razmjere tek treba utvrditi (Suman i sur. 2013.).

Boja mesa ovisi o količini i stanju pigmenta u mesu. Mioglobin, hemoglobin i citokrom su najvažniji pigmenti koji određuju boju mesa. Mioglobin je primarni pigment koji određuje boju mesa. Promjena boje mesa najčešće je pod utjecajem količine prisutnog mioglobina. Tako je primjerice meso divljači i domaćih preživača izraženije boje zbog veće količine mioglobina u odnosu na meso peradi (Bekhit i sur. 2018.).

#### 2.1.1. Pigmenti u mesu

Mioglobin (Mb) je intracelularni protein koji se nalazi u crvenim skeletnim mišićima i u srcu. Reverzibilno veže kisik ( $O_2$ ) i povećava njegovu potrošnju, posebno u uvjetima niske dostupnosti  $O_2$  olakšavajući njegovu difuziju iz izvanstaničnog prostora u mitohondrije. Mioglobin se sastoji od jednog polipeptidnog proteina, globina, i prostetske skupine, hema. Hem ima centralno smješten atom željeza sa šest koordinacijskih mjesta (Slika 2.1.1.).

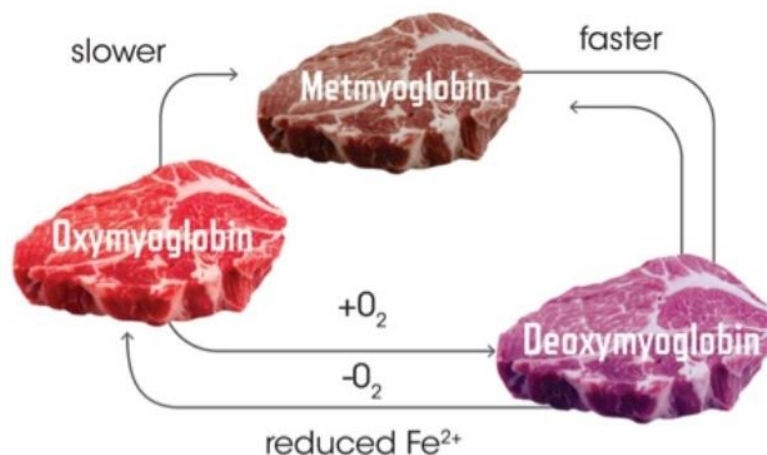
Četiri koordinacijska mjesta nalaze se u ravnini i vezana su za dušik preko četiri ravna profilinska prstena, dok druga dva koordinacijska mjesta leže okomito na ovu strukturu. Jedno od okomitih koordinacijskih mjesta povezano je s N atomom molekule proteina globina, a drugo mjesto je otvoreno i dostupno za vezanje raznih liganada. Svaka molekula Mb sadrži jedan atom željeza koji se može vezati na jednu molekulu  $O_2$  kad je željezo u dvovalentnom stanju (Mb-Fe<sup>2+</sup>). Mb-Fe<sup>2+</sup> prolazi kroz spontanu oksidaciju *in vitro* do trovalentnog stanja (Mb-Fe<sup>3+</sup>) poznatog kao metmioglobin (MetMb) koje ne može vezati  $O_2$ . Vrsta molekule koja je vezana za šestu vezu i oksidacijsko stanje atoma željeza određuju boju mesa (Bekhit i sur. 2019.).



Slika 2.1.1. Strukturalna formula i trodimenzionalni prikaz hemoglobina

Izvor: <https://chemistryscore.com/hemoglobin-and-myoglobin-function/>

Mioglobin se obično nalazi u tri oblika, i to kao oksimioglobin (OxyMb), deoksioglobin (DeoxyMb) i metmioglobina (MetMb). Relativni udjeli različitih oblika Mb određuju boju svježeg mesa. Svježe narezano meso je ljubičaste boje zbog prisustva mioglobina u njegovom izvornom obliku (deoksioglobin). Nakon izlaganja zraku, mioglobin se oksigenira u svijetlocrveni oksimioglobin. Tijekom skladištenja mioglobin (Mb) i oksimioglobin (OxyMb) se oksidiraju u smeđi metmioglobin (MetMb) (Slika 2.1.2.). Nakupljanje MetMb na površini mesa glavni je čimbenik koji dovodi do promjene boje svježeg mesa (Bekhit i sur. 2019.)



Slika 2.1.2. Proces oksidacije mioglobina u mesu

Izvor: <https://www.apfoodonline.com/industry/more-than-meats-the-eye/>

Prema Bekhitu i sur. (2019.) sadržaj Mb u mesu varira ovisno o vrsti, pasmini, dobi, hranidbi i vrsti mišića. Veći sadržaj Mb u mesu nalazimo u konjetini i mesu jelena običnog u odnosu na konvencionalne vrste mesa domaćih vrsta životinja (Tablica 2.1.1.).

Tablica 2.1.1. Sadržaj mioglobina u mesu po vrstama životinja

Vrsta životinje	mg/g
Perad	1,17-1,50
Svinja	1,2-2,1
Govedo	1,8-3,57
Jelen obični	4,57
Konj	4,95

Izvor: Bekhit i sur. (2019.)

### 2.1.2. Procjena boje mesa

Boju mesa najčešće procjenjujemo kroz CIE (*Commission Internationale de l'Eclairage*) kalorimetrijske standarde za određivanje boje mesa, pri čemu se boja opisuje uniformnim sprektrom boja kroz parametre  $L^*$ ,  $a^*$  i  $b^*$ . Vrijednost  $L^*$  predstavlja svjetlinu (eng. *lightness*), gdje  $L^* = 0$  predstavlja potpuno crnu, a  $L^* = 100$  potpuno bijelu boju. Spektar od crvene do zelene predstavlja  $a^*$  vrijednost (eng. *redness*) mjernog opsega od -60 (zelena) do 60 (crvena). Spektar od žute do plave predstavlja  $b^*$  vrijednost (eng. *yellowness*) čiji je mjerni opseg od -60 (plava) do 60 (žuta). Poželjne vrijednosti boje mesa domaćih životinja obzirom na  $L^*$  i  $b^*$  su iznad 41, odnosno 11, dok je meso s vrijednostima  $L^*$  i  $b^*$  manjim od 36,5 i 8,0 u skupini „tamnog, suhog i tvrdog“ mesa (Ivanković i Mijić 2020.).

### 2.1.3. Čimbenici koji određuju boju mesa

Dosadašnja istraživanja su pokazala da brojni čimbenici (endogenih i egzogenih) pridonose razvoju i stabilnosti boje mesa. Kontrola ovih čimbenika omogućuje manipulaciju bojom u sirovom i kuhanom mesu. Znanstvena načela iza ovih endogenih i egzogenih čimbenika iskorištena su za razvoj strategija u proizvodnji i preradi mesa kako bi se smanjila promjena boje (Suman i sur. 2013.).

Nekoliko endogenih čimbenika pridonosi boji mesa, a najistaknutiji među njima su pH vrijednost, anatomska pozicija mišića, prisutnost antioksidansa, oksidacija lipida i mitohondrijska aktivnost (Suman i sur. 2013.).

Prema Sumanu i sur. (2013.) poznato je da brojni egzogenih čimbenici utječu na boju mesa. Većina tih čimbenika se odnosi na dodatke koje se koriste u preradi mesa, kao što su ligandi, antioksidansi i prooksidansi koji pospješuju stabilnost boje mesa. Ligandi, često plinovi, igraju ključnu ulogu u formiranju boje svježeg mesa. Nakon izlaganja svježe razreznog mesa zraku, kisik reagira s Mb i nastaje OxyMb, što rezultira crvenkasto-crvenom bojom. Oksigenacija Mb, uobičajeno poznata kao stabilizacija boje mesa u industriji događa se unutar 30-60 minuta i daje aerobno pakiranom mesu željenu crvenu boju. Ukoliko meso

nije aerobno pakirano, proces oksidacije mioglobina se nastavljaju te se razvija MetMb i meso ima rok trajanja manje od tjedan dana.

#### 2.1.4. Boja mesa jelenske divljači

Potrošači vrlo često procjenjuju kvalitetu mesa prema dopadljivosti boje koja može biti od jarko crvene pa sve do blijedo crvene boje. Meso divljači, osobito jelenske divljači sadrži veću koncentraciju mioglobina i prooksidansa poput željeza i bakra nego svinjetina, govedina ili meso peradi. Ove činjenice vjerojatno objašnjavaju zašto divljač ima tamniju i crveniju boju. Razlike u kvaliteti između govedine i divljači ukazuju na to da prerađivači mesa zahtijevaju prilagođavanje preradbenih procesa specifičnih za vrstu kako bi se optimizirao kapacitet zadržavanja vode i boja tog mesa (Wiklund i sur. 2014.).



Slika 2.1.4. Meso jelena običnog

Izvor: <https://www.tablicakalorija.com/meso/divljac-meso-jelena-srnetina.html>; ;  
<https://www.podravka.hr/namirnica/408067d0-610e-11eb-9897-0242ac120045/divljac/>

Prema Maggiolinu i sur. (2019.), tamnije meso se obično povezuje s TŠČ mesom, no u slučaju divljači, odnosno mesa jelena, ta intenzivnija crvena boja povezana je s standardnom kvalitetom i pripisuje se tipičnim obilježjem divljači (Slika 2.1.4.). Meso sadrži veće količine mioglobina odgovornog za njihovu tamniju boju. Utvrđeno je da utjecaj dobi kod jedinki ne utječe značajno na boju. Prema ovim autorima, tamnocrvenu boju divljači koja je inače privlačna potrošačima karakteriziraju niske vrijednosti svjetline ( $L^*$  ispod 40) i visoke vrijednosti crvenila ( $a^*$  iznad 21). Boja mesa divljači ovisi o mnogim čimbenicima, kao što su; koncentracija mioglobina i njegovo kemijsko stanje, mišićna struktura, lipidno-oksidativni status i stopa potrošnje kisika. Dodatno, genetika, hranidba, proizvodni sustav, dob i masa pri klanju, *ante* i *post mortem* uvjeti određuju ukupnu kvalitetu pa i boju mesa jelenske divljači. Postupanje s divljači prije klanja ima najvažniji utjecaj na *post mortem* biokemijske procese, ključno je za oksidacijske promjene mioglobina budući da je mioglobin jedan od primarnih čimbenika koji utječu na parametre boje. Serrano i sur. (2018) utvrdili su veću svjetlinu i manje crvenu boju mesa jelena običnog ulovljenih zimi u odnosu na one ulovljene ljeti.

## 2.2. pH vrijednost mesa

Dok je životinja živa, mišićno tkivo ima neutralan pH od 7,0 do 7,2 (Slika 2.2.1.). Mišići se nakon iskrvarenja počinju pretvarati u meso. Nedostatak kisika zaustavlja oksidacijske procese, a anaerobni glikolitičkih procesi se pojačavaju dok se ne potroše sve zalihe glikogena u mišićima. Intenzitet glikolitičkih procesa dovodi do nakupljanja mliječne kiseline i brzog zakiseljavanja mišićnog tkiva, što se utvrđuje mjerenjem koncentracije vodikovih iona (pH). Zakiseljavanje mišića 45 minuta nakon klanja ( $pH_1$ ) i završna acidifikacija ( $pH_U$ ) ključni su čimbenici koji određuju kvalitetu mesa. Mjerenje  $pH_1$  vrijednosti mišića koriste se za predviđanje kvalitete mesa i njegovu klasifikaciju s obzirom na tipove: BMV - blijedo, meko i vodnjikavo meso ili TŠČ - tamno, suho i čvrsto meso. Vrijednosti  $pH_1$  mesa niže od 5,8 tipične su za BMV meso, vrijednosti od 5,8 su karakteristične za 'normalno' meso, a vrijednosti iznad 6,0 za DFD meso. Navede granične vrijednosti  $pH_1$  mjerenja većina istraživača koristi kao kriterij za klasifikaciju kvalitete mesa (Jankowiak i sur. 2021.).



Slika 2.2.1. Mjerenje pH u mesu pomoću prijenosnog pH metra

Izvor: [https://agrolistika.hr/hr\\_HR/blog/mijerenje-ph-u-mesu](https://agrolistika.hr/hr_HR/blog/mijerenje-ph-u-mesu)

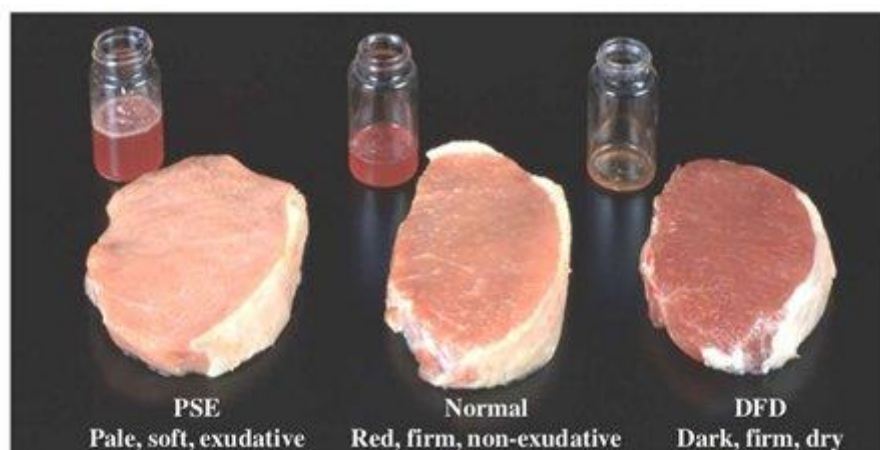
### 2.2.1. Blijedo, meko i vodnjikavo meso

Blijedo, mekano i vodnjikavo (BMV) meso osim što je izrazito blijede boje, podložnije je nastanku sivih ili zelenkasto-sivih promjena boje mesa tijekom pohrane u rashladnim vitrinama u maloprodaji. Blijedoća najčešće pogađa leđne mišiće i vanjske mišiće buta, što je ponekad dodatno popraćeno pojavom dva ili više tonova boje istog mišića. Takvo meso vrlo lako i u kratkom roku otpušta vodu zbog smanjene sposobnosti zadržavanja vode u mišićnim bjelančevinama. Stoga se BMV svježije meso prepoznaje po ocijeđenom mesnom soku (npr. u podlošcima na kojima je meso) i smanjenoj sočnosti pri konzumaciji nakon termičke obrade. Takvo meso nije pogodno za preradu, povećava se kalo termičke obrade, česta te pojava neujednačene boje završnog proizvoda i povećana je slanost. U BMV mišiću *post mortalis*

nakupljanje mliječne kiseline odvija se brže od uobičajenog, uzrokujući brzi porast kiselosti sredine dok je temperatura mišića još uvijek visoka. Kombinacija brzog porasta kiselosti (naglog pada pH) i visoke temperature mišića izaziva denaturaciju mišićnih bjelančevina, umanjujući njihovu sposobnost zadržavanja vode. Uzrok ubrzanog metabolizma u BMV mišićima neposredno nakon smrti može biti uzrokovan genetskim nasljeđem (češće u domaćih životinja) ili nepravilnim postupanjem sa životinjama (stres i pretjerano uzbuđivanje i u domaćih i divljih vrsta) prije klanja (Karolyi 2004.).

## 2.2.2. Tamno, suho i čvrsto meso

Tamno, suho i čvrsto (TŠČ) meso ima vrlo dobru sposobnost vezivanja vode, kao i čvrstu strukturu. No, njegova tamna boja djeluje odbojno prema potrošačima, koji je često tumače kao indicaciju mesa starijih životinja ili mesa koje nije svježije. Zbog visokog pH, ovakvo meso je podložnije kvarenju jer viši pH u TŠČ mesu pogoduje rastu bakterija. Ova kvalitativna promjena ravnomjerno pogađa sve mišiće u trupu životinje. Pojava TŠČ mesa uočava se u mesu u kojem su stvaranje i nakupljanje mliječne kiseline nedostatno, odnosno sadržaj glikogena u trenutku klanja životinje je nizak. To ograničava količinu laktata koji može biti stvoren *post mortally*, kao i posljedični pad pH vrijednosti. TŠČ meso obično zadržava vrijednost konačnog pH iznad 6,0. Ova smanjena kiselost osigurava povećanu sposobnost vezanja vode u mesu, čvrsto vezujući vodu uz mišićne bjelančevine, doprinoseći čvrstoj strukturi mesa. Mišićne stanice nabreknute zadržanom vodom i čvrsto međusobno povezane apsorbiraju više svjetla (boju čini tamnijom) te također ograničavaju dubinu prodora kisika u mišićno tkivo i oksigenaciju mioglobina u svijetlo crveni oksimioglobin. Utjecaj dugotrajnog stresa na životinje, uzrokovanog čimbenicima kao što su nepovoljni okolišni uvjeti, dugotrajni transport ili gladovanje, mogu dovesti do iscrpljenja rezervi mišićnog glikogena te uzrokovati pojavu TŠČ mesa (Karolyi 2004.).



Slika 2.5.2. BMV, 'normalno' i TŠČ meso s pripadajućom količinom ocijeđenog mesnog soka

Izvor: <https://twitter.com/shannonmustard/status/1054877422368092161>



### 2.2.3. pH vrijednost mesa divljači

Kako navode Wiklund i sur. (2022.), pH vrijednost mesa divljači 24h nakon klanja je između 5,5-5,7 (pH<sub>U</sub>) što je unutar raspona uobičajenog i za domaće vrste životinja, dok je meso pH vrijednosti iznad 5,8 manje prihvatljivo zbog veće podložnosti mikrobiološkom kvarenju. Dva opsežna istraživanja u mesu jelena (n = 3500; Novi Zeland) i sobova (n = 3400; Švedska) utvrdila su za 11% trupova jelena i 29% trupova sobova pH vrijednosti mesa  $\geq 5,8$  i više (Wiklund i sur. 1995., Pollard i sur. 1999.).

Maggiolino i sur. (2019.) navode da meso jelena 45 minuta *post mortem* ima pH vrijednost u rasponu 6,5-7,2, a unutar 24-48 h nakon klanja pH pada 5,4-6,0. Općenito, pH vrijednost 36-48 h *post mortem* smatra se kao kranji pH za meso jelenske divljači. Dokazano je da na krajnji pH mesa jelenske divljači posebno utječe metoda odnosno način klanja. Naime, veliki fizički napor povezan s tehnikom lova (korištenje lovačkih pasa) reducira rezerve glikogena na nedovoljnu razinu da bi se osigurao pad pH vrijednosti unutar prvih 24h *post mortem*. Wiklund i sur. (2008.) su utvrdili povezanost visoke pH<sub>36h</sub> vrijednosti u mesu sobova, jelena i jelena lopatara sa stresom prije klanja i lošim nutritivnim statusom životinja.

Izostanak uobičajenog pada pH vrijednosti u mišiću tijekom razvoja ukočenosti je stoga česta pojava u mesu divljači. Niske razine glikogena *post mortem* rezultiraju visokim pH vrijednostima (> 6) i TŠČ mesom koje je uobičajeno za farmski uzgojene jelene. Moguća pojavnost TŠČ mesa u farmskom uzgoju je i do 50%, dok je učestalost BMV mesa svega 3% .

## 2.4. Sposobnost vezivanja vode mesa

Mišići sadrže oko 75 % vode. Veći dio vode nalazi se u strukturi mišića u miofibrilima, između miofibrila ili između miofibrila i stanične membrane (sarkoleme), zatim između mišićnih stanica i između mišićnih snopića (grupa mišićnih stanica). Nakon klanja životinje i pretvorbe mišića u meso, količina vode u mesu podložna je promjenama ovisno o procesima u mišićnom tkivu ili postupcima s mesom u preradi. Sposobnost vezanja vode (SVV) u mesu predstavlja sposobnost mišića *post mortem* da zadrži vodu spontano i pod utjecajem vanjskih čimbenika, poput gravitacije ili termičke obrade. Sposobnost vezanja vode važno je obilježje kakvoće mesa (Karolyi 2004.)

Poznato je da smanjena sposobnost vezivanja vode u mesu rezultira brojnim ekonomskim gubicima, od gubitka mase i slabije prodaje mesa zbog odbojnog djelovanja iscjetka na kupce pa sve do smanjenja njegove nutritivne vrijednosti zbog gubitka određenog dijela vrlo vrijednih u vodi topivih bjelančevina i vitamina (Kaić i sur. 2018.). Osim toga, meso sa smanjenom sposobnošću vezanja vode ima lošije preradbene osobine pa su mesne prerađevine lošije kvalitete (Karolyi 2004.).

### 2.4.1. Kalo kuhanja

Meso gubi volumen i masu tijekom kuhanja zbog izdvajanja tekućine. Ova promjena dovodi do promjena u kvaliteti mesa koje su rezultat promjena i na bjelančevinama i mastima. Pri tome su temperatura i vrijeme važni čimbenici u ovim procesima. Poznato je da

se gubitak mase mesa postupno povećava s porastom temperaturom kuhanja i da dužina sarkomera, pH i sadržaj soli također utječu na gubitak mase pri kuhanju (Purslow i sur. 2016.). Čini se da su gubici tijekom kuhanja mesa uglavnom uzrokovani toplinskom denaturacijom molekula miozina na temperaturama iznad 42 °C, uzrokujući bočno skupljanje mišića te uzdužno skupljanje na višim temperaturama što je najvjerojatnije posljedica toplinskih promjena u aktinu. Nema dokaza koji podržavaju skupljanje kolagena pri kuhanju iznad 65°C. (Purslow i sur. 2016.)

S druge strane, kuhanje može pozitivno utjecati na mekoću mesa. Na dobivenu mekoću kuhanog mesa utječu udio kolagena, odležavanje odnosno zrenje mesa te način kuhanja. U slučaju toplinske obrade ključnu ulogu imaju temperatura i trajanje procesa. Gubitak mase tijekom toplinske obrade uzrokovan je kontrakcijom mišićnih vlakana i intramuskularnog vezivnog tkiva, čiji intenzitet također ovisi o temperaturi i uređaju koji se koristi (Ježek i sur. 2020.).

#### 2.4.2. Kalo odmrzavanja

Kao i druge vrste mesa, meso divljači ima ograničen rok trajanja zbog rasta bakterijske mikroflore i peroksidacije lipida. Ovi procesi dovode do postupnog pogoršanja osjetilnih svojstava, prikladnosti za obradu, prehrambene kvalitete i sigurnosti mesa. Meso divljači je općenito dostupno u svježem stanju samo tijekom sezone lova, te se stoga mora smrznuti kako bi se osigurala njegova visoka kvaliteta i kontinuirana opskrba izvan lovne sezone. Meso divljači obično se konzervira hlađenjem ili zamrzavanjem. Zamrzavanje uzrokuje relativno male i prihvatljive promjene u kvaliteti mesa, te učinkovito čuva meso tijekom duljeg skladištenja. Hrana, uključujući i meso, često se čuva na temperaturi oko -18 °C (0 °F). U modernim zamrzivačima, uključujući zamrzivače za kućanstvo, prehrambeni proizvodi mogu se čuvati i na temperaturama znatno nižim od -18 °C (obično -25 °C do -26 °C) (Daszkiewicz i sur. 2017.)

Temperatura pohrane mesa može utjecati na sposobnost vezivanja vode (SVV). Pri tome je važno trupove čim prije nakon klaoničke obrade staviti na hlađenje i važno je temperaturu svježeg mesa održavati niskom (0 do 1 °C) kako bi se održavala SVV mesa. Porast temperature mesa na 4 °C tijekom skladištenja može sniziti SVV (Karolyi 2004.).

Gubitak odmrzavanja određuje se na osnovu mase pakiranja (p) s uzorkom mesa (m) i sokom (j) nakon odmrzavanja ( $W_{p+m+j}$ ), pakiranja sa sokom ( $W_{p+j}$ ), te čistog i suhog pakiranja ( $W_p$ ). Gubitak odmrzavanja izražen je kao postotak težine uzorka odmrznutog mesa (m): % gubitka odmrzavanja =  $[(W_{p+j} - W_p) / (W_{p+m+j} - W_{p+j})] \times 100$ .

Daszkiewicz i sur. 2017. su utvrdili prosječni gubitak odmrzavanja uzoraka mesa jelena lopatara od 2,30%. Analizom fizikalno-kemijskih svojstava mesa utvrđene su veće pH vrijednosti, manji doprinos crvenila i žutila, niži kapacitet zadržavanja vode, niži doprinos sposobnosti vezanja dodane vode i veći gubitak pri kuhanju u mesu pohranjenom u zamrzivaču nego u svježem mesu jelena lopatara.

Prema Karolyiju (2004.) zamrzavanje i odmrzavanje mesa može gotovo udvostručiti iscjedni gubitak u odnosu na meso koje nije zamrzavano. To je dijelom posljedica fizičkih

oštećenja koja uzrokuju kristalići leda u mesu. Led se počinje formirati kada meso postigne temperaturu oko  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Na temperaturi od  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  otprilike 75 % vode u mesu je u obliku leda. Formiranje leda u mesu postiže maksimum pri  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , kad je oko 92 % vode u obliku leda. Stvaranjem leda otopine u tkivima postaju koncentriranije. Brzina zamrzavanja mesa može imati značajan utjecaj na količinu iscjetka prilikom otapanja. Ako je meso zamrznuto u vrlo kratkom vremenu, kakvoća mesa nakon odmrzavanja može biti bolja uz manje količine iscjetka u odnosu na meso koje je zamrzavano polako. Naime, brzo zamrzavanje potiče formiranje malih kristalića leda, dok sporo zamrzavanje pogoduje nastanku većih kristala leda.

## 2.5. Otpor presijecanju

Mekoća mesa je složena osobina na koju utječu brojni strukturni i metabolički čimbenici, uglavnom koncentracija vezivnog tkiva, konačni pH, kontrakcija mišića tijekom ukočenosti i vjerojatno najvažnija aktivnost proteolitičkih enzima, kalpaina i katepsina. Mekoća mesa odavno je prepoznata kao najvažnija kvalitetna osobina za prihvatljivost svježeg mesa potrošačima (Mennecke i sur. 2007.). Naime, ovo svojstvo snažno utječe na zadovoljstvo potrošača, a time i na ponovnu kupnju. Mekoća mesa u osnovi ovisi o tri glavne komponente: stupnju kontrakcije sarkomera ili "dužine sarkomera", opsegu integriteta/degradacije strukturnih miofibrilarnih proteina (proteoliza) i udjelu vezivnog tkiva.

Relativni doprinos ove tri komponente konačnoj mekoći mesa značajno varira: čimbenici kao što su genetika, tip mišića, čimbenici prije klanja (hranidba, držanje, temperament i stres), rani *post mortem* događaji (pH i temperatura mišića), trajanje i temperatura na kojoj se meso čuva nakon klanja. Kao što je spomenuto, mekoća uvelike ovisi o količini i kemijskom sastavu vezivnog tkiva, što je uvelike funkcija dobi i specifičnog mišića i smatra se „pozadinskom čvrstoćom“. Nakon pojave *rigor mortisa*, elastičnost mišića opada, a svoju maksimalnu 'žilavost' mišić postiže pri završetku *rigor mortisa*. Također, postoji varijabilnost među životinjama i specifičnim mišićima iste životinje. Kako bi se poboljšala mekoća mesa, mogu se primijeniti različite *post mortem* metode. Ove metode uzrokuju smanjenje skraćivanja mišićnih vlakana na početku *rigor mortisa* i povećan stupanj proteolize (zrenja) (Purchas 2014.).

Prema Liu i Zhang (2020.) mekoća mesa ima ključnu ulogu u doprinosu organoleptičke (osjetne) kvalitete mesa. Potrošači su spremni platiti više za meso koje posjeduje zajamčenu i dosljednu mekoću. Zbog velike važnosti mekoće na percepciju kvalitete mesa, provedena su istraživanja kako bi se razvile metode otkrivanja mekoće mesa.

*Post mortem* promjene rezultiraju dodatnim promjenama na membranama mišića, a sarkolema mišićnog tkiva dovodi do još jednog važnog događaja odnosno omekšavanja tijekom zrenja jer niži pH pogoduje aktivnosti proteolitičkih enzima u mesu. Proces hlađenja tijekom zrenja uzrokuje značajne varijacije u mekoći mesa koje ovise o stresu životinje prije klanja i interakcijama vremena, temperature i pH *post mortem*. Tijekom zrenja, proteoliza obuhvaća sve mišićne proteine, uključujući i vezivno tkivo. *Post mortem* proteoliza

miofibrilarnih i miofibrilarno povezanih proteina ključni je čimbenik završne mekoće (Purchas 2014.).

Meso divljač je izraženije mekoće u odnosu na govedinu, a za neke vrste jelena kao što su sobovi i jeleni lopatari (*Dama dama*) nije potrebno odležavanje mesa duže od 1 do 3 dana nakon klanja. Brojna istraživanja pokazala su da je meso jelena, jelena lopatara i sobova nježnije u usporedbi s govedinom koja je odležala u istom vremenskom razdoblju. Fenomen bržeg omekšavanja divljači objašnjava se povećanom aktivnošću proteolitičkih enzima (kalpaina i katepsina) i malim promjerom mišićnih vlakana. Nije u potpunosti razriješeno zašto je aktivnost proteolitički enzimi u mesu divljači tako izražena, međutim, prethodna istraživanja pokazuju da bi to moglo biti povezano s izrazitom sezonalnošću rasta jelena, koji je reguliran fotoperiodom (duljina dana). To znači da su dramatične promjene tjelesne težine i stanja dio normalnog godišnjeg ciklusa rasta jelena i da proteolitički enzimi imaju važne funkcije u živim životinjama. Utvrđen je i pozitivan učinak električne stimulacije trupova na mekoću mesa koju su potvrdili potrošači tijekom senzorskih ocjena mesa divljači. Trupovi sobova podvrgnuti *post mortem* električnoj stimulaciji imali su mekše meso u odnosu na trupove koji nisu bili podvrgnuti ovom tretmanu (Wiklund i sur. 2014.).

Wiklund i sur. (2008.) su utvrdili razlike u mekoći mesa jedinki jelena običnog koje su imale različitu dinamiku rasta. Jedinke koje su imale manje priraste imale su veću mekoću mesa u odnosu na jedinke koje su ostvarile veće priraste. Također, utvrdili su da potrošači imaju različitu percepciju mekoće mesa jelena običnog ovisno o tome koliko često konzumiraju meso divljači. Pokazalo se da su potrošači koji su rijetko jeli divljač ocijenili da jeleni koji su sporije prirastali imaju mekše meso, dok oni koji su češće jeli divljač su tvrdili suprotno.

## 2.6. Utjecaj dobi na fizikalna svojstva mesa jelenske divljači

Većina fizikalnih svojstava mesa jelenske divljači ovisi o dobi pri klanju. Posljednjih godina došlo je do povećanja potražnje za mesom jelena i divljači uzgojenih u prirodnim uvjetima zbog njihovih specifičnih svojstava, s pozitivnim učincima na zdravlje ljudi zbog niskog udjela intramuskularne masti i kolesterola te visokog sadržaja proteina i minerala. Provedena su istraživanja utjecaja sustava proizvodnje (uzgoj i divlje podrijetlo) na kvalitetu mesa jelena.

Maggiolino i sur. (2019.) su utvrdili da dob nije utjecala na pH izmjeren 48 h *post mortem* u mesu jelena običnog. No, utvrđen je značajne utjecaj dobi za pH vrijednost izmjerenu 72 h *post mortem*, pokazujući niže vrijednosti u starijih jelena. S druge strane, dob pri klanja nije imala značajan utjecaj na pojavu TŠČ mesa 48 ili 72 h *post mortem*. Nisu uočene značajne razlike među dobnim skupinama za parametre boje L\*, a\* i b\* mesa jelena običnog. Isti autori navode veći kalo kuhanja (26,68% nasuprot 22,17%) i otpora presijecanju (23,87 N nasuprot 14,41 N) u starijih u odnosu na mlađe jedinke. Zaključno autori navode da u mesu divljači zbog različitih međusobno povezanih čimbenika, uključujući pH, količinu vezivnog tkiva, anatomske pozicije mišića, aktivnosti proteolitičkih enzima i dob životinje mogu očekivati izražene varijacije u dobivenim rezultatima (Maggiolino i sur. 2019).

### 3. Materijali i metode

Uzorkovanje medijalnog sapnog mišića buta (*m. gluteus medius*) je provedeno nakon redovnog odstrela muških jedinki (n=16) jelena običnog (*Cervus elaphus*) na području Gorskog kotara tijekom lovne godine 2021. Odstrel jedinki je proveden u skladu sa važećom zakonskom regulativom (NN 99/2018). Po odstrelu je izvršena procjena dobi jedinki prema rogovlju i zubima. Na osnovi procijenjene dobi, jedinke su grupirane u dvije dobne grupe: grupa I – jedinke dobi 3-5 godine (n=6) i grupa II – jedinke dobi 6-9 godina (n=10).

Nakon odstrela izvršen je prijevoz jedinki do ovlaštenog sabirališta divljači gdje je izvršena standardna obrada trupova – dekapitacija između atlasa i prvog vratnog kralješka, evisceracija organa prsne, trbušne i zdjelične šupljine te odstranjivanje kože i donjih dijelova nogu u metakarpalnim i metatarzalnim zglobovima. Trupovi su potom smješteni u rashladne komore na +4°C tijekom 24 h. Nakon hlađenja, s desnog buta uzet je uzorak medijalnog sapnog mišića (*m. gluteus medius*) mase oko 200 grama, potom je vakumiran i pohranjen na -20°C po daljnjih analiza. Dob i masa trupova prije klaoničke obrade prikazane su u Tablici 3.1.

Tablica 3.1. Deskriptivna statistika mase i dobi jedinki jelena običnog uključenih u istraživanje

varijabla	minimum	maksimum	prosjeak	standardna devijacija
masa (kg)	106,0	130,0	119,88	6,44
dob (godina)	3,0	9,0	5,94	1,48

#### 3.1. Određivanje kala odmrzavanja

Za potrebe provedbe analiza uzorci mesa su najprije odmrznuti na način da su nakon vađenja iz škrinja odvagani na preciznoj vagi (0,01 g) te stavljeni na mrežice u zrakonepropusne plastične posude (Slika 3.1.1.). Potom su uzorci stavljeni u hladnjak na +4°C tijekom 24h kako bi se odmrznuli. Ujedno, ovaj postupak je iskorišten za utvrđivanje kala odmrzavanja te su nakon 24h uzorci izvađeni iz posuda, blagim pritiskom s papirnatim ubrusom je sa svakog uzorka obrisano suvišna tekućina i uzorci su pojedinačno odvagani na preciznoj vagi.

Kalo odmrzavanja je određeno kao postotak razlike u masi uzorka prije i nakon odmrzavanja:

$$\text{Kalo odmrzavanja (\%)} = \left\{ \frac{\text{masa prije odmrzavanja (g)} - \text{masa nakon odmrzavanja (g)}}{\text{masa prije odmrzavanja (g)}} \right\} \times 100$$

Uzorci pripremljeni na prethodno opisan način su korišteni za provođenje svih ostalih analiza.

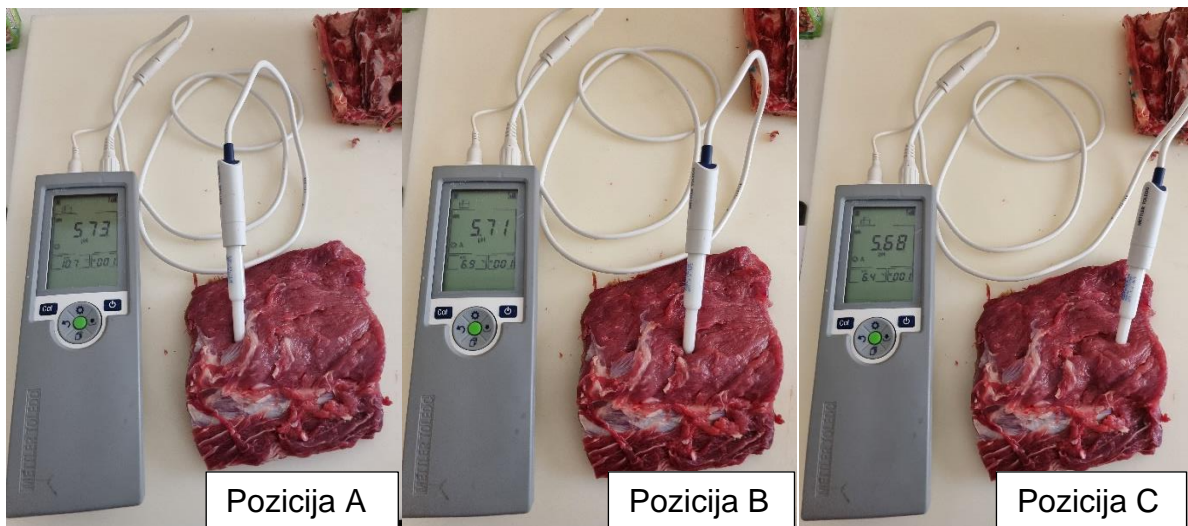


Slika 3.1.1. Postupak odmrzavanja mesa

Izvor: Osobna arhiva N. Kelava Ugarković

### 3.2. Određivanje pH vrijednosti i boje mesa

Na uzorcima mesa jelena običnog pH vrijednost je mjerena korištenjem prijenosnog pH metra (Mettler Toledo S2-Food kit) ubodnom sondom na tri mjesta (Slika 3.2.1.) te je pH vrijednost izražena kao prosjek tri vrijednosti ( $A+B+C/3=pH$  vrijednost).



Slika 3.2.1. Mjerenje pH vrijednosti mesa na tri pozicije

Izvor: Osobna arhiva N. Kelava Ugarković

Boja uzoraka mesa jelena običnog određena je korištenjem prijenosnog kromametra (Minolta Chroma Meter CR-410) na način da je mišić prerezan i odmah potom je izvršeno mjerenje prve vrijednosti L a b parametara boje mesa prema CIELAB standardu korištenjem D65 iluminacije (Slika 3.2.2.). Promjer mjerne površine kromametra je iznosio 50 mm. Mjerenje boje je ponavljano svakih 15 minuta dok nije proteklo 60 minuta od prvog mjerenja odnosno otvaranja mjerene površine mišića. Na taj način je praćen tijek stabilizacije boje mesa odnosno promjene vrijednosti  $L^*$   $a^*$   $b^*$  parametara.



Slika 3.2.2. Mjerenje boje mesa korištenjem prijenosnog kromametra Minolta CR-410

Izvor: Osobna arhiva N. Kelava Ugarković

### 3.3. Određivanje kala kuhanja

Od početnog uzorka mesa je odrezan komad debljine 3 cm, odvagan na preciznoj vagi i stavljen u plastičnu vrećicu. U vodenoj kupelji (Grant JB Nova) je zagrijana voda na +80°C te je nakon postizanja željene temperature uzorak uronjen u vodu i u sredinu uzorka je ubodena sonda termometra. Uzorak je kuhan u vodenoj kupelji dok temperatura u sredini uzorka nije dosegla +75°C (Slika 3.3.1.). Potom je vrećica sa uzorkom izvađena i odmah uronjena na 15 minuta u posudu s vodom u kojoj su dodane ledenice. Uzorci su potom stavljeni na hlađenje u hladnjak na +4°C tijekom 45 minuta. Nakon hlađenja uzorci su izvađeni iz vrećica, pojedinačno posušeni papirnatim ubrusom te odvagani na preciznoj vagi.

Kalo kuhanja je izražen kao postotak razlike u masi uzorka prije i nakon kuhanja:

Kalo odmrzavanja (%) =  $\{(masa\ prije\ kuhanja\ (g) - masa\ nakon\ kuhanja\ (g)) / masa\ prije\ kuhanja\ (g)\} \times 100$



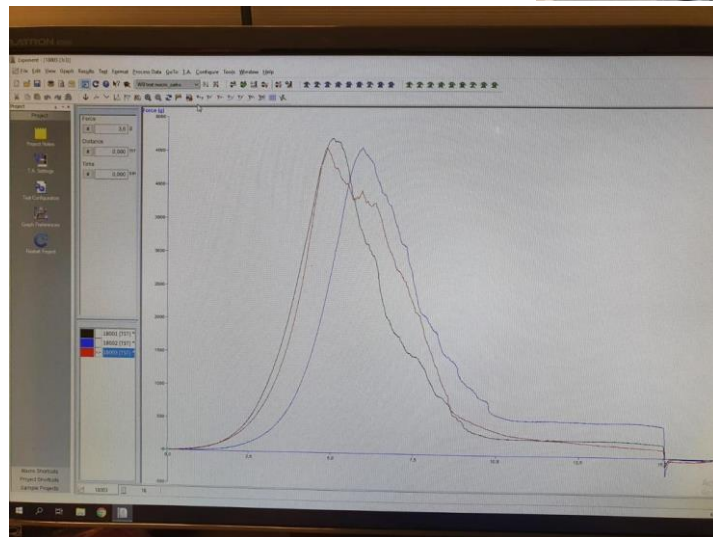
Slika 3.3.1. Postupak određivanja kala kuhanja uzoraka mesa

Izvor: Osobna arhiva N. Kelava Ugarković

### 3.4. Određivanje otpora presijecanju mesa jelena običnog

Mekoća mišića buta jelena običnog određena je mjerenjem sile presijecanja uzorka mesa uporabom Instron uređaja (Model 3345, Instron, Canton, MA) opremljenog Warner-Bratzler rezivim sječivom. U tu svrhu su korišteni uzorci mesa na kojima je određen kalo kuhanja. Svaki uzorak je isječen na najmanje tri dijela paralelna sa smjerom mišićnih vlakana (1 x 1 x 2,5 cm). Svaki pojedinačni dio uzorka je Warner-Bratzler rezivim sječivom presječen okomito na smjer mišićnih vlakana (Slika 3.4.1.). Dobivena srednja vrijednost sile potrebne da bi se presjekao svaki pojedinačni dio uzorka (isječen na najmanje tri dijelova) uzeta je u izračun kao sila presijecanja (engl. Warner-Bratzler shear force; WBSF) te je kao takva za svaki pojedinačni uzorak statistički obrađena.





Slika 3.4.1. Određivanje otpora presijecanja mesa jelena običnog  
Izvor: Osobna arhiva N. Kelava Ugarković

### **3.5. Statistička obrada podataka**

Podaci su statistički obrađeni u programskom paketu SAS V9.4 primjenom ASSIST-a je napravljena opisna statistika, primjenom GLM modela je utvrđen utjecaj dobi na analizirana fizikalna svojstva mesa jelena običnog te utjecaj vremena na tijek stabilizacije parametara boje mesa.

## 4. Rezultati

U Tablici 4.1. prikazana je opisna statistika za analizirana fizikalna svojstva medijalnog mišića buta jelena običnog.

Tablica 4.1. Opisna statistika analiziranih fizikalnih svojstava medijalnog mišića buta jelena običnog

Svojstvo	minimum	maksimum	prosjeak	SD
Kalo odmrzavanja (%)	4,44	10,75	7,36	2,05
Kalo kuhanja (%)	8,63	24,51	18,67	3,77
Otpor presijecanju (N/m <sup>2</sup> )	33,41	134,48	53,63	23,80
pH	5,40	6,50	5,58	0,25
L <sub>(0)</sub>	29,17	34,52	31,78	1,50
a <sub>(0)</sub>	13,13	16,84	14,93	1,09
b <sub>(0)</sub>	0,62	3,56	1,88	0,88
L <sub>(60)</sub>	28,66	33,90	30,96	1,53
a <sub>(60)</sub>	14,43	18,74	16,35	1,39
b <sub>(60)</sub>	2,99	6,22	4,87	0,80

SD = standardna devijacija

Prosječna vrijednost kala odmrzavanja analiziranih uzoraka jelena običnog iznosila je  $7,36 \pm 2,05\%$ , dok je prosječna vrijednost kala kuhanja iznosila  $18,67 \pm 3,77\%$ . Otpor presijecanju analiziranih uzoraka iznosio je  $53,63 \text{ N/m}^2$ , uz veliku standardnu devijaciju  $23,80 \text{ N/m}^2$ .

Analizirani uzorci imali su prosječnu pH vrijednost  $5,58 \pm 0,25$ , a vrijednost parametara boje mesa odmah po izlaganju površine mesa zraku iznosila je  $L_0^* = 31,78 \pm 1,50$ ,  $a_0^* = 14,93 \pm 1,09$  i  $b_0^* = 1,88 \pm 0,88$ . Nakon 60-minutne stabilizacije boje, vrijednost parametara boje je iznosila  $L_{60}^* = 30,96 \pm 1,53$ ,  $a_{60}^* = 16,35 \pm 1,69$  i  $b_{60}^* = 4,87 \pm 0,80$ .

Volpelli i sur. (2003) su utvrdili slične pH vrijednosti mesa jelena lopatara, no veće vrijednosti  $L^*$  i  $a^*$  parametra u odnosu na predmetno istraživanje. U istom istraživanju je utvrđena veća vrijednost kala kuhanja i manji otpor presijecanju uzoraka mesa jelena lopatara u odnosu na predmetno istraživanje. Piaskowska i sur. (2015) su utvrdili slične pH vrijednosti lumbalnog dijela dugog leđnog mišića jelena lopatara te vrlo slične vrijednosti parametara boje, no gotovo dvostruko manju vrijednost kala kuhanja. Cifuni i sur. (2014) su na prsnom dijelu dugog leđnog mišića jelena lopatara utvrdili veću vrijednost kala odmrzavanja u odnosu na predmetno istraživanje. Razmaite i sur. (2017) su u mišiću *semimembranosus* jelena običnog utvrdili slične vrijednosti pH, no gotovo dvostruko veće vrijednosti kala kuhanja, dok su vrijednosti parametara boje mesa bili veće. Bureš i sur. (2015) na lumbalnom dijelu dugog leđnog mišića jelena običnog utvrdili nižu vrijednost otpora presijecanju i sličnu vrijednost parametra boje  $a^*$ , no veće vrijednosti parametara  $L^*$  i  $b^*$ . Danszkiewicz i sur. (2015) su na lumbalnom dijelu dugog leđnog mišića jelena lopatara utvrdili sličnu pH vrijednost i gotovo dvostruko veću vrijednost kala kuhanja te veće

vrijednost  $a^*$  i  $b^*$  parametra boje mesa. Šnirc i sur. (2017) su u prsnom dijelu dugog leđnog mišića jelena običnog utvrdili sličnu pH vrijednost i no veći postotak kala kuhanja, dok je vrijednost otpora presijecanja bila niže nego na uzorcima analiziranim u predmetnom istraživanju. Needham i sur. (2020) su na *biceps femoris* i *semimembranosus* impala utvrdili slične pH vrijednosti, no veće vrijednosti kala kuhanja. Utvrđene razlike mogu se pripisati razlikama u uzgojnom području, dobi i postupcima s uzorcima nakon prikupljanja (obrada svježih uzoraka ili provođenje analiza nakon smrzavanja).

Većina fizikalnih svojstava na analiziranim uzorcima jelena običnog imala je slične vrijednosti onima u ranijim istraživanjima. Može se uočiti niža vrijednost kala kuhanja i veći otpor presijecanju u odnosu na ranije objavljene rezultate o mesu jelenske divljači. Niže vrijednosti kala kuhanja u predmetnom istraživanju u odnosu na prethodne rezultate mogu se pripisati razlikama u metodi određivanja kala kuhanja. Naime, u većini istraživanja fizikalnih svojstava mesa jelenske divljači uočena je primjena modificirane metode po Honikelu (1998) odnosno duže zadržavanje u vodenoj kupelji nakon ostvarivanja ciljane temperature (75-80°C) u sredini uzorka što je vjerojatno doprinijelo i većem kalu kuhanju u odnosu na predmetno istraživanje. Također, veće vrijednosti otpora presijecanju mogu se pripisati većem broju grla jelena običnog starijih od 6 godina, dok je u prijašnjim istraživanjima uočena niža dobna granica.

U predmetnom istraživanju nije utvrđen značajan ( $p>0,05$ ) utjecaj dobi na analizirana fizikalna svojstva mesa jelena običnog (Tablica 4.2.). Međutim, uzorci mlađe dobne grupe (grupa I) imali su manje vrijednosti kala odmrzavanja i otpora presijecanju te veću vrijednost kala kuhanja. Parametri boje mesa na početku i kraju 60-minutnog praćenja stabilizacije boje imali su veće vrijednosti za mlađu dobnu grupu nego stariju (grupa II). Dakle, meso starijih grla jelena običnog imalo je tamniju i crveniju boju, gubilo je više mesnog soka tijekom odmrzavanja te je imalo manji gubitak mase pri kuhanju. Ujedno, uzorci starijih grla jelena običnog imali su veću tvrdoću odnosno veći otpor presijecanju. Može se pretpostaviti da bi razlike u pojedinim fizikalnim svojstvima osobito za otpor presijecanja na većem broju uzoraka mogle biti značajne. U obzir treba uzeti da dobna grupa I u predmetnom istraživanju odgovara srednjodobnim grlima jelena (3-5 godina) te je za pretpostaviti da bi značajne razlike mogle biti utvrđene između grla dobi do 42 mjeseca. Veće vrijednosti kala kuhanja i otpora presijecanju mesa starijih grla jelena običnog su utvrdili i Maggiolino i sur. (2019).

Tablica 4.2. Utjecaj dobi na fizikalna svojstva medijalnog mišića buta jelena običnog

Svojstvo	Grupa I (n=6)	Grupa II (n=10)
Kalo odmrzavanja (%)	7,09±0,86	7,52±0,67
Kalo kuhanja (%)	19,22±1,58	18,34±1,22
Otpor presijecanju (N/m <sup>2</sup> )	43,10±9,41	59,94±7,29
pH	5,54±0,11	5,61±0,08
L <sub>(0)</sub>	32,39±0,60	31,41±0,46
a <sub>(0)</sub>	15,01±0,46	14,88±0,36

$b_{(0)}$	2,11±0,36	1,74±0,28
$L_{(60)}$	31,62±0,61	30,57±0,47
$a_{(60)}$	16,49±0,59	16,25±0,46
$b_{(60)}$	5,13±0,34	4,72±0,27

U Tablici 4.3. je prikazan utjecaj vremena stabilizacije na vrijednost parametra boje mesa jelena običnog. Vrijeme stabilizacije nije imalo značajan ( $p>0,05$ ) utjecaj na vrijednost  $L^*$  parametra boje mesa jelena običnog. Naime, vrijednost  $L^*$  parametra ostala je stabilna i bez značajnih promjena tijekom 60-minutnog vremena stabilizacije. U odnosu na najveću vrijednost utvrđenu odmah po izlaganju prerezane površine mesa zraku, vrijednost  $L^*$  parametra smanjila se za svega 0,22% tijekom prvih 15 minuta stabilizacije, potom 1,25% tijekom narednih 15 minuta, 1,92% unutra 45 minuta od početka mjerenja te 2,58% pri zadnjem mjerenju.

Tablica 4.3. Utjecaj vremena stabilizacije na vrijednost parametara boje mesa jelena običnog

Vrijeme	$L^*$	$a^*$	$b^*$
0	31,78±0,38	14,93±0,33 <sup>a</sup>	1,88±0,21 <sup>a</sup>
15	31,71±0,38	16,48±0,33 <sup>b</sup>	4,61±0,21 <sup>b</sup>
30	31,38±0,38	16,47±0,33 <sup>b</sup>	4,80±0,21 <sup>b</sup>
45	31,17±0,38	16,48±0,33 <sup>b</sup>	4,90±0,21 <sup>b</sup>
60	30,96±0,38	16,34±0,33 <sup>b</sup>	4,87±0,21 <sup>b</sup>

<sup>a,b</sup>Vrijednosti označene različitim slovom unutar stupca su se značajno razlikovale ( $p<0,05$ )

U odnosu na  $L^*$  parametar boje mesa, utvrđene su značajne ( $p<0,05$ ) razlike u vrijednostima  $a^*$  i  $b^*$  parametara boje mesa jelena običnog. Naime, u oba slučaja vrijednosti parametara su značajno ( $p<0,05$ ) porasle tijekom prvih 15 minuta stabilizacije i nisu se više mijenjale tijekom 60-minutnog praćenja. Vrijednost  $a^*$  parametra tijekom prvih 15 minuta porasla je za oko 10% tijekom u odnosu na početno mjerenje, što znači da je meso jelena običnog u predmetnom istraživanju postalo crvenije odmah po izlaganju zraku. Ovo se može protumačiti kao posljedica veće količine mioglobina u mesu jelenske divljači, osobito u mišićima buta koji su fiziološki aktivniji u odnosu na primjer dugi leđni mišić. Posljedično, izlaganjem zraku se događaju intenzivni procesi oksigenacije mioglobina i brzi razvoj crvene boje karakteristične za meso jelenske divljači. Vrijednost  $a^*$  i  $b^*$  parametra neznatno je počela padati nakon 45 minuta.

Najveća promjena u vrijednosti  $b^*$  parametra boje također se dogodila u prvih 15 minuta stabilizacije te je  $b^*$  vrijednost porasla za 145%. Daljnje neznatno povećanje  $b^*$  vrijednosti može se primijetiti do 45. minute. Najveća razlika koja je utvrđena između početne i 15-minutne promjene  $b^*$  vrijednosti parametra boje može se pripisati višim temperaturama tijekom praćenja stabilizacije (20°C) koje rezultiraju bržim pomjeranjem smeđeg sloja metmioglobina bliže površini te posljedično metmioglobin postaje izraženiji pri mjerenju boje mesa (Renner, 1990.).

## 5. Zaključak

Istraživanjem je utvrđena prosječna pH vrijednost  $5,58 \pm 0,25$ , a vrijednost parametara boje mesa odmah po izlaganju površine mesa zraku iznosila je  $31,78 \pm 1,50$ ,  $14,93 \pm 1,09$  i  $1,88 \pm 0,88$ , dok je nakon 60-minutne stabilizacije boje vrijednost parametara boje je iznosila  $30,96 \pm 1,53$ ,  $16,35 \pm 1,69$  i  $4,87 \pm 0,80$ .

Istraživanjem je utvrđena prosječna vrijednost kala odmrzavanja analiziranih uzoraka jelena običnog iznosila je  $7,36 \pm 2,05\%$ , dok je prosječna vrijednost kala kuhanja iznosila  $18,67 \pm 3,77\%$ . Otpor presijecanju analiziranih uzoraka iznosio je  $53,63 \text{ N/m}^2$ , uz veliku standardnu devijaciju  $23,80 \text{ N/m}^2$ .

Istraživanjem nije utvrđen značajan utjecaj dobi na analizirana fizikalna svojstva mesa jelena običnog. Međutim, uzorci mlađe dobne grupe (grupa I) imali su manje vrijednosti kala odmrzavanja i otpora presijecanju te veću vrijednost kala kuhanja. Parametri boje mesa na početku i kraju 60-minutnog praćenja stabilizacije boje imali su veće vrijednosti za mlađu dobnu grupu nego stariju (grupa II).

Možemo zaključiti da je meso starijih grla jelena običnog imalo tamniju i crveniju boju, gubilo je više mesnog soka tijekom odmrzavanja te je imalo manji gubitak mase pri kuhanju. Također, uzorci starijih grla jelena običnog imali su veću tvrdoću odnosno veći otpor presijecanju.

## 6. Popis literature

1. Bekhit A.E.D.A., Morton J.D., Bhat Z.F., Zequan X. (2019). Meat colour: Chemistry and measurement systems. In: Reference Module in Food Science (second edition; Melton L., Shahidi F., Varelis P., Ur.), Academic Press, Elsevier Publications, Cambridge, Massachusetts, 211-217.
2. Bureš D., Bartoň L., Kotrba R., Hakl J. (2015). Quality attributes and composition of meat from red deer (*Cervus elaphus*), fallow deer (*Dama dama*) and Aberdeen Angus and Holstein cattle (*Bos taurus*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 95(11): 2299–2306.
3. Cifuni G.F., Amici A., Contò M., Viola P., Failla, S. (2014). Effects of the hunting method on meat quality from fallow deer and wild boar and preliminary studies for predicting lipid oxidation using visible reflectance spectra. *European Journal of Wildlife Research*. 60(3): 519–526.
4. Daszkiewicz T., Hnatyk N., Dąbrowski D., Janiszewski P., Gugolek A., Kubiak D., Śmiecińska K., Winarski R., Koba-Kowalczyk M. (2015). A comparison of the quality of the Longissimus lumborum muscle from wild and farm-raised fallow deer (*Dama dama* L.). *Small Ruminant Research*. 129: 77–83.
5. Daszkiewicz T., Lipowski T., Kubiak D. (2017). Effect of freezer storage on quality of M. longissimus lumborum from fallow deer (*Dama dama* L.). *South African Journal of Animal Science*. 47(6): 834-841.
6. Hartung J., Nowak B., Springorum A.C. (2009). 27 - Animal welfare and meat quality. In: *Improving the Sensory and Nutritional Quality of Fresh Meat* (Kerry J.P., Ledward D., Ur.), Woodhead Publishing, Sawston, Ujedinjeno Kraljevstvo, 628-646.
7. Ivanković A., Mijić P. (2020). *Govedarstvo*, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zagreb.
8. Jankowiak H., Cebulska A., Bocian M. (2021). The relationship between acidification (pH) and meat quality traits of polish white breed pigs. *European Food Research and Technology*. 247(11): 2813-2820.
9. Ježek F., Kameník J., Macharáčková B., Bogdanovičová K., Bednář J. (2020). Cooking of meat: effect on texture, cooking loss and microbiological quality—a review. *Acta Veterinaria Brno*. 88(4): 487-496.
10. Kaić A., Žgur S., Potočnik K. (2018). Utjecaj anatomske pozicije na sposobnost zadržavanja vode i mekoću konjskog mesa. *MESO: Prvi hrvatski časopis o mesu*. 20(1): 38-44.
11. Karolyi D. (2004). Promjene u kvaliteti mesa svinja. *Meso: Prvi hrvatski časopis o mesu*. 6(5): 18-20.
12. Karolyi D. (2004). Sposobnost vezanja vode u mesu. *Meso: Prvi hrvatski časopis o mesu*. 6(6): 26-30.

13. Liu R., Zhang W. (2020). Detection techniques of meat tenderness: state of the art. *Meat Quality Analysis*. 53-65.
14. Maggiolino A., Pateiro M., Serrano M.P., Landete-Castillejos T., Domínguez R., García A., Gallego L., De Palo P., Lorenzo J. M. (2019). Carcass and meat quality characteristics from Iberian wild red deer (*Cervus elaphus*) hunted at different ages. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 99(4): 1938-1945.
15. Needham T., Engels R.A., Bureš D., Kotrba R., van Rensburg B.J., Hoffman L.C. (2020). Carcass Yields and Physiochemical Meat Quality of Semi-extensive and Intensively Farmed Impala (*Aepyceros melampus*). *Foods*. 9(4):418.
16. Piaskowska N., Daszkiewicz T., Kubiak D., Janiszewski P. (2015). The Effect of Gender on Meat (*Longissimus Lumborum* Muscle) Quality Characteristics in the Fallow Deer *Dama Dama* L. *Italian Journal of Animal Science*. 14: 389-393.
17. Pollard J.C., Stevenson-Barry J.M., Littlejohn R.P. (1999). Factors affecting behaviour, bruising and pH in a deer slaughter premises. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*. 59:148–151.
18. Purchas R.W. (2014). Tenderness measurement. In: *Encyclopedia of Meat Sciences II* (Klinth Jensen W., Ur.), Elsevier, Amsterdam, Nizozemska, 1370-1377.
19. Purslow P.P., Oiseth S., Hughes J., Warner R.D. (2016). The structural basis of cooking loss in beef: Variations with temperature and ageing. *Food Research International*. 89: 739-748.
20. Razmaitė V., Šiukšcius A., Šveistienė R., Bliznikas S., Švirmickas G.J. (2017). Comparative evaluation of longissimus and semimembranosus muscle characteristics from free-living and farmed red deer (*Cervus elaphus*) in Lithuania. *Zoology and Ecology*. 176-183.
21. Renner M. (1990). Review: factors involved in the discolouration of beef meat. *International Journal Food of Science Technology*. 25:613–630.
22. Serrano M.P., Maggiolino A., Landete-Castillejos T., Pateiro M., Barbería J.P., Fierro Y., Domínguez R., Gallego L., García A., De Palo P., Lorenzo, J. M. (2020). Quality of main types of hunted red deer meat obtained in Spain compared to farmed venison from New Zealand. *Scientific Reports*. 10(1): 1-9.
23. Suman S.P., Joseph P. (2013). Myoglobin chemistry and meat color. *Annual review of food science and technology*. 4: 79-99.
24. Šnirc M., Kral M., Oščádalová M., Golian J., Tremlová B. (2017). Application of principal component analysis method for characterization chemical, technological, and textural parameters of farmed and pastured red deer. *International Journal of Food Properties*. 20: 754-761.
25. Volpelli L.A., Valusso R., Morgante, M., Pittia, P., Piasentier, E. (2003). Meat quality in male fallow deer (*Dama dama*): Effects of age and supplementary feeding. *Meat Science*. 65(1): 555–562.
26. Wiklund E., Andersson A., Malmfors G., Lundström K., Danell Ö. (1995). Ultimate pH values in reindeer meat with particular regard to animal sex & age, muscle and transport distance. *Rangifer* 15 (2):47–54.



27. Wiklund E., Asher G. W., Archer J.A., Ward J.F., Littlejohn R. (2008). Carcass and meat quality characteristics in young red deer stags of different growth rates. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*. 68:174-177.
28. Wiklund E., Farouk M., Finstad G. (2014). Venison: Meat from red deer (*Cervus elaphus*) and reindeer (*Rangifer tarandus tarandus*). *Animal Frontiers*. 4(4): 55-61.

## Životopis

Josipa Hadrović rođena je 16.05.1998. u Zagrebu. Pohađala je osnovnu školu Ljudevita Modeca u Križevcima. Istodobno je pohađala i glazbenu školu Alberta Štrige u Križevcima svirajući gitaru i klavir. Opću gimnaziju I.Z. Dijankovečkoga Križevci upisuje 2013. godine i završava ju 2017. godine. Iste godine upisuje preddiplomski studij Animalne znanosti na Agronomskome fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, a po završetku preddiplomskoga studija upisuje i diplomski studij, smjer Proizvodnja i prerada mesa. Tijekom trajanja diplomskoga studija sudjeluje u izvannastavnim aktivnostima kao student tutor. Od stranih jezika priča engleski B2 razine i njemački A2 razine.