

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

**Utjecaj kratkoročnog dodavanja magnezija na
kvalitetu mesa junadi**

DIPLOMSKI RAD

Nikola Linić

Zagreb, rujan, 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

Diplomski studij:

Hranidba životinja i hrana

**Utjecaj kratkoročnog dodavanja magnezija na
kvalitetu mesa junadi**

DIPLOMSKI RAD

Nikola Linić

Mentor:

Prof. dr. sc. Goran Kiš

Zagreb, rujan, 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

IZJAVA STUDENTA
O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Nikola Linić**, JMBAG 0178121222, rođen 05 listopada 2000. u Zagrebu, izjavljujem da sam samostalno izradio diplomski rad pod naslovom:

Utjecaj kratkoročnog dodavanja magnezija na kvalitetu mesa junadi

Svojim potpisom jamčim:

- da sam 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 upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana _____

Potpis studenta

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

IZVJEŠĆE
O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studenta **Nikole Linića**, JMBAG 0178121222, naslova

Utjecaj kratkoročnog dodavanja magnezija na kvalitetu mesa junadi

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____, dana _____.

Povjerenstvo:

potpisi:

1. Prof. dr. sc. Goran Kiš mentor

2. Prof. dr.sc. Miljenko Konjačić član

3. Prof. dr. sc. Ivica Kos član

1. Sadržaj

1. Uvod.....	1
1.1. Hipoteza i cilj istraživanja	3
2. Pregled literature	4
2.1. Proizvodnja i značaj junetine u svijetu, Europi i Hrvatskoj.....	4
2.2. Hranidba i tov junadi.....	6
2.3. Juneće meso i pokazatelji kvalitete	11
2.4. Pojavljivanje i utjecaj stresa na kvalitetu junećeg mesa	15
2.5. Uloga makrominerala u organizmu junadi	16
2.6. Uloga magnezija u organizmu junadi i dosadašnja istraživanja o dodatku magnezija u završnoj fazi tova	18
3. Materijali i metode.....	21
3.1. Smještaj i držanje junadi	21
3.2. Hranidbeni tretmani	21
3.3. Uzorkovanje i analiza uzoraka.....	22
3.4. Statistička obrada podataka	24
4. Rezultati i rasprava	25
4.1. Utjecaj tretmana na boju mesa junadi	25
4.2. Utjecaj tretmana na pH vrijednost mesa.....	25
4.3. Utjecaj tretmana na zadržavanje vode	26
4.4. Rasprava	27
5. Zaključak.....	28
6. Popis literature	29
Životopis	31

Sažetak

Diplomskog rada studenta **Nikole Linića**, naslova

Utjecaj dodavanja kratkoročnog dodavanja magnezija na kvalitetu mesa junadi

Cilj ovog istraživanja bio je ispitati utjecaj kratkoročnog dodavanja magnezija u obroku junadi na kvalitetu mesa. Ispitivani su pokazatelji boje, pH i kapacitet zadržavanja vode mesa, uz primjenu magnezija u dozi od 20 grama po jedinki tijekom posljednjih 14 dana tova. Pokus je proveden na 12 jedinki, podijeljenih u kontrolnu skupinu i skupinu tretiranu magnezijem. Rezultati su pokazali da dodatak magnezija nije imao statistički značajan utjecaj na boju mesa ni na pH vrijednost u *m. supraspinatusu* i *m. infraspinatusu*. Ovi rezultati sugeriraju da kratkoročna primjena magnezija nema značajan utjecaj na ispitivane pokazatelje kvalitete mesa junadi, hranjene obrocima baziranih na sliaži cijele biljke kukuruza.

Ključne riječi: magnezij, kvaliteta mesa, junad

Summary

Of the master's thesis - student **Nikola Linić**, entitled

Effects of short term supplementation of magnesium on quality of meat young cattle

The aim of this study was to examine the effect of short-term magnesium supplementation on beef quality. Parameters such as meat color, pH, and water-holding capacity were analyzed, with magnesium applied at a dose of 20 grams per animal during last 14 days of fattening stage. The experiment was conducted on 12 animals, divided into a control group and a magnesium-treated group. Results indicated that magnesium supplementation had no statistically significant effect on meat color or pH values of *m. supraspinatus* i *m. infraspinatus*. These findings suggest that short-term magnesium supplementation does not significantly affect the evaluated meat quality parameters of beef, fed with rations based on whole corn plant silage.

Keywords: magnesium, meat quality, beef cattle

1. Uvod

Govedarstvo je ključna grana stočarske proizvodnje s velikim značajem za mesnu industriju, ne samo u Hrvatskoj, već i u Svijetu. Goveđe meso, osobito junetina, zauzima posebno mjesto u prehrani zbog svoje nutritivne vrijednosti i organoleptičkih svojstava. U Hrvatskoj, junetina se ističe kao jedan od najkvalitetnijih izvora proteina, željeza, cinka i esencijalnih masnih kiselina, a potrošači sve više preferiraju meso s većim sadržajem proteina i nižim udjelom masti (Ivanković i Mijić 2020.). Međutim, kvaliteta junećeg mesa varira pod utjecajem različitih čimbenika, uključujući genetske predispozicije, uvjete uzgoja i hranidbe, kao i tehnologiju obrade mesa nakon usmrćivanja. Sve veći interes potrošača i proizvođača za poboljšanjem kvalitete mesa usmjerava istraživanja na čimbenike koji mogu unaprijediti fizikalna svojstva mesa poput pH vrijednosti, boje, teksture i kapaciteta zadržavanja vode.

Magnezij, kao esencijalni mineral, ima ključnu ulogu u fiziološkim procesima, uključujući metabolizam energije, sintezu proteina te neuromuskularnu funkciju. U hranidbi životinja, magnezij se često zanemaruje, iako nedostatak ovog minerala može značajno narušiti rast, prirast i kvalitetu mesa. Istraživanja pokazuju da suplementacija magnezijem može poboljšati metaboličke procese i smanjiti negativne posljedice stresa kod životinja, što rezultira povoljnijim organoleptičkim svojstvima mesa (Pinotti i sur. 2021.).

Završna faza tova junadi (u pravilu traje 15 do 45 dana prije klanja) posebno je osjetljivo razdoblje, budući da se kvaliteta mesa u velikoj mjeri definira upravo u tim zadnjim tjednima prije klanja. Tijekom ove faze, dolazi do nakupljanja mišićne mase, kao i metaboličkih promjena koje utječu na konačna svojstva mesa. Dodavanje magnezija u ovom periodu može imati značajan utjecaj na fiziološke procese povezane s metabolizmom mišića, uključujući sintezu proteina i metabolizam glikogena. Također, magnezij može pomoći u smanjenju stresa prije klanja, koji je prepoznat kao jedan od ključnih čimbenika koji utječu na pH vrijednost mesa, boju i kapacitet zadržavanja vode. Stres uzrokovan transportom, manipulacijom i promjenom okoline može rezultirati lučenjem hormona poput adrenalina i glukokortikoida, što posljedično dovodi do poremećaja u energetske balansu i metabolizmu glikogena, smanjujući kvalitetu mesa i stvarajući uvjete za razvoj tamnog, čvrstog i suhog mesa (TČS) (Simons 2018.).

Upravo zbog tih čimbenika, interes istraživača i proizvođača sve se više usmjerava na utjecaj magnezija kao dodatka hranidbi junadi u završnoj fazi tova. Dosadašnja istraživanja ukazuju na povezanost između suplementacije magnezijem i poboljšanja kvalitete mesa, no potrebno je dodatno istražiti utjecaj kratkoročne primjene magnezija na specifične pokazatelje kao što su pH vrijednost mesa, boja i kapacitet zadržavanja vode, koji su ključni pokazatelji kvalitete mesa.

Cilj ovog istraživanja je ispitati utjecaj dodavanja magnezija zadnjih 14 dana tova junadi na kvalitetu mesa, s posebnim naglaskom na tri ključna pokazatelja: pH vrijednost, boju mesa i kapacitet zadržavanja vode. Poznato je da promjene pH mesa nakon smrti značajno utječe na boju i sočnost. Optimalne pH vrijednosti u rasponu od 5,5 od 5,9 omogućuju bolji kapacitet zadržavanja vode, što rezultira sočnijim i mekšim mesom, dok veće vrijednosti, povezane s višim razinama stresa, mogu dovesti do povećane tvrdoće i smanjene kvalitete mesa (Florek i sur. 2008.).

Osim pH vrijednosti, boja mesa je jedan od najvažnijih pokazatelja kvalitete mesa, budući da vizualni izgled igra ključnu ulogu u odabiru mesa kod potrošača. Suplementacija magnezijem mogla bi utjecati na boju mesa putem smanjenja oksidativnog stresa. Konačno, kapacitet zadržavanja vode jedan je od najvažnijih tehnoloških pokazatelja kvalitete mesa jer izravno utječe na njegovu sočnost i ekonomsku vrijednost tijekom obrade i pripreme (Huff Lonergan i Lonergan, 2005.). S obzirom na navedeno, ovo istraživanje nastoji dati doprinos boljem razumijevanju utjecaja magnezija na ove ključne pokazatelje, kako bi se utvrdilo u kojoj mjeri suplementacija magnezijem u završnoj fazi tova može unaprijediti kvalitetu junećeg mesa.

1.1. Hipoteza i cilj istraživanja

Temeljem dosadašnjih istraživanja postavljena je hipoteza kako će povećan udio magnezija u obroku tovne junadi u periodu od 14 dana prije klanja imati značajnu razliku u pogledu količine glikogena u mišićima što će rezultirati nižim vrijednostima pH, svjetlijom bojom i smanjenom pojavom tamnog čvrstog i suhog mesa u odnosu na kontrolnu skupinu.

Stoga je cilj rada bio istražiti utjecaj 14-dnevnog dodavanja magnezija prije klanja junadi na pH vrijednost, boju i sposobnost zadržavanja vode mesa .

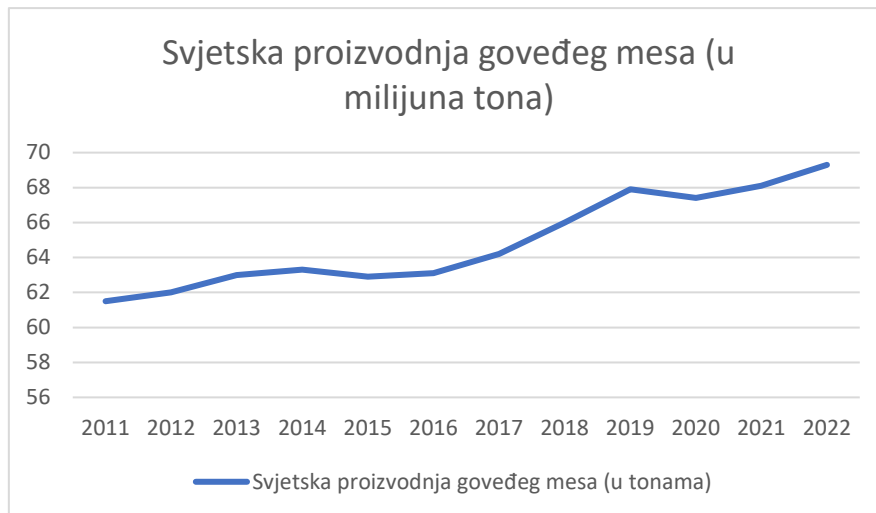
2. Pregled literature

2.1. Proizvodnja i značaj junetine u svijetu, Europi i Hrvatskoj

Govedarstvo je jedna od najstarijih grana stočarske proizvodnje započeta neposredno nakon udomaćivanja goveda i odvija se do danas. U tom razdoblju govedo je služilo čovjeku kao živa rezerva hrane, pomagalo u radu, vuču ili nošenju tereta te osiguravalo brojne druge koristi, primjerice za odjeću i obuću, kosti za alate ili stajnjak za održavanje plodnosti tla (Ivanković i Mijić 2020.). Kroz vrijeme uzgojno selekcijskim radom sa ciljem pospješivanja određenih proizvodnih svojstava do danas nastalo je oko 250 pasmina goveda. Prema proizvodnim svojstvima dijelimo ih u tri kategorije, pasmine za proizvodnju mlijeka, pasmine za proizvodnju mesa i mlijeka te pasmine za proizvodnju mesa. Kod konzumacije goveđeg mesa u Hrvatskoj, radi svojih organoleptičkih svojstava i nutritivne vrijednosti najzastupljenije su kategorije teladi (mlađe od 12 mjeseci) i junadi (12 – 24 mjeseca). Meso junetine raspoznaje se prema visokim nutritivnom i prehrambenom vrijednosti. Trebala bi se smatrati funkcionalnom hranom obzirom da ljudskom organizmu osigurava probavljivi i cjeloviti protein, vitamine B6 i B12, kao i niacin, lako dostupno željezo i cink, višestruko nezasićene masne kiseline i konjugiranu linolensku kiselinu (Florek i sur. 2008.). Govedarska proizvodnja uključujući i proizvodnju mesa junadi značajna je obzirom da goveda spadaju u skupinu preživača koji nisu konkurenti ljudima po pitanju hrane potrebne za proizvodnju te mogu probaviti celulozu koja je nepreživačima, a ujedno i ljudima neprobavljiva i iskoristiti za proizvodnju nutritivno vrijednih proizvoda.

Prema podacima FAO (Svjetska organizacija za hranu i poljoprivredu, eng. Food and Agriculture Organization) proizvodnja goveđeg mesa u svijetu 2022. godine iznosila je oko 69 milijuna tona od čega je većina teleće i juneće meso. Usporedi li se ta brojka s 2012. godinom kada je proizvodnja bila na oko 62 milijune tona na svjetskoj razini. Usporedbom proizvodnje između navedenog razdoblja vidljiv je jasni rast proizvodnje od oko 11%. Usporedi li se rast proizvodnje s rastom svjetske populacije koja je u navedenom razdoblju također rasla za oko 11% može se vidjeti kako proizvodnja prati rast ljudske populacije. Trenutno najveći proizvođači goveđeg mesa u svijetu su Sjedinjene Američke Države s oko 12 milijuna tona godišnje, a prate ih Brazil sa oko 8,3 milijuna tona i Kina sa oko 5,1 milijuna tona (FAO 2022.).

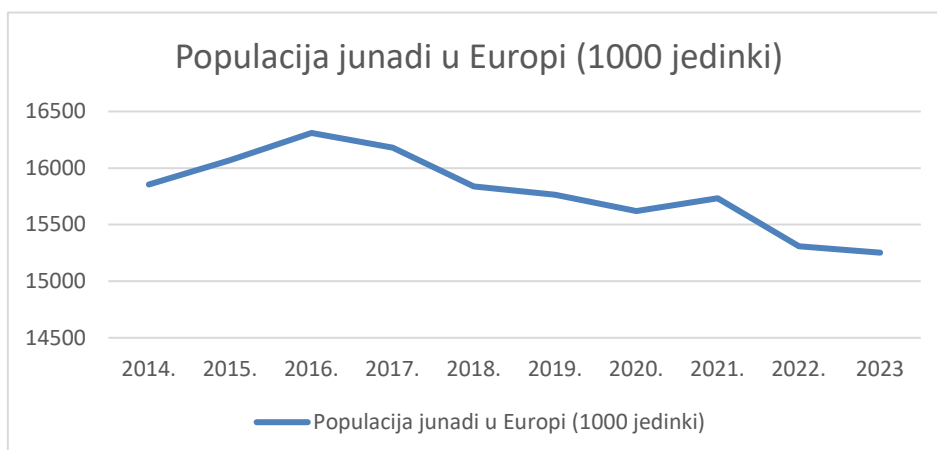
Grafikon 2.1. Svjetska proizvodnja goveđeg mesa u razdoblju 2011. – 2022.



*Izvor: FAO, 2022.

U Europskoj uniji 2022. godine proizvodnja goveđeg mesa iznosila je oko 6,7 milijuna tona s najvećim proizvođačima Francuskom oko 1,5 milijuna tona i Njemačkom s oko 1,2 milijuna tona (FAO 2022.). Populacija junadi na području Europske unije u 2023. godini iznosila je oko 15,2 milijuna. Od država članica najviše se nalazi u Francuskoj (oko 3 milijuna), Njemačkoj (oko 2,5 milijuna) i Irskoj (oko 1,8 milijuna). Potrebno spomenuti i Tursku, koja iako nije članica EU, ali je najveći proizvođač u Europi s oko 4,4 milijuna junadi namijenjena za proizvodnju mesa (Eurostat 2023.). Promatra li se broj junadi u Europi između 2014. i 2023. može se vidjeti kako je broj rastao do 2016. godine nakon čega postupno pada na godišnjoj razini. Najveća broj junadi za proizvodnju mesa bio je 2016. s oko 16,3 milijuna jedinki.

Grafikon 2.2. Populacija junadi u Europi u razdoblju 2014. do 2023.



*Izvor: Eurostat, 2024.

Proizvodnja goveđeg mesa u EU zasniva najvećim dijelom na grlima mliječnog sektora, a manjim dijelom iz uzgoja u mesnim stadima (sustav krava dojilja). Smanjenje

broja mliječnih krava tako izravno utječe na proizvodnju mesa u EU. Broj krava dojlja u 2023. godini manji je za 1%. Proizvodnja goveđeg mesa smanjena je tijekom 2023. godine za 4,1 %, a broj kasiranih trupova manji je za 3,4 % u odnosu na 2022. godinu (HAPIH 2023.).

Prema podacima HAPIH- a (2023.) Hrvatska proizvodi oko 0,6% goveđeg mesa u ukupnoj proizvodnji Europske unije. Može se reći kako proizvodnja prati trendove EU po proizvodnji mesa obzirom da se broj razvrstanih goveđih trupova smanjio sa oko 183 000 u 2019. godini na oko 158 000 u 2023. godini. Također i proizvodnja goveđeg mesa se smanjila sa oko 45 000 tona u 2019. na oko 42 000 tona u 2023. S ovom proizvodnjom se namiruje 74% potreba za goveđim mesom u RH čiji se nedostatak nadomješta uvozom (HAPIH 2023.). Od razvrstanih trupova najznačajniju skupinu čine mladi bikovi sa oko 68 000 trupova i junice sa oko 25 000 trupova.

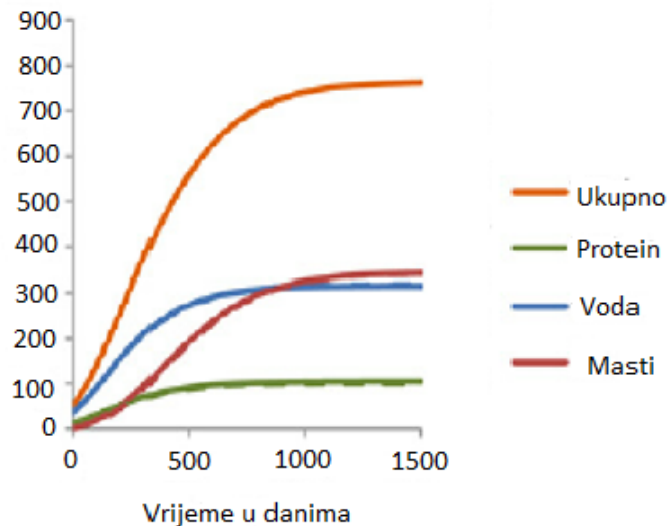
Tablica 2.1. Broj razvrstanih goveđih trupova po pasminama u Hrvatskoj u razdoblju od 2019. do 2023.

Podrijetlo	Kategorija	V	Z	A	B	E	D	C	sve
	Godina	Telad	Mlađa junad	Mladi bikovi	Bikovi	Junice	Krave	Volovi	
RH	2019	42005	2693	73198	2686	34342	16972	3	171899
	2020	37319	2842	70043	4118	32052	15760	3	162137
	2021	39591	3204	71087	4539	28336	16890	8	163655
	2022	35063	3212	66604	4271	28726	17587	20	155483
	2023	33869	3390	67818	4997	25059	16112	4	151249
Uvoz	2019	6852	70	3797	398	99	13		11229
	2020	5929	69	1122	113	244	7		7484
	2021	3888	156	2274	161	200	478		7157
	2022	4310	259	1905	125	160	244		7003
	2023	4410	395	2062	230	172	297		7566

*Izvor: Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu, Govedarstvo godišnje izvješće

2.2. Hranidba i tov junadi

Tov junadi temelji se na biologiji rasta životinja, koji je složen fenomen pod utjecajem mnogih faktora. Taj proces uključuje tri glavne vrste promjena u organizmu životinje: dimenzionalne, kompozicijske i funkcionalne promjene. Dimenzionalne promjene obuhvaćaju fizičke promjene u organima: dužini, visini i masi životinje. Funkcionalne promjene odnose se na kontinuirani razvoj pojedinih tkiva tijekom rasta (Domaćinović i sur 2015.).



Slika 2.1. krivulja rasta kod goveda
Izvor: I.R. Johnson, 2012.

Najznačajnije za hranidbu junadi su kompozicijske promjene, koje se odnose na kemijski sastav prirasta, uključujući vodu, proteine, masti i anorganske tvari. U početnim fazama života, junad ima najveći porast koštanog i mišićnog tkiva uz relativno malo nakupljanje masnog tkiva. Kako životinja stari, smanjuje se prirast mišićnog tkiva, dok se povećava nakupljanje masnog tkiva (Sjaastad i sur. 2010.). S proizvodnog stajališta, povećanje udjela masnog tkiva je nepovoljno jer zahtijeva veću količinu energije za istu jedinicu prirasta tjelesne mase. To je povezano s lošijom konverzijom hrane, jer mast ima veću energetske vrijednosti od proteina i sadrži znatno manje vode. Posljedično, ista količina metaboličke energije dovodi do većeg porasta mišićne mase nego masnog tkiva (Domaćinović i sur. 2015.).

U tovu se može pojaviti fenomen kompenzacijskog rasta koji je rezultat odstupanja od krivulje rasta. Nastaje kao posljedica neadekvatne hranidbe to jest ako obroci junadi ne sadrže dovoljno potrebnih hranjivih tvari i energije june može zaostajati u rastu. No ako se naknadno obroci obogate dovoljnom količinom svih hranjivih tvari rast životinje koja je zaostala u rastu znatno se povećava i može nadmašiti uobičajenu krivulju rasta obzirom da se povećava apetit i konzumacija hrane ali su se dešava i veće deponiranje prvenstveno proteina kako bi se nadoknadila izgubljena mišićna masa (Domaćinović i sur. 2015.).

2.2.1. Komponente obroka

Hranjive tvari čiji nedostatak ograničava rast životinja uključuju energiju, proteine (esencijalne aminokiseline), minerale, vitamine i vodu. Masti, ugljikohidrati i vlakna (posebno kod preživača) su hranjive tvari koje životinje probavom i metaboličkim procesima pretvaraju u energiju. Za životinje u tovu ključno je osigurati dovoljno energije iz hrane, kako bi se zadovoljava njihove potrebe za održanjem metaboličkih

aktivnosti, održanju tjelesne mase i rastu (proizvodnju), za kretanje te za regulaciju tjelesne temperature pri trenutnim klimatskim uvjetima.

Energija je bitna za održavanje tjelesne mase, kretanje, regulaciju tjelesne temperature te pohranjivanje aminokiselina i proteina koji grade mišićno tkivo i tjelesne rezerve. Ako životinja ne unosi dovoljno energije za dnevne potrebe, ne dolazi do formiranja mišićnog ili rezervnog masnog tkiva. Kada je unos energije niži od potrebnog za održavanje osnovnih životnih procesa, tijelo mobilizira energiju iz rezervnog masnog i mišićnog tkiva, što dovodi do gubitka tjelesne mase i smanjenja proizvodnje, budući da je dnevno povećanje tjelesne mase ključni cilj proizvodnje mesa ovaj događaj je nepovoljan za proizvođače.

Proteini, odnosno aminokiseline, osnovni su gradivni blokovi organizma životinja. Najveći udio proteina potreban je tijekom rasta jer se tada pohranjuje najviše proteina u tijelu. Posebno je važan aminokiselinski profil proteina u obroku tovnje junadi u ranom razdoblju života, prije nego što postanu preživaci, jer tada nemaju razvijen mikrobiom buraga koji osigurava esencijalne aminokiseline. Nedostatak esencijalnih aminokiselina sprječava sintezu proteina u tijelu junadi, što zaustavlja rast mišićnog tkiva. Esencijalne aminokiseline također su ključne za funkcionalnost imunološkog sustava, budući da su antitijela građena od proteina.

Minerali, podijeljeni na makromineralne i mikromineralne, imaju razne funkcije u organizmu životinje, uključujući izgradnju koštanog tkiva, sudjelovanje u staničnoj signalizaciji, te kao sastavni dijelovi enzima i hormona. Vitamini također imaju različite uloge u tijelu, ovisno o vrsti, uključujući sudjelovanje u imunološkom sustavu, djelovanje kao koenzimi te u pohranjivanju i mobilizaciji nekih minerala. Nedostatak minerala dovodi do metaboličkih poremećaja te usporavanja ili zaustavljanja rasta životinje.

Obzirom na razlike u tjelesnim okvirima i genetskom potencijalu različitih pasmina koje se uzgajaju za proizvodnju mesa, ali i na različite mogućnosti, tehnike proizvodnje, klimatske uvjete, izbor krmiva i intenzitet proizvodnje, moguće je zaključiti kako metode hranidbe na različitim gospodarstvima mogu znatno varirati. Prema intenzitetu proizvodnje raspoznaju se tri tipa: intenzivan, ekstenzivan i kombinirani (Domaćinovići sur. 2015.).

2.2.2. Intenzivan tov

Proizvodnja junećeg mesa u intenzivnom tovu organizirana je u specijaliziranim objektima i temelji se na sustavu "*all in all out*." Ovaj sustav koristi koncentratna krmiva zbog njihove bolje konverzije u mišićnu masu, što omogućava bolje iskorištavanje hrane i smanjenje troškova. Junad se nabavlja iz različitih izvora s ciljem postizanja što uniformnije tjelesne mase te se tovi do postizanja ciljane mase, koja ovisi o čimbenicima poput cijene, potražnje tržišta, organizacije i situacije na gospodarstvu (Domaćinović i sur. 2015.)

Nakon odbića, telad prolazi razdoblje predtova koje započinje u dobi od 3 do 4 mjeseca (s početnih 120 do 150 kg tjelesne mase) i traje do dobi od 7 do 8 mjeseci, odnosno do postizanja mase od 220 do 260 kg (Ivanković i Mijić 2020.). U tom razdoblju telad se drži grupno radi privikavanja na kasniji tov. U prvim mjesecima ukoliko je burag dovoljno stimuliran krutom hranom kreće se značajno razvijati burag (Wayne Perry i Cecava 1995.). Dakle telad se razvija u preživače ukoliko se hrani s dovoljno voluminoze koja potiče rad i razvoj buraga i buragovih mikroorganizama, dok koncentratna krmiva zadovoljavaju potrebe za ostalim hranjivim tvarima.

Nakon predtova slijedi faza pripreme za pravi tov koja traje oko 40 dana. Cilj ove faze je privikavanje životinja na veću količinu hrane i nove vrste krmiva koje će biti korištene u pravom tovu. Pravi tov, koji je glavna faza, u Hrvatskoj se uglavnom temelji na žitaricama. Junad u ovoj fazi ostvaruje velike priraste, ovisno o pasmini između 1200 do 1400 grama dnevno, a u vrhuncu može doseći i 1800 grama dnevno (Ivanković i Mijić 2020.). Ova faza zahtijeva dostatnu energiju i proteine. Međutim, u obroku je potrebno zadržati minimalnu količinu voluminoze radi održavanja preživljanja i motorike buraga te sprječavanja metaboličkih poremećaja poput acidoze i nadutosti. Voluminozna krmiva najčešće korištena u ovom periodu su sijeno lucerne, sijeno trava, silaže i neki nusproizvodi (Domaćinović i sur. 2015.).

Završna faza tova junadi, poznata kao "finiš tov," obično traje između 15 i 45 dana. Cilj ove faze je postići poželjnu kvalitetu mesa. U ovom periodu dnevni prirasti kreću se između 1250 i 1300 grama dnevno, a omjer voluminoznog i koncentriranog obroka je najčešće 50:50. Međutim, ukoliko su trupovi previše zamašćeni, omjer može biti i 70:30 u korist voluminoze (Ivanković i Mijić 2020.). Mladi bikovi, ovisno o pasmini, u dobi između 18 i 22 mjeseca mogu doseći završne tjelesne mase između 550 i 650 kilograma. Ovaj sustav hranidbe naglašava važnost prilagodbe prehrane specifičnim potrebama junadi u različitim fazama rasta, kako bi se optimizirali prirasti mišićne mase i održala ekonomska isplativost proizvodnje.

Tablica 2.2. dnevne potrebe mladih bikova srednjeg okvira u tovu

TM (KG)	PRIR. (G)	KONZ. (KG)	KN.SP (G)	SP, (%)	ME	NEM	NEG	TDN(%)	Ca(%)	P(%)
230	227	5,2	436	8,6	1,9	1,1	0,53	53,5	0,25	0,17
	454	5,5	531	9,7	2,1	1,2	0,66	57,5	0,35	0,20
	681	5,8	613	10,7	2,2	1,4	0,77	61,5	0,42	0,23
	908	5,9	690	11,7	2,4	1,5	0,90	65,5	0,49	0,25
	1135	6,0	763	12,8	2,5	1,6	1,03	70,0	0,59	0,27
	1362	5,8	822	14,1	2,8	1,8	1,19	76,5	0,69	0,31
270	227	6,0	490	8,3	1,9	1,1	0,53	53,5	0,24	0,19
	454	6,3	576	9,2	2,1	1,2	0,66	57,5	0,30	0,19
	681	6,6	654	10,0	2,2	1,4	0,77	61,5	0,36	0,21
	908	6,8	731	10,8	2,4	1,5	0,90	65,5	0,43	0,24
	1138	6,8	795	11,6	2,5	1,6	1,03	70,0	0,50	0,25
	1362	6,7	844	12,7	2,8	1,8	1,19	76,5	0,57	0,29
320	227	6,7	536	8,0	1,9	1,1	0,53	53,5	0,23	0,18
	454	7,1	622	8,8	2,1	1,2	0,66	57,5	0,28	0,20
	681	7,4	694	9,4	2,2	1,4	0,77	61,5	0,32	0,20
	908	7,6	767	10,1	2,4	1,5	0,90	65,5	0,38	0,22
	1138	7,6	826	10,8	2,5	1,6	1,03	70,0	0,42	0,24
	1362	7,5	872	11,7	2,8	1,8	1,19	76,5	0,49	0,25
365	227	7,4	577	7,8	1,9	1,1	0,53	53,5	0,22	0,19
	454	7,9	658	8,4	2,1	1,2	0,66	57,5	0,25	0,19
	681	8,2	731	9,0	2,2	1,4	0,77	61,5	0,29	0,20
	908	8,4	799	9,5	2,4	1,5	0,90	65,5	0,33	0,21
	1138	8,4	858	10,1	2,5	1,6	1,03	70,0	0,38	0,23
	1362	8,2	894	10,8	2,8	1,8	1,19	76,5	0,44	0,24
410	227	8,0	617	7,7	1,9	1,1	0,53	53,5	0,21	0,19
	454	8,6	699	8,2	2,1	1,2	0,66	57,5	0,25	0,18
	681	9,0	767	8,6	2,2	1,4	0,77	61,5	0,26	0,19
	908	9,2	831	9,1	2,4	1,5	0,90	65,5	0,31	0,21
	1138	9,2	885	9,6	2,5	1,6	1,03	70,0	0,34	0,22
	1362	9,0	917	10,2	2,8	1,8	1,19	76,5	0,39	0,23
455	227	8,7	658	7,5	1,9	1,1	0,53	53,5	0,21	0,18
	454	9,3	735	8,0	2,1	1,2	0,66	57,5	0,24	0,18
	681	9,7	803	8,4	2,2	1,4	0,77	61,5	0,26	0,19
	908	9,9	863	8,7	2,4	1,5	0,90	65,5	0,28	0,19
	1138	10,0	913	9,1	2,5	1,6	1,03	70,0	0,31	0,20
	1362	9,8	940	9,6	2,8	1,8	1,19	76,5	0,35	0,23
500	227	9,3	699	7,4	1,9	1,1	0,53	53,5	0,20	0,19
	454	10,0	772	7,8	2,1	1,2	0,66	57,5	0,22	0,19
	681	10,4	840	8,1	2,2	1,4	0,77	61,5	0,24	0,19
	908	10,6	894	8,4	2,4	1,5	0,90	65,5	0,26	0,19

TM-tjelesna masa, PRIR. -prirast, KONZ.-konzumacija ST (kg/d), KN.SP- konzumacija proteina (g/dan), ME- metabolička energija, NEM- neto energija održanja, NEG- neto energija za rast, TDN- sirova vlakna

Izvor: Beef cattle and nutrition, drugo izdanje (1995.)

2.3. Juneće meso i pokazatelji kvalitete

Kemijski sastav i fizikalna svojstva su ona koja djelom određuju kvalitetu mesa. Ove karakteristike mesa su pod utjecajem genetskih i negenetskih karakteristika kao što su vrsta, pasmina, spol, dob pri klanju, tehnologija tova, razina stresa (transport i postupci prilikom klanja). Osim navedenih faktora tu su *post mortem* (razdoblje nakon smrti) postupci s trupom kao što su brzina hlađenja i skladištenje, obzirom da o njima ovise procesi zaslužni za pretvorbu mišićja u meso. Određeni pokazatelji se mogu mjeriti instrumentalno dok se ostali mogu mjeriti senzorski, obzirom da trenutno ne postoji analiza ili tehnologija koja može zamijeniti ljudsku percepciju mirisa, okusa i žvakanja mesa.

2.3.1. Kemijski sastav

Kemijski sastav mesa daje nam informacije o nutritivnim pokazateljima kao što je energetska (kalorijska) vrijednost, sadržaj hranjivih tvari, vitamina, minerala i slobodnih masnih kiselina. Sirovo meso sadrži najviše vode, u prosjeku kod svih vrsta životinja oko 72%. Voda ima velik utjecaj na teksturu i percepciju potrošača. Sadržaj vode obično varira s udjelom masti u mesu. Kapacitet vezanja vode je svojstvo mesa kojim se mjeri sposobnost tkiva da zadrži vodu u svojoj strukturi i ima utjecaj na percepciju sirovog mesa u pogledu sočnosti i žilavosti mesa (Geletu i sur. 2021.).

Proteini su dominantna hranjiva tvar u suhoj tvari mesa te ujedno i najvrjednija. Građeni su od 20 aminokiselina koje su osnovni gradivni blokovi mišićnog tkiva. Od navedenih aminokiselina, 8 ih je neesencijalno što znači da ih ljudski organizam može sam sintetizirati, dok ostalih 12 je potrebno unijeti svakodnevno u organizam. Meso junetine sadrži esencijalne aminokiseline kao što su leucin, izoleucin, lizin, metionin, cistidin, fenilalanin, treonin, triptofan, valin, arginin i histidin. Potrošači u razvijenim zemljama pokazuju veći afinitet za meso sa većim sadržajem proteina kako navode Ivanković i Mijić (2020.).

Masti u trupu junadi dijele se na potkožne (nalazi se ispod kože), izmeđumišićne (intermuskularne) i međumišićne masti (intramuskularne). Mast je energetski najbogatija tvar mesa. U sadržaju masti nalaze se i određene masno-topive komponente kao što su vitamini A, D, E i K i esencijalne masne kiseline. Mast u mesu je bijele boje, no moguća je pojava žutih nijansi kod starijih kategorija životinja. Na okus masnog tkiva utječu oleinska, linolenska i stereinska masna kiselina navodi Feiner (2006.).

2.3.2. Boja mesa

Boja mesa je važan indikator kakvoće mesa za potrošače obzirom da na temelju boje procjenjuju njegovu svježinu (Ivanković i Mijić 2020.). Boju mesa određuje pasmina,

dob pri klanju i mišić koji se promatra, obzirom da najveći utjecaj na boju mesa ima sadržaj mioglobina u tkivu i oksidativno stanje u kojem se nalazi. Naime, u svježem mesu mioglobin se nalazi u obliku deoksimioglobina (daje mesu purpurno crvenu boju), no ima izrazito velik afinitet prema kisiku te iz zraka te nastaje svjetlo crveni oksimioglobin. Ovisno o temperaturi i pH vrijednosti, mioglobin na površinskom sloju može oksidirati u metmioglobin koji mesu daje smeđu boju mesa navode Mancini i Hunt (2005.).

Za određivanje boje mesa danas se koriste CIE (Commission Internationale de l'Éclairage) kalorimetriji standardi pri određivanju boje mesa kojima se određuje boja mesa definiranim pokazateljima L^* , a^* i b^* . L^* vrijednost predstavlja svjetlinu gdje vrijednost 0 predstavlja potpuno crnu boju, a maksimalna vrijednost 100 u potpunosti bijelu boju. Vrijednost a^* predstavlja spektar boja od crvene do zelene, gdje je minimalna vrijednost -60 i označava zelenu dok je vrijednost 60 maksimalna i predstavlja crvenu boju. Spektar boja od žute do plave označen je b^* vrijednosti gdje je -60 plava boja, a 60 žuta (Ohno 2000.).



Slika 2.3 : Uređaj za mjerenje boje mesa
Izvor: <https://sensing.konicaminolta.asia/>

2.3.3. pH vrijednost mesa

pH vrijednost mesa je bitna zbog toga što utječe na boju, okus, sposobnost vezanja vode i nježnost mesa. Nakon klanja životinje pH vrijednost mišićnog tkiva iznosi oko 7. Obzirom da disanje i dovod kisika do mišića prestaje nakon klanja, u mišićnim stanicama se dalje glikogen koristi kao izvor energije u procesu glikolize i nastaje piruvat. Za vrijeme života piruvat bi se iskoristio za proizvodnju acetil-CoA i sudjelovao dalje u ciklusu limunske kiseline za proizvodnju energije. No nastupom smrti i uslijed nedostatka kisika piruvat se ne može pretvoriti u acetil- CoA već anaerobnom respiracijom nastaje mliječna kiselina. Obzirom na koncentraciju glikogena od 7- 11 grama po kilogramu, pH mesa u idealnim uvjetima treba pasti za između 1,5 do 1,7 u roku od 24 sata, pada na oko 5,4 (Feiner 2006.). Ako u mišiću nema dovoljno

glikogena, ako se ne odvijaju navedeni procesi ili se odvijaju pre sporo, ne stvara se dovoljno mliječne kiseline i pH mesa ne pada dovoljno, to jest pH ostaje na razini iznad 5,8. Navedeno rezultira mesom koje je tamno, čvrsto i suho (TČS) te se lakše kvari (Simons, 2018.). Page i Wulf (2000.) utvrdili su utjecaj pH na boju, a vrijednosti a^* i b^* jako koreliraju s pH.

2.3.4. Kapacitet zadržavanja vode

Svojstvo mesa da zadrži vodu ključno je u mesnoj industriji, obzirom da gubitkom vode može izgubiti 3% mase u distribuciji čime nastaju milijunski gubitci godišnje. Uz to gubitkom svakog mililitra vode iz mesa, gubi se u prosjeku 112 miligrama proteina navode Huff – Lonergan i Logergan (2005.). Glavni čimbenici koji utječu na gubitak vode („*drip loss*“) su pad pH, proteoliza proteina mišića i oksidacija proteina. Mišić životinja građen je od tanjih snopova mišićnih stanica obavijenih vanjskom i unutarnjom opnom, koji se udružuju u veće snopove i grade mišić. Sarkoplazmatski retikulum mišićnih stanica sastavljen je od T i I cjevčica. Unutar sarkoplazme nalaze se miofibrili koja sadržavaju polimerizirane proteinske lance miozin i aktin. Kod mišića se većina vode nalazi u strukturi mišića i mišićnim stanicama, a unutar stanice većina vode se nalazi u miofibrilima, između njih te između miofibrila i membrane stanice. Voda je dipolarna molekula što znači da je privlače molekule koje imaju električni naboj, u stanici mišića to su većinski proteini. Voda se u mišiću nalazi u tri stanja: kao vezana voda, imobilizirana voda i slobodna voda. Vezana voda čini oko 10% ukupne vode u mišiću i nalazi se u sklopu molekula u stanici čime ima smanjenu mobilnost. Dakle, vezana voda nije u opasnosti napuštanja mesa za vrijeme *rigor mortisa* i obrade mesa. Imobilizirana voda većinski (85%) se nalazi u miofibrilima te su njeni gubici najveći pri *rigor mortisu*. Slobodna voda može prelaziti iz stanice u stanicu te među tkivima, ne pojavljuje se kod mesa prije *rigor mortisa*.

Padom pH u mesu do izoelektrične točke (pH=5,4) većina proteina, uključujući miozin gube električni naboj čime gube sposobnost privlačenja vode. Uz to, gubitkom naboja gube se sile koje djeluju repulzivno na molekule i strukture unutar stanice kao što su miofibrili (zauzimaju između 82 do 87% volumena staničnog prostora) što uzrokuje smanjuje prostor među njima. Skupljanje miofibrila, ali i djelovanjem enzima prisutnima u mesu stanica se steže i stvaraju se kanali koji omogućuju vodi da putuje među stanicama i snopovima čime otječe iz mesa.

Mjerenjem električne provodljivosti mesa može se utvrditi oštećenje mišićnih vlakana i posredno gubitak vode obzirom da se on javlja kao posljedica napuknuća strukturne membrane što vodi omogućava prolaz između unutar i van staničnog prostora. Neoštećeno mišićno tkivo ima nisku vrijednost vodljivosti, no ona se povećava razinom denaturacije mišićnog tkiva (Ivanović i Mijić 2020.).

2.3.5. Mekoća mesa

Mekoća mesa druga je po važnosti, uz boju, te ostavlja dojam kod kupaca koji određuje hoće li kupiti meso ponovno kod istog proizvođača navodi Feiner (2006.). Manjak mekoće mesa kombinacija je tvrdoće mesa i strukture mišićnih vlakana koja je povezana sa starosti i vrstom životinje, a može ovisiti o postupcima prije klanja životinje. Da bi meso postiglo poželjnu mekoću treba biti postignut pH ispod 5,7 kada je temperatura u mesu oko 7 stupnjeva celzijevih. Da bi se izbjeglo hladno skraćivanje mesa bitno je da temperatura mesa nije manja od 14 stupnjeva dok pH nije pao ispod 6,2. Nadalje, trup ne smije biti pre sporo hlađen kako bi se izbjegao rast broja mikroorganizama.

Mekano meso posljedica je i slabljenja veza između mišićnih vlakana i denaturacije vezivnog tkiva, posebice kolagena djelovanjem enzima kroz duži vremenski period. Proces pospješivanja mekoće mesa naziva se zrenje (odležavanje) mesa. Ovaj proces za juneće meso traje obično oko 2 tjedna na temperaturi između 0 i 3 stupnja celzijusa. Juneće meso može biti omekšano vješanjem trupa nakon klanja na kost zdjelice. Na ovaj način gravitacija vuče trup i stvara suprotnu silu kontrakciji trupa te se stvara manji broj veza između aktina i miozina. Također za ovaj proces umekšanja mesa se mogu koristiti i brojni enzimi.

2.3.6. Karakteristike junećeg mesa

Meso mlađe junadi podrazumijeva meso grla koja su između 8 i 12 mjeseca starosti prema pravilniku o razvrstavanju i označavanju govedih, svinjskih i ovčjih trupova te označivanju mesa koje potječe od goveda starih manje od 12 mjeseci (Narodne novine 76/2021). Juneće meso u usporedbi s telećim daje bogatu aromu i pomaže pri apsorpciji vitamina A, D, E i K, a energetska vrijednost na 100 grama mu je 440kJ energije navode Ivanković i Mijić (2020.). Ono sadržava 72% vode, 22% proteina, 5% masti i oko 1% minerala. U usporedbi s goveđim mesom, mekše je i svjetlije boje. Boja junećeg mesa je svijetle do tamno ružičaste boje. Meso muške junadi u usporedbi sa ženskom sadrži više vode, a trupovi ženske junadi sadrže više masti, dok su razlike u sadržaju kolagena, proteina i minerala ne razlikuju značajno (Ivanković i Mijić 2020.).

Tablica 2.3. Sadržaj esencijalnih aminokiselina u pojedinim vrstama mesa

<i>Aminokiseline</i>	<i>Junjetina</i>	<i>Janjetina</i>	<i>Svinjetina</i>
<i>Lizin</i>	8,2	7,5	7,9
<i>Leucin</i>	8,5	7,2	7,6
<i>Izoleucin</i>	5	4,7	4,8
<i>Cistin</i>	1,5	1,5	1,2
<i>Treonin</i>	4,2	4,8	5,2
<i>Metionin</i>	2,2	2,4	2,6
<i>Triptofan</i>	1,3	1,2	1,5
<i>Fenilalanin</i>	4,1	3,8	4,3
<i>Arginin</i>	6,4	6,8	6,6
<i>Histidin</i>	2,8	2,9	3,1
<i>Valin</i>	5,6	5,1	5,2

Izvor: Gelatu i sur., 2021.

2.4. Pojavljivanje i utjecaj stresa na kvalitetu junećeg mesa

Xing i sur. (2018.). definiraju stres kao fiziološki i psihološki odgovor organizma životinje na određene faktore ili različite okolnosti. Gotovo sve životinje uzgajane za meso tijekom perioda uzgoja prolaze kroz stresne situacije. Odgovor životinje na stresne uvjete može biti nespecifičan, različit i često varira između jedinki, obzirom da različite jedinke drugačije percipiraju stresne uvjete ili situaciju u kojoj se nalaze. Neki faktori podložnosti životinje na stres su pasmina, spol, dob, koliko je životinja priviknuta na prisustvo čovjeka i slično. Uz te faktore, količina stresa ovisi o duljini transporta, odmoru prije klanja, metodama sputavanja i broju životinja u prostoru za držanje.

Postoje razni faktori i uvjeti koji izazivaju stres, no u kontekstu ovog rada proučavat će se toplinski stres i stres pred klanje. Poznato je da trupovi junadi koja je bila izložena stresu dulje vrijeme prije klanja imaju lošije karakteristike. Pojavom stresa u organizam životinje povećava se broj otkucaja srca, ubrzava se disanje i otpuštanje raznih hormona u krvotok. Ova fiziološka promjena priprema organizam za bijeg ili borbu. U stresnim situacijama organizam luči hormon epinefrin koji uzrokuje uzastopni katabolizam glikogena u stanicama. Manjak glikogena u stanicama nakon klanja onemogućuje anaerobnom metabolizmu u stanicama stvaranje dovoljne količine mliječne kiseline, čime pH mesa ne pada dovoljno i dolazi do pojave tamnog, čvrstog, i suhog mesa koje je neprivačno potrošačima.

Razdoblje prije klanja posebno je stresno za junad. Ovaj period podrazumijeva transport životinja do klaonice, susret s nepoznatim ljudima, uskraćivanje hrane i vode, te često miješanje životinja s nepoznatim jedinkama, boravak u nepoznatom prostoru te povećano kretanje i napor. Nepoznata okolina i glasni, nepoznati zvukovi su najveći

uzroci stresa prije samog klanja, što je česta pojava tijekom transporta i boravka u nepoznatom smještaju gdje životinje prebivaju. Miješanje junadi s nepoznatim jedinkama dovodi do uspostave nove društvene hijerarhije, što uzrokuje borbe među životinjama koje ponovno dovode do stresa. Iako su sve životinje u ovim uvjetima zahvaćene stresnim uvjetima, disproporcionalno više su zahvaćene najveće i najmanje životinje novog stada. Najveće i najteže životinje su najdominantnije, dok se najmanje bore da bi zadržale svoj status, čak iako gube.

Uobičajeno je da se do 12 sati prije klanja junadi uskraćuje hrana i/ili voda. Taj postupak uzrokuje katabolizam skladišnog tkiva i gubitak tjelesne mase. Hope i May (1987.) u istraživanju na ovcama i govedima zabilježili su da nakon 24 sata gladovanja životinje u prosjeku gube 3,9% mase toplog trupa, a nakon 48 sati 5,9%.

Preživaci, općenito, a goveda posebno, podložni su toplinskom stresu jer se razgradnjom hranjivih tvari i ostalim procesima u buragu oslobađa toplina. Stoga bolje podnose niske temperature nego visoke. Za vrijeme toplinskog stresa životinje konzumiraju manje hrane na pašnjacima, narušava se homeostaza, smanjuje se koncentracija glikogena u mišićima, smanjuje se stvaranje tjelesne mase i lošija je kvaliteta mesa. Uz to, za vrijeme toplinskog stresa životinje su razdražljivije i češće pokazuju agresivno ponašanje, što uzrokuje borbe na pašnjacima. Gonzalez Rivas i sur. (2019.) navode da junice koje su za vrijeme ljeta imale pristup hladu imale su za 16 kilograma veće priraste od junica koje su držane na suncu. Toplinski stres povezuje se s pojavom TČS mesa kod junadi, obzirom da trupovi junadi zaklani za vrijeme toplinskog stresa (temperature veće od 30°C) imaju za 59% veću pojavu TČS u odnosu na one zaklane u hladnijim uvjetima.

2.5. Uloga makrominerala u organizmu junadi

Minerali su anorganski elementi koji se nalaze u živim organizmima. Dijele se na dvije skupine, makrominerali i minerali u tragovima. Makrominerali su znatno zastupljeniji u organizmu u odnosu na elemente u tragovima te imaju brojne uloge u organizmu. Gradivni su dio određenih tkiva kao što su kosti i zubi, reguliraju aktivaciju enzima, sudjeluju u transportu određenih molekula u organizmu, sudjeluju u radu živčanog i mišićnog tkiva. Makrominerali su kalcij, fosfor, magnezij kalij, natrij, klor i sumpor. U organizmu junadi čine oko 5,2% udjela mase, najzastupljeniji je kalcij sa 1,33%, a slijede ga fosfor sa 0,74%, natrij sa 0,16%, kalij 0,19%, klor 0,11%, magnezij 0,04% i sumpor sa 0,15% (Wayne Perry 1995.). Njihov deficit može dovesti do mnogobrojnih metaboličkih poremećaja koji mogu na remetiti proizvodne i reproduktivne rezultate a deficit u većoj mjeri može dovesti i do uginuća životinje. U ovome podpoglavlju biti će navedene uloge, posljedice nedostatak i potreban unos za junad svih mikroelemenata osim magnezija.

2.5.1. Kalcij

Kalcij je najzastupljeniji mineral u tijelu junadi. Najveći udio kalcija, 98% ima strukturnu ulogu te se nalazi u tkivima kostiju i zubi junadi. Ostalih 2% nalazi se u izvanstraničnoj tekućini i mekim tkivima. Ključan je za širok spektar funkcija u organizmu kao što je zgrušavanje krvi, propusnosti membrane stanica, kontrakcijama mišića, prijenosu signala između neurona, regulaciji ritma otkucaja srca, sudjeluje u sekreciji pojedinih hormona te aktivaciji i stabilizaciji određenih enzima. Za dovoljan unos kalcija hranidbom u organizam junadi potrebno je osigurati minimalno 15,5 mg/kg tjelesne mase junadi. Apsorpcija kalcija u organizam životinje može varirati ovisno o obliku kalcija u kojem se unosi u probavni trakt, prisutnosti drugih minerala, količini vitamina D i njegovoj koncentraciji u obroku, ali u prosjeku iznosi oko 68%. Primarno se apsorbira u duodenumu i jejunumu te je dokazano kako povećan udio masti u obroku kao i manjak vitamina D dovodi do smanjene apsorpcije kalcija. U slučaju nedostatka kalcija u obroku te smanjenoj koncentraciji u krvi životinja može mobilizirati određene zalihe kalcija iz kosti i dovesti ga u krvotok. Osteomalacija je rezultat demineralizacije kostiju, kosti postaju krhke, slabe i lako pucaju. Kod mlađih i tovnih kategorija životinja manjak kalcija može dovesti do slabijeg rasta kostiju ali i smanjenih dnevnih prirasta. U slučaju manjka kalcija fosfora i vitamina D kosti mladih životinja ostaju ne kalcificirane. Voluminozna krmiva su dobar izvor kalcija te je držanje životinja na pašnjaku dobra strategija namirivanja potreba za kalcijem. No prevelikim unosom kalcija u probavni trakt može dovesti do smanjene apsorpcije proteina, fosfora i magnezija (NRC 1996.).

2.5.2. Fosfor

Glavna uloga fosfora u organizmu junadi također je strukturna, 80% nalazi se u kostima i zubima dok se ostatak nalazi u mekom tkivu. Sudjeluje u rastu stanica, enzimima koji grade DNK i RNK ali u njihovim bazama. Uz to značajnu ulogu ima u tvorbi adenozintrifosfata (ATP) koji je glavna „energetska valuta“ u svim živim bićima. Povećanjem njegovog udjela u obroku ne smanjenu se apsorpcija već ostaje na 68% kod odraslih goveda dok je kod mlađih kategorija nešto viša. No ima antagonistički utjecaj na apsorpciju kalcija, to jest povećanjem udjela fosfora u obroku smanjuje se apsorpciji kalcija. Glavno mjesto apsorpcije fosfora u probavnom traktu junadi je u tankome crijevu. Endogeni gubici fosfora iz organizma junadi u prosjeku iznose 16mg/kg (NRC 1996.) što znači da je ta količina potrebna za održanje stabilne koncentracije. Također NRC navodi kako je u 100g prinosa tjelesne mase potrebno 3,9 g fosfora. Dnevni obrok tovne junadi mora sadržavati minimalno 0,22% za optimalan rast. Žitarice i krepka krmiva sadrže najveće količine fosfora u odnosu na voluminozna krmiva. Količina fosfora u krmivima uvjetovana je količinom fosfora u tlu na kojemu su uzgajane. Manjak fosfora u obroku junadi može rezultirati smanjenom konverzijom hrane, smanjenim prirastom i apetitom, krhkim kostima i problemima s reprodukcijom dok povećane količine u obroku ne predstavljaju prijetnju zdravlju junadi.

2.5.3. Kalij

Kalij je treći najzastupljeniji mineral u tijelu junadi. Uloga mu je regulacija osmotskog pritiska, balans vode, stezanje mišića, živčane impulse i određene enzimske reakcije. Najveći udio kalija nalazi se u izvanstaničnoj tekućini. Tovnoj junadi potrebno je između 0,3 i 0,4% kalija u obroku, no dodatak 0,5% u obroku pokazao je veću konzumaciju (NRC, 1996.). Najveći dio apsorpcije odvija se u sirištu i buragu. Manjak kalija u obroku rezultira smanjenim dnevnim prinosom, grubom dlakom i slabosti mišića. Voluminozna krmiva dobar su izvor kalija. Povećan unos kalija (više od 3% u obroku) povezan je sa smanjenom apsorpcijom magnezija. Više od 3% u obroku smanjuje prirast životinje, a veći udio od 5,7% može uzrokovati uginuće junadi. Voluminozna krmiva na proljetnim pašnjacima sadrže velike koncentracije kalija no povezana su s pojavom pašne tetanije.

2.5.4. Natrij i klor

Natrij je glavni kation dok je klor glavni anion u organizmu junadi. Zaduženi su uglavnom za regulaciju osmotskog tlaka. Osim toga sudjeluju u kontrakcijama mišića, prijenosu informacija među neuronima te sudjeluju u transportu glukoze i aminokiselina. Klor sudjeluje u sintezi želučane kiseline. Junadi je potrebno između 0,06 i 0,08% natrija u obroku, no ukoliko im je sol dostupna *ad libitum* junad često konzumira znatno veće količine. Kada je u obroku preko 6,5% natrijeva klorida smanjena je dnevna konzumacija i rast junadi (Leibholz i sur. 1980.). Manjak natrija s druge strane rezultira nespecifičnim simptomima kao što su smanjen rast i smanjena konzumacija hrane.

2.5.5. Sumpor

Sumpor sudjeluje u izgradnji određenih nepreživačima esencijalnim aminokiselinama no kod preživača većina bakterija koje se nalaze u buragu pomoću sumpora može ih sintetizirati. Apсорpcija sumpora odvija se u buragu te dolazi do oksidacije sumpora u manje štetan oblik sulfata. Obrok junadi treba sadržavati oko 0,15% sumpora, u slučaju većeg nedostatka dolazi do smanjenja broja mikroorganizama u buragu, anoreksije, smanjenja tjelesne mase i uginuća životinje. Manji nedostatak sumpora u organizmu junadi dovodi do smanjen konzumacije hrane i manjih prirasta. Kada se junad hrani ureo potrebno je povećati udio sumpora. No junad može tolerirati do 0,4% sumpora u obroku no i tada se smanjuje konzumacija za 32% (Bolsen i sur. 1973.).

2.6. Uloga magnezija u organizmu junadi i dosadašnja istraživanja o dodatku magnezija u završnoj fazi tova

Najveći dio magnezija u tijelu junadi nalazi se u strukturi kostiju i zubi (65 do 70%), dok je 15% u mišićima te 1% u izvanstaničnoj tekućini. Osim strukturne uloge sudjeluje u održanju električnog potencijala kod živčanih završecima na membrani mišića.

Sudjeluje u aktivaciji preko 300 enzima u organizmu junadi, nalazi se u obliku Mg-ATP-a koji je ključan za sve biosintetske procese u organizmu uključujući glikolizu. Magnezij je također ključan i za vrijeme nedostatka kalcija u tijelu junadi obzirom da velikim djelom sudjeluje u apsorpciji kalcija iz probavnog sustava i mobiliziranju kalcija iz kostiju životinje. U buragu dolazi do apsorpcije većine magnezija, no u cijelom probavnom traktu apsorbira se između 10 i 37% unesenog magnezija što se smanjuje starenjem životinje. Magnezij u većim količinama od minimalnih može dovesti do poboljšanih performansi mesa životinja i prirastima (Pinotti L. i sur. 2021.). No kada se količine magnezija prekorače za više od sedam puta minimalne količine dolazi do smanjenog unosa hrane, rasta životinje i pojave proljeva. U hranidbi junadi potrebno je osigurati 0,1% magnezija u obroku obzirom da su endogeni gubici 3 mg/kg tjelesne mase goveda te je potrebno osigurati 0,45 mg/kg rasta. Nedostatak magnezija u organizmu junadi očituje se anoreksijom, hiperemijom, curenjem sline, kalcifikacijom mekog tkiva i konvulzijama. Magnezij je ključan u reguliranju odgovora tijela na androgeni stres ograničavanjem izlučivanja hormona katecholamina te se povezuje s smanjenjem neuromišićne stimulacije. Zbog toga je esencijalan za regulaciju koncentracije glikogena u mišićima.

2.6.1. Hipomagnezemija

Hipomagnezemija, poznatija kao pašna tetanija metabolički je poremećaj karakteriziran padom koncentracije magnezija u cerebrospinalnoj tekućini ispod 0,7 mmol-a po litri, nakon čega slijedi pad koncentracije magnezija u krvi (Pinotti L. i sur. 2021.). Jedinke kod kojih se pojavljuje hipomagnezemija udaljavaju se od ostalih životinja, hodaju ukočeno, gube apetit, nervozne su, mišići glave i lica su ukočeni, uši i glava su uzdignuti, često poliježu i ustaju, a u ekstremnim uvjetima dolazi do naglih i jakih grčenja mišića te životinja ugiba. Najrizičnije kategorije su mliječna goveda u laktaciji i tek oteljene krave s teladi koje se drže na paši obzirom da gube najviše magnezija.

Najčešća pojava hipomagnezemije je u proljeće ili jesen, u kišno i oblačno vrijeme nakon kojeg slijedi topliji period. Obzirom da goveda na paši konzumiraju trave koje radi brzog porasta u navedenim vremenskim uvjetima sadrže mali udio magnezija u suhoj tvari te dolazi do nedovoljnog unosa u organizam. Rizik je veći ukoliko je tlo na kojem goveda pasu slabo zasićeno magnezijem te ukoliko je gnojeno sa gnojivom na bazi kalija (Grunes i Mayland 1984.) obzirom da je konkurentan magneziju pri apsorpciji u probavnom sustavu goveda. Svakih 1 gram po kilogramu suhe tvari kalija u obroku smanjuje apsorpciju magnezija za 0,3% (Pinotti i sur. 2021.).

Hipomagnezemija se liječi jednokratnim potkožnim injektiranjem 200 ml zasićene otopine magnezijave sulfata kroz 15 minuta ili intravenoznim injektiranjem otopine kalcij-magnezij glukonatne otopine. Ključno je da se otopine injektiraju sporo kako nebi došlo do zastoja srca (Grunes i Mayland 1984.).

Prevenција poremećaja, ukoliko se goveda drže na paši, zasniva se na konstantnoj gnojidbi pašnjaka magnezijem i vapnencem. Alternativno hipomagnezemija se može

spriječiti dodavanjem dodataka u obliku magnezijava oksida, magnezijeva klorida, magnezijava karbonata, magnezijeva sulfata u dovoljnim količinama u smjese za goveda (Grunes i Mayland 1984.).

2.6.2. Dosadašnja istraživanja o dodatku magnezija

Patel i sur. (2019.) proveli su analizu na 182 uzorka mišića *longissimus thoracis* uzorkovanih s 91 trupa junadi s 15 različitih farmi hranjenih s 20 različitih minerala kako bi istražili korelacije između dodatka navedenih minerala i razlike u performansama životinja i kvalitete mesa. Zaključeno je kako rezultati variraju obzirom na razlike u pasminama i dobi zaklanih životinja, no značajne promjene su zabilježene kod 52 od 320 promatranih pokazatelja. Rezultati vezani za dodatak magnezija zaključeno je kako nije utjecao na pH i mekoću mesa no zabilježena je slaba ali značajna negativna korelacija s sadržajem masti u trupu i sadržajem magnezija u obroku. Uz to zabilježena je pozitivna korelacija pokazatelja boje a^* sa sadržajem magnezija u obroku.

Pinotti i sur. (2021.) navode kako potrebe za magnezijem kod različitih vrsta proizvodnih životinja mogu ovisiti o raznim parametrima kao što je vrsta pasmina, dob, proizvodne potrebe i način držanja. Navodi se kako magnezijev oksid koji je najrašireniji oblik dodatka magnezija u animalnoj proizvodnji ima iskorištenje od oko 20% u usporedbi s magnezijevim sulfatom čije je iskorištenje 45%. Zabilježeno je kako kod svinja povećani dodatak magnezija dovodi do bolje kvalitete mesa, poželjnije boje za potrošače, smanjuje se gubitak mase kapanjem, povećavaju se dnevni prirasti te se smanjuje pojavu blijedog mekog i vodnjikavog mesa. Navodi se kako kod preživača, najčešće kod goveda sprječava mliječnu groznicu i pojavu pašne tetanije (Pinotti i sur. 2021.).

Rossi i sur. (2020.) navode kako se općenito dodatkom minerala kod preživača smanjuju posljedice od stresa uzrokovanog transportom i reaktivira ruminalnu aktivnost, smanjuje oksidativni stres i jača imunostni sustav.

Loudon i sur. (2021.) navode kako kod goveda koja su hranjena u završnoj fazi tova na paši dolazi do pojave TČS mesa kod 10% trupova u Australiji što mesnu industriju oštećuje za oko 55 milijuna dolara godišnje. Razlog tome navodi se stres uzrokovan ljudskim prisustvom ili postupcima koji se pojavljuje pri transportu goveda što uzrokuje trošenje rezervi glikogena, što degradira konačnu kvalitetu mesa. Uz to, navodi se kako za vrijeme paše goveda ne unose dovoljne količine magnezija obzirom da bilje na paši ne sadrži dovoljne količine magnezija. Stoga su proveli istraživanje na 1065 jedinki goveda (556 + 512 kontrolna skupina) raspoređenih na 14 farmi u dva ciklusa. 556 goveda hranjena su uz pašu peletima koje sadrže melasu i između 8 i 10 grama magnezija dnevno kroz period između 7 i 14 dana prije usmrćivanja. Zaključeno je kako ne postoje značajne razlike između kontrolne skupine i skupine hranjene dodatnim magnezijem što se tiče sadržaja glikogena u mišićima niti kod pojave TČS - a.

3. Materijali i metode

3.1. Smještaj i držanje junadi

Istraživanje je provedeno na farmi Agro-Vet d.o.o., Alberta Štrige 7, 48260 Križevci koja se nalazi u mjestu Ferežani, općina Sv. Petar Orehovec. Istraživanje je provedeno na ženskim jedinkama junadi Angus pasmine, koja je na farmu dopremljena 01.11.2023. iz Češke Republike tjelesne mase 200-220 kg. Od dolaska na farmu do početka provedbe istraživanja prošlo je 10 mjeseci. U tom periodu sva junad držana je u čvrstom zatvorenom objektu bez ispusta, podijeljena je u 2 boksa dimenzija 5 X 5 metara po 3 m² jedinki koje su se slobodno kretale u svakom boksu. Pod je bio rešetkaste izvedbe, hrana u obliku potpuno izmiješanog obroka (TMR) je dopremana mikser prikolicom, dok je voda bila dostupna iz automatskih pojilica. Sva junad držana je u tovu 10 mjeseci ili 300 dana do kada je postigla masu oko 550 kg, uz dnevne priraste, pri kraju tova od 1000 g/dan.

Dodatak magnezija u hranu je započelo 26.08.2024. te je trajalo do 09.09.2024. Na početku istraživanja slučajno izborom je odvojeno 12 jedinki koje su podijeljene u dvije skupine od 6 jedinki koje su držane u zasebnim boksovima. Za vrijeme istraživanja temperatura u objektu nije regulirana te je iznosila 27-32 C preko dana te 15-22 C preko noći. Ventilacija u objektu je bila uglavnom prirodna potpomognuta s ventilatorima, dok je izvor svjetla bio prirodan. Uvjeti držanja po pitanju dimenzija bokseva, hranilica i pojilica bili su jednaki tijekom čitavog trajanja uzgoja.

3.2. Hranidbeni tretmani

Hranidba od dolaska u objekt do početka istraživanja bila je jednaka za obje skupine junadi. Junad je hranjena 1 puta dnevno, a obroci u obliku potpuno izmiješanog obroka (*eng.* TMR) su se sastojali od mješavine sliaže cijele biljke kukuruza, sijena i krmne smjese za junad s 12,5% SP. Podaci o udjelu krmiva nalaze se u tablici 3.1. dok se podaci o kemijskom sastavu obroka nalaze u tablici 3.2.

Tablica 3.1. udio krmiva u obroku junadi za vrijeme istraživanja

<i>Krmivo</i>	<i>KST, kg</i>	<i>ST, g/kg</i>	<i>KST, kg/ST</i>
<i>Silaža cijele biljke kukuruza</i>	7,0	350	2,45
<i>Sijeno, prirodno livadno</i>	0,5	900	0,45
<i>Krmna smjesa za junad, 12,5% SP</i>	5,0	880	4,40
<i>UKUPNO</i>	12,5	575	7,30

KST-konzumacija suhe tvari , ST-suha tvar

Tablica 3.2. Kemijski sastav krmne smjese za junad (g)

<i>Krmivo</i>	<i>Udio, %</i>	<i>SP</i>	<i>SV</i>	<i>Ca</i>	<i>P</i>	<i>NE</i>
<i>Kukuruz</i>	55,0	467,5	165,0	1,7	16,5	4,62
<i>Pšenično krmno brašno</i>	15,0	225,0	150,0	2,3	13,5	1,02
<i>Pšenica</i>	15,5	170,5	38,3	1,1	5,4	1,16
<i>Sačma suncokreta</i>	11,0	385,0	220,0	4,4	11,0	5,17
<i>NaCl</i>	2,5	-	-	-	-	-
<i>Premiks za junad</i>	1,0	-	-	36,0	-	-
<i>NutriBos - NPN</i>	0,2	-	-	-	-	-
UKUPNO		1248,0	573,8	45,4	46,4	7,32

ST- suha tvar, SP- sirovi protein, SM- sirove masti, SV- sirova vlakna, Ca- udio kalcija, P- udio fosfora, NE- neto energija (MJ/kg)

Za vrijeme istraživanja kontrolna skupina hranjena je 1 puta dnevno a obroci su se sastojali od silaže kukuruza, sijena i krmne smjese, dok je druga skupina hranjena na isti način uz dodatak od 20 grama magnezijeva oksida (MgO). Sastav osnovnog obroka za vrijeme istraživanja nalazi se u tablici 3.3..

Tablica 3.3. Kemijski sastav potpuno izmiješanog obroka (g)

<i>TMR, (KST u kg)</i>	<i>KST</i>	<i>SP</i>	<i>SV</i>	<i>Ca</i>	<i>P</i>	<i>NE</i>
<i>Silaža kukuruza</i>	2.45	340	314.0	15.0	10.0	32.0
<i>Sijeno livadno</i>	0,45	88	28.7	3.2	1.8	2.7
<i>Krmna smjesa za junad</i>	4.40	624	28,7	22.7	23.2	36.6
<i>MgO</i>	0.02	-	-	-	-	-
UKUPNO	7.30	1142.2	342.9	40.9	35.0	71.24

TMR- ukupni miješani obrok (eng. Total mixed ration), ST- suha tvar, SP- sirovi protein, SM- sirove masti, SV- sirova vlakna, Ca- udio kalcija, P- udio fosfora, NE- neto energija (MJ/kg)

3.3. Uzorkovanje i analiza uzoraka

U ponedjeljak 09.09.2024. ženska junad, tjelesna mase od 550 kg je s farme tovne junadi Ferežani prevezena kamionom do Velike Mlake do Klaonice 32 d.o.o. (udaljenost od farme do klaonice iznosila je 61 kilometar) gdje je zaklana odmah po dolasku. Nakon klaoničke obrade i hlađenja trupova u trajanju 24 sata, uzeti su uzorci mišića lopatice (*m. supraspinatus* i *m. infraspinatus*). Uzorci su dopremljeni u prijenosnom hladnjaku do Laboratorija za senzorske analize poljoprivredno-prehrambenih proizvoda na Sveučilištu u Zagrebu Agronomskom fakultetu. Isti dan provedena su mjerenja boje mesa, pH vrijednosti te su pripremljeni uzorci za mjerenje kapaciteta zadržanja vode mesa.

3.3.1. Mjerenje boje mesa

Boja mesa određena je instrumentalno pomoću *Chroma meter* CR-410 proizvođača Konica Minolta s otvorom 50mm u spektru boja Lab* s osvjetljenjem D65. Nijansa boje izračunata je iz a^* i b^* vrijednosti kao kut arktangensa (b^*/a^*). Zasićenost ili kroma je izračunata kao drugi korijen zbroja kvadrata a^* i b^* .

Slika 3.1. (lijevo) i slika 3.2. (desno): uređaj *Chroma meter* CR – 410 korišten za mjerenje boje mesa



3.3.2. Mjerenje pH vrijednosti mesa

Mjerenje pH vrijednosti očitano je s površine uzorka, a za mjerenje pH vrijednosti mesa korišten je HI -98191 prijenosni pH metar proizvođača HANNA. Prije samog mjerenja uređaj je baždaren s otopinama pH vrijednosti 7 i 4. Sa svakog uzorka mesa uzeto je šest vrijednosti, tri sa svijetlog dijela mišića i tri sa tamnijeg dijela mišića.



Slika 3.3.(lijevo) uređaj HI -98191 za mjerenje pH mesa, Slika 3.4. (desno) mjerenje pH mesa

3.3.3. Mjerenje kapaciteta zadržavanja vode

Kapacitet zadržavanja vode (*drip loss*) mjenen je gravimetrijskom metodom korištenjem plastične posude s tubom za sakupljanje vode prema EZ metodi. Na dan analize sa svakog dostavljenog uzorka uzet je reprezentativni dio mišića mase između 10 i 15 grama koji je potom vagan na analitičkoj vagi te je zabilježena vrijednost. Nakon vaganja svaki uzorkovani komad postavljen je u plastičnu posudu s tubom za sakupljanje vode kako bi se voda djelovanjem gravitacije izdvojila od uzorka i bila fizički odvojena od njega. Uzorci su držani 48 sata na temperaturi od 4°C nakon čega su ponovno vagani te je na temelju razlike masa izračunat gubitak vode iz mesa.

3.4. Statistička obrada podataka

Statistička obrada dobivenih podataka provedena je statističkim paketom SAS (verzija 9.4; SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). Dobiveni rezultati su obrađeni analizom varijance koristeći GLM proceduru s hranidbenim tretmanom kao fiksnim utjecajem. Razlike su smatrane statistički značajnima ako je $P \leq 0,05$. U proceduri GLM, TUKEY provjera je korištena kako bi se utvrdila razlika između dva tretmana. Ostali podaci obrađeni su u Microsoft Excel-u.

4. Rezultati i rasprava

4.1. Utjecaj tretmana na boju mesa junadi

Boja mesa ključan je pokazatelj koji potrošači koriste za procjenu svježine i kvalitete mesa pri kupnji. Boja je izravno povezana s koncentracijom mioglobina u mišićima, kao i oksidacijskim procesima kojima meso podliježe tijekom skladištenja i obrade. Tri osnovne vrijednosti koje se koriste za određivanje boje mesa su L^* , a^* i b^* . Ovi pokazatelji mogu biti pod utjecajem različitih faktora, uključujući hranidbu, dodatak minerala poput magnezija koji može utjecati na oksidativni status mišića te potencijalno utjecati na boju mesa, kako navode Faustman i Cassens (1990.).

Dobiveni rezultati prikazani su kroz srednje vrijednosti L^* , a^* i b^* vrijednosti za tretiranu i kontrolnu skupinu, kao i pripadajuće p-vrijednosti prikazani su u tablici 4.2.1.

Tablica 4.1. rezultati mjerenja L^* , a^* i b^* vrijednosti

Pokazatelj boje	Kontrolna skupina (Prosjek \pm SD)	Tretirana skupina (Prosjek \pm SD)	p-vrijednost
L^* (svjetlina)	41,20 \pm 2,46	41,42 \pm 1,75	0,8600
a^* (crvena)	20,93 \pm 1,85	22,04 \pm 0,47	0,1832
b^* (žuta)	5,97 \pm 1,06	6,30 \pm 0,89	0,5636

SD- standardna devijacija

Rezultati pokazuju da nema statistički značajnih razlika između tretirane i kontrolne skupine ni za jedan od analiziranih pokazatelja boje mesa (p-vrijednosti $>$ 0,05). Svjetlina mesa, kao i intenzitet crvene i žute boje, nisu značajno različiti između dviju skupina.

4.2. Utjecaj tretmana na pH vrijednost mesa

pH mesa jedan je od ključnih pokazatelja koji utječe na kvalitetu mesa, posebno na sposobnost zadržavanja vode, teksturu i boju. Nakon klanja, pH vrijednost mesa prirodno pada zbog nakupljanja mliječne kiseline tijekom glikolize, a konačna pH vrijednost mesa može odražavati kvalitetu i sposobnost očuvanja (Lawrie 1998).

U ovom istraživanju pH je mjereno u mišićima lopatice *m. supraspinatus* i *m. infraspinatus* kako bi se procijenio utjecaj dodatka magnezija u dozi od 20 grama po jedinki na pH mesa. Prosječne vrijednosti pH za *m. supraspinatus* i *m. infraspinatus* prikazane su zasebno za kontrolnu skupinu i skupinu koja je primala tretman u tablici 4.2.

Za *m. supraspinatus*, prosječna vrijednost pH kod kontrolne skupine iznosila je 6,14, dok je kod skupine koja je primala dodatak magnezija prosječna vrijednost iznosila 6,05. P-vrijednost za ovu razliku iznosi 0,2960, što ukazuje da nema statistički značajne razlike između dvije skupine.

Za *m. infraspinatus*, prosječna pH vrijednost kod kontrolne skupine iznosila je 5,88, dok je kod tretirane skupine bila 5,80. P-vrijednost iznosi 0,3199, što također pokazuje da nema statistički značajne razlike između skupina.

Tablica 4.2. rezultati mjerenja pH vrijednosti na mišićima lopatice

Mišić	kontrolna skupina (Prosjek ± SD)	tretirana skupina (Prosjek ± SD)	p-vrijednost
<i>m. supraspinatus</i>	6,14 ± 0,17	6,05 ± 0,13	0,2960
<i>m. infraspinatus</i>	5,88 ± 0,17	5,80 ± 0,11	0,3199

4.3. Utjecaj tretmana na zadržavanje vode

Zadržavanje vode jedno je od ključnih svojstava mesa koje utječe na kvalitetu, posebno na sočnost, teksturu i gubitke prilikom kuhanja. Meso koje bolje zadržava vodu smatra se kvalitetnijim, jer manji gubitak vode doprinosi njegovoj težini, teksturi i izgledu. Na sposobnost mesa da zadrži vodu može utjecati niz faktora, uključujući pH, sadržaj proteina i minerala. Magnezij, kao važan mineral za mišićnu funkciju, potencijalno može imati utjecaj na sposobnost zadržavanja vode u mišićnim vlaknima, osobito zbog njegove uloge u održavanju osmotskog balansa unutar stanica (Lawrie 1998.).

U ovom istraživanju ispitivan je utjecaj dodatka magnezija od 20 grama po jedinki na zadržavanje vode u mesu. Analizirane su vrijednosti za kontrolnu skupinu i skupinu koja je primala tretman, a rezultati su prikazani u tablici 4.3.

Prosječna vrijednost zadržavanja vode u kontrolnoj skupini iznosila je 0,60%, dok je u skupini koja je primala dodatak magnezija iznosila 0,59%. P-vrijednost za ovu razliku iznosi 0,3695, što ukazuje da razlika nije statistički značajna ($p < 0,005$).

Tablica 4.3. Rezultati mjerenja gubitka vode nakon 24h

Skupina	Kapacitet zadržavanja vode (%)
Kontrolna	0,60
Tretirana	0,59

4.4. Rasprava

Općenito razlog za izostanak statistički značajne razlike u ovom istraživanju smatra se da je povezan s uvjetima držanja životinja te kako je 12 jedinki pre mali uzorak s ograničenom reprezentativnošću za ovo istraživanje. Dodatak magnezija pokazuje značajniji učinak kod životinja koje su na paši, budući da je trava, koja je glavni izvor hrane na pašnjacima, često siromašna magnezijem. U takvim uvjetima, životinje mogu biti izloženije nedostatku ovog minerala, što čini dodatak magnezija učinkovitijim za održavanje normalnih fizioloških funkcija (Pinotti i sur. 2021.). Međutim, u ovom istraživanju životinje su bile držane u kontroliranim uvjetima u štali, gdje su imale pristup potpuno izmiješanom obroku (TMR), koji je vjerojatno bio balansiran i po sadržaju magnezija. Ovi uvjeti smanjuju potrebu za dodatkom magnezija u obroku jer životinje ne doživljavaju isti stupanj deficita kao one koje su na paši.

Drugi potencijalni razlog za nedostatak značajnih razlika mogao bi biti povezan s količinom magnezija koja je korištena u istraživanju. Iako je korištena doza od 20 grama po jedinki relativno visoka, moguće je da bi veća doza magnezija imala izraženiji utjecaj na kvalitetu mesa, osobito na pokazatelje poput zadržavanja vode i pH vrijednosti. Međutim, povećanje doze magnezija nosi rizik od nepoželjnih nuspojava, kao što je pojava proljeva kod junadi, što može dovesti do smanjenja konverzije hrane i općeg zdravlja životinja (NRC 1996.). Ovaj potencijalni negativni učinak ograničava mogućnost korištenja viših doza magnezija, jer može narušiti ukupnu produktivnost i dobrobit životinja.

Što se tiče boje mesa moguće je da dodavanje magnezija kroz duži period može rezultirati većim promjenama u boji mesa, osobito jer mineralni dodaci mogu imati kumulativne učinke na fiziološke procese vezane uz metabolizam mioglobina, koji izravno utječe na boju mesa. Zadržavanje vode u mesu usko je povezano s promjenama u proteinskoj strukturi tijekom skladištenja i obrade. Iako magnezij može imati posredan učinak na zadržavanje vode kroz stabilizaciju proteinske strukture (Mancini & Hunt, 2005.), ti učinci možda nisu dovoljno izraženi u uvjetima ovog istraživanja

5. Zaključak

Unatoč važnosti magnezija u metaboličkim procesima, rezultati pokazuju da njegov dodatak u zadnja dva tjedna prije klanja junadi nije statistički značajno utjecala na analizirane pokazatelje mesa u provedenom istraživanju.

Vrijednosti boje mesa, koja se mjerila kroz vrijednosti L^* , a^* i b^* , nije bila statistički značajno različita između kontrolne skupine i one tretirane magnezijem. Utvrđene p-vrijednosti bile su znatno iznad praga statističke značajnosti ($p > 0,05$).

Ispitivanje utjecaja magnezija na pH mesa također nije rezultiralo statistički značajnim razlikama. Mjerenje pH u *m. supraspinatus* i *m. infraspinatus* pokazalo je blage razlike između kontrolne i tretirane skupine, ali te razlike nisu bile statistički značajne ($p > 0,05$). Prosječne vrijednosti pH u *m. supraspinatus* i *m. infraspinatus* bile su gotovo jednake u obje skupine, što pokazuje kako tretman dodatka magnezija nije imao značajan utjecaj na ovo svojstvo.

Vrijednosti mjerenja kapaciteta zadržavanja vode pokazuju kako ne postoji statistički značajna razlika između tretmana i kontrolne skupine te razlika između tretmana nije bila statistički značajna ($p > 0,05$).

Zaključno, rezultati ovog istraživanja nisu pokazali statistički značajan utjecaj dodatka magnezija na pokazatelje boje, pH ili zadržavanja vode u mesu junadi hranjenih potpuno izmiješanim obrokom na kompletne biljke kukuruza.

6. Popis literature

1. Bolsen K. K., Woods W., Klopfenstein T. (1973.). Effect of Methionine and Ammonium Sulfate upon Performance of Ruminants Fed High Corn Rations. *Journal of animal science*. 36: 1186 – 1190
2. Domaćinović M., Antunović Z., Džoma E., Opačak A., Baban M., Mužić S., (2015.). Specijalna hranidba domaćih životinja, Sveučilište Josipa Juraja Strossmayera u Osijeku Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek
3. Eurostat, <https://ec.europa.eu/eurostat> - pristup 20.06.2024.
4. FAO, <https://www.fao.org/home/en> - pristup 19.06.2024.
5. Faustman, C., Cassens, R. G. (1990.). The biochemical basis for discoloration in fresh meat: A review. *Journal of Muscle Foods*, 1(3), 217-243.
6. Feiner G. (2006.). *Meat products handbook*, Woodhead publishing limited, Cambridge
7. Ferguson D.M., Warner R. D. (2008.). Have we underestimated the impact of pre-slaughter stress on meat quality in ruminants? *Meat science*. 80: 12 -19
8. Florek M., Kędzierska Matysek M., Litwińczuk A. (2008.). Macro and Microelements Content in Meat of calves and Young Slaughter Cattle. *Polish journal of environmental studies*. Volume 17., 213-216
9. Gonzalez-Rivas P.A., Chauchan S. S., Ha M., Fegan N., Dunshea F. R., Warner R. D. (2019.). Effects of heat stress on animal physiology, metabolism, and meat quality: A review. *Meat science*. doi:10.1016/j.meatsci.2019.108025
10. Gradin T. (1980.). The Effect of Stress on Livestock and Meat Quality Prior to and During Slaughter. *International Journal for the Study of Animal Problems*, 1(5), 313-337.
11. Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu (2023.). *Govedarstvo godišnje izvješće 2023*. Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu, Osijek
12. <https://foodsciencetoolbox.com/meat-quality-dfd-and-pse-meats/> - pristupljeno 20.06.2024.
13. Huff -Lonergan E., Lonergan S.M. (2005.). Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat science* . 71: 194 -204
14. Ivanković A., Mijić P. (2020.). *Govedarstvo*. Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zagreb
15. Lawrie, R. A. (1998). *Lawrie's Meat Science* (6th Edition). Woodhead Publishing.
16. Loudon K. M. W., Tarr G., Lean I. J., McLerie L., Leahy N., Pethick D. W., Gardner G. E., McGilchrist P. (2021.). Short term magnesium supplementation to reduce dark cutting in pasture finished beef cattle. *Meat science*. 180 (2021) 108560
17. Mancini, R. A., & Hunt, M. C. (2005). Current research in meat color. *Meat Science*, 71(1), 100-121
18. National research council (1996.). *Nutrient requirements of beef cattle: seventh revised edition*. National academy press, Washington D.C.
19. Ohno Y. (2000.). *CIE Fundamentals for colour measurements*, Vancouver, <https://www.nist.gov/publications/cie-fundamentals-color-measurements-0> - pristup 21.06.2024.
20. Page J.K. i Wulf D.M. (2000.). Using measurements of muscle color, pH, and electrical impedance to augment the current USDA beef quality grading

- standards and improve the accuracy and precision of sorting carcasses into palatability groups. *Journal of Animal Science* doi:10.2527/2000.78102595x (online) <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/78/10/2595/4625655> - pristupljeno 21.06.2024.
21. Pinotto L., Manoni M., Ferrari L., Tretola M., Cazzola R., Givens I. (2021.) The Contribution of Dietary Magnesium in Farm Animals and Human Nutrition. 2021, 13, 509.
 22. Simons C. (2018.). DFD and PSE meats. Food science toolbox (online)
 23. Sjaastad V. O., Sand V., Hove K., (2010.). *Physiology of Domestic Animals*, second edition, Scandinavian Veterinary Press
 24. Thompson, J., O'Halloran, W., McNeil, L. D., Jackson-Hope, N., May, T. (1987). The effect of fasting on liveweight and carcass characteristics in lambs. *Meat Science*, 20, 293–309
 25. Wayne Perry T., Cecava M.J., (1995.). *Beef cattle feeding and nutrition* second edition, Academic press, INC., Indiana
 26. Xing T., Gao F., Tume R. .K., Zhou G., Xu X. (2018.). Stress Effects on Meat Quality: A Mechanistic Perspective. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 18: 380- 401
 27. Narodne novine (2021.) Pravilnik o razvrstavanju goveđih, svinjskih i ovčjih trupova te označivanju mesa koje potječe od goveda starih manje od 12 mjeseci. 2021/76/1428 https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021_07_76_1428.html -pristup 22.09.2024

Životopis

Nikola Linić rođen je u Zagrebu 5. listopada 2000. godine. nakon završene osnovne škole, obrazovanje nastavlja u prirodoslovnoj školi Vladimira Preloga kao ekološki tehničar. Završetkom srednje škole 2019. upisuje agronomski fakultet u Zagrebu smjer animalne znanosti. Nikola je imao priliku steći komunikacijske, organizacijske i vještine planiranja obzirom da je 2015. preuzeo ulogu asistenta voditelja sekcije u izviđačkoj udruzi u Podsusedu koju izvršava do rujna 2020. godine kada preuzima ulogu voditelja sekcije koju obnaša do rujna 2022. Prediplomski studij animalnih znanosti agronomskog fakulteta u Zagrebu završava u srpnju 2022. te upisuje diplomski studij Hranidbe životinja i hrane koji pohađa do danas.