

UNIVERZITET U BEOGRADU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET

Miloš R. Marinković

**FENOTIPSKA I GENETIČKA
KARAKTERIZACIJA AUTOHTONE
POPULACIJE GOVEDA RASE BUŠA U SRBIJI**

Doktorska disertacija

Beograd, 2024.

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF AGRICULTURE

Miloš R. Marinković

**PHENOTYPIC AND GENETIC
CHARACTERIZATION OF THE INDIGENOUS
BUSHA CATTLE BREED IN SERBIA**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2024.

KOMISIJA ZA ODBRANU DOKTORSKE DISERTACIJE

MENTOR:

dr Predrag Perišić, vanredni profesor
Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet

ČLANOVI KOMISIJE:

1) dr Ivan Životić, naučni saradnik
Institut za nuklearne nauke "Vinča", Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju,
Univerzitet u Beogradu

2) dr Branislav Stanković, redovni profesor
Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet

3) dr Maja Petričević, viši naučni saradnik
Institut za stočarstvo, Beograd

4) dr Dragan Nikšić, viši naučni saradnik
Institut za stočarstvo, Beograd

Datum odbrane disertacije:

FENOTIPSKA I GENETIČKA KARAKTERIZACIJA AUTOHTONE POPULACIJE GOVEDA RASE BUŠA U SRBIJI

SAŽETAK

Cilj ove doktorske disertacije bio je fenotipska i genetička karakterizacija populacije goveda rase buša. Ispitivana populacija obuhvatila je 7 bikova, 157 krava i 27 muške junadi, dok su od još 40 muške junadi uzeti uzorci mesa posle klanja. Odgoj životinja se sprovodio u sistemu krava – tele. Pri analizi morfometrijskih i genetičkih parametara, ispitivana grla su podeljena u grupe na osnovu farme, starosti grla i boje, odnosno izgleda životinja. Merenje telesnih dimenzija kod ispitivanih grla obavljeno je tokom 2020. i 2021. godine na tri gazdinstva u opštini Dimitrovgrad. Takođe, treba napomenuti da je tom prilikom uzimana i krv od grla za genetičke analize i to iz repne vene (v. *coccigea*) ili iz vratne vene (v. *jugularis*). Istraživanjem je obuhvaćeno 13 morfometrijskih osobina i to: obim grudi (cm), obim cevanice (cm), dužina glave (cm), širina glave (cm), visina grebena (cm), visina krsta (cm), dubina grudi (cm), širina grudi (cm), dužina karlice (cm), širina karlice – bedra (cm), širina karlice – kukovi (cm), širina karlice – sednjačne kvrge (cm), dužina tela (cm). Reproductivne osobine (uzrast grla pri prvom pripustu, uzrast grla pri prvom teljenju, trajanje servis perioda, trajanje međutelidbenog interval, kao i masa teladi pri rođenju) su ispitane na osnovu dostupnih podataka za 149 krava. Analiza hemijskih, tehnoloških i senzornih osobina mesa obavljena je u Institutu za stočarstvo.

GWAS analiza je sprovedena korišćenjem IlluminaScan™ aparata (Illumina, San Dijego, Kalifornija, Sjedinjene Američke Države) i BovineSNP50-24 v3 BeadChip mikročipova (Illumina, San Dijego, Kalifornija, Sjedinjene Američke države). Svaki mikročip sadrži 24 trake za nanošenje uzoraka i može analizirati 53,218 genetičkih polimorfizama (SNP-ova), ravnomerno raspoređenih duž genoma. Genotipizacija je urađena po protokolu proizvođača za korišćeni tip mikročipa: „Infinium HTS Assay Reference Guide“. Ukupno je 96 životinja uključeno u GWAS analizu.

Prosečne vrednosti morfometrijskih osobina krava bile su sledeće: visina grebena 106,18 cm, visina krsta 109,36 cm, dubina grudi 54,07 cm, širina grudi 28,51 cm, obim grudi 150,50 cm, dužina karlice 38,97 cm, širina karlice (bedra) 37,39 cm, širina karlice (kukovi) 32,52 cm, širina karlice (sednjačne kvrge) 14,19 cm, dužina tela 125,98 cm, dužina glave 40,04 cm, širina glave (čelo) 18,83 cm i obim cevanice 15,61 cm. Niska varijabilnost morfometrijskih osobina (CV<16%) ukazuje na relativnu ujednačenost grla po pitanju veličine i građe tela. Uzimajući u obzir prosečne vrednosti morfometrijskih osobina koje opisuju bušu u periodu od pre 100 do 120 godina, može se zaključiti da se krave iz ispitivane populacije ne razlikuju značajno u građi i formatu u odnosu na grla iz tog perioda. Stoga, podaci o morfometrijskim osobinama iz ovog istraživanja mogu biti preporučeni kao standard ove rase.

Korelacijski odnosi između ispitivanih morfometrijskih osobina krava ukazuju na jaku i pozitivnu vezu, budući da od ukupno 78 korelacija samo 15 nije bilo statistički značajno. Najveći koeficijenti korelacije utvrđeni su između visine grebena i visine krsta (0,82), dubine grudi i širine karlice (bedra) (0,60), dužine karlice i širine karlice (bedra) (0,74), širine karlice (bedra) i širine karlice (kukovi) (0,71).

Prosečne vrednosti relativnih pokazatelja telesne razvijenosti krava bile su sledeće: indeks formata 118,74%, indeks dubine grudi 50,93%, indeks zbijenosti trupa 119,80%, indeks masivnosti 141,96%, indeks pregrađenosti 103,01%, karlično-grudni indeks 78,68%, indeks dužine nogu 49,07%, indeks širine čela 47,19% i indeks koščatosti 14,71%.

Uzrast/starost krava značajno je uticao na dubinu grudi ($p<0,01$), dužinu karlice ($p<0,05$), širinu karlice (bedra) ($p<0,01$), dužinu tela ($p<0,001$), obim grudi ($p<0,01$), dužinu glave ($p<0,001$), širinu glave (čelo) ($p<0,01$) i širinu karlice (kukovi) ($p<0,01$). Grla iz najmlađe kategorije uglavnom su se značajno razlikovala od grla iz starijih kategorija, što su očekivani rezultati jer mlada grla tek treba da ostvare svoj puni porast. Od ukupno 13 ispitivanih morfometrijskih osobina krava značajan uticaj boje dlačnog pokrivača je utvrđen samo kod obima grudi ($p<0,05$), dužine karlice ($p<0,05$), širine ($p<0,001$) i dužine glave ($p<0,05$).

Prosečan uzrast pri prvom pripustu iznosio je 621,77 dana, što ukazuje na to da buša pripada rasama kasnostasnog tipa, dok je uzrast pri prvom teljenju prosečno iznosio 906,63 dana. Krave su se odlikovale relativno dobrom plodnošću, jer je u proseku servis period trajao 117,71 dan. Od svih ispitivanih reproduktivnih osobina servis period se odlikovao sa najvećim koeficijentom varijacije (53,99) koji ukazuje na visoku varijabilnost ovog parametra. Međutelidbeni interval je u proseku trajao 393,94 dana. Prosečna masa teladi pri rođenju iznosila je 15,08 kg. Za servis period je utvrđeno da značajno zavisio od sezone teljenja ($p < 0,001$). Krave oteljene tokom jeseni imale su u proseku najduži servis period (157,61 dana), dok su krave oteljene tokom leta imale najkraći servis period (85,81 dana). Uticaj teljenja po redu na trajanje međutelidbenog intervala nije bio statistički značajan ($p > 0,05$).

Prosečne vrednosti osobina hemijskog sastava mesa bile su sledeće: sadržaj proteina 21,64%, sadržaj vode 75,87%, sadržaj masti 0,99%, sadržaj pepela 1,11%, ukupni pigmenti 111,52 mg/kg, sadržaj SFA 57,70%, sadržaj MUFA 37,02% i sadržaj PUFA 8,14%. Ispitivanjem masnokiselinskog sastava mesa utvrđeno je da su najzastupljenije bile zasićene masne kiseline (SFA) sa 57,70%, dok su od pojedinačnih masnih kiselina najzastupljenije bile oleinska masna kiselina sa 36,13% i palmitinska masna kiselina sa 35,60%. Prosečne vrednosti tehnoloških osobina mesa bile su sledeće: pH vrednost 5,69, sposobnost vezivanja vode (SVV) 12,11 cm², kalo kuvanja 41,51%, svetloća mesa (L*) 38,62, relativan udeo crvene boje (a*) 18,66, relativan udeo žute boje (b*) 7,03, hue ugao ili stvarna crvena (H°) 20,45, chroma vrednost ili intenzitet boje (C*) 19,94, mekoća mesa 8,20 kg, dijametar mišićnih vlakana 32,59 μm. Prosečne vrednosti osobina kvaliteta mesa junadi buše odgovaraju vrednostima karakterističnim za goveđe meso. Koeficijenti varijacije za osobine sadržaja proteina, sadržaja vode, sadržaja pepela i ukupnih pigmenata odlikuju se niskim vrednostima, što ukazuje na relativno nisku varijabilnost ovih osobina. S druge strane, sadržaj masti i udeo masnih kiselina su osobine mesa koje su se odlikovale visokom varijabilnošću.

Korelacijski odnosi između ispitivanih osobina kvaliteta mesa ukazuju na slabu vezu, jer je mali broj korelacija bio statistički značajan. Od statistički značajnih korelacija najveći koeficijenti korelacije su utvrđeni između sadržaja proteina i sadržaja vode (-0,87), sadržaja SFA i sadržaja MUFA (-0,68), kalo kuvanja i mekoće mesa (0,59), parametra boje b* i parametra boje H° (0,91), parametra boje a* i parametra boje C* (0,90), sadržaja proteina i pH vrednosti (-0,64), sadržaja masti i parametra boje b* (0,66) i sadržaja masti i parametra boje H° (0,64). Ispitivanjem senzornih osobina može se zaključiti da je meso bilo crvene boje srednjeg intenziteta, da je bilo fine strukture i dobrog ukusa i mirisa. Meso se odlikovalo i relativno slabom zastupljenošću masnih kapljica što je verovatno uticalo i na slabije ocene za sočnost mesa.

Istraživanje predstavljeno u ovom radu jedno je od prvih GWAS studija koje su sprovedene na osobinama kvaliteta mesa u populaciji buše u Srbiji. Metodom asocijacione studije na nivou genoma (GWAS) identifikovani su polimorfizmi statistički značajno asocirani sa dijametrom mišićnih vlakana ($p \leq 5 \times 10^{-8}$), kao i geni kandidati (*APOD*, *NTMT2*, *ZBTB37*, *DSC1*, *DSC2*, *DSC3*, *SCL36A4*, *FAT3*, *NTM*, *RPL7L1*). Identifikovan je polimorfizam statistički značajno asociran sa pH mesa ($p \leq 5 \times 10^{-8}$), kao i geni kandidati (*API5*, *TTC17*). Identifikovani su polimorfizmi i geni kandidati koji su sa sugestivnom značajnošću ($p < 1 \times 10^{-5}$) asocirani sa ispitivanim osobinama mesa i morfometrijskim osobinama goveda rase buša. Ustanovljeno je da su polimorfizmi koji se nalaze u blizini gena *ANGPTL3* asocirani sa više ispitivanih masnih kiselina što ukazuje na njihov plejotropni efekat i identifikuje *ANGPTL3* kao gen koji potencijalno utiče na nivo masnih kiselina.

Utvrđene su sledeće statistički značajne asocijacije ispitivanih polimorfizama gena za kalpain-1 i kalpastatin. Polimorfizam CAPN1 316 (rs17872000) u genu *CAPN1* je značajno asociran sa vrednostima visine grebena i obima cevanice. Polimorfizam CAPN1 4751 (rs17872050) u genu *CAPN1* je značajno asociran sa vrednostima širine karlice (kukovi), širine karlice (sednjačne kvrge), kao i sa sadržajem ukupnih pigmenata. Polimorfizam UA-IFASA-1370 (rs17871058) u genu *CAPN1* je značajno asociran sa sadržajem ukupnih pigmenata, kao i sadržajem miristinske masne kiseline. Polimorfizam ARS-USMARC-670 (rs109677393) u genu *CAST* je statistički značajno asociran sa dužinom tela, širinom glave i sadržajem zasićenih masnih kiselina.

Polimorfizam ARS-USMARC-116 (rs109354718) u genu *CAST* nije statistički značajno asociran sa ispitivanim morfometrijskim osobinama, osobinama kvaliteta mesa, kao i sadržajem masnih kiselina.

Utvrđene statistički značajne asocijacije genetičkih polimorfizama u kalpain-1 i kalpastatin genu pružaju nam uvid u potencijalnu primenu ovih markera u selekcijskom programu za populaciju goveda rase buša.

KLJUČNE REČI: buša, morfometrijske osobine, kvalitet mesa, reproduktivne osobine, GWAS analiza, polimorfizmi pojedinačnih nukleotida, geni kandidati.

NAUČNA OBLAST: Biotehničke nauke

UŽA NAUČNA OBLAST: Odgajivanje i reprodukcija domaćih i gajenih životinja

UDK BROJ: 636.27.082.25(497.11)(043.3)

PHENOTYPIC AND GENETIC CHARACTERIZATION OF THE INDIGENOUS BUSHA CATTLE BREED IN SERBIA

ABSTRACT

The aim of this dissertation was to investigate the phenotypic and genetic characterization of Busha cattle. The population studied comprised 7 bulls, 157 cows, and 27 young bulls. Additionally, meat samples were collected from another 40 young bulls after slaughter. Animal breeding was carried out in a cow-calf system. For the analysis of morphometric and genetic parameters, the examined cattle were divided into groups based on the farm, the age of the cattle and the coat color of the animals. The measurements of the body parameters of the examined cattle were carried out in 2020 and 2021 on three farms in the municipality of Dimitrovgrad. In addition, blood samples were taken from the cattle during this period for genetic analysis, either from the tail vein (v. coccigea) or from the jugular vein (v. jugularis). The examination included 13 morphometric characteristics, namely: chest circumference (cm), cannon bone circumference (cm), head length (cm), head width (cm), withers height (cm), croup height (cm), chest depth (cm), chest width (cm), pelvis length (cm), pelvis width - *tuber coxae* (cm), pelvis width - hip joint (cm), pelvis width - *tuber ischii* (cm), and body length (cm). Reproductive traits (age of cows at first conception, age of cows at first calving, days open, calving interval and birth weight of calves) were analysed on the basis of available data for 149 Busha cows and the analysis of the chemical, technological and sensory characteristics of the meat was carried out at the Institute for Animal Husbandry.

The GWAS analysis was conducted using the IlluminaIscan™ system (Illumina, San Diego, California, United States) and BovineSNP50-24 v3 BeadChip microarray (Illumina, San Diego, California, United States). Each microarray contains 24 lanes for sample deposition and can analyze 53,218 single nucleotide polymorphisms (SNPs), evenly distributed across the genome. Genotyping was performed according to the manufacturer's protocol for the specific microarray used: "Infinium HTS Assay Reference Guide". A total of 96 animals were included in the GWAS analysis.

The average values of the morphometric characteristics of the cows were as follows: withers height 106.18 cm, croup height 109.36 cm, chest depth 54.07 cm, chest width 28.51 cm, chest circumference 150.50 cm, pelvis length 38.97 cm, pelvis width - *tuber coxae* 37.39 cm, pelvis width - hip joint 32.52 cm, pelvis width - *tuber ischii* 14.19 cm, body length 125.98 cm, head length 40.04 cm, head width 18.83 cm and cannon bone circumference 15.61 cm. The low variability of morphometric traits (CV<16%) indicates a relative uniformity in size and conformation of the cattle. Considering the average values of morphometric traits of the Busha cattle breed in the late 19th and early 20th centuries, it can be concluded that the cows from the studied population do not differ significantly in structure and conformation from cattle from this period. Therefore, the data on morphometric traits from this study can be recommended as a standard for this breed.

The correlations between the morphometric traits of the cows indicate a strong and positive relationship, as only 15 of the 78 correlations were not statistically significant. The highest correlation coefficients were found between withers height and croup height (0.82), chest depth and pelvis width - *tuber coxae* (0.60), pelvis length and pelvis width - *tuber coxae* (0.74), pelvis width - *tuber coxae* and pelvis width - hip joint (0.71).

The average values of the relative body development indices of the cows were as follows: conformation index 118.74%, chest depth index 50.93%, compactness index 119.80%, massiveness index 141.96%, partition index 103.01%, pelvic-chest index 78.68%, leg length index 49.07%, forehead width index 47.19% and skeletal index 14.71%.

The age of the cows had a significant influence on chest depth (p<0.01), pelvis length (p<0.05), pelvis width - *tuber coxae* (p<0.01), body length (p<0.001), chest circumference (p<0.01), head length (p<0.001), head width (p<0.01) and pelvis width - hip joint (p<0.01). The cows from the youngest category mostly differed significantly from the cows from the older categories, which was to be expected as young cows have not yet reached their full growth. Of the 13 morphometric

traits examined in the cows, a significant influence of coat color was only found for chest circumference ($p < 0.05$), pelvis length ($p < 0.05$), head width ($p < 0.001$) and head length ($p < 0.05$).

The average age of the cows at first conception was 621.77 days, which indicates that Busha belongs to the late maturing breeds, while the average age of the cows at first calving was 906.63 days. The cows were characterized by relatively good fertility, with an average days open period of 117.71 days. Of all the reproductive traits studied, days open was characterized by the highest coefficient of variation (53.99), which indicates the high variability of this parameter. The calving interval lasted an average of 393.94 days. The average birth weight of the calves was 15.08 kg. The number of days open was found to be significantly dependent on the calving season ($p < 0.001$). Cows calved in autumn had the longest days open on average (157.61 days), while cows calved in summer had the shortest days open (85.81 days). The effect of calving in order on the duration of the calving interval was not statistically significant ($p > 0.05$).

The average values of the chemical composition of the meat were as follows: protein content 21.64%, water content 75.87%, fat content 0.99%, ash content 1.11%, total pigments 111.52 mg/kg, SFA content 57.70%, MUFA content 37.02% and PUFA content 8.14%. When the fatty acid composition of the meat was analysed, it was found that saturated fatty acids (SFA) were the most abundant at 57.70%, while the most abundant individual fatty acids were oleic fatty acid at 36.13% and palmitic fatty acid at 35.60%. The average values of the technological characteristics of the meat were as follows: pH 5.69, water binding capacity (WBC) 12.11 cm², cooking loss 41.51%, lightness of meat (L*) 38.62, relative proportion of red color (a*) 18.66, relative proportion of yellow color (b*) 7.03, hue value or actual red (H°) 20.45, chroma value or color intensity (C*) 19.94, tenderness of meat 8.20 kg, muscle fiber diameter 32.59 µm. The average values of the quality characteristics of Busha meat correspond to the values that are characteristic of beef. The coefficients of variation for the protein content, water content, ash content and total pigments are characterized by low values, which indicates a relatively low variability of these characteristics. In contrast, the fat content and the proportion of fatty acids are characterized by high variability.

The correlations between the meat quality characteristics indicate a weak relationship, as only a small number of correlations were statistically significant. Of the statistically significant correlations, the highest correlation coefficients were found between protein content and water content (-0.87), SFA content and MUFA content (-0.68), cooking loss and tenderness of the meat (0.59), the color parameter b* and the color parameter H° (0.91), the color parameter a* and the color parameter C* (0.90), the protein content and the pH value (-0.64), the fat content and the color parameter b* (0.66) as well as the fat content and the color parameter H° (0.64). The examination of the sensory properties led to the conclusion that the tested meat had a red color of medium intensity, a fine structure and a good taste and smell. The meat was also characterized by a relatively weak presentation of fat droplets, which probably influenced the lower scores for the juiciness of the meat.

The research presented in this paper is one of the first GWAS studies conducted on meat quality traits in the Busha cattle breed in Serbia. The genome-wide association study (GWAS) method identified polymorphisms statistically significantly associated with muscle fiber diameter ($p \leq 5 \times 10^{-8}$), as well as candidate genes (*APOD*, *NTMT2*, *ZBTB37*, *DSC1*, *DSC2*, *DSC3*, *SCL36A4*, *FAT3*, *NTM*, *RPL7L1*). A polymorphism statistically significantly associated with meat pH ($p \leq 5 \times 10^{-8}$) was identified, as well as candidate genes (*API5*, *TTC17*). Polymorphisms and candidate genes associated with suggestive significance ($p < 1 \times 10^{-5}$) with the studied meat characteristics and morphometric traits of Busha cattle were identified. Polymorphisms near the *ANGPTL3* gene were found to be associated with different fatty acids, indicating a pleiotropic effect and identifying *ANGPTL3* as a gene potentially influencing fatty acid content.

The following statistically significant associations of the investigated gene polymorphisms for calpain-1 and calpastatin were found. The polymorphism CAPN1 316 (rs17872000) in the *CAPN1* gene was significantly associated with the values for withers height and cannon bone circumference. The polymorphism CAPN1 4751 (rs17872050) in the *CAPN1* gene was significantly associated with pelvis width - hip joint, pelvis width - tuber ischii, as well as with total

pigments. The polymorphism UA-IFASA-1370 (rs17871058) in the *CAPN1* gene is significantly associated with total pigments and myristic fatty acid content. The polymorphism ARS-USMARC-670 (rs109677393) in the *CAST* gene was statistically significantly associated with body length, head width and saturated fatty acid content. The polymorphism ARS-USMARC-116 (rs109354718) in the *CAST* gene was not statistically significantly associated with morphometric traits, meat quality traits and fatty acid content.

The observed statistically significant associations of genetic polymorphisms in the calpain-1 and calpastatin genes give us an insight into the possible application of these markers in the selection program for the Busha cattle breed.

KEYWORDS: Busha, morphometric traits, meat quality, reproductive traits, GWAS analysis, polymorphism, candidate genes.

SCIENTIFIC FIELD: Biotechnical sciences

SCIENTIFIC SUBFIELD: Breeding and reproduction of domestic and reared animals

UDK NUMBER: 636.27.082.25(497.11)(043.3)

Sadržaj:

1. Uvod.....	1
2. Pregled literature	2
2.1. Buša – poreklo, domestikacija i opis rase	2
2.2. Fenotipska varijabilnost sojeva buše.....	2
2.3. Buša – istorijski aspekt	7
2.4. Morfometrijske osobine buše u poređenju sa inostranim rasama	9
2.5. Reproductivna svojstva buše	10
2.6. Ugroženost buše	11
2.7. Konzervacija buše	12
2.8. Proizvodne osobine buše.....	13
2.9. Značaj fenotipske karakterizacije.....	14
2.10. Značaj genetičke karakterizacije	15
2.10.1. Proteinski markeri	15
2.10.2. DNK markeri.....	15
2.11. Genetička karakterizacija goveda	18
2.11.1. Polimorfizmi pojedinačnih nukleotida u genima kalpain 1 (<i>CAPN1</i>) i kalpastatin (<i>CAST</i>).....	19
2.11.2. Izučavanje asocijacija na nivou genoma (GWAS – <i>genome wide association studie</i>) u govedarstvu	21
2.11.3. Genetička karakterizacija buše na nivou polimorfizama pojedinačnih nukleotida.....	23
2.12. Osobine kvaliteta mesa i faktori koji utiču na njih	24
2.12.1. Fizičko-hemijska svojstva mesa.....	25
2.12.2. Senzorna svojstva mesa	29
3. Materijal i metod.....	30
3.1. Merenje telesnih dimenzija	31
3.2. Ispitivanje reproduktivnih parametara	32
3.3. Ispitivanje osobina kvaliteta mesa	32
3.3.1. Fizičko-hemijska svojstva mesa.....	32
3.3.2. Senzorna svojstva mesa	34
3.4. Molekularno-genetička analiza	35
3.5. Statistička obrada podataka.....	36
4. Rezultati i diskusija.....	37
4.1. Morfometrijske osobine goveda rase buša.....	37

4.2. Reproktivne osobine goveda rase buša	45
4.3. Osobine kvaliteta mesa goveda rase buša	47
4.4. Molekularno-genetička analiza polimorfizama pojedinačnih nukleotida na nivou genoma u populaciji goveda rase buša	55
4.4.1. Genetička karakterizacija osobina kvaliteta mesa goveda rase buša	55
4.4.2. Polimorfizmi u genima kalpain 1 (<i>CAPNI</i>) i kalpastatin (<i>CAST</i>) u populaciji goveda rase buša	59
5. Zaključak.....	75
6. Literatura.....	79
7. Prilozi	94
8. Biografija autora	102
Izjava 1.....	103
Izjava 2.....	104
Izjava 3.....	105

1. Uvod

Buša pripada grupi brahicerernih goveda i rasprostranjena je po celom Balkanskom poluostrvu. Kao autohtona rasa, prisutna je u skoro svim zemljama bivše Jugoslavije (izuzev Slovenije), dok se goveda slična buši gaje i u Bugarskoj (kratkorogo rodopsko goveče), Albaniji (ilirsko goveče, prespansko goveče) i Grčkoj (brahicerero goveče). Buša je jedna od dve autohtone rase goveda u Srbiji, koje su bile značajne sve do polovine dvadesetog veka kada se zbog svoje skromne produktivnosti sve više zamenjuje rasama namenjenim za intenzivnu proizvodnju. Krajem devedesetih godina, buša je bila na granici opstanka, tj., dovedena u status kritične populacije u smislu opstanka. Aktivnosti na zaštiti buše intenzivnije se sprovode od 2000. godine i odnose se na povećanje veličine aktivne populacije, putem *in situ* i *ex situ* konzervacije. Zapati buše, osim u područjima gde se u prošlosti tradicionalno gajila (brdska i planinska područja Srbije), formirani su i u ravničarskim područjima. Najvažnija oblast odgajivanja buše danas je Stara planina sa centrom u Dimitrovgradu. Druge značajne oblasti odgajivanja buše u centralnoj Srbiji su područje Peštera (opštine Sjenica, Tutin, Novi Pazar), područje Vlasine (Crna Trava), Kuršumlja. Buša se gaji i na Kosovu i Metohiji, kao i na teritoriji Vojvodine (opštine Kovin i Vršac).

Buša je prvobitno korišćena kao rasa trojnog smera proizvodnje (mleko, meso, rad), ali je razvojem poljoprivrede i povećanom upotrebom mehanizacije najpre prestala upotreba ove rase kao radne životinje. Zbog niske mlečnosti i slabih osobina muznosti, buša je izgubila značaj gajenja radi proizvodnje mleka, pa se danas uglavnom gaji u sistemu krava-tele, a mleko se koristi za ishranu teladi u dojnem periodu koji traje pet do šest meseci. Tov junadi, odnosno proizvodnja mesa u ekstenzivnom sistemu proizvodnje, je zbog toga glavni cilj gajenja buše. Ekstenzivni sistem proizvodnje može rezultirati mesom visokog kvaliteta zbog ishrane krava koja se zasniva na ispaši na prirodnim pašnjacima, pa je zbog toga važno ispitati osobine kvaliteta mesa. Očuvanje buše značajno je za razvoj ruralnih područja, jer se na taj način podržavaju lokalni poljoprivrednici, stvaraju se nova radna mesta i podstiče se ekonomski razvoj tih krajeva. Pored ekonomske i naučne vrednosti, buša predstavlja i značajan deo kulturno-istorijskog nasleđa. Višegodišnje gajenje na određenom području uslovalo je da buša postane sastavni deo tradicije i kulturnog identiteta naroda.

Prvi cilj ovog istraživanja podrazumevao je sprovođenje fenotipske karakterizacije ispitivane populacije goveda rase buša. Fenotipska karakterizacija se zasnivala na identifikaciji grla, kao i na ispitivanju morfometrijskih, reproduktivnih i osobina kvaliteta mesa. Ispitivanje morfometrijskih osobina sprovedeno je sa ciljem da se utvrdi varijabilnost telesnih mera kako bi se mogli izvesti zaključci o veličini i građi tela grla i faktorima koji na njih mogu uticati. Ispitivanje reproduktivnih osobina kao što su uzrast pri prvom pripustu, trajanje servis perioda i međutelidbenog intervala sprovedeno je sa ciljem utvrđivanja reproduktivne efikasnosti grla. Poređenje ostvarenih rezultata fenotipske karakterizacije sa rezultatima nekadašnjih istraživanja sprovedeno je sa ciljem da se utvrdi da li je u vremenskom periodu od 100 do 120 godina došlo do značajnih promena u fenotipu buše. Takođe, kao jedan od krajnjih ciljeva je i utvrđivanje mogućnosti korišćenja podataka o fenotipskoj ispoljenosti osobina u definisanju preporuke standarda za bušu. Cilj ispitivanja osobina kvaliteta mesa bio je da se utvrdi varijabilnost najvažnijih hemijskih, tehnoloških i senzornih osobina mesa. Cilj genetičke karakterizacije bio je detekcija prisustva polimorfizama u genomu buše i asocijacija detektovanih polimorfizama sa pojedinim osobinama kvaliteta mesa, kao i utvrđivanje asocijacije pet polimorfizama u najčešće izučavanim genima kandidatima za kvalitet mesa (kalpain-1 i kalpastatin) sa fenotipom od interesa.

2. Pregled literature

2.1. Buša – poreklo, domestikacija i opis rase

Domestikacija goveda nije u potpunosti razjašnjena, ali se smatra da se desila oko 8000 godina pre nove ere u Aziji i Africi ili čak i kasnije (5000 – 6000 pre nove ere) na području Evrope, Sredozemlja i Azije (Perišić, 2013). Iz domestikacijskih centara, goveda su se širila u Evropu prateći doline velikih reka, posebno Dunavom koji je bio jedna od glavnih ruta. Buša je autohtona rasa goveda koja je nekada bila najzastupljenija u Srbiji i Balkanu. Pripada grupi kratkorogih goveda, koja vode poreklo od *Bos brachyceros Adametz*. Hristov i sar. (2018) su poredili mtDNK današnje buše sa ostacima skeleta iz neolitskog perioda. Njihovi rezultati ukazuju na prisustvo T6 haplo grupe i kod ispitivanih grla i kod skeletnih ostataka, pa na osnovu toga autori tvrde da je buša prva domestikovana rasa Evrope. Ova rasa je poznata i pod nazivom balkansko planinsko ili ilirsko goveće. Spada u primitivne rase goveda, koje su najduže opstale u krajevima ekstenzivne stočarske proizvodnje, u kojima je uticaj čoveka na gajenje goveda bio vrlo slab. Pretpostavlja se da su se na Balkanu vekovima gajila kratkoroga goveda, malog formata i telesne mase.

Dakle, filogeneza buše trajala je hiljadama godina. U naučnim krugovima ne postoji jedinstvena teorija o nastanku ove rase već se poreklo buše (kao i svih domaćih goveda) najčešće objašnjava kroz dve teorije. Prema difiletskoj teoriji postoje dva rodonačelnika (*Bos primigenius bojanus* i *Bos brachyceros Adametz*) od kojih vode poreklo sva goveda. Ono što čini osnovu ove teorije je postojanje značajne razlike u građi između ova dva izvorna tipa, što je utvrđeno analizom fosilnih ostataka. Prema prvoj teoriji, od *Bos primigenius bojanus*-a vode poreklo krupnije rase, kao što su: siva stepska goveda, podolska rasa, siva goveda Italije, španska goveda za borbu i druge rase, a od *Bos brachyceros Adametz*-a sitnije rase, kao što su buša, sitna goveda Karpata i Balkana, sitna goveda u Poljskoj, mrko smeđa, alpska goveda i druge rase (Perišić, 2013). Prema monofiletskoj teoriji postoji samo jedan rodonačelnik i to je *Bos primigenius bojanus*, dok je *Bos brachyceros Adametz* samo njegova sitnija, zakržljala forma.

Istorijat buše na Balkanskom poluostrvu detaljno je opisao Leopold Adametz u svojoj monografiji *Studien zur Monographie des illyrischen Rindes* (1895).

Istorijski razvoj domaćih životinja je blisko povezan sa razvojem ljudskog društva, pa ih je nemoguće razdvajati. Bez obzira na to da li su ti narodi bili starosedeooci, pa su se mešali sa drugim pridošlim narodima ili su to bili osvajački narodi koji su povremeno upadali na ove prostore, oni su u svakom slučaju ostavljali uticaj na društvo i poljoprivredu. Važno je zbog toga ispitati njihov uticaj na rasni sastav goveda kao i na uslove govedarske proizvodnje. Takođe, neophodno je skrenuti pažnju i na praistoriju, jer su pronađeni skeletni ostaci goveda iz tog perioda. Na osnovu iskopanih ostataka, Adametz (1895) zaključuje da su sitna kratkoroga goveda (*Brachyceros*) bila na Balkanu široko zastupljena kao i u većem delu centralne Evrope, dok praistorijski ostaci *Bos primigenius* goveda nisu pronađeni. Adametz (1895) u svojoj monografiji opisujući bušu pominje naziv ilirsko goveće (nem. *illyrischen Rindes*).

2.2. Fenotipska varijabilnost sojeva buše

Do polovine 20. veka, sojevi buše pojedinih boja, bili su i teritorijalno razdvojeni i gajeni u određenim područjima. Tako je siva (polimska) buša gajena uglavnom u jugozapadnoj Srbiji i severnoj Crnoj Gori, siva hercegovačka i oplemenjena siva (gatačka buša) u Hercegovini, crvena buša gajena na jugu Srbije i Metohiji, crna buša na Kosovu i zapadnom delu Makedonije, žuta buša na primorju Crne Gore, a plava buša u Makedoniji, oko reke Vardar. Goveda slična buši bila su zastupljena i na Karpatima i u drugim zemljama regiona (Bugarska, Grčka, Albanija). Međim,

danas se više ne može govoriti o razdvojenosti buše po sojevima, jer je kao posledica značajnog smanjenja broja grla, buša postala ugrožena rasa, pa je neminovno došlo do mešanja različitih sojeva u državama u kojima se gaji. Kada se ukazuje na varijabilnost između sojeva tu se pre svega misli na specifičnosti pojedinih populacija koje su sada teritorijalno razdvojene po državama. Danas se buša gaji u sledećim zemljama: Srbija, Hrvatska, Severna Makedonija, Bosna i Hercegovina, Crna Gora i Albanija. Ova rasa se gaji i u Bugarskoj gde nosi naziv rodopsko kratkorogo goveče kao i u Grčkoj gde je poznata pod nazivom brahicero goveče.



Slika 1. Stado buša iznad Dubrovnika - Hrvatska (BushaLive, 2013)



Slika 2. Krave rase buša – Stara planina, Srbija



Slika 3. Bik rase buša sa tigrastom šarom – Stara planina, Srbija



Slika 4. Priplodni podmladak – Stara planina, Srbija

a) Buša u Srbiji

U Srbiji je najvažnija oblast odgajivanja buše Stara planina sa centrom u Dimitrovgradu, potom područje Peštera, Vlasnine, Kuršumlije i Kosova i Metohije. Okolina i uslovi u kojima se gaji buša u velikoj su meri uticali na njen izgled (Mitić i sar., 1987). Glavni odgajivački program u govedarstvu za autohtone rase (2019) opisuje bušu u Srbiji kao rasu sitne građe i u većini slučajeva grube konstitucije. Glava je mala, fine građe sa širokim čelom i naglašenim očnim orbitama, dok su rogovi kratki i venčasti. Vrat je uzan sa slabo izraženim đerdanom. Leđa su takođe uska, ravna i kratka, a sapi su krovaste i oborene. Grudni koš je dubok i prostran, ali uzak. Telo je malog formata sa slabo izraženim širinama i dubinama i sa podjednako razvijenim prednjim i zadnjim delom tela.

Trbuh je usukan. Odlikuje ih pregrađenost tela, odnosno krsta su često nešto više u odnosu na greben. To su niske životinje sa prosečnom visinom od 90 – 120 cm i telesnom masom od 150 do 300 kg. U sredinama gde se poklanja dodatna pažnja proizvodnji mleka vime može biti dobro izraženo i prostrano, ali se mnogo češće sreću krave koje imaju malo, kratko i plitko vime, ali sa pravilnim oblikom. Buša je specifična po srnećoj gubici i jeguljinoj liniji. Srneća gubica odnosi se na svetliju obojenost dlake oko tamno pigmentirane sluzokože, dok jeguljina linija predstavlja svetlu prugu duž leđa koja je pogotovo izražena kod tamnijih grla. Noge su čvrste sa snažnim mišićima i dobro razvijenim ligamentima. Papci su tvrdi i prostrani. Snažne noge i papci predstavljaju prednost ove rase i omogućavaju im dobro snalaženje na tvrdom i kamenitom području. Ono što je karakteristično za populaciju ovih goveda u Srbiji je velika varijabilnost kako između različitih sojeva, tako i unutar samih sojeva, što može biti posledica različitih uslova ishrane, nege i smeštaja. Jednobojsnost je jedna od glavnih rasnih karakteristika ovih goveda, tako da su prisutne sive, smeđe, crne, crvene i žute buše. U zavisnosti od doba godine i dela tela životinje razlikuje se i intenzitet obojenosti. To je najviše izraženo kod sivih i smeđih buša gde boja varira od svetlih do tamnih nijansi. Odstupanje od jednobojsnosti je tigrasta šara buše, međutim, takva grla se retko javljaju.

Na Kosovu i Metohiji buša je takođe prilagođena na loše uslove ishrane, nege i smeštaja i to je jedina autohtona rasa goveda u ovoj pokrajini. Predstavljala je osnovu za ukrštanje sa plemenitim rasama zbog čega je danas njena populacija ugrožena i može se naći samo u udaljenim brdsko-planinskim predelima. Odlikuje je kompaktna građa, dobra otpornost na bolesti, laka teljenja i dobra materinska svojstva. Usled nedostatka odgajivačkog programa i planskog gajenja ove rase njen potencijal nije u potpunosti ispoljen. Takođe, ne postoji planski rad na očuvanju ove rase i javnost nije upoznata sa značajem genetičkih resursa, tako da se malo toga radi na poboljšanju ove rase na Kosovu i Metohiji (Bytyqi i sar., 2011). Na Kosovu i Metohiji postoje dva soja buše i to šarplaninska buša i metohijska buša (Kugler, 2009). Metohijska buša je karakteristična za zapadne delove pokrajine, odnosno Metohiju, a važniji centri su oko gradova Đakovica, Dečani, Istok, Peć i Klina. U odnosu na šarplaninsku, soj metohijska buša ima veće okvire i bolju proizvodnju, što se smatra rezultatom nešto boljih klimatskih uslova, kao i uslova držanja i ishrane u tom delu pokrajine. Populacija je ugrožena i smatra se da broji manje od 1000 grla. Dlačni pokrivač je intenzivno crvene boje, dok se mogu pojaviti i grla sa tamno-crvenom bojom. Glava je mala i uska sa gubicom koja je često tamne boje sa crnim ili belim dlakama oko nje. Rogovi su lirasti. Težina odraslih životinja se kreće od 340 do 380 kg, a visina od 100 do 120 cm. Koristi se i za mleko (1200 – 1800 kg/laktacija) i za meso (600 – 700 g/dan za telad). Šarplaninska buša je karakteristična za istoimeno planinsko područje sa populacijom koja je ugrožena i broji manje od 1000 grla. Takođe je crvene boje, dok ponekad može biti žućkasta sa tamno-crvenim nijansama. Visina odraslih krava je oko 110 cm, dok je telesna masa oko 340 kg. Prosečna proizvodnja mleka se kreće od 1000 do 1400 kg. Telad na rođenju imaju 15 – 22 kg i ostvaruju prirast od oko 500 g/dan (Bytyqi i sar., 2011).

b) Buša u Hrvatskoj

Buša je u Hrvatskoj poznata kao otporna i dobro prilagođena rasa zbog čega je i najviše zastupljena u brdsko-planinskim predelima Like i Dalmacije (Ivanković i sar., 2014). Konjačić i sar. (2004) su izučavali bušu u Hrvatskoj i utvrdili da većina grla poseduje karakteristične odlike rase koje su opisivali i autori sa kraja XIX i prve polovine XX veka. Na osnovu svojih istraživanja autori dalje opisuju ispitivana grla rase buša kao životinje koje imaju pigmentiranu kožu i jednobojsni dlačni pokrivač sa zastupljenim bojama dlake od skoro bele, pa preko različitih varijacija crvene i smeđe do crne. Zabeležena su i dva grla sa tigrastom bojom. Glava je uska i duguljasta sa rogovima koji najpre izbijaju iz čeonih kostiju sa strane i potom se usmeravaju nagore sa vrhovima okrenutih jedan prema drugom, ali zabeležena su i grla sa nepravilnim oblikom rogova što je uglavnom posledica čestog vezivanja krava za bazu rogova. Baza rogova je bele ili žućkaste boje, ka sredini boja rogova postaje tamnija, dok su vrhovi crni. Srneća gubica je takođe često zastupljena kao i jeguljina linijna koja je u kontrastu sa osnovnom bojom, pa je izraženija kod tamnijih grla. Veoma

je zastupljen „iks“ stav zadnjih nogu i tamna pigmentacija stidnice i donje trećine testisa, dok vime nije pigmentirano, slabo je razvijeno i obraslo je gustim dlakama. Treba napomenuti da su autori sprovodili ova ispitivanja pre svega na grlima koja su „u tipu“ buše i da se na terenu još uvek sreću grla sa tragovima rasa koje su korišćene u oplemenjivanju (pincgavska, smeđa, oberintalska i simentalska rasa).

Telesne dimenzije kod buše u Hrvatskoj su sklone variranju pogotovo između lokaliteta, ali se može navesti da se visina grebena kod krava kreće od 100 – 115 cm sa telesnom masom od 180 – 250 kg, dok su bikovi naravno teži i imaju oko 300 kg (Simčić i sar., 2008). Precizne mere telesnih dimenzija buše u Hrvatskoj utvrdili su Konjačić i sar. (2004) i one iznose: 114,22 cm visina grebena; 135,90 cm dužina trupa; 36,13 cm širina grudi; 162,13 cm obim grudi; 47,60 cm dužina glave; 44,10 cm širina karlice; 45,63 cm dužina karlice.

c) Buša u Severnoj Makedoniji

U Severnoj Makedoniji buša se klasifikuje na dva načina (Bunevski i sar., 2016).

Po lokalitetu:

- povardarski soj;
- pološki soj;
- ograždenski soj;
- prespanski (ohridski) soj;
- mariovski soj.

Po boji dlačnog pokrivača:

- crni soj;
- braon soj;
- crveni soj;
- sivi soj;
- tigrasti soj.

Od svih pomenutih sojeva buše u Severnoj Makedoniji se još uvek može naći crni soj (okolina gradova Debar, Tetovo i Gostivar); crveni ili metohijski soj, siva buša (Povardarje i oblast Prespanskog i Ohridskog jezera) i ponekad se može naći i tigrasta buša. Buše su u ovoj zemlji sitne građe i malih telesnih dimenzija. Imaju kratak vrat, a glava je mala sa kratkim rogovima koji se pružaju nagore i napred sa svetlom obojenošću oko očiju i gubice. Odrasla grla imaju visinu grebena od 105 do 115 cm. Telesna masa odraslih bikova se kreće od 250 kg do 300 kg, dok je kod krava od 150 kg do 250 kg. Grla su snažne građe sa veoma skromnim potrebama u pogledu ishrane, nege i smeštaja. Kod nekih životinja krsta su nešto viša u odnosu na greben, ali ima grla i sa horizontalnom leđnom linijom (Adamov i sar., 2011; Bunevski i sar., 2016).

Tabela 1. Pojedine morfološke karakteristike različitih sojeva buše u regionima Strumica i Mariovo (Bunevski i sar., 2011)

Osobine	Sivi soj	Smeđi soj	Crni soj
Broj krava	11	15	4
Visina grebena (cm)	107 (104 – 111)	105 (99 – 113)	105 (103 – 108)
Visina leđa (cm)	107 (103 – 111)	105 (101 – 114)	105 (103 – 109)
Visina krsta (cm)	109 (103 – 114)	108 (102 – 117)	107 (104 – 115)
Dužina glave (cm)	38 (33 – 42)	37 (31 – 40)	37 (35 – 41)
Dužina rogova (cm)	16 (14 – 21)	16 (12 – 19)	15 (14 – 18)
Telesna masa na rođenju (kg)	15 (12 – 18)	14 (11 – 17)	15 (12 – 17)

d) Buša u Bosni i Hercegovini

U Bosni i Hercegovini postoje dva osnovna područja za gajenje buše. To su Centar za zaštitu i očuvanje domaćih rasa u blizini Širokog Brijega – zapadna Hercegovina i individualna gazdinstva u opštini Berkovići – istočna Hercegovina, gde su i bolji uslovi za gajenje ove rase (Rogić i sar., 2019). Buša je i u Bosni i Hercegovini sitnije građe u odnosu na plemenite rase Evrope. Odlikuje se slabo ispoljenim produktivnim karakteristikama, dobrom otpornošću na bolesti i dobrom prilagođenošću na loše uslove ishrane, nege i smeštaja. Gaji se zbog proizvodnje mesa i mleka. Grla su jednobojna dok su tigraste buše retke. Najviše su zastupljene žuto-smeđe, krem-bele, tamno-sive i crvene. Duž glave, vrata i tela imaju jeguljinu liniju, koja je u kontrastu sa osnovnom bojom. Crne buše su izuzetno retke i one su zapravo više tamno-smeđe sa svetlijom obojenošću oko gubice i duž leđne linije. Kratki rogovi su tamno-sivi, kao i papci, dok je vime ponekad smeđe-crveno. Prosečna visina grebena kod krava je 104 cm, a kod bikova 115 cm, dok je prosečna telesna masa krava od 230 – 270 kg, a bikova od 340 – 430 kg (Šakić i sar., 2018).

Kada se govori o kratkorogim govedima u Bosni i Hercegovini pored buše nemoguće je ne spomenuti gatačko goveče, koje za razliku od buše nije kritično urgoženo. Gatačka buša nastala je pre više od 100 godina ukrštanjem buše i sivog tirolskog govečeta radi unapređenja proizvodnih karakteristika. Današnja istraživanja su dokazala značajnu genetičku udaljenost gatačke buše u odnosu na rase od kojih je nastala i takođe je utvrđeno postojanje izražene genetičke varijabilnosti u populacijama buše i gatačkog govečeta u Bosni i Hercegovini (Rogić i sar., 2019).

e) Buša u Albaniji

U Albaniji populacija buše se može podeliti na četiri soja koja su karakteristična za različite lokacije u ovoj zemlji. Specifičnost za albanske sojeve buše jeste da su nešto sitnije građe u odnosu na populacije ove rase u drugim državama, pa se pojedini sojevi nazivaju i patuljastim bušama.

Ilirsko patuljasto goveče ili Prespanska buša gaji se u okolini Prespanskog jezera. Glava je izdužena i uska sa kratkim rogovima usmerenim unapred ili nagore, pa ka sredini glave. Rogovi su uglavnom sivi ili beli sa crnim vrhovima. Sluzokoža je tamno pigmentirana dok obojenost dlačnog pokrivača varira od sive do braon i crvene, pa čak i tamne skoro crne boje. Visina grebena muških grla je 120 – 125 cm, a ženskih grla 95 – 105 cm. Telesne mase za bikove se kreću od 230 do 250 kg, a za krave od 120 do 150 kg. Proizvodnja mleka se kreće do 1100 kg. Populacija ovog soja se procenjuje na 600-680 grla (Kume, 2013).

Lekbibajska buša gaji se na širem području oko sela Lekbibaj. Ova grla su sitne, ali snažne građe sa dobro razvijenim vimenom i očnim orbitama. Grla su crvenkasto-braon ili sivkasto-braon boje sa crnom sluzokožom. Rogovi su tanki i kratki, usmereni nagore i unazad. Visina grebena muških grla je 125 – 135 cm, a ženskih grla 90 – 100 cm. Telesne mase za bikove se kreću od 200 do 250 kg, a za krave od 105 do 115 kg. Proizvodnja mleka se kreće do 1200 kg. Populacija ovog soja se procenjuje na 650-700 grla (Kume, 2013).

Skadarska crvena buša je najugroženija sa oko 45 grla. Takođe je sitne i snažne građe, dok je dlačni pokrivač crvenkaste boje. Rogovi su tanki i kratki sa crnim vrhovima, usmereni su unapred, pa ka sredini. Visina grebena muških grla je 125 – 130 cm, a ženskih grla 100 – 115 cm. Telesne mase za bikove se kreću od 230 do 260 kg, a za krave od 110 do 135 kg. Proizvodnja mleka se kreće do 1400 kg (Kume, 2013).

Četvrti soj buše u Albaniji je ilirsko patuljasto goveče koje se gaji na području od mesta Sinanaj do mesta Tepelene (jugo-zapad Albanije). Grla su sitne građe, imaju usku karlicu i nerazvijeno vime. Boja dlačnog pokrivača je žuto braon. Kratki rogovi usmereni su unapred ili nagore i ka sredini glave. Visina grebena muških grla je 110 – 125 cm, a ženskih grla 90 – 100 cm. Telesne mase za bikove se kreću od 150 do 250 kg, a za krave od 140 do 160 kg. Proizvodnja mleka se kreće do 1200 kg. Populacija ovog soja se procenjuje na 230-250 grla (Kume, 2013).

f) Buša u Crnoj Gori

Buša se gaji i u Crnoj Gori, gde je takođe ugrožena, a najznačajnija područja gde se gaji buša su priobalje Skadarskog jezera i šire područje Ulcinja oko reke Bojane, dok se manji broj ovih grla nalazi i u opštinama Cetinje, Gusinje, Plav, Nikšić i Žabljak (Portal Seljak.me, 2020). Buša je jedina autohtona rasa goveda u Crnoj Gori i odlikuje se telom malog formata, jednobojnim dlačnim pokrivačem, dugim proizvodnim životom (10 – 15 laktacija) i relativno dobrom proizvodnjom mleka u odnosu na veličinu tela. Jednobojnost jeste jedna od osnovnih karakteristika ove rase, ali se javljaju grla različitih boja, pa se tako u Crnoj Gori mogu naći crne, crvene, braon i bele buše i malih su telesnih dimenzija. Prosečna telesna masa životinja je 290 kg, sa varijacijama od 190 kg do 350 kg. Prosečna visina grebena je 113 cm (100 cm – 122 cm), dok je prosečna visina krsta 118 cm (111 cm – 123 cm). Dužina tela je prosečne vrednosti 126 cm sa variranjima od 107 cm do 142 cm i obim grudi je prosečno 157 cm (135 cm – 175 cm). Velika variranja se objašnjavaju različitim uslovima odgajivanja (Marković i sar., 2016).

g) Buša u Bugarskoj

Kratkorogo rodopsko goveče je jedno od dve autohtone rase u Bugarskoj i gaji se u istočnim predelima Rodopskih planina. Karakteriše ih jednobojnost, pa grla mogu biti smeđa, crna, siva i "plava" sa svetlijim i tamnijim nijansama osnovnih boja. Grla su čvrste građe i malih dimenzija sa prosečnim visinama grebena krava od 104,2 – 106 cm, dok su prosečne visine krsta između 95,8 i 97,5 cm (Malinova i sar., 2019). Krave se uglavnom ne muzuju, već se mleko koristi u ishrani teladi tako da se ova rasa koristi za proizvodnju mesa u brdsko-planinskim područjima. Grla se gaje u ekstenzivnim sistemima proizvodnje gde krave provedu veći deo godine na ispaši (Nikolov i sar., 2022).

h) Brahicero goveče u Grčkoj

Grčko brahicero goveče (Vrachiceratiki) vodi poreklo od ilirskog govečeta, pa je zbog toga veoma slično buši. Gaji se u brdsko-planinskim predelima Epira, Tesalije, Etolija-akarnanije, ostrva Kefalonije i grčke Makedonije (Nikolaou i sar., 2023). Sitne je građe, male glave i dugačkog vrata. Rogovi su tanki sa unapred usmerenim vrhovima. Telo je kratko sa slabo izraženim širinama. Grla su jednobojna i mogu biti crna, smeđa i siva sa prisustvom svetlijih i tamnijih nijansi osnovnih boja. Crna gubica može biti oivičena svetlim dlakama (srneća gubica), dok su rogovi i papci crni. I ova rasa je bila popularna sve do polovine dvadesetog veka kada počinje njeno potiskivanje plemenitim rasama. Nekada rasa trojnog smera proizvodnje, danas se gaji pre svega radi proizvodnje mesa u brdsko-planinskim oblastima (Papachristou i sar., 2020).

2.3. Buša – istorijski aspekt

Buša je sve do polovine 20. veka bila najzastupljenija rasa na prostoru Balkanskog poluostrva, ali od tada kreće ubrzani industrijski razvoj praćen i uvozom plemenitih rasa koje će potisnuti bušu. Kako navode Konjačić i sar. (2004), prvi naučni rad u kojem se opisuje buša objavio je Adametz (1895), a po njemu tadašnje populacije su se delile na tri soja (plavi, smeđi i crni) sa karakterističnim osobinama za sve sojeve kao što su otpornost, izdržljivost, mali okviri, skromnost u ishrani, specifična građa glave, jednobojnost i slaba razvijenost pigmentiranog vimena. Konjačić i sar. (2004) navode opis buše iz prve polovine 20. veka (Ogrizek, 1941) gde se ova rasa predstavlja kao sitna i čvrste građe, nogu i papaka i da je vrlo dobro prilagođena na skromne uslove ishrane, nege i smeštaja. Takođe, autor navodi postojanje više sojeva na Balkanu (lički, dalmatinski, bosanski, hercegovački, crnogorski, makedonski i srpski) koji se međusobno pre svega razlikuju po

boji i eksterijernim karakteristikama (Konjačić i sar., 2004). Tabele 2. i 3. prikazuju eksterijerne mere buše od različitih autora s kraja 19. veka i u prvoj polovini 20. veka.

Adametz (1895) navodi da nema značajnih razlika između sojeva buše, osim u boji dlake, ali je svejedno prikazao morfometrijske osobine ove rase u odnosu na pripadnost soju. On je to uradio zbog toga što su sojevi tada bili geografski razdvojeni u Bosni i Hercegovini. Crna i smeđa goveda su se gajila u istim brdsko-planinskim područjima, s tim što su se crna gajila u izolovanim populacijama i uglavnom u višim planinskim predelima. S druge strane, svetla grla su se gajila u nižim predelima i u dolinama reka.

Tabela 2. Telesne mere krava rase buša prema različitim autorima (citirali Konjačić i sar., 2004).

Telesna mera	Frangeš (1903)	Finci (1932)	Rako (1943)
Visina grebena (cm)	114,0	104,0	102,8
Visina krsta (cm)	113,3	107,1	105,1
Dužina trupa (cm)	130,4	117,9	121,5
Širina grudi (cm)		30,1	28,1
Dubina grudi (cm)	58,7	56,0	53,1
Širina karlice (cm)	38,8	32,2	35,2
Dužina karlice (cm)		37,6	39,8
Obim grudi (cm)	153,0	147,2	138,7
Obim cevenice (cm)		13,5	13,3
Dužina glave (cm)	42,1	39,9	42,8
Širina glave (cm)	20,3	18,4	18,2
Dužina rogova (cm)	23,5	23,6	19,9

Tabela 3. Telesne mere krava rase buša različitih sojeva (Adametz, 1895).

Telesna mera	Svetla buša	Braon buša	Crna buša
Visina grebena (cm)	105,1	108	103,4
Visina krsta (cm)	109,2	110,3	105,3
Dužina trupa (cm)	120	128,5	120,6
Širina grudi (cm)	28	30,2	28,3
Dubina grudi (cm)	60	61	58
Širina karlice (cm)	39,6	43,7	37,5
Obim grudi (cm)	148	155,3	140,7
Obim cevenice (cm)	14,9	15,8	13,9
Dužina glave (cm)	43,6	46,5	42,9
Širina glave (cm)	18,7	19,6	17,9
Dužina rogova (cm)	22,2	20,5	18

Pored morfometrijskih mera krava, Adametz (1895) je ispitivao ove pokazatelje i kod bikova. Pomenuti autor utvrdio je prosečne vrednosti sledećih osobina kod bikova: visina grebena (104,5 – 112 cm), visina krsta (108,3 – 116 cm), dužina trupa (123 – 130,4 cm), širina grudi (27,4 – 30,3 cm), širina karlice (38,3 – 42,1 cm), obim grudi (144 – 159,5 cm) i obim cevanice (16,3 – 17 cm).

Milutinović (1977) je sproveo ispitivanje na melezima domaće buše i simentalских bikova u pogledu proizvodnje mleka i mesa na teritoriji Kosova i Metohije. Radi poređenja sa vrednostima dobijenih meleza, autor je naveo sledeće eksterijerne mere za kosovsku bušu: prosečna visina grebena je 107,15 cm, dok su za visinu krsta vrednosti nešto veće (107,67 cm), prosečna širina grudi, merena sa prednje strane, iznosila je 31,98 cm. Za preostale eksterijerne mere autor navodi sledeće vrednosti: obim grudi – 150,84 cm, dužina trupa – 130,56 cm, dubina grudi – 53,88 cm, širina karlice – 38,17 cm i obim cevanice 15,20 cm. Poređenjem sa današnjim rezultatima možemo doći do zaključka kako se menjala ova rasa unazad 100 i više godina.

2.4. Morfometrijske osobine buše u poređenju sa inostranim rasama

Kao što je već napomenuto, buša je sitna autohtona rasa koja je savršeno prilagođena ekstenzivnom načinu odgoja. Poređenjem s inostranim rasama, kao što su simentalac i holštajn-frizijska rasa, možemo utvrditi koliko buša, na osnovu telesne građe, odstupa od drugih rasa. Vrednosti 12 telesnih parametara (visina grebena, visina krsta, dubina grudi, širina grudi, obim grudi, dužina karlice, širina karlice, širina karlice na sednjačnim kvrgama, dužina tela, dužina glave, širina glave, obim cevanice) različitih rasa goveda su predstavljene u tabeli 4. Ivanković i sar. (2014) navode da visina grebena kod buše može biti od 90 do 112 cm, dok Marković i sar. (2016) ukazuju na vrednosti i do 122 cm. Prosečne vrednosti za ovu meru kod buše su oko 110 cm (Bunevski i sar., 2011; Novaković i sar., 2021), što je za 20 do 30 cm manje u odnosu na inostrane rase. Dubina i širina grudi je povezana s proizvodnim tipom i ranostasnošću rase. Konjačić i sar. (2004) navode prosečne vrednosti za dubinu grudi kod hrvatske buše od 60,89 cm, što je za oko 13 do 16 cm manje u odnosu na simentalsku i holštajn-frizijsku rasu. Prosečne vrednosti obima grudi kod buše su oko 160 cm (Konjačić i sar., 2004; Rexhaj i sar., 2016), što je znatno manje u odnosu na simentalsku i holštajn-frizijsku rasu (tabela 4).

Tabela 4. Parametri telesne razvijenosti pojedinih rasa goveda

Telesne mere	Prosek	Rasa	Referenca
Visina grebena (cm)	134,3	Simentalac	Bene i sar., 2007
	130,3	Hereford	Bene i sar., 2007
	131,6	Aberdin Angus	Bene i sar., 2007
	141,1	Holštajn-frizijska	Cerqueira i sar., 2013
Visina krsta (cm)	138,3	Simentalac	Bene i sar., 2007
	132	Hereford	Bene i sar., 2007
	133,8	Aberdin Angus	Bene i sar., 2007
	136,04	Simentalac	Pantelić i sar., 2009
	144,2	Holštajn-frizijska	Cerqueira i sar., 2013
	140,45	Simentalac	Kebede i Komlosi, 2015
Dubina grudi (cm)	73,61	Simentalac	Pantelić i sar., 2009
	76,3	Holštajn-frizijska	Cerqueira i sar., 2013
Širina grudi (cm)	40,1	Holštajn-frizijska	Slimene i sar., 2020
Obim grudi (cm)	201,12	Simentalac	Pantelić i sar., 2009
	206,8	Holštajn-frizijska	Cerqueira i sar., 2013
Dužina karlice (cm)	54,3	Holštajn-frizijska	Cerqueira i sar., 2013
	53,19	Simentalac	Kebede i Komlosi, 2015
	51,44	Simentalac	Nikšić i sar., 2017
Širina karlice (cm)	54,85	Simentalac	Kebede i Komlosi, 2015
	50,45	Simentalac	Nikšić i sar., 2017
Širina karlice (sed. kvрге) (cm)	25,4	Holštajn-frizijska	Cerqueira i sar., 2013
Dužina tela (cm)	138,2	Aberdin Angus	Bene i sar., 2007
	170,8	Holštajn-frizijska	Cerqueira i sar., 2013
Dužina glave (cm)	51,9	Holštajn-frizijska	Cerqueira i sar., 2013
Širina glave (cm)	21,3	Holštajn-frizijska	Cerqueira i sar., 2013
Obim cevanice (cm)	19,3	Holštajn-frizijska	Cerqueira i sar., 2013

Rexhaj i sar. (2016) navode vrednosti za širinu karlice kod buše od 39,62 cm, dok Konjačić i sar. (2004) izveštavaju o vrednostima od 44,10 cm. Poređenjem sa simentalskom rasom, te vrednosti su za 10 do 15 cm manje. Kod svih rasa poželjne su veće širine karlica krava, jer je to

povezano s lakoćom teljenja. Marković i sar. (2016) navode prosečnu dužinu tela buše od 126 cm, dok kod holštajna ova vrednost može biti i 40 cm duža. Yakubu i sar. (2021) su ispitivali uticaj faktora na morfometrijske osobine lokalnih rasa goveda u Nigeriji. Pomenuti autori navode da su rasa, pol i uzrast životinja značajno uticali na skoro sve telesne mere.

Utvrđivanje parametara telesne razvijenosti značajno je iz više razloga. Pre svega, na ovaj način dobijamo informacije o fenotipu životinje, što je ključno za sprovođenje selekcijskog rada, kao i za praćenje rasta i razvoja grla. Takođe, standard rase je nemoguće utvrditi bez prethodnog poznavanja prosečnih vrednosti najznačajnijih telesnih parametara. Pored apsolutnih pokazatelja telesne razvijenosti, postoje i relativni pokazatelji koji se uglavnom predstavljaju u procentima i nazivaju se indeksima telesne razvijenosti. Na osnovu njih se dobijaju dodatni podaci o telesnoj razvijenosti životinja i izračunavaju se na osnovu izmerenih telesnih mera. Indeksi telesne razvijenosti predstavljeni su u tabeli 5. Na osnovu dostupnih podataka iz literature, može se ustanoviti da indeksi telesne razvijenosti nisu često izračunavani kod buše, pa će se rezultati iz ovog rada porediti s indeksima utvrđenim kod drugih rasa.

Tabela 5. Indeksi telesne razvijenosti pojedinih rasa goveda

Pokazatelji	Prosek	Rasa	Referenca
Indeks formata (%)	114	Saseks	Bila i sar., 2023
	109	Lokalne rase	Baye i sar., 2022
Indeks dubine grudi (%)	49	Lokalne rase	Baye i sar., 2022
Indeks zbijenosti trupa (%)	137,21	Bali goveče	Tiya Warman i sar., 2023
Indeks masivnosti (%)	141	Saseks	Bila i sar., 2023
Indeks pregrađenosti (%)	102,98	Simentalac	Bene i sar., 2007
	101,30	Hereford	Bene i sar., 2007
	101,67	Aberdin Angus	Bene i sar., 2007
	102,36	Simentalac	Czubska-Staczek i sar., 2017
	102,18	Lokalne rase	Baye i sar., 2022
Karlično-grudni indeks (%)	61,87	Simentalac	Czubska-Staczek i sar., 2017
Indeks širine čela (%)	44,6	Lidija	Lomillos i Alonso, 2020
	50,32	Lokalne rase	Gelaye i sar., 2022
Indeks koščatosti (%)	13,9	Lidija	Lomillos i Alonso, 2020

2.5. Reproduktivna svojstva buše

Buša je kasnostasna rasa, a polna zrelost dosta zavisi od odgajivačkih uslova. Najranije se polna zrelost može javiti u dobrim uslovima u uzrastu od 13 do 15 meseci, dok se prvi pripust najčešće obavlja u uzrastu od 20 do 28 meseci (Mitić i sar., 1987; Adamov i sar., 2011). Organizacija prvog pripusta, kao i svakog narednog, pod uticajem je i sistema proizvodnje.

Citirajući rezultate više autora, može se zaključiti da krave rase buša pun porast završavaju sa 3-7 godina, što sve zavisi od uslova ishrane, smeštaja i nege (Mitić i sar., 1987; Adamov i sar., 2011; Bunevski i sar., 2011; Šakić i sar., 2018). Plodnost buše je odlična, i najveći broj plotkinja ima interval između teljenja od oko godinu dana. Teljenja su uglavnom sezonskog karaktera (kraj zime, početak proleća). Na taj način se koristi početak bujanja vegetacije radi što bolje proizvodnje mleka za odgoj teladi. Teljenja su laka i bez pomoći odgajivača, a masa teladi na rođenju je od 15 kg do 22 kg (Šakić i sar., 2018). Prosečno trajanje servis perioda je uglavnom od 4 do 6 nedelja (Bunevski i sar., 2011), ali moguća su i veća odstupanja kao posledica organizovanja teljenja u određenim periodima godine. Buša je bila i do danas ostala dugovečna rasa. Krave se u proizvodnji zadržavaju od 12-15 godina, a često dostignu i 20 godina starosti (Šakić i sar., 2018). Buša je superiornija od plemenitih rasa zbog otpornosti i skromnosti u pogledu zahteva ishrane i smeštaja, tako da i u ekstenzivnim uslovima može proizvoditi. Pojedini autori su se bavili ispitivanjem

reproduktivnih osobina plemenitih rasa goveda (Van der Westhuizen i sar., 2001; Novaković i sar., 2011; Dhakal i sar., 2013; Brzakova i sar., 2020; Almeida i sar., 2021; Twomey i Cromie, 2023; Nan i sar., 2023). Značajnost rezultata ovih autora je u mogućnosti poređenja sa rezultatima dobijenim u ovom istraživanju.

2.6. Ugroženost buše

U svim zemljama u kojima se gaji, buša ima status ugrožene rase koja je pod nekim programom očuvanja, ali nije oduvek bilo tako. Populacija buše počinje da se smanjuje sredinom dvadesetog veka i ako je do tada vekovima bila dominantna na Balkanu. Ono što je karakteristično za posleratni period jeste uništena privreda i veliki broj nastradalih ljudi odnosno sveopšta kriza. Sve je to stvorilo pritisak na stočarstvo koje je moralo da proizvede više mesa, mleka i drugih proizvoda i da pređe na intenzivniju proizvodnju. Buša naravno nije mogla da se u kratkom roku poboljša selekcijom u čistoj rasi, zbog čega je primenjeno meliorativno i pretapajuće ukrštanje. Na taj način je započelo potiskivanje buše. Kako navode Mitić i sar. (1987) citirajući druge autore, buša je u brdsko-planinskim predelima ukrštana sa lakšim plemenitim rasama bolje proizvodnje kao što su viptalska, oberintalska i montafonska rasa, a u nižim predelima koji su se odlikovali intenzivnijom proizvodnjom buše su ukrštane sa simentalcem. Bilo je i pre ovog perioda ukrštanja buše sa drugim rasama, ali je to više bilo sporadično i neplanski. Nivo ugroženosti neke rase se utvrđuje na osnovu veličine efektivne populacije (N_e) i ukupnog broja reproduktivno sposobnih grla, a sve u skladu sa Pravilnikom o Listi genetskih rezervi domaćih životinja, načinu očuvanja genetskih rezervi domaćih životinja, kao i o Listi autohtonih rasa domaćih životinja i ugroženih autohtonih rasa. Na osnovu svega napred navedenog buša se ubraja u III grupu – potencijalno ugroženih autohtonih rasa. Efektivna veličina populacije (N_e) se od 1999. godine povećavala i u 2017. godini iznosila je 78,11 (GOO, 2019).

Na osnovu podataka iz centralne baze Uprave za veterinu u Srbiji je u 2024. godini bilo oko 3087 grla rase buša svih kategorija, ali treba napomenuti da taj broj varira iz dana u dan. Na osnovu podataka glavne odgajivačke organizacije u Beogradu, u 2023. godini u centralnoj Srbiji je bilo 1233 krave i oko 300 junica na smotri. Broj bikova starijih od dve godine na smotri u istoj godini iznosio je 144, od kojih je 29 bikova upisano u matičnu evidenciju. U Vojvodini je smotrom u 2023. godini obuhvaćeno 218 grla svih kategorija.

Tokom poslednjih osam godina beleži se pozitivan trend u populaciji buše u Srbiji odnosno populacija je ili stabilna ili beleži porast, tako da je za 2023. godinu FAO procenio populaciju buše kao stabilnu i sa brojem grla od 2000 do 3000 (tabela 6). Pozitivan trend u populaciji buše u Srbiji beleže i Stojanović i sar. (2021), pa navode da u 2020. godini ima 2105 priplodnih grla pod kontrolom. Slična situacija je i u Hrvatskoj. U toj zemlji se iz godine u godinu povećavala populacija buše, pa je ona za 2022. godinu, procenjena na između 3500 i 4000 grla. Broj priplodnih grla rase buša, koja su pod kontrolom u Hrvatskoj u 2019. godini bio je 1822 (Prvanović Babić i sar., 2021). U Crnoj Gori buša je kritično ugrožena, jer njena brojnost sa godinama opada i procenjuje se da ima do 300 grla (Marković i sar., 2017).

Tabela 6. Procenjena veličina populacije goveda rase buša u periodu od 2016 – 2023 (Domestic Animal Diversity Information System (DAD-IS) – The Food and Agriculture Organization)

Država	Populacija	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Srbija	Min/Max	1000/1500	1000/1500	1000/1500	1000/2000	1000/3000	1000/3000	1000/2000	2000/3000
	muška/ ženska	20/896	20/827	25/1083	25/1077	35/1701	25/1613	26/1605	31/1796
Hrvatska	Min/Max	1500 / 1600	1700 / 1800	2000 / 2200	2200 / 2400	2500 / 2800	2900 / 3200	3500 / 4000	
	muška / ženska	65 / 852	84 / 1060	114 / 1309	151 / 1671	186 / 2125	222 / 2670	254 / 3251	
Crna Gora	Min / Max	170 / 300	150 / 300	130 / 300	100 / 250	130 / 270	170 / 300		120 / 300
	muška / ženska	20 / 140	18 / 130	15 / 110	12 / 110	15 / 140	20 / 180		15 / 120

Muška/ženska grla – broj priplodnih grla po polovima koje se nalaze pod određenom kontrolom.

Populacija buše u Bosni i Hercegovini je kritično ugrožena i 2013. godine procenjeno je da ima oko 150 grla (Rogić i sar., 2013), ali prema novijim podacima Ministarstva poljoprivrede u Republici Srpskoj ima 450 grla rase buša od čega su 300 krava (Novaković i sar., 2021). Gatačko goveče, nastalo ukrštanjem buše sa bikovima sive tirolske rase, u većoj meri je potisnulo bušu i danas broji 8500 grla i najzastupljenija je rasa u istočnoj Hercegovini (Urošević i sar., 2021). U Severnoj Makedoniji buša je kao jedina autohtona rasa zastupljena sa oko 12000 grla, ali usled neplanskog ukrštanja buše sa plemenitim rasama koje je trajalo nekoliko decenija, danas se populacija buše u čistoj rasi svela na 1000 do 2000 grla (Bunevski i sar., 2016). Buša u Albaniji je takođe ugrožena i malo se zna o veličini same populacije. Kume (2013) navodi da se populacija ove rase u Albaniji procenjuje u intervalu od 1525 – 1675 grla. Na osnovu podataka za 2021. godinu populacija grčkog brahicerog govečeta procenjuje na oko 13295 grla (Domestic Animal Diversity Information System (DAD-IS) – The Food and Agriculture Organization).

2.7. Konzervacija buše

Konzervacija i održivo korišćenje buše kao animalnog genetičkog resursa od velike je važnosti za održivi razvoj stočarske proizvodnje, bezbednost hrane, adaptaciju na klimatske promene, kao i za socio-ekonomski razvoj ruralnih područja. Dakle, animalni genetički resursi su zbog svog naučnog, ekonomskog, sociološkog i kulturnog značaja vredno nasleđe svake države ili regiona. Oni predstavljaju važan deo biodiverziteta u poljoprivredi. Njihova raznovrsnost predstavlja genetički potencijal koji može biti iskorišćen u cilju unapređenja određenih svojstava drugih rasa.

Buša je kao i druge autohtone rase goveda (kolubarsko goveče, podolac) bila značajna sve do polovine dvadesetog veka, kada se zbog svoje skromne produktivnosti sve više zamenjuje rasama namenjenim za intenzivnu proizvodnju. Krajem devedesetih godina prošlog veka, buša je bila na granici opstanka, tj. dovedena u status kritične populacije u smislu opstanka.

Rad na očuvanju buše kao genetičkog resursa počeo je još 1993. godine. Aktivnosti na zaštiti buše intenzivnije se sprovode od 2000. godine i odnose se na povećanje veličine aktivne populacije, a od 2009. ustanovljena je i matična knjiga za teritoriju centralne Srbije i do sada je upisano oko 1500 grla. Pravilnik o Listi genetskih rezervi domaćih životinja, načinu očuvanja genetskih rezervi domaćih životinja, kao i o Listi autohtonih rasa domaćih životinja i ugroženih autohtonih rasa predviđa korišćenje dve metode (*in situ* i *ex situ*) za očuvanje ugroženih rasa Srbije. Po Pravilniku *in situ* konzervacija podrazumeva gajenje životinja u tradicionalnim proizvodnim sistemima gde su nastale ili gde se sada nalaze i uzgajaju, dok *ex situ* konzervacija podrazumeva očuvanje rasa izvan proizvodnih sistema gde su nastale. Dalje, *ex situ* konzervacija može da bude *in vivo* i *in vitro*. *In vivo* konzervacija se odnosi na držanje životinja u specifičnim ustanovama kao što su zoo-vrtovi ili istraživački centri. *In vitro* konzervacija podrazumeva čuvanje biološkog materijala

van tela životinja i to se odnosi pre svega na kriokonzervaciju semena, jajnih ćelija, embriona, somatskih ćelija i DNK.

Zapati buše su, osim u brdskim i planinskim područjima Srbije gde se se tradicionalno gajila, formirani i u ravničarskim područjima. O tome govore i podaci o broju grla buše i razmeštaju gazdinstava koji gaje bušu po pojedinim okruzima Srbije. Najvažnija oblast odgajivanja buše danas je Stara planina sa centrom u Dimitrovgradu. Sa očuvanjem buše na Staroj planini počelo se 2005. godine kada je na teritoriji opštine Dimitrovgrad bilo svega dve buše. Planskim radom koji je podrazumevao odabir i nabavku tipičnih predstavnika ove rase iz drugih područja došlo je do formiranja zapata buše na Staroj planini koja je i postala svojevrsan centar za odgajivanje ove rase u Srbiji, a broj krava se u okolini Dimitrovgrada od dve uvećao na oko 800 grla svih kategorija. Druge značajne oblasti odgajivanja buše u centralnoj Srbiji su područje Peštera (opštine Sjenica, Tutin, Novi Pazar), područje Vlasine (Crna Trava), Kuršumlija, kao i Kosovo i Metohija. Kao oblik *in situ* konzervacije, formirani su zapati i na teritoriji Vojvodine (opštine Kovin i Vršac). Primena *ex situ* konzervacije još uvek je u začecima i trenutno nije značajna za očuvanje ove rase, ali svakako da postoji perspektiva da se tako nešto organizuje i u našoj zemlji.

2.8. Proizvodne osobine buše

Buša je rasa trojnog smera proizvodnje (rad, mleko, meso) mada je to više istorijska klasifikacija, jer se danas ova rasa najviše koristi za proizvodnju mesa. To je niskoproduktivna rasa koja malo daje, ali još manje traži. Glavne odlike ove rase su dugovečnost, otpornost na bolesti i dobra proizvodnja u ekstenzivnim uslovima. Krave se u proizvodnji zadržavaju od 12-15 godina, a često dostignu i 20 godina starosti. Dobrog su zdravlja i otporne su na bolesti i rađaju telad koja su takođe zdrava i vitalna. Gaje se u ekstenzivnim uslovima brdsko planinskih područja koja se često odlikuju pašnjacima lošijeg kvaliteta i kamenitim predelima. Međutim, buša dobro iskorišćava te pašnjake i lako savladava takav teren. U suštini nijedna druga rasa goveda u Srbiji ne može da opstane u takvim uslovima, a još manje i da proizvodi, pa je zbog toga buša od izuzetne važnosti za oživljavanje sela u brdsko-planinskim područjima.

Buša je kao radna životinja počela da gubi na značaju polovinom dvadesetog veka, kada počinje da je zamenjuje mehanizacija koja je ubrzano počela da se razvija. Takođe, depopulacija sela u brdsko-planinskom području smanjivala je i potrebu za radnim životinjama. Može se reći da buša danas živi mnogo lakši život, jer nema više potrebe za radom, a akcenat se stavlja na očuvanju ove rase kao genetičkog resursa.

Buša se gaji pretežno ekstenzivno (na pašnjacima), a korišćenje buše u cilju proizvodnje mleka je veoma malo zastupljeno iz razloga slabe mlečnosti (dnevne i laktacijske), kao i zbog otežanog organizovanja i izvođenja muže. Mlečnost pojedinih sojeva buše bila je vrlo skromna i iznosila od 900 do 1340 litara, kako navode Belić i Ognjanović (1961), citirajući rezultate drugih autora, a koji su utvrđeni sredinom 20. veka. U novije vreme, proizvodne osobine buše na području Balkana bile su predmet istraživanja više istraživača. Neki od rezultata za mlečnost buše u Makedoniji su 700 – 1500 kg (Bunevski i sar., 2011; Dzabirski i sar., 2021), u Hrvatskoj 800 l za laktaciju od 8 meseci (Simčić i sar., 2008), u BiH prosečna mlečnost se kreće od 800 do 1200 l sa 4 % mlečne masti (Zečević i sar., 2021), u Albaniji je od 300 – 400 kg za 4-5 meseci laktacije i na Kosovu i Metohiji prosečna mlečnost je od 1500 – 1800 kg za 7-9 meseci laktacije (Rexhaj i sar., 2016). Iz navedenih rezultata se može zaključiti da buša u poslednjih više od pola veka ima mlečnost na približno istom nivou, odnosno da poboljšanja mlečnosti nije bilo.

Organizovanje muže u ekstenzivnim sistemima proizvodnje je složen postupak, pogotovo ako se uzme u obzir i temperament grla. Zbog toga se muža organizuje kod manjeg broja grla koja se odlikuju boljom mlečnošću i mirnijim temperamentom. Proizvodnja mleka je pre svega važna za odgoj teladi, pa je eksploatacija buše više usmerena na proizvodnju mesa. U tom smislu, značajno je ispitivanje osobina prinosa i kvaliteta mesa posebno u kontekstu mogućeg doprinosa jačanju

ruralnog razvoja ovih područja u privredno-turističkom smislu. Kod buše bi svakako trebalo unaprediti osobine proizvodnje i kvaliteta mesa, a da se pri tome ne naruše tipične rasne karakteristike.

Studije koje se bave ispitivanjem proizvodnih karakteristika buše su poslednjih godina prava retkost. Nedostatak novijih istraživanja se pogotovo odnosi na osobine kvaliteta mesa ove rase. Iz tog razloga u ovom delu biće naveden određen broj radova iz prošlog veka, tačnije iz perioda posle Drugog svetskog rata. U ovom periodu buša je još uvek bila značajno zastupljena, dok se broj meleza buše sa stranim rasama iz godine u godinu povećavao. Glavni cilj istraživanja tih radova je bio da se uporednom analizom kvaliteta mesa buše i meleza buše sa stranim rasama ispita mogućnost korišćenja buše kao osnove za dalje unapređenje govedarske proizvodnje.

Ognjanović i sar. (1969) su ispitivali efakt ukrštanja buše sa simentalskom i hereford rasom i tu su pre svega poredili ispitivana svojstva kod buše i dobijenih meleza sa pomenutim rasama. Autori navode da postoje velike razlike u masama polutki, kao i u pojedinim delovima trupa. Masa trorebranih isečaka kod buše je iznosila 2,38 kg što je manje od ispitivanih meleza za 43-76%. Za sadržaj vode (73,35%), sadržaj masti (3,63%) i sadržaj proteina (19,95%) u mesu buše nije utvrđena značajna razlika u odnosu na meleze. Autori takođe navode i da meso meleza ima povoljnija organoleptička svojstva u odnosu na meso buše.

Kitanovski i sar. (2015) su ispitivali organoleptička svojstva na živom i kuvanom mesu kod tri rase goveda: simentalska i frizijska rasa i buša. Vrednosti ispitivanih svojstva uzoraka su utvrđene dodeljivanjem ocena od 1 do 9. Autori zaključuju da postoji uticaj rase na organoleptička svojstva mesa. Najpovoljnija organoleptička svojstva su kod uzoraka mesa simentalske rase, dok su najniže ocene zabeležene kod uzoraka mesa buše.

2.9. Značaj fenotipske karakterizacije

Karakterizacija animalnih genetičkih resursa sprovodi se uzimajući u obzir informacije vezane za fenotipska i genetička svojstva kao i istorijski aspekt razvoja određene rase. Fenotipska karakterizacija AnGR odnosi se na proces identifikacije različitih rasa i opisivanje njihovog izgleda i proizvodnih karakteristika. Definicija se oslanja i na opisivanje uslova ishrane, nege i smeštaja u kojima se životinje gaje uzimajući u obzir socio-ekonomske faktore i geografsku rasprostranjenost određene rase (FAO, 2012). Procenu diverziteta animalnih genetičkih resursa otežava činjenica da su mnoge populacije nepoznate rasne pripadnosti, odnosno nisu dovoljno dobro opisane i stoga se ne može sa sigurnošću odrediti kojoj rasi pripadaju (FAO, 2012). Međutim, u takvim populacijama i pored toga što se zna da ima uticaja drugih rasa, postoje jedinke koje se odlikuju specifičnim fenotipskim karakteristikama i mogu se predstaviti kao posebna rasa. Tako da je zadatak fenotipske karakterizacije upravo da utvrdi da li postoje takva grla u populaciji, što je i preduslov za utvrđivanje diverziteta i ugroženosti rase (FAO, 2012).

Pojam rasa se u fenotipskoj karakterizaciji upravo koristi da se identifikuju specifične populacije animalnih genetičkih resursa. Diverzitet u tim populacijama se može prikazati kao diverzitet između rasa, diverzitet unutar rase i kao međusobni odnos između populacija, a zadatak fenotipske karakterizacije jeste upravo da utvrdi i opiše diverzitet unutar i između rasa na osnovu posmatranih osobina grla (FAO, 2012). Koncept rase se razlikuje između zemalja u zavisnosti od stepena njihove razvijenosti, pogotovo u oblasti poljoprivrede. U zemljama gde je poljoprivreda razvijena i na visokom nivou jednu rasu definiše niz fenotipskih standarda, postojanje matične evidencije i postojanje raznih udruženja, tako da je gajenje tih rasa u principu definisano pravilnicima i zakonima. S druge strane, u zemljama u razvoju standardi rase nisu toliko strogo formulisani i često se rasa povezuje sa određenim geografskim područjem, a ne toliko sa samim izgledom rase.

U zavisnosti od dostupnih podataka o određenoj populaciji, fenotipska karakterizacija ima dva pristupa. Prvi pristup odnosi se na populacije o kojima ne postoje relevantni podaci. Tada je cilj fenotipske karakterizacije da istraži i utvrdi postojanje različitih rasa u određenom području. Drugi

pristup se primenjuje kada postoje osnovni podaci o rasi i njenoj rasprostranjenosti i tada je cilj fenotipske karakterizacije da potvrdi njen identitet i da pruži detaljniji opis te rase.

Studija o fenotipskoj karakterizaciji podrazumeva prikupljanje različitih podataka o određenoj populaciji. Ti podaci se odnose na (FAO, 2012):

- rasprostranjenost rase, veličinu i strukturu populacije;
- fenotipske karakteristike, izgled rase, reproduktivne osobine, proizvodne osobine i osobine vezane za zdravlje, otpornost i prilagođenost na specifične uslove gajenja;
- slike tipičnih predstavnika rase (muška i ženska grla) kao i slike grla u proizvodnim sistemima koji su karakteristični za njih;
- informacije o poreklu i razvoju rase;
- fenotipske i genetičke veze sa drugim rasama, koje se gaje u istom području ili van njega;
- sredinu i proizvodne sisteme karakteristične za tu rasu;
- otpornost rase na bolesti, loše uslove ishrane nege i smeštaja, kao i sposobnost prilagođavanja na ekstremne vremenske prilike;
- tradicionalni način gajenja tih životinja.

2.10. Značaj genetičke karakterizacije

Povećana upotreba genetičkih markera poslednjih decenija dovela je do unapređenja stočarske proizvodnje. Genetička karakterizacija može biti definisana kao skup dodatnih postupaka koji treba da nam pomognu da bolje razumemo genetičku osnovu ispoljenih fenotipova, način njihovog nasleđivanja kroz generacije i stepen varijabilnosti između i unutar populacija (FAO, 2015). Genetički markeri u širem smislu predstavljaju svaku vidljivu i ispitivanjima podložnu fenotipsku osobinu ili se definišu kao genetička osnova prilikom procene fenotipske varijabilnosti (Singh i sar., 2014). Kako navode Teneva i Petrović (2010), genetički markeri se dele na: 1) morfološke markere, koji se zasnivaju na osobinama koje su ispoljene u fenotipu, 2) biohemijske markere, koji se zasnivaju na specifičnim jedinjenjima, koja su produkt biohemijskih procesa pre svega proteina i onda se oni označavaju kao proteinski markeri i 3) DNK (molekularne) markere.

2.10.1. Proteinski markeri

Polimorfizmi proteina se nazivaju alozimi i predstavljaju različite alelske varijante enzima tako da više alela u jednom lokusu kodira alozime. Genetička varijabilnost na nivou proteina se ispituje nekom od elektroforetskih tehnika, a najviše se u tu svrhu koriste elektroforeza na poliakrilamid gelu. Primenom ove tehnike, polimorfizam enzima se utvrđuje na osnovu razlika u veličini i naelektrisanju unutar proteinskih struktura koje nastaju usled aminokiselinskih supstitucija (Stanišić, 2017). Primena polimorfni proteinskih sistema kao klasičnih markera ima određena ograničenja koja se odnose na nemogućnost otkrivanja novih tipova markera nakon standardizacije metodologije, kao i to što se pomoću ovih markera ispituje samo mali deo varijacija u sekvenci DNK (Stanišić, 2017). Pomenuti nedostaci upotrebe proteinskih markera su u većoj meri prevaziđeni primenom DNK markera.

2.10.2. DNK markeri

DNK (molekularni) markeri su delovi DNK koji su povezani sa određenom lokacijom na genomu i sami markeri se koriste da se identifikuju delovi DNK sekvenci u nepoznatom genskom fondu (Chauhan i Rajiv, 2010). Početkom osamdesetih godina 20. veka prvi put su počeli da se primenjuju DNK markeri i od tada otkriveno je nekoliko različitih tipova od kojih svaki ima ili je imao značajnu ulogu u proceni genetičkog diverziteta domaćih životinja (Yang i sar., 2013). Na osnovu opsega njihove upotrebe svi DNK markeri se mogu podeliti u tri kategorije (Lenstra i sar.,

2012): 1) mitohondrijske DNK sekvence (mtDNK), 2) Y hromozomske haplotipove i 3) nuklearne autozomalne DNK markere koji imaju najbolju vezu sa fenotipom.

Mitohondrijsku DNK karakteriše materalni tip nasleđivanja i kao genetički marker ima značaja u filogenetskim i filogeografskim ispitivanjima. Koristi se radi procene efektivne veličine populacije, ekspanzije i smanjenja populacije (usko grlo), a takođe se koristi za utvrđivanje genetičke distance između populacija. Muški Y hromozom se nasleđuje parentalno. Značajan je u studijama o poreklu vrsta, introgresiji i poreklu priplodnih muških grla. Autozomalna DNK se nasleđuje biparentalno i kao marker je značajan za ispitivanje diverziteta između populacija, istorije rase, međupopulacijskih odnosa i identifikacije životinja (Lenstra i sar., 2012).

U nuklearne autozomalne markere prema Stanišiću (2017) spadaju:

- nasumična amplifikacija polimorfne DNK (Random Amplification of Polymorphic DNA – RAPDs);
- polimorfizam dužine amplifikovanih fragmenata (Amplified Fragment Length Polymorphism – AFLPs);
- polimorfizam dužine restrikcionih fragmenta (Restriction Fragment Length Polymorphism – RFLP);
- minisateliti;
- mikrosateliti (Single Sequence Repeats – SSRs);
- polimorfizam pojedinačnog nukleotida ili tačkasti polimorfizam (Single Nucleotide Polymorphism – SNP); i
- insercije/delecije (indels).

Kada govorimo o polimorfizmima na nivou gena misli se na polimorfizme pojedinačnih nukleotida. Tehnika lančane reakcije polimeraze (PCR - Polymerase Chain Reaction) veoma je značajna u molekularnoj biologiji i zastupljena je u mnogim studijama koje se bave analizom i karakterizacijom genoma. Koristi se u postupku amplifikacije poznate sekvence DNK do željene koncentracije radi lakšeg ispitivanja, pa je ova tehnika stoga pogodana za korišćenje u identifikaciji mnogih DNK markera, pre svega polimorfizama (Teneva, 2009).

Polimorfizam dužine restrikcionih fragmenta (RFLP)

Polimorfizam dužine restrikcionih fragmenta zasniva se na korišćenju restrikcionih enzima koji “seku” molekul DNK na specifičnim mestima stvarajući fragmente određene dužine. Dužina fragmenata razlikuje se između jedinki i vrsta, što se koristi da bi se utvrdio i ispitao polimorfizam. RFLP ima ulogu kao molekularni marker i specifičan je za određenu kombinaciju restrikcionog enzima. Većina ovih markera su kodominantni, odnosno oba alela se mogu detektovati u heterozigotnom stanju i visoko su specifični za određene lokuse. Međutim, i pored toga što je RFLP bio veoma korišćen za mapiranje genoma i u analizama genetičkih bolesti, danas ova metoda više nije široko zastupljena. Unapređenja u molekularnoj biologiji, a posebno u genomici smanjila su upotrebu ove metode zbog toga što je RFLP skuplji, sporiji i složeniji u odnosu na PCR tehnologiju koja ju je zamenila (Chaudhary i Maurya, 2019).

Minisateliti

Minisateliti su visoko polimorfne ponavljajuće DNK sekvence koje su dužine od 10 do 100 bp i prisutne su u mnogim vrstama živih bića, od bakterija do ljudi. Karakteriše ih izražena heterozigotnost i veliki broj alela. Imaju značajnu biološku ulogu i korišćeni su kao genetički markeri u raznim istraživanjima. Međutim i pored toga, minisateliti nisu našli široku upotrebu u populacionoj genetici i mapiranju genoma, pa su u većoj meri zamenjeni mikrosatelitima. Razlog tome je složena šema raspoređenosti minisatelita na molekulu DNK, što onemogućava povezivanje

alela i lokusa kojima pripadaju, pa samim tim otežano je sprovođenje standardnih analiza populacione genetike (Schlötterer, 2004).

Mikrosateliti

Mikrosateliti spadaju u sekvence DNK u genomu koje su najviše promenljive. Sa otkrićem PCR tehnologije krajem osamdesetih godina 20. veka dolazi i do učestalijih analiza i genotipizacije polimorfizama mikrosatelita tako da su oni brzo našli primenu u mapiranju genoma, studijama populacione genetike i drugih srodnih oblasti. Mikrosateliti su jednostavne ponavljajuće sekvence koje se nalaze raštrkane u genomu i mogu da se sastoje od 1bp do 6 bp. U zavisnosti od dužine motiva, ponavljajuće sekvence mogu biti mono-, di-, tri-, tetra- penta- i heksanukleotidi i označavaju se kao mikrosateliti. Ponavljajuće sekvence duže od toga nazivaju se minisatelitima i satelitskim DNK sekvencama (Ellegren, 2004). Mikrosateliti imaju različite nazive u zavisnosti od autora odnosno od naučne oblasti u kojoj se primenjuju tako da se najčešće spominju sledeći nazivi: kratki tandemski ponovci (*Short Tandem Repeats* - STRs), jednostavne ponavljajuće sekvence (*Simple Sequence Repeats* – SSRs) ili varijabilni u broju tandemski ponovci (*Variable Number Tandem Repeats*, VNTR), a kako navodi Stanišić (2017).

Mikrosateliti kao neutralni markeri, koji se uglavnom nalaze u nekodirajućem delu genoma, imaju nivo polimorfizma koji je proporcionalan nivou mutacija; zbog izraženog polimorfizma može se zaključiti i da se mutacije učestalo događaju (Weber i Wong, 1993). Nivo i pravac mutacija su dva osnovna faktora u proceni genetičke udaljenosti na osnovu mikrosatelitskih podataka. Primenom teorijskih modela evolucije na praktične podatke moguće je, na primer, utvrditi u kom periodu su se dve populacije razdvojile ili se može analizirati protok gena (Ellegren, 2004).

Kako navodi Abdul-Muneer (2014), najznačajnije prednosti mikrosatelitskih markera su: kodominantnost (mogućnost razlikovanja heterozigota od homozigota), visoka specifičnost, izražen polimorfizam (što utiče i na visoku varijabilnost), visok informativni sadržaj, relativno ujednačena zastupljenost u celom genomu, viši nivo mutacija nego što je to uobičajno i jednostavan postupak oko pripreme uzoraka za analizu i drugo.

Glavni nedostaci mikrosatelita su visoka cena postupka ukoliko nije poznata odgovarajuća sekvenca prajmera određene vrste, što otežava njihovu primenu u neispitanim grupama; mutacije mogu rezultovati stvaranju nultih alela (null alleles) odnosno tada nema amplifikacije željenog PCR produkta, što može dovesti do grešaka prilikom procene frekvencije alela i genotipova i do neodgovarajuće procene heterozigotnosti; neodgovarajuća procena genetičke divergencije kao rezultat homoplazije koja može biti izazvana mutacijama na mikrosatelitskim lokusima; pojava lažnih alela (*stutter peaks*) koji mogu nastati tokom PCR amplifikacije, kada otežavaju raspoznavanje heterozigota i homozigota i dr. (Spooner i sar., 2005).

Mikrosateliti spadaju u najpopularnije markere i često se koriste u studijama genetičke karakterizacije domaćih životinja. Kako navodi Teneva (2009) pozivajući se na druge autore u svom radu, mikrosateliti su najpogodniji za identifikaciju životinja, procenu genetičkih resursa, utvrđivanje porekla, ispitivanje bolesti, utvrđivanje genetičke varijabilnosti između i unutar populacija, rekonstrukciju filogenetičkih odnosa između populacija, studije o domestikaciji i dr.

Polimorfizam pojedinačnog nukleotida (SNP)

Polimorfizam pojedinačnog nukleotida predstavlja varijaciju u sekvenci DNK koja se dešava usled zamene jednog nukleotida na određenom mestu u genomu, ili kada dolazi do zamene samo jedne baze u sekvenci DNK (Beuzen i sar., 2000). Polimorfizmi obuhvataju više od 90% varijacija između organizama i stoga su kao genetički markeri značajni u studijama populacione genetike i mapiranja genoma. Razlog zbog čega se SNP markeri učestalo koriste leži u činjenici da su visoko zastupljeni u čitavom genomu svih organizama (nalaze se u kodirajućem i u

nekođirajućem delu genoma) i imaju bolju sposobnost detektovanja polimorfizma u odnosu na neke druge markere (Salisu i sar., 2018). Visoka zastupljenost u celom genomu podrazumeva i postojanje većeg broja markera u bilizini lokusa ili u lokusu od interesa u odnosu na druge tipove polimorfizma kao što su mikrosateliti. Pojedini SNP markeri se nalaze u blizini kodirajućih regiona i tako mogu uticati na funkciju proteina što znači da mogu biti odgovorni za razlike između individua u odnosu na ekonomski važne osobine. Takođe, u odnosu na mikrosatelite SNP markeri su pogodniji za genetičke analize koje se zasnivaju na tehnologijama sa DNK mikročipovima (Salisu i sar., 2018).

Kada se govori o nedostacima SNP markera, treba reći da se kod većine podrazumeva postojanje samo dva alela u populaciji, što rezultira smanjenim informativnim sadržajem po SNP markeru u odnosu na multialelne mikrosatelite, ali to nadoknađuje njihova velika brojnost (Salisu i sar., 2018). Takođe, formiranje seta SNP markera zahteva upotrebu dosta vremena i novca (Schlötterer, 2004). Upotrebe SNP su višestruke tako da mogu da se koriste za utvrđivanje genetičkih varijacija između i unutar populacija da bi se na primer na taj način utvrdile specifičnosti u naslednoj osnovi autohtonih rasa. SNP markeri se koriste i za mapiranje genoma, identifikaciju alela koji su nosioci bolesti i dr. (Salisu i sar., 2018).

Mitohondrijska DNK (mtDNK)

Poslednjih nekoliko decenija, mitohondrijska DNK se intenzivno koristi kao molekularni marker u studijama koje se bave genetičkim poreklom, istorijom i diverzitetom vrsta. Kako navode Di Lorenzo i sar. (2016), mitohondrijska DNK spada u genetičke markere koji su i najviše izučavani. Njihova specifičnost se objašnjava sledećim činjenicama: 1) karakteriše ih materalni tip nasleđivanja što omogućava ispitivanje genetičke istorije ženskih predačkih linija; 2) za stepen varijabilnosti mtDNK u prirodnim populacijama procenjeno je da je najmanje pet puta veći od jedarne nDNK; 3) visok stepen varijabilnosti rezultat je visokog stepena mutacija; 4) mtDNK se može ispitivati kod oba pola, što olakšava dobijanje reprezentativnih uzoraka; 5) postupak amplifikacije i sekvencioniranja je lakši zbog male veličine molekula i velikog broja kopija u ćeliji. Takođe, ispostavilo se da je analiza mtDNK najpogodnija i najjeftinija za ispitivanje genetičke varijabilnosti vrsta, za praćenje porekla vrsta kao i za identifikaciju jedinki (Di Lorenzo i sar., 2016).

Mitohondrijska DNK se intenzivno koristila u ispitivanjima evolucijske i demografske prošlosti populacija domaćih životinja, definišući rodonačelnike vrsta i mesta domestikacije (Groeneveld i sar., 2010). Filogenetsko stablo od potpunih sekvenci mtDNK različitih rasa goveda pokazuju zanimljivu situaciju, odnosno da profil mtDNK ne odgovara uvek fenotipu životinje, pa tako autori navode da neka goveda sa *Bos taurus* fenotipom imaju *Bos indicus* mtDNK i obrnuto (Srirattana i sar., 2017).

2.11. Genetička karakterizacija goveda

Citirajući druge autore Stanišić (2017) ukazuje na to da su prva DNK istraživanja na govedima podrazumevala korišćenje mtDNK radi razjašnjenja procesa domestikacije. Jedna od prvih studija genotipizacije korišćenjem mikrosatelita sprovedena su na govedima i omogućila su uvid u genetički diverzitet, strukturu i migraciju različitih rasa goveda (Stanišić, 2017).

U savremenom govedarstvu (pogotovo kod plemenitih rasa) genetički markeri se koriste da bi se između ostalog identifikovala grla koja su nosioci poželjnih gena za na primer kvalitet mesa. Ekerljung (2012) je u svojim istraživanjima nastojala da utvrdi povezanost pet gena kandidata sa različitim osobinama kvaliteta mesa kod tovnih goveda. Praćeni su polimorfizmi pojedinačnih nukleotida (SNP) u pet gena koji kodiraju kalpain 1, kalpastatin, diacilglicerol O-aciltransferaza 1 (DGAT1), leptin i stearyl-CoA desaturase 1 (SCD1). Autor navodi da postoji značajna povezanost

između gena kandidata i kvaliteta mesa, a da se kao dobar marker za mekoću mesa posebno ističe polimorfizam u genu koji kodira kalpastatin (CAST:c.155C>T SNP). Liu i sar. (2015) su ispitali uticaj polimorfizma pojedinačnih nukleotida (SNP) u dva gena kandidata (*CAPN1* i *PRKAG3*) na osobine kvaliteta trupa kod tovnih goveda i utvrdili su da se SNP15 (45219258C>T) u *CAPN1* genu može koristiti kao dobar genetički marker u postupku selekcije grla na kvalitet mesa. Ispitivanjem SNP polimorfizma u genima *ANK1* i *DGAT1* kod nelore rase goveda utvrđeno je da su polimorfizmi u tim genima značajno povezani sa ispitivanim osobinama kvaliteta trupa i mesa i da se mogu koristiti u selekcijskim programima (Borges i sar., 2014). Lisa i sar. (2013) su ispitali varijabilnost dvanaest gena kandidata kod pijemonteze rase goveda i ustanovljena je značajna povezanost SNP polimorfizama u *GHR*, *LEP*, *IGF2* i *LEPR* genima sa osobinama koje se mere u performans testu bikova ove rase. Autori navode da su neophodna nova istraživanja koja će potvrditi ove nalaze, ali zaključuju da su rezultati za *GHR* i *LEP* gen u skladu sa prethodnim ispitivanjima i da se oni mogu koristiti kao markeri u budućim studijama. U studiji gde je prvo utvrđeno da nivo ekspresije gene *AKIRIN2*, *TTN*, *EDG1* i *MYBPCI* utiče na sadržaj intramuskularne masti utvrđeno je i da je SNP (g.1471620G>T) u genu *EDG1* povezan sa sadržajem intramuskularne masti, pa se stoga može koristiti kao genetički marker u cilju unapređenja mramoriranosti kod kineske toвне rase kinčuan (Li i sar., 2020).

Reardon i sar. (2010) su u svom istraživanju naveli da postoji značajna povezanost polimorfizama u genima *CAST*, *PRKAG3*, *GHR* i *SCD* sa bojom mesa. Takođe, aleli za gene *CAST* i *SCD* utiču na pH vrednost mesa, dok je polimorfizam za *GHR* gen povezan sa sastavom mišića. Na osnovu navedenog može se zaključiti da je upotreba polimorfizama pojedinačnih nukleotida kao genetičkih markera široko zastupljena i značajna u postupku odabiranja grla željenih proizvodnih svojstva. Ispitivanje povezanosti genetičkih markera sa osobinama kvaliteta mesa bio je predmet istraživanja i drugih studija (Ganforina i sar., 2008; Appuhamy i sar., 2009; Allais i sar., 2014; Nagase i sar., 2017; Do i sar., 2017; Tooley i sar., 2021; Singh i sar., 2022; Mo i sar., 2022).

2.11.1. Polimorfizmi pojedinačnih nukleotida u genima kalpain 1 (*CAPN1*) i kalpastatin (*CAST*)

Poboljšanje kvaliteta mesa je jedan od glavnih ciljeva stočarske proizvodnje, sa posebnim naglaskom na senzorne osobine kao što su boja, sočnost, ukus i mekoća mesa. Asocijacija polimorfizma u genima kalpain 1 (*CAPN1*) i kalpastatin (*CAST*) sa mekoćom mesa detaljno je izučavana (Pintos i sar., 2011, Tait i sar., 2014). Mekoća mesa može biti pod uticajem različitih faktora, kako pre, tako i posle klanja. Sihite i sar. (2019) su utvrdili značajnu povezanost polimorfizama u *CAPN1* genu sa osobinama telesnog razvoja bali goveda. U ovom delu će biti naglašen uticaj polimorfizama gena kalpaina 1 (*CAPN1*) i kalpastatina (*CAST*) na mekoću mesa.

Kalpaini su kalcijum-zavisne cisteinske proteaze, među kojima su najčešće opisivani *CAPN1* i *CAPN2*. Mekoća mesa je osobina koja u velikoj meri zavisi od dejstva proteolitčkih enzima (Koohmaraie, 1992). Rezultati pojedinih istraživanja ukazuju na to da pH i temperatura mesa mogu ostvariti uticaj na autolizu i aktivnost kalpain-1 proteina (Maddock i sar., 2005; Pomponio i sar., 2012). Koohmaraie i sar. (2006) smatraju da su kalpaini glavne proteaze odgovorne za mekoću mesa. Mapiranjem genoma goveda utvrđeno je da se *CAPN1* gen nalazi na 29. hromozomu (Smith i sar., 2000), gde se nalazi i QTL lokus (eng. *Quantitative trait loci*) povezan sa varijacijama u mekoći mesa (Morris i sar., 2001). Za genetičke markere CAPN1 316 i CAPN1 530, utvrđena je povezanost sa silom sečenja kod goveda (Page i sar., 2002). Autori dalje navode da marker CAPN1 316 predstavlja substituciju guanina sa citozinom u egzonu 14 (CC, CG ili GG genotip), dok marker CAPN1 530 predstavlja substituciju adenina sa guaninom u egzonu 9 (AA, AG ili GG genotip). Ardicli i sar. (2017) su za marker CAPN1 316 utvrdili postojanje povezanosti sa masom grla pre klanja i klaničnim osobinama.

Individue koje su homozigotne za C alel za marker CAPN1 316 imale su nižu silu sečenja, što ukazuje na mekše meso u odnosu na CG i GG genotipove, dok su individue homozigotne za G alel za marker CAPN1 530 pokazale bolju mekoću mesa u odnosu na AG i AA genotipove (Page i

sar., 2004; Morris i sar., 2006). Allais i sar. (2011) navode da su pomenuti markeri specifični za određene rase i ističu potrebu za identifikacijom markera koji će odgovarati francuskim tovnim rasama. Slično tome, Casas i sar. (2005) ističu neophodnost formiranja dodatnih markera prilagođenih populacijama *Bos indicus* goveda. Međutim, Corva i sar. (2007) navode suprotne rezultate, ukazujući da su individue sa AG genotipom za marker CAPN1 530 imale manju silu sečenja od drugih genotipova, što ukazuje na to da su imale mekše meso. Marker CAPN1 4751 bio je koristan u različitim populacijama goveda (Casas i sar., 2005; White i sar., 2005; Pinto i sar., 2010). Nekoliko studija kod različitih rasa navodi da se CC genotip za CAPN1 4751 marker odlikuje mesom bolje mekoće u odnosu na individue sa TT genotipom (Casas i sar., 2006; Mazzucco i sar., 2010; Pinto i sar., 2010). Međutim, Curi i sar. (2009) ukazuju da je kod *Bos indicus* goveda i njihovih meleza sa *Bos taurus* govedima najpovoljniji bio CT genotip.

Kok i sar. (2017) detaljno su analizirali frekvenciju alela i genotipova povezanih sa CAPN1 316 kod autohtone rase turskog sivog govečeta. Autori su ustanovili je da je frekvencija C alela (0,1115) značajno niža u odnosu na frekvenciju G alela (0,8885), dok je najzastupljeniji genotip bio GG (0,798), zatim CG (0,198), a najmanje zastupljen bio je CC genotip (0,012). Quigley i sar. (2020) su ispitivali frekvenciju manje zastupljenog alela za marker CAPN1 316 kod pet tovnih rasa i ustanovili su frekvencije od 0,09 do 0,21, dok je za CAPN1 4751 marker frekvencija manje zastupljenog alela bila od 0,19 do 0,45.

Bonilla i sar. (2010) su utvrdili nisku frekvenciju poželjnog genotipa CC (0,03) za mekoću mesa kod markera CAPN1 316, dok su frekvencije za druga dva genotipa bile 0,33 za GC i 0,64 za GG genotip. Autori dalje navode da je frekvencija C alela (0,19) bila značajno niža od frekvencije alela G (0,81). Marker CAPN1 4751 predstavlja substituciju citozina u timin. Bonilla i sar. (2010) su utvrdili slične frekvencije homozigotnih genotipova za marker CAPN1 4751 (0,26 za CC genotip i 0,28 za TT genotip), dok je frekvencija heterozigotnog genotipa (CT) iznosila 0,46. Takođe, autori su ustanovili slične frekvencije alela, pri čemu je frekvencija alela T iznosila 0,51, dok je frekvencija poželjnog alela C bila 0,49. Kok i sar. (2017) su utvrdili nešto veću frekvenciju alela C (0,5654) u odnosu na alel T (0,4346) za marker CAPN1 4751, pri čemu je najzastupljeniji genotip bio CT (0,491), zatim CC (0,320), dok je najmanje zastupljen bio TT genotip sa frekvencijom od 0,189. Pereira i sar. (2022) su ispitivali frekvenciju alela i genotipova za markere CAPN1 316 i CAPN1 4751 i ustanovili su da kreole rasa goveda (*Bos taurus*) ima veću frekvenciju poželjnog C alela u odnosu na zebu rase goveda (*Bos indicus*). Leal-Gutierrez i sar. (2018) su ispitivali frekvencije alela i genotipova kod određenih markera. Za marker UA-IFASA-1370, koji predstavlja substituciju citozina u timin, utvrdili su veću frekvenciju C alela (0,81) u odnosu na alel T (0,19), pri čemu je najzastupljeniji bio genotip CC (0,66), zatim CT (0,29), dok je najmanje zastupljen bio TT genotip sa frekvencijom od 0,04.

Kalpastatin (CAST) je endogeni proteinski inhibitor za kalpain i smatra se genom kandidatom za mekoću mesa. Cruzen i sar. (2014) navode da je aktivnost kalpastatina izraženija i da duže traje u mesu starijih životinja. Mapiranjem goveđeg genoma utvrđena je pozicija CAST gena na 7. hromozomu. Schenkel i sar. (2006) su ispitivali povezanost CAST polimorfizma, koji predstavlja substituciju guanina u citozin, sa ispitivanim osobinama kvaliteta mesa. U ispitivanoj populaciji meleza, poželjni C alel imao je veću frekvenciju (0,63) u odnosu na G alel. Autori dalje navode da se genotip CC odlikovao mekšim mesom u odnosu na preostala dva genotipa (CG i GG). Uzabaci i sar. (2022) su ispitivali povezanost polimorfizma u CAST genu (substitucija adenina u guanin) sa mekoćom mesa kod populacije goveda u Turskoj. Pomenuti autori navode da je genotip AA bio najzastupljeniji (0,578), zatim genotip AG (0,342), dok je najmanje zastupljen genotip bio GG sa frekvencijom od 0,080. Frekvencija poželjnog A alela iznosila je 0,777. Shor-Shimoni i sar. (2017) su, između ostalog, ispitivali povezanost polimorfizama (adenin u guanin) u CAST genu sa kvalitetom mesa kod različitih rasa. U zavisnosti od rasne pripadnosti, frekvencija poželjnog alela A je bila od 0,56 do 0,70, dok je frekvencija G alela iznosila od 0,30 do 0,44. Autori dalje navode da je kod svih rasa najzastupljeniji genotip bio AA, a najmanje zastupljen je bio GG.

Sun i sar. (2018) su ispitivali polimorfizam CAST gena kod četiri najzastupljenije rase goveda u Kini i njihovu povezanost sa kvalitetom mesa. Autori su identifikovali jedan SNP, CAST

T596C (substitucija timina u citozin), sa dve alelne forme (T i C) i tri genotipa (TT, TC i CC), a zavisno od rasne pripadnosti frekvencija alela T se kretala od 0,374 do 0,466, a alela C od 0,534 do 0,626. Sun i sar. (2018) na kraju navode da nisu ustanovili statistički značajnu povezanost između utvrđenih genotipova i osobina kvaliteta mesa kod simentalske rase goveda. U svom istraživanju, King i sar. (2012) su utvrdili vezu *CAST* SNP sa mekšim mesom goveda. Takođe, pomenuti autori su za još dva SNP markera (ARS-BFGL-NGS-43901 i ARS-USMARC-670), koji se nalaze u blizini kalpastatin gena, ustanovili vezu sa mekšim mesom. Mateescu i sar. (2017) su utvrdili značajnu povezanost markera rs109677393 i rs109804679 na 7. hromozomu sa mekoćom mesa kod angus rase goveda. Ribeca i sar. (2013) i Pegolo i sar. (2020) nisu utvrdili značajnu asocijaciju polimorfizma rs109677393 (ARS-USMARC-670) sa mekoćom mesa.

Ispitivanja ovih gena sprovedena su i na drugim životinjama osim goveda, gde je ustanovljeno da polimorfizmi u *CAPNI* i *CAST* genima utiču na veličinu tela kod ovaca rase santa ines (Machado i sar., 2020). Potvrdu o širokom značaju gena kalpain 1 i kalpastatin za različite osobine pružaju istraživanja sprovedena na nekomercijalnim životinjama radi razumevanja funkcije i uloge u različitim metaboličkim procesima. Pokazano je da utiču na vaskularno remodelovanje i inflamaciju (Hanouna i sar., 2017), kao i na procese koji dovode do Alchajmerove bolesti (Rao i sar., 2008).

2.11.2. Izučavanje asocijacija na nivou genoma (GWAS – *genome wide association studie*) u govedarstvu

Identifikovanje gena povezanih sa osobinama od ekonomskog značaja sprovodi se već neko vreme. Lipkin i sar. (1998) navode da su devedesetih godina prošlog veka za mapiranje lokusa kvantitavnih osobina (QTL – quantitative trait locus) uglavnom korišćeni mikrosatelitski markeri. Razvoj tehnologija sekvencioniranja celokupnog genoma i dostupnih SNP panela doveo je do toga da se upravo polimorfizmi pojedinačnih nukleotida, zajedno sa podacima o fenotipu i poreklu, najviše koriste za mapiranje genoma (Sharma i sar., 2015).

GWAS analize podrazumevaju skeniranje celokupnog genoma u svrhu pronalazjenja gena povezanih sa osobinama od interesa, pri tom koristeći polimorfizme kao genetičke markere (Lu i sar., 2020). Takođe, ova metoda je značajna i za postupak identifikovanja ekonomski važnih osobina u stočarstvu. Prva uspešna GWAS studija je objavljena 2005. godine od strane Klein i sar. (2005). Istraživanje je podrazumevalo skeniranje celokupnog ljudskog genoma sa ciljem pronalazjenja polimorfizama povezanih sa starosnom makularnom degeneracijom oka. Istraživači su pronašli dva polimorfizma koji su značajno menjali frekvenciju alela kod bolesnih individua u odnosu na zdrave. U stočarstvu, GWAS analize se uglavnom koriste za mapiranje QTL lokusa koji su povezani sa osobinama od ekonomskog značaja kao što su: osobine kvaliteta mesa, prinos mleka, sadržaj proteina i mlečne masti, osobine plodnosti (Sharma i sar., 2015). Često se dešava da geni koji utiču na ispoljavanje određene osobine nisu isti kod različitih rasa jedne vrste. To se objašnjava razlikama u genetičkoj osnovi između rasa i poligenomskom karakteru osobina. Za GWAS analize je utvrđeno da su dobar metod za identifikovanje gena povezanih sa različitim fenotipovima bez prethodno postavljene hipoteza i za razjašnjavanje složene genetičke osnove kvantitativnih osobina (Sharma i sar., 2015).

Lu i sar. (2020) navode da poslednjih godina GWAS analiza često predstavlja sastavni deo odgajivačkih programa u govedarstvu, ovčarstvu, svinjarstvu i živinarstvu, kao i da je pomogla u identifikovanju mnogih gena ili molekularnih markera koji mogu biti povezani sa određenom osobinom. Matukumalli i sar. (2009) su opisali povoljan i efikasan način formiranja testova za genotipizaciju sa 54 001 SNP lokusa koji treba da omoguće primenu GWAS analize u govedarstvu. U narednom delu biće naveden određen broj GWAS studija koje su utvrdile povezanost polimorfizama sa osobinama od interesa.

Bolormma i sar. (2011) su sprovedli GWAS analizu za osobine povezane sa telesnom masom, visinom i konzumacijom hrane kod tovnih i mlečnih rasa goveda, korišćenjem 50k i 10k SNP čipova (čipovi sa 50000 i 10000 SNP). Autori su akcenat stavili na konzumaciju hrane,

odnosno na RFI (*residual feed intake*), što je mera koja predstavlja odnos između stvarno konzumirane hrane i očekivane konzumacije hrane u zavisnosti od rasta, razvoja i veličine životinje. Studija ukazuje na povezanost polimorfizama na 5. i 8. hromozomu sa konzumacijom hrane. U eksperimentima sa 50k i 10k SNP čipovima je utvrđeno da se u regionu na hromozomu 8 (86 Mbp – 94 Mbp) nalazi nekoliko SNP polimorfizama značajnih za konzumaciju hrane, ali se samo jedan SNP pokazao kao značajan u oba eksperimenta. Takođe, u ovom regionu se nalaze polimorfizmi značajni za prosečan dnevni prirast. U regionu na hromozomu 5 (51.05 Mbp – 51.77 Mbp) nalazi se nekoliko SNP polimorfizama značajnih za konzumaciju hrane kao i gen, koji kodirajući hidroksteroid (17-beta) dehidrogenazu 3, deluje na metabolizam steroida. An i sar. (2019) su primenom GWAS analize uspeli da identifikuju gene kandidate za pojedine telesne mere kod vagju (*Wagyu*) rase tovnih goveda. Na nivou celog genoma autori su utvrdili 18 SNP povezanih sa visinom kukova, 5 SNP povezanih sa visinom tela i jedan SNP sa dužinom tela. Dalje se navodi da se ti SNP nalaze u ili u blizini 11 gena, od kojih su 6 (*PENK*, *XKR4*, *IMPAD1*, *PLAG1*, *CCND2* i *SNTG1*) ranije već poznati kao geni kandidati. Za preostalih 5 gena (*CSMD3*, *LAP3*, *SYN3*, *FAM19A5* i *TIMP3*) je utvrđeno da su novi geni kandidati, odnosno ustanovljena je njihova povezanost sa osobinama telesne razvijenosti.

Lee i sar. (2013) u svojoj studiji navode da su pronašli važan QTL lokus u regionu (24.3 – 25.4 Mb) na hromozomu 14, gde je identifikovano 6 SNP polimorfizama koji su značajno povezani sa težinom trupa kod korejske rase goveda – hanvu (*Hanwoo*). Do sličnih zaključaka došli su i Utsunomiya i sar. (2013). Oni su sprovedli GWAS analizu, korišćenjem 777k SNP čipa, na nelore rasi goveda i ustanovili QTL lokus na hromozomu 14 koji je povezan sa telesnom masom na rođenju i veličinom tela kod zebu goveda. Tan (2013) je sproveo GWAS analizu za osobine vezane za visinu mlečnih goveda u Novom Zelandu. Studija je obuhvatila bikove holštajn-frizijske i džerzej rase, kao i njihove meleze. Utvrđeno je da su hromozomi 2, 3, 4, 5, 6, 11, 12, 14, 24 kod holštajn-frizijske rase, hromozomi 9,10,12,18,19,25 kod džerzej rase i hromozomi 1, 3, 4, 5, 7, 9, 10, 14, 18, 22 i 24 kod meleza ove dve rase značajno povezani sa visinom odnosno veličinom tela. Rezultati ove studije ukazuju na to da SNP polimorfizmi, koji su značajno povezani sa veličinom tela, mogu da pomognu u budućim istraživanjima koja treba da odrede QTL lokuse i na kraju same gene koji utiču na veličinu tela i druge povezane osobine kod mlečnih goveda.

Streit i sar. (2013) su identifikovali hromozom 14 kao jedan od najznačajnijih hromozoma u kome se nalaze SNP polimorfizmi povezani sa prinosom proteina, prinosom mlečne masti i prinosom mleka. Autori smatraju da je ta povezanost rezultat efekta koji ostvaruje gen za DGAT 1 (diacilglicerol O-aciltransferaza 1), koji je poznat po svom uticaju na sve osobine mlečnosti u populaciji nemačkog holštajna. Meredith i sar. (2012) sprovedli su GWAS studiju u populaciji holštajn-frizijske rase goveda u Irskoj radi ispitivanja proizvodnje mleka i broja somatskih ćelija. Oni navode da su kod bikova ustanovili 276 novih polimorfizama povezanih sa proizvodnjom mleka i brojem somatskih ćelija, dok su 103 polimorfizma bila zajednička i za bikove i za krave. Otkrili su i region (45 – 49 Mb) na hromozomu 13 koji je značajno povezan sa prinosom mleka kod bikova holštajn-frizijske rase. Za prinos proteina utvrđeno je da se najznačajniji polimorfizam (rs42327956) nalazi na hromozomu 1, dok je za broj somatskih ćelija to hromozom 20. Autori dalje navode da su na hromozomu 20 ustanovljeni novi polimorfizmi koji se nalaze u blizini gena *GHR* (receptor hormona rasta) i *PRLP* (receptor prolaktina) koji se često povezuju sa proizvodnjom mleka i brojem somatskih ćelija. Ilie i sar. (2021) su identifikovali 41 polimorfizam i utvrdili su njihovu značajnu povezanost sa brojem somatskih ćelija kod mlečnih goveda u Rumuniji. Nizak heritabilitet u velikoj meri otežava sprovođenje direktne selekcije na mastitis. Zbog genetičke korelacije sa pojavom mastitisa, broj somatskih ćelija se koristi kao način indirektno selekcije na to svojstvo. Rezultati studije doprinose unapređenju znanja o genetičkoj varijabilnosti za osobinu broj somatskih ćelija. Međutim, neophodne su nove obimne studije koje će uključiti više rasa mlečnih goveda i ispitati druge markere i gene i njihov potencijalni uticaj na mastitis.

Pedrosa i sar. (2021) su identifikovali veći broj SNP polimorfizama povezanih sa perzistencijom laktacije i drugim osobinama proizvodnje mleka kod mlečnih rasa goveda. Oni su utvrdili značajne genomske regione i gene kandidate koji su nalaze na svim hromozomima, a

posebno na hromozomima 5, 6, 14, 18, 20 i 28. Ova studija naglašava značaj hromozoma 14 za osobine proizvodnje mleka. Još jedno značajno otkriće pomenute studije jeste da su određeni genomski regioni, povezani sa osobinama proizvodnje mleka ranije, prethodno već bili povezani sa osobinama plodnosti kod mlečnih krava, pa se na taj način potvrđuje veza između ove dve grupe osobina. Tahir i sar. (2021) su sprovedi GWAS studiju kod brama goveda sa ciljem utvrđivanja genomskih regiona povezanih sa osobinama plodnosti kod junica. Autori navode da je utvrđeno 1359 značajnih SNP polimorfizama, dok su genomski regioni od 0,5 Mb oko svakog značajnog SNP iskorišćeni da se sastavi lista od 2560 gena kandidata. Najznačajniji SNP nalazi se u blizini genomskog regiona na hromozomu 8 i obuhvata gene *SLC44A1*, *FSD1L*, *FKTN*, *TAL2* i *TMEM38B*. Lee i sar. (2022) su sprovedi GWAS studiju kod 40 junica hanvu (*Hanwoo*) rase goveda. Autori su tom prilikom identifikovali 12 značajnih SNP polimorfizama u okviru sedam regiona na tri hromozoma (8, 16 i 24) koji su povezani sa ispitivanom osobinom plodnosti (broj osemenjavanja po koncepciji). Pet od tih SNP-ova se nalaze u tri gena (*ABCA1*, *BRINP3*, *ESRRG*) koji utiču na rani razvoj embriona. Autori na kraju dodaju da nisu utvrdili nijedan SNP polimorfizam koji je prethodno povezan sa osobinama plodnosti kod mlečnih krava holštajn rase.

2.11.3. Genetička karakterizacija buše na nivou polimorfizama pojedinačnih nukleotida

Studije koje se bave ispitivanjem genetičkog diverziteta i ispitivanjem strukture populacije su važne kod autohtonih rasa, jer predstavljaju dobru početnu osnovu za formiranje programa za njihovo očuvanje i za njihovu buduću upotrebu. Stoga da bi zaštitili jednu autohtonu rasu neophodno je da se što više ispita varijabilnost unutar populacije, od fenotipske do genetičke.

Rogić i sar. (2019) su u svojim analizama izvršili genotipizaciju 21 mikrosatelita da bi procenili genetički diverzitet između gatačkog govečeta i buše. Na svim mikrosatelitskim lokusima autori navode da je utvrđen izražen polimorfizam u cilju procene genetičke varijabilnosti i razlika između rasa, pa se na kraju zaključuje da je utvrđena značajna genetička diferencijacija između gatačkog govečeta i buše, što podrazumeva da treba da postoje i različiti pristupi u očuvanju ovih rasa. Analizom genoma buše iz Bosne i Hercegovine korišćenjem 21 mikrosatelita (po preporuci Međunarodnog udruženja za genetiku životinja - International Society for Animal Genetics) utvrđen je visok nivo varijabilnosti kod buše i zaključuje se da većina od ovih mikrosatelitskih markera može značajno da pomogne u proceni genetičke diferencijacije u populaciji goveda (Rogić i sar., 2011). Simčić i sar. (2008) su u svojoj studiji sprovedi genetičku karakterizaciju autohtonih rasa goveda (cika i buša rase), koristeći 8 mikrosatelitskih markera po FAO preporuci, a sve sa ciljem da se utvrdi genetički varijabilitet i struktura kao i srodnost između ove dve rase. Autori dalje navode da se odabrani set mikrosatelitskih markera pokazao izuzetno korisnim i da je utvrđen visok nivo očekivane heterozigotnosti, a da je genetička bliskost pokazala srodnost između ove dve rase (Simčić i sar., 2008).

Sa ciljem dobijanja informacija o genetičkom diverzitetu i strukturi populacije tri autohtone rase goveda u Hrvatskoj (buša, slavonsko-sremski podolac i istarsko goveče), korišćeni su mikrosatelitski markeri njih 93 od kojih je 30 markera po preporuci međunarodnog udruženja za genetiku životinja – ISAG (International Society for Animal Genetics) i organizacije za hranu i poljoprivredu – FAO Food and Agriculture Organization (Ramljak i sar., 2011). Rezultati upućuju na to da se hrvatska buša odlikuje određenim manjim udelom gena drugih rasa, ali da je utvrđen značajan genetički diverzitet u odnosu na populacije buša u drugim delovima Balkana kao i u odnosu na turske autohtone rase (Ramljak i sar., 2011). Analiza polimorfizma proteina krvi pokazala je da je hrvatska buša filogenetski bliža istarskom govečetu u odnosu na slavonsko-sremskog podolca. Takođe, utvrđena je i manja filogenetska udaljenost u odnosu na populacije ove rase u Makedoniji i Bosni i Hercegovini (Ivanković i sar., 2004). Stevanov – Pavlović i sar. (2015) su u svojoj studiji ustanovili da se 12 mikrosatelitskih markera (TGLA227, BM2113, TGLA53, ETH10, SPS115, TGLA126, TGLA122, INRA23, BM1818, ETH3, ETH225, BM1824) po

preporuci međunarodnog udruženja za genetiku životinja – ISAG (International Society for Animal Genetics) mogu koristiti u populaciji buše u Srbiji u studijama provere porekla i identifikaciji grla.

Studije koje se bave varijacijama u mitohondrijskoj DNK (mtDNK) pokazale su se veoma korisnim u utvrđivanju varijabilnosti između i unutar populacija domaćih životinja kao i za utvrđivanje filogenetskih odnosa sa drugim populacijama. Margeta i Margeta (2019) su izvršili sekvenciranje D – petlje mtDNK kod 41 grla buše iz Hrvatske zajedno sa 21 mtDNK sekvencom buše iz banke gena. Rezultati pomenute studije pokazuju postojanje 26 različitih haplotipova što ukazuje na visoku genetičku varijabilnost materinske komponente. Poređenjem sa najvećim haplogrupama u govedarstvu za većinu grla buše se ustanovilo da pripadaju T3 haplogrupi (44%) dok jedino za haplotip H2 (23%) nije utvrđeno kojoj haplogrupi pripadaju (Margeta i Margeta, 2019). Ivanković i sar. (2014) su u svojoj studiji ispitivali genetički diverzitet i filogenetske odnose između 3 autohtone hrvatske rase goveda koristeći sekvencu D-petlje mtDNK. Oni su ustanovili da su ove tri rase genetički različite i da ih karakteriše visok nivo genetičkog diverziteta materinske osnove pogotovo kod buše i istarskog govečeta.

Leptin je biomolekul koga proizvodi masno tkivo i pored ostalog povezan je sa proizvodnjom mleka kod krava. Maletić i sar. (2019) su u svom radu upravo nastojali da utvrde polimorfizme kod leptin gena i to na dva lokusa (A59V i SAU3AI) kod buše i povezanost tih polimorfizama sa proizvodnjom mleka. U pomenutim radu autori su utvrdili smanjene nivoe heterozigotnosti što upućuje na gubitak genetičke varijabilnosti, a razlog tome može biti primenjeni metod selekcije. Ono što je posebno zanimljivo je to da je kod buše, koja je autohtona niskoproduktivna rasa dvojnog smera proizvodnje, utvrđen polimorfizam na genetičkim markerima, sličan kao kod mlečnih plemenitih rasa (Maletić i sar., 2019).

Polimorfizmi gena za κ kapa kazein su jedni od najviše izučavanih u govedarstvu, jer su povezani sa sastavom i kvalitetom mleka. U studiji iz Crne Gore, a koju su sproveli Marković i sar. (2017), utvrđena je frekvencija genotipova i alela za ovaj gen kod braun svis govečeta i buše. Autori navode da su kod buše utvrđena tri genotipa (AA, AB i BB) sa frekvencijama 0,274; 0,499 i 0,227 dok je frekvencija alela iznosila 0,524 (A) i 0,476 (B). Utvrđene frekvencije mogu da posluže kao osnova za buduće programe selekcije kod buše koji bi za cilj imali povećanje frekvencije B alela kapa kazeina koji je u pozitivnoj korelaciji sa prinosom sira (Marković i sar., 2017). Đedović i sar. (2015) su takođe ispitivali polimorfizme kapa kazeina i ustanovili su kod buše zastupljenost sledećih genotipova AA (0,417), AB (0,500) i BB (0,083) dok je frekvencija alela iznosila A (0,667) i B (0,333), tako da se i u ovom radu naglašava da bi selekcija na poželjan B alel kapa kazeina mogla biti dobra za unapređenje mlečnosti kod buše. Pored κ -kazeina često ispitivan polimorfizam je i kod gena za β -laktoglobulin, jer se smatra da postoji povezanost između različitih polimorfizama ovog gena i proizvodnje mleka. Ispitivanjem polimorfizma gena za β -laktoglobulin kod buše utvrđeni su sledeći genotipovi AA (44,44%) i AB (55,56%), dok se za κ -kazein pokazalo da takođe postoje AA (44,44%) i AB (55,56%) genotipovi i kad se uzme u obzir frekvencija alelskih formi može se zaključiti da je A alel zastupljeniji kod buše, nego kod holštajn-frizijske rase (Maletić i sar., 2016).

2.12. Osobine kvaliteta mesa i faktori koji utiču na njih

Govedarska proizvodnja iz godine u godinu nastoji da unapredi kvalitet mesa i mesnih proizvoda, a sve sa ciljem da se zadovolje potrebe potrošača. Radi toga neophodno je formiranje odgajivačkih programa i planova proizvodnje koji će se zasnivati na genetičkom diverzitetu rasa goveda, a tu se pre svega misli na autohtone rase kod kojih postoji mogućnost unapređenja proizvodnih karakteristika (López-Pedrouso i sar., 2020). Animalni genetički diverzitet je važan zbog proizvodnje zdrave hrane i zbog razvoja ruralnih područja. On omogućava sprovođenje selekcije, odnosno odabir onih životinja ili rasa koje će najbolje proizvoditi u određenim uslovima koji su pod stalnim uticajem klimatskih promena, bolesti, novih saznanja o ishrani i potrebama ljudi

(Hoffmann, 2010). Kod autohtonih rasa fenotipska karakterizacija uglavnom nije u potpunosti sprovedena, pa postoji nedovoljno podataka o njihovim proizvodnim osobinama što otežava promociju tih rasa i njihovih proizvoda. Takav je slučaj i sa bušom, pa će se rezultati o ispitanim vrednostima kvaliteta mesa iz ovog rada porediti sa drugim rasama.

Kvalitet mesa je pod uticajem većeg broja faktora među kojim su najvažniji uticaji rase (Yildirm i sar., 2009), ishrane (Montano i sar., 2010) i hormona (Liu i sar., 2010).

2.12.1. Fizičko-hemijska svojstva mesa

a) Hemijski sastav mesa

Sveže goveđe meso sadrži oko 75% vode, 21,5% proteina, 2-6% masti, 0,8-1,8% mineralnih materija i ugljenih hidrata oko 0,5%. Proteini se odlikuju širokim spektrom esencijalnih aminokiselina, što u većoj meri povećava hranljivu vrednost mesa (Mitić i sar., 1987).

Moreno-Indias i sar. (2011) su radi ispitivanja uticaja rase na sastav mesa izvršili poređenje između njihove lokalne rase goveda palmera i komercijalnog mesa. Analizom hemijskih parametara mesa utvrđene su značajne razlike u sadržaju masti i proteina, ali ne i sadržaja vode i pepela. Sadržaj vode zavisi od sadržaja masti, odnosno sa povećanjem sadržaja masti u mesu smanjuje se sadržaj vode. Sa druge strane, sadržaj proteina spada u stabilne parametre i teško se menja. Autori navode da lokalna rasa palmera ima veći sadržaj masti, a manji sadržaj proteina u odnosu na meso komercijalnih rasa. Značajne razlike među rasama u sadržaju intramuskularne masti naveli su i Panea i sar. (2018).

Xie i sar. (2012) su u svojoj studiji između ostalog ispitivali i razlike u hemijskom sastavu mesa između pet rasa goveda u Kini (limuzin, simentalac, luksu, kuinčuan, jinan). Autori navode da je procenat suve materije značajno niži kod limuzin rase u odnosu na druge testirane rase, ali je zato sadržaj proteina bio najviši kod limuzin rase. Nije bilo razlika na osnovu sadržaja masti. Sadržaj pepela je bio značajno viši kod jinan i luksu rase u odnosu na kuinčuan rasu dok su srednje vrednosti kod limuzin i simentalske rase bile umerene i nisu se značajno razlikovale od vrednosti kod luksu i kuinčuan rase. Zaključak studije je da, sa izuzetkom masti, postoje značajne razlike između rasa u hemijskom sastavu mesa. Cho i sar. (2017) i Cheng i sar. (2020) su utvrdili da postoje značajne razlike između mišićnih partija u pogledu sadržaja vode i intramuskularne masti, ali da nema značajnih razlika u sadržaju proteina.

Mioglobin je pigment mesa i zapravo predstavlja protein koji sadrži gvožđe. Sadržaj mioglobina zavisi od vrste i uzrasta životinje, tipa mišića i brzine porasta, a kada je izložen atmosferskom kiseoniku mioglobin prelazi u metmioglobin kao posledica oksidacije (Mancini i Hunt, 2005). Pigmenti kod većine rasa značajno utiču na boju mesa pogotovo na pojedine parametre kao što su a^* - relativan udeo crvene boje i C^* - intenzitet boje (Panea i sar., 2018).

b) Tehnološke karakteristike mesa

López-Pedrouso i sar. (2020) su utvrdili da postoje značajne razlike između rasa u pogledu pH vrednost mesa. Vrednosti su se kretale od 5,48 do 5,79 ukazujući na odsustvo stresa za koji autori navode da značajno utiče na ispoljavanje najvažnijih nedostataka mesa (tamno, tvrdo i suvo meso). Pojedine studije ukazuju na značajne varijacije u pH vrednosti mesa lokalnih rasa u zavisnosti od proizvodnih sistema (Guerrero i sar., 2013; Humada i sar., 2014) dok drugi autori nisu utvrdili takav uticaj (López-Pedrouso i sar., 2020; Realini i sar., 2004). Watanabe i sar. (2018) su ispitivali korelacione veze između pet osobina kvaliteta mesa i ustanovili su statistički značajnu vezu pH vrednosti mesa sa sadržajem masti i gubitkom vode iz mesa putem gravitacije. Rezultati pomenute studije ukazuju na to da je povećanje sadržaja masti delovalo i na povećanje pH vrednosti mesa, dok je s druge strane povećanje gubitka vode iz mesa rezultiralo smanjenjem pH vrednosti. Statistički značajnu i pozitivnu korelaciju pH vrednosti sa sadržajem masti u mesu ustanovili su i

Du i sar. (2021), dok su negativnu korelaciju pH vrednosti sa gubitkom vode iz mesa putem gravitacije ustanovili i Jankowiak i sar. (2021). Jankowiak i sar. (2021) su, pored gubitka vode iz mesa pod uticajem gravitacije, utvrdili statistički značajnu negativnu vezu pH vrednosti sa sledećim osobinama: sposobnošću vezivanja vode, sadržajem ukupnih proteina i svetlom bojom mesa (L^*), dok su takođe ustanovili statistički značajnu ali pozitivnu vezu pH vrednosti sa mekoćom mesa, sadržajem vode, relativnim udelom žute boje (b^*) i mišićnim pigmentima. Kim i sar. (2016) su ustanovili statistički značajnu povezanost pH vrednosti mesa sa većinom ispitivanih osobina kvaliteta mesa, pa tako navode pozitivnu korelaciju sa sposobnošću vezivanja vode, sadržajem masti i vode, a negativnu sa parametrima boje mesa (L^* , a^* , b^*), sadržajem proteina, mekoćom mesa, gubitkom vode pod uticajem gravitacije i gubitkom mase mesa pod uticajem kuvanja. Sa druge strane, Rostamani i sar. (2021) nisu utvrdili statistički značajnu korelaciju između pH vrednosti i ispitivanih osobina kvaliteta mesa, kao što su sposobnost vezivanja vode, mekoća mesa, sadržaj vode i gubitak vode pod uticajem gravitacije. Dužina transporta, trajanje perioda odmora pre klanja i trajanje perioda gladovanja utiču posledično na pH vrednost mesa, usled čega može doći do promena u boji, sposobnosti vezivanja vode i mekoći mesa (Arik i Karaca, 2016).

Sposobnost vezivanja vode (SVV) je parameter koji značajno utiče na kvalitet mesa i to pre svega na strukturu mišića, izgled, boju, mekoću i sočnost mesa posle kuvanja (Hughes i sar., 2014; Lorenzo i sar., 2015). Proizvodni sistem nije uticao značajno na SVV (Bispo i sar., 2010; López-Pedrouso i sar., 2020), dok je uticaj rase bio značajan (López-Pedrouso i sar., 2020). Značajan uticaj rase na sposobnost vezivanja vode navode i Moreno-Indias i sar. (2011) sa rezultatima koji ukazuju na značajne razlike između lokalne rase palmera i mesa komercijalnih rasa. Postupak zamrzavanja-odmrzavanja značajno je uticao na svojstva mesa posebno na sposobnost vezivanja vode, boju i mekoću mesa (Cheng i sar., 2020). Čuvanje mesa na niskim temperaturama omogućava degradaciju citoskeletalnih miofibrilarnih proteina, što dovodi do pojave mekšeg mesa i bolje sposobnosti vezivanja vode (Cho i sar., 2017).

Kalo kuvanja predstavlja sposobnost mesa da posle termičke obrade zadrži vodu, masti i ostale materije. To je veoma značajan parametar, jer objašnjava varijacije do kojih dolazi u sočnosti mesa što utiče na opšti izgled mesa (Aaslyng i sar., 2003). Panea i sar. (2018) su ispitivali kalo kuvanja mesa u zavisnosti od rase goveda. Naime, pomenuti autori su kod tri francuske tovne rase utvrdili značajan uticaj rase, ali kod deset španskih lokalnih rasa nisu našli značajan uticaj, što je u saglasnosti sa drugim autorima kod kojih takođe nije bilo efekta rase na gubitke posle kuvanja mesa (Avilés i sar., 2015; Panea, 2002). Kalo kuvanja je pod velikim uticajem i metode koja se koristi za njegovo izračunavanje (Panea i sar., 2018). Cho i sar. (2017) navode da se sa produžavanjem perioda čuvanja mesa u zamrznutom stanju povećavaju i gubici prilikom kuvanja mesa, pa je to jedan od kriterijuma koji se koristi za određivanje optimalnog vremena čuvanja mesa pre upotrebe. Cafferky i sar. (2019) su utvrdili značajnu korelaciju pH vrednosti sa samo jednom od ispitivanih osobina, u ovom slučaju sa gubitkom mase mesa pod uticajem kuvanja.

Mekoća, boja i zdravstvena ispravnost mesa predstavljaju najvažnije karakteristike mesa kojima se potrošači rukovode prilikom kupovine. Uticaj rase na mekoću mesa je tema većeg broja studija sa različitim zaključcima. Waritthitham i sar. (2010) su utvrdili značajan uticaj rase na mekoću mesa objašnjavajući to razlikama u sadržaju kolagena i miofibrilarne strukture mišića među rasama. Međutim, drugi autori nisu utvrdili značajan uticaj rase na mekoću mesa (Muchenje i sar., 2008; Vieira i sar., 2007; Xie i sar., 2012). Xie i sar. (2012) su za određivanje mekoće mesa koristili Warner-Bratzler-Shear test i dobijeni rezultati ukazuju na ujednačene vrednosti između rasa, koje su su kretale od 3,5kg do 6kg. Zheng i sar. (2018) navode da su glavni faktori koji utiču na mekoću mesa dijametar i gustina mišićnih vlakana, kao i sadržaj masti i vezivnog tkiva u mišićima. U njihovoj studiji je utvrđeno da je dijametar mišićnog vlakna veći kod genotipa SJ (F1 simentalska rasa x jinjiang lokalna kineska rasa) nego kod genotipa JJ (jinjiang lokalna kineska rasa), dok su vrednosti sile sečenja i gustine mišićnih vlakana manje kod SJ nego kod JJ time dokazujući bolju mekoću mesa meleza SJ u odnosu na čistu rasu JJ.

c) Boja mesa

Boja mesa je najvažniji faktor koji utiče na odluke potrošača, jer potrošač boju mesa koristi kao indikator svežine i kvaliteta (Mancini i Hunt, 2005). Uticaj rase na boju mesa ispitali su Xie i sar. (2012) i nisu utvrdili značajan uticaj rase na većinu parametara boje sa izuzetkom Hue (stvarna crvena) i b* (relativan udeo žute boje), jer su vrednosti ovih parametara bili manji kod kuinčuan rase goveda u odnosu na druge ispitivane rase. Zheng i sar. (2018) su utvrdili da je a* (relativan udeo crvene boje) bio viši kod genotipa SJ (F1 Simentalska rasa x Jinjiang lokalna kineska rasa) u odnosu na genotip JJ (Jinjiang lokalna kineska rasa) što znači da bi meleženjem moglo doći do unapređenja pojedinih osobina kod lokalne rase. Varijacije u vrednostima parametra a* objašnjavaju se razlikama u sadržaju pigmenta i fazi oksidacije (Mancini i Hunt, 2005). Nekoliko studija su povezale ishranu sa bojom mišića. Silva i sar. (2019) su ustanovili da sa produženjem trajanja tova kod nelore goveda dolazi do unapređenja osobina kvaliteta mesa. Isti autori tvrde da nizak sadržaj intramuskularne masti može uticati na smanjenje vrednosti parametara L* (svetloća mesa) i b* (relativan udeo žute boje) u goveđoj šnici. Različiti izvori masti u hrani (suncokretovo ulje, sojino ulje, laneno ulje) nisu imali uticaja na boju goveđeg mesa (Costa i sar., 2020; Wang i sar., 2020). S druge strane, Petričević (2018) navodi da je ishrana sa dodatkom semena lana značajno uticala na povećanje L* vrednosti *M. longissimus dorsi* i značajno povećanje L* vrednosti *M. semitendinosus*.

Posle klanja, boja mesa je izložena uticaju mnogih faktora koji izazivaju promene boje, a time i u percepciji kvaliteta i svežine mesa kod potrošača. Imajući to u vidu, glavni faktori koji utiču na boju svežeg mesa su temperatura, način pakovanja i oksidacija masti (Gagaoua i sar., 2020). Temperatura utiče na strukturu mioglobina, a samim tim i na boju mesa. Niske temperature (ispod 4° C) povoljno utiču na održavanje karakteristične boje svežeg mesa (Schulte i sar., 2019). Međutim, temperature koje izazivaju zamrzavanje tokom skladištenja mogu uticati na stabilnost boje, odnosno izazvati obezbojavanje mesa odnosno smanjenja intenziteta crvene boje (Setyabrata i Kim, 2019). Način i uslovi pakovanja mesa utiču na boju, tako što deluju na stanje mioglobina: deoksimioglobin - ljubičasta boja, oksimioglobin - svetla crvena boja i metmioglobin - smeđa boja (Holman i sar., 2018). Odgovarajući nivo kiseonika je neophodan da bi se svetla, primamljiva boja mesa (stanje oksimioglobina) održala što duže, a s druge strane prekomerna izloženost izaziva oksidaciju (prelazak iz stanja oksimioglobina u stanje metmioglobina) i vremenom menjanje opšteg izgleda mesa, svežine i kvaliteta (Ramanathan i sar., 2020). Sporedni proizvodi lipidne oksidacije izazivaju oksidaciju mioglobina, što podrazumeva promenu boje mesa od svetlo crvene do tamnijih smeđih nijansi (Holman i sar., 2018). Lipidnu oksidaciju može izazvati veliki broj faktora, ali su svakako najvažniji sledeći: izloženost UV radijaciji, izloženost atmosferskom kiseoniku, nezasićene masne kiseline, endogeni antioksidansi i dr. Kontrolisanje ovih faktora vodi ka dužem očuvanju poželjnih svojstva mesa (Domínguez i sar., 2019).

d) Sastav masnih kiselina

Sastav masnih kiselina intramuskularne masti (IMM) goveđeg mesa dobija sve više na značaju, pre svega zbog povezanosti ovog svojstva sa senzornim karakteristikama mesa kao što su aroma, ukus, sočnost i mekoća mesa (Listrat i sar., 2020), kao i sa rizikom od kardiovaskularnih bolesti (Briggs i sar., 2017). Na količinu IMM i sastav masnih kiselina može uticati rasa (Pitchford i sar., 2002), deponovano masno tkivo (Hwang i Joo, 2016) kao i način ishrane goveda (Hwang i Joo, 2017). Način ishrane (ispaša ili koncentrovani obrok) dovodi do promena u koncentraciji funkcionalnih lipida i sadržaja zasićenih i transmasnih kiselina u mesu. U današnje vreme potreba za mesom određenih svojstava je sve veća, imajući u vidu sastav masnih kiselina u mesu i njegov uticaj na zdravlje ljudi. Pored efekta pojedinačnih masnih kiselina neophodno je znati i zajednički efekat grupa masnih kiselina (Nogoy i sar., 2022). Ziehl i sar. (2005) navode da meso koje potiče od grla čija se ishrana zasniva na ispaši ima 62% manji sadržaj masti, 65% manji sadržaj zasićenih

masnih kiselina (SFA) i veći sadržaj omega-3 masnih kiselina i konjugovane linolne kiseline (CLA) u odnosu na meso koje potiče od grla čija se ishrana zasniva na koncentrovanim smešama.

Zasićene masne kiseline (SFA - *Saturated fatty acids*)

Masne kiseline dugih lanaca od laurinske (C12:00) do stearinske (C18:00) kiseline povećavaju rizik od kardio-vaskularnih bolesti (Zong i sar., 2016). Laurinska kiselina najviše utiče na povećanje nivoa HDL holesterola zbog čega se smanjuje odnos ukupnog i HDL holesterola (Micha i Mozaffarian, 2010). Isti autori navode da miristinska (C14:00) i palmitinska (C16:00) kiselina utiču na povećanje LDL holesterola, ali da imaju mali uticaj na odnos ukupnog i HDL holesterola. S druge strane stearinska (C18:00) kiselina ima mali do neutralni efekat na LDL holesterol (Williamson i sar., 2005) dok na HDL holesterol nema uticaja (Hunter i sar., 2010). Za stearinsku (C18:0) kiselinu se smatra da je jedina SFA koja ne povećava rizik od kardiovaskularnih bolesti i to zbog njene brze desaturacije u organizmu i pretvaranja u mononezasićenu oleinsku kiselinu (Sampath i Ntambi, 2005). Nogoy i sar. (2022) navodeći rezultate osam studija zaključuju da ishrana ispašom značajno utiče na smanjenje ukupnih SFA u odnosu na ishranu koncentrovanim smešama.

Mononezasićene masne kiseline (MUFA - *Monounsaturated fatty acids*)

Uobičajne masne kiseline iz ove grupe su mirostoleinska (C14:1n-5), palmitoleinska (C16:1n-7) i oleinska (C18:1n-9) kiselina. Oleinska kiselina je daleko najzastupljenija i predstavlja oko 90% svih mononezasićenih masnih kiselina (Kris-Etherton, 1999). Ispitivanja o povezanosti ovih masnih kiselina u ishrani ljudi i kardio-vaskularnih bolesti dala su različite rezultate. Chowdhury i sar. (2014) navode da ne postoji značajna veza, ali druge studije ukazuju na to da ishrana koja sadrži MUFA povoljno deluje na smanjenje rizika od kardio-vaskularnih bolesti (Mente i sar., 2009). Međutim, i pored ovako različitih zaključaka utvrđeno je nekoliko mehanizama povoljnog delovanja ovih masnih kiselina na smanjenje rizika od kardio-vaskularnih bolesti. Ti mehanizmi su: inaktivacija transkripcionog faktora odgovornog za sintezu holesterola, povećanje aktivnosti jetrenog LDL receptora i delovanje na metabolizam masti (Hammad i sar., 2016). Nogoy i sar. (2022) navodeći rezultate osam studija zaključuje da ishrana koncentrovanim obrokom utiče na povećanje MUFA u poređenju sa ishranom na paši. Ishrana koncentrovanim obrokom smanjuje pH vrednost buraga i samim tim usporava razvoj bakterija odgovornih za pretvaranje nezasićenih u SFA i povećava koncentraciju MUFA (Fukuda i sar., 2006). Smanjen nivo MUFA kod goveda na ispaši objašnjava se i manjom aktivnosti sterol karnitin desaturaze (*sterol carnitine desaturase*) što dovodi do smanjenja procesa desaturacije SFA u odgovarajuće MUFA (Hilmia i sar., 2017).

Polinezasićene masne kiseline (PUFA – *Polyunsaturated fatty acids*)

Polinezasićene masne kiseline su ugljovodonični lanci koji sadrže dve ili više dvostrukih veza i mogu se podeliti na n-3 i n-6 PUFA masne kiseline što zavisi od pozicije prve dvostruke veze u odnosu na metil kraj masne kiseline. Najznačajnije n-6 masne kiseline su konjugovana linolna (C18:2) i arahidonska (C20:4) kiselina. Najvažnije n-3 masne kiseline su α -linolenska (C18:3), eikozapentaenoična (C20:5), dokozapentaenoična (C22:5) i dokozaheksaenska (C22:6) kiselina (Nogoy i sar., 2022). Sadržaj ukupnih PUFA masnih kiselina u intramuskularnoj masti govedeg mesa se kreće od 4% do 5% (Scollan i sar., 2006) i ukupan sadržaj PUFA masnih kiselina je veći kod grla hranjenih koncentrovanim obrokom u odnosu na ispašu, što se povezuje sa većim ukupnim sadržajem masti (Najar-Villarreal i sar., 2019; Hwang i Joo, 2017).

Linolna n-6 (LA) i α -linolenska n-3 (ALA), kao dve esencijalne masne kiseline u ljudskoj ishrani su i najvažnije PUFA. Nogoy i sar. (2022) su citirajući druge autore utvrdili da je sadržaj

linolne masne kiseline u goveđem mesu veći pri ishrani koncentrovanim obrokom u odnosu na ispašu, takođe je i koncentracija ukupnih n-6 PUFA veća pri koncentrovanom obroku. Kod α -linolenske kiseline situacija je obrnuta, jer je ova esencijalna masna kiselina više zastupljena u mesu grla sa ispaše u odnosu na meso koje potiče od grla hranjenih koncentrovanim obrokom, takođe je i koncentracija ukupnih n-3 PUFA u mesu veća pri ispaši.

Značaj PUFA za ljudsko zdravlje i ishranu ne ogleda se samo u koncentracijama pojedinačnih n-6 i n-3 masnih kiselina već se uzima u obzir i njihov međusobni odnos koji se odražava na sveukupni biološki efekat (Ruxton i sar., 2004). Zbog toga je važno da se sastav PUFA iskaže i preko indeksa koji predstavlja međusobni odnos ukupnih n-6 i ukupnih n-3 masnih kiselina, mada se češće koristi odnos između linolne i α -linolenske masne kiseline (Scollan, 2003). Nogoy i sar. (2022), citirajući druge autore, zaključuju da veći nivo n-3 masnih kiselina koji je utvrđen u mesu kod grla sa ispaše u odnosu na grla hranjena koncentrovanim obrokom dovodi do stvaranje poželjnijeg nižeg odnosa n-6 i n-3 masnih kiselina. Takav poželjan odnos n-6 i n-3 masnih kiselina ima supresivan efekat na mnoge bolesti kao što su: kardiovaskularne bolesti, artritis, rak (Simopoulos, 2006) i aterogeneza (Lawrence, 2013).

2.12.2. Senzorna svojstva mesa

Senzorna svojstva mesa su glavni faktori kojima se rukovode potrošači prilikom kupovine (McIlveen i Buchanan, 2001). Ovu grupu osobina mesa odlikuje velika varijabilnost izazvana uticajem različitih tehnološko-proizvodnih faktora kao i odlika mesa, pa je neophodna stalna kontrola da bi se kvalitet mesa održao na odgovarajućem nivou. Faktori koji dovode do promena senzornih svojstava mesa mogu delovati *pre mortem* i *post mortem*. Faktori koji deluju *pre mortem* su ishrana, nega, smeštaj, transport i ophođenje sa životinjama pre klanja. Faktori koji deluju *post mortem* obuhvataju temperaturne uslove, trajanje skladištenja, način pakovanja i upotrebe mesa (Resconi i sar., 2010). Najvažnija senzorna svojstva mesa procenjuju se prilikom konzumacije proizvoda, a odnose se na teksturu, ukus i miris mesa i moraju se stalno poboljšavati kako bi se odgovorilo na potrebe potrošača (Font-I-Furnols i sar., 2014). Tekstura mesa zavisi od građe mišićnog tkiva, količine vezivnog tkiva kao i masnog tkiva. Ovi parametri direktno utiču na mekoću i sočnost mesa. Senzorna svojstva mesa su pod uticajem uzrasta životinje, rase, načina ishrane, ophođenja sa grlima pre klanja i načina čuvanja mesa (Moholisa i sar., 2017).

López-Pedrouso i sar. (2020) su u svom istraživanju nastojali da utvrde da li postoji značajan uticaj rase, sistema proizvodnje i ophođenja sa životinjama pre klanja na senzorna svojstva mesa. Autori su utvrdili da postoje značajne razlike između rasa za sva ispitivana svojstva sa posebno izraženim uticajem na mekoću, sočnost, fibroznost i miris mesa. Proizvodni sistem je značajno uticao na mekoću, sočnost i fibroznost mesa, jer kako autori navode najbolje vrednosti za mekoću mesa su utvrđene u intenzivnom sistemu proizvodnje, pa su logično tu bile i najmanje vrednosti za fibroznost mesa. Ophođenje sa grlima pre klanja je pokazalo značajan uticaj na sva ispitivana senzorna svojstva osim na fibroznost mesa. Rezultati pojedinih autora nisu pokazali značajan uticaj proizvodnog sistema na senzorna svojstva mesa (Guerrero i sar., 2013) ili je taj uticaj pripisan ishrani u završnom tovu (Moloney i sar., 2011; Chail i sar., 2016). Ispitivanja uticaja proizvodnih sistema na senzorna svojstva mesa su očigledno dosta složena, pa zbog mnogo varijabilnih elemenata tih sistema dobijamo kontradiktorne rezultate. Realini i sar. (2004) i French i sar. (2001) u svojim ispitivanjima nisu utvrdili značajne razlike u mekoći mesa između sistema proizvodnje koji se zasnivao na ispaši i onog koji se zasnivao na koncentrovanom obroku. Suprotno ovim rezultatima, Resconi i sar. (2010) su ustanovili bolju vrednost za mekoću mesa pri ishrani koja se zasnivala na koncentrovanim smešama u odnosu na ishranu koja se zasnivala na ispaši.

3. Materijal i metod

Fenotipska i genetička karakterizacija goveda rase buša na teritoriji Republike Srbije izvršena je ispitivanjem ukupno 191 grla ove rase. Ispitivana populacija obuhvatila je 7 bikova, 157 krava i 27 muške junadi dok su od još 40 muške junadi uzeti uzorci mesa posle klanja. Odgoj životinja se sprovodio u sistemu krava – tele. Dojni period je trajao 6 meseci, nakon čega su se muška telad odvajala i upućivala u ekstenzivan tov. Ishrana tokom vegetacionog perioda bazirana je na planinskim pašnjacima Stare planine, koji se prostiru na nadmorskim visinama od preko 1000 metara. Tokom zimskog perioda, ishrana se zasnivala na senu sa prirodnih pašnjaka uz dodatak zrnastih hraniva kao što su raž i ovas.

Zavisno od vrste ispitivanja, grla su razvrstavana u grupe na osnovu više kriterijuma:

a) Podela na osnovu starosti

Razvrstavanje krava u ove grupe izvršeno je na osnovu starosti životinja u trenutku merenja morfometrijskih osobina. Starost krava je izražena u danima, i grla su podeljena u četiri starosne grupe, odnosno kategorije.

Tabela 7. Starosne grupe krava

Starosne grupe	Opseg grupe (dani)	Opseg grupe (godina)	Broj grla po grupi
1	772 – 1771	2,11 – 4,85	61
2	1772 – 2771	4,85 – 7,59	40
3	2772 – 3771	7,59 – 10,32	26
4	3772 - 6771	10,32 – 18,54	23
ukupno			150

*za 7 grla ne postoji podatak o datumu rođenja.

Iz priložene tabele 7. može se videti da je opseg starosnih grupa 1000 dana, s izuzetkom 4. grupe, gde je opseg veći i odnosi se na sva grla starija od 3772 dana.

b) Podela na osnovu lokacije – veličine farme

Merenje krava obavljeno je na ukupno tri lokacije na teritoriji opštine Dimitrovgrad, pri čemu su grla podeljena u dve grupe. Prva grupa obuhvatala je grla sa jedne velike farme, odakle potiče većina grla, dok se u drugoj grupi bila obuhvaćena grla sa dve manje farme.

Tabela 8. Podela krava na osnovu lokacije – veličine farme

Grupe na osnovu lokacije	Broj grla na lokaciji
Farma 1	137
Farma 2	20
Ukupno	157

c) Podela na osnovu boje dlačnog pokrivača

Tabela 9. Grupe na osnovu boje dlačnog pokrivača krave

Boja	Broj grla
Siva	73
Smeđa	14
Crna	20
Atipična	17
Tigrasta	17
Žuta	16
Ukupno	157

Buša je rasa goveda koja se karakteriše izraženom varijacijom boja prisutnih u populaciji. Za potrebe ovog istraživanja, sva grla su grupisana u 6 grupa. Siva i smeđa boja dlačnog pokrivača kod buše manifestuju se svetlijim i tamnijim nijansama, dok pod žutom bojom podrazumevan je spektar boja od pšenično žute do krem bele boje. Treća grupa se nije karakterisala izraženim variranjem osnovne boje, već su grla izrazito crna. Posebnu grupu činila su grla koja su sa specifičnom tigrastom šarom. Grupu atipičnih grla činila su grla koja su po karakteristikama glave odstupala od ostalih grupa buša, odnosno imale su karakteristike glave sive tirolske ili montafonske (smeđe) rase.

3.1. Merenje telesnih dimenzija

Merenje telesnih dimenzija kod ispitivanih grla obavljeno je tokom 2020. i 2021. godine na tri gazdinstva opštine Dimitrovgrad. Tom prilikom uzimana je krv od grla za genetičke analize i to iz repne vene (*v. coccigea*) ili iz vratne vene (*v. jugularis*). Za svako ispitivano grlo formirani su terenski zapisnici gde su upisivane izmerene morfološke vrednosti (linearne mere). Korišćenjem merne trake odnosno pantljičke obavljeno je merenje obima grudi, obima cevanice, dužine glave i širine glave. Korišćenjem litinovog štapa izmerene su visine grebena, visine krsta, dubine grudi, širine grudi, dužine karlice, širine karlice i dužine tela. Širina karlice merena je na tri mesta i to na bedrenim kvrgama, na karlično-butnim zglobovima i na sednjačnim kvrgama. Prikupljeni su podaci o sledećim telesnim merama:

- dužina glave – rastojanje od vrha čeone kosti do početka nosnog ogledala;
- širina glave (čela) – rastojanje između spoljašnjih ivica orbitalnih lukova;
- visina grebena – predstavlja vertikalno rastojanje od podloge, iza zadnjeg papka, do najviše tačke na grebenu;
- visina krsta – predstavlja vertikalno rastojanje od podloge do najviše tačke krsne kosti;
- dubina grudi – predstavlja vertikalno rastojanje od donje ivice grudne kosti do najviše tačke na grebenu;
- širina grudi – predstavlja rastojanje na najužem mestu iza lopatica;
- obim grudi – predstavlja obim trupa, meren u grudnom delu (neposredno iza lopatice);
- dužina karlice – predstavlja rastojanje od prednje ivice kvрге bedrene kosti do zadnje tačke sednjačne kvрге;
- širina karlice (bedra) – predstavlja rastojanje između spoljašnjih ivica bedrenih kvрга;
- širina karlice (kukovi) – predstavlja rastojanje između spoljašnjih ivica karlično-butnih zglobova;
- širina karlice (sednjačne kvрге) – predstavlja rastojanje između spoljašnjih ivica sednjačnih kvрга;
- dužina tela – predstavlja rastojanje od prednje ivice rameno-lopatičnog zgloba do zadnje tačke sednjačne kvрге;
- obim cevanice – predstavlja obim na najtanjem mestu na cevanici prednje noge;
- “čistoća vimena“ – utvrđena je na osnovu broja (prisustva) pasisa na vimenu krava, u odnosu na ukupan broj ispitivanih grla;
- muskuloznost prednjeg i zadnjeg dela tela procenjena je na osnovu odgovarajućeg intervala (skala od 1 – 5).

Relativni pokazatelji telesne razvijenosti

Na osnovu izmerenih vrednosti telesnih dimenzija, izračunati su indeksi telesne razvijenosti, koji predstavljaju relativne pokazatelje telesne razvijenosti i pomažu u pružanju dodatnih informacija o eksterijeru životinje.

Indeksi telesne razvijenosti (indeks formata, indeks grudi, indeks dubine grudi, indeks zbijenosti trupa, indeks masivnosti, indeks telesne mase, indeks pregrađenosti) definisani su metodologijom opisanom od strane Perišića (2013):

Indeks formata = (Dužina trupa / Visina grebena) * 100 (%)

Indeks dubine grudi = (Dubina grudi / Visina grebena) * 100 (%)

Indeks zbijenosti trupa = (Obim grudi / Dužina trupa) * 100 (%)

Indeks masivnosti = (Obim grudi / Visina grebena) * 100 (%)

Indeks pregrađenosti = (Visina krsta / Visina grebena) * 100 (%)

Karlično – grudni indeks = (Širina grudi / Širina kukova) * 100 (%)

Indeks dužine nogu = ((Visina grebena – Dubina grudi) / Visina grebena) * 100 (%)

Indeks širine čela = (Širina čela / Dužina glave) * 100 (%)

Indeks koščatosti = (Obim cevanice / Visina grebena) * 100 (%)

3.2. Ispitivanje reproduktivnih parametara

Reproduktivne osobine (uzrast grla pri prvom pripustu, uzrast grla pri prvom teljenju, trajanje servis perioda, trajanje međutelidbenog intervala, masa teladi pri rođenju) su ispitane na osnovu dostupnih podataka za 149 krava rase buša. Servis period predstavlja vremenski period od teljenja do narednog pripusta, odnosno uspešnog osemenjavanja, dok međutelidbeni interval predstavlja vremenski period između dva uzastopna teljenja. Na osnovu sezone teljenja plotkinja, tj. trajanja servis perioda svi podaci su grupisani u 4 sezone (1- decembar, januar i februar = zima; 2- mart, april, maj = proleće; 3- jun, jul, avgust = leto; 4- septembar, oktobar, novembar = jesen). Podaci su grupisani i na osnovu rednog broja teljenja (1., 2., 3., 4., 5., 6., 7., 8., 9. i ostala).

3.3. Ispitivanje osobina kvaliteta mesa

Za potrebe ispitivanja kvaliteta mesa korišćen je trorebarni isečak (od IX do XI rebra) (*Musculus longissimus dorsi*) muške junadi. Ispitivanja su sprovedena na ukupno 40 uzoraka mesa (jedan uzorak po grlu). Prosečan uzrast bikova u momentu klanja bio je 18 meseci, s varijacijom od 15 dana. Klanje je organizovano krajem vegetacionog perioda, odnosno krajem jeseni. Telesna masa bikova pre klanja je bila 180 ± 10 kg, dok je masa polutki posle primarne obrade iznosila u proseku 72,5 kg. Sva junad su bila sa jedne farme u Dimitrovgradu koja je imala oko 300 krava u priplodu. To je trenutno najveća farma krava rase buša u Srbiji i sa približno 550 grla svih uzrasnih kategorija i ima izuzetan značaj za *in-situ* konzervaciju ove rase goveda. Životinje za klanje su odabirane na osnovu uzrasta, telesne mase i kondicije. Klanje je obavljeno u klanici u Dimitrovgradu, koja se nalazi u blizini farme odakle grla potiču. Transport životinja do klanice trajao je oko 30 minuta, dok je odmor životinja nakon transporta, a pre klanja, trajao 2 sata. Uzorkovanje mesa je izvršeno neposredno nakon primarne obrade trupa. Uzorci su zatim transportovani u Institut za stočarstvo u ručnom frižideru radi daljih ispitivanja. Ispitivanja su podeljena na fizičko-hemijske analize i ocenu senzornih svojstva.

3.3.1. Fizičko-hemijska svojstva mesa

Ispitivanje fizičko-hemijskih svojstava podrazumevalo je sprovođenje analiza radi utvrđivanja sledećih parametara: sadržaj proteina, sadržaj vode, sadržaj masti, sadržaj pepela, ukupni pigmenti, pH vrednost, sposobnost vezivanja vode, kalo kuvanja, boja mesa, mekoća, sastav masnih kiselina i dijametar mišićnih vlakna.

Sadržaj proteina. Sadržaj proteina, izražen je u procentima mase, utvrđen primenom metode po Kjeldahl-u (SRPS ISO 937, 1992) na aparatu Kjeltex system 1026 (Foss Tecator, Danska).

Sadržaj vode. Sadržaj vode, izražen u procentima mase, je određen sušenjem uzorka mesa do konstantne mase na $102\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ (SRPS ISO 1442, 1998).

Sadržaj masti. Sadržaj masti, izražen u procentima mase, je utvrđen primenom metode ekstrakcije po Soxhlet-u sa petrol-etrom kao rastvaračem (SRPS ISO 1444, 1998) na aparatu Soxtherm multistat (Gerhardt, Nemačka).

Sadržaj pepela. Sadržaj pepela, izražen u procentima mase, utvrđen je žarenjem uzorka do konstantne mase na $550\text{ °C} \pm 25\text{ °C}$ (SRPS ISO 936, 1999).

Ukupni pigmenti. Sadržaj ukupnih pigmenata, izražen je u mg/kg (ppm), određen je metodom po Hornsey-u (Bunning i Hamm, 1970).

pH vrednosti. Određivanje pH vrednosti mesa obavljeno je pH-metrom sa kombinovanom ubodnom elektrodom Hanna HI 83141 (Hanna Instruments, USA).

Sposobnost vezivanja vode (SVV). Za određivanje sposobnosti vezivanja vode mesa korišćena je metoda koju su ustanovili Grau i Hamm (1953) gde je vrednost SVV izražena u cm^2 ovlažene površine.

Gubitak mase pri kuvanju mesa ili kalo kuvanja. Postupak je sproveden na osnovu razlike mase komada mesa veličine: $3 \times 4 \times 1,5\text{ cm}$ pre i posle kuvanja u zatvorenom staklenom sudu na 100 °C tokom 10 minuta u destilovanoj vodi (odnos mesa i vode 1:2). Izražen je u procentima u odnosu na masu uzorka pre kuvanja (Sl. list SFRJ, br. 2/85, 12/85 i 24/86).

Mekoća mesa. Mekoća mesa je utvrđena preko sile sečenja (kg) i izmerena je nakon kuvanja na 100 °C tokom 10 minuta i sečenja mesa na komadiće veličine $0,5 \times 1 \times 2\text{ cm}$ u pravcu pružanja mišićnih vlakana na konzistometru (Volodkevich, 1938). Veće vrednosti označavaju veću silu sečenja, a to ukazuje na tvrđe meso. S druge strane, uzorci koji imaju manje vrednosti sile sečenja ukazuju na mekše meso.

Instrumentalno merenje boje mesa. Instrumentalno merenje boje mesa obavljeno je pomoću uređaja Chroma Meter CR-400 (Minolta, Japan), koji je bio prethodno kalibrisan u odnosu na standardnu belu površinu (iluminacija D65, ugao gledanja 20° i otvor sonde 8 mm). Vrednosti boje su predstavljene u CIE $L^*a^*b^*$ sistemu (CIE, 1976) gde je mera L^* označava svetloću mesa, a^* relativan udeo crvene i b^* relativan udeo žute boje. Na svakom uzorku mesa urađena su po tri očitavanja i njihova srednja vrednost je korišćena za statističku obradu podataka. Hue ugao (H° – “stvarna crvena”) izračunat je kao: $\arctangent(b^*/a^*) * 180/3,142$. Chroma vrednost (C^* – “intenzitet boje”) izračunata je kao $(a^{*2} + b^{*2})^{0,5}$.

Sastav masnih kiselina. Metil estri masnih kiselina (FAME) su pripremljeni direktnom transesterifikacijom, kao što su opisali O'Fallon i sar. (2007). Za određivanje masnih kiselina je korišćen gasni hromatograf GC instrument Shimadzu 2014 (Kjoto, Japan) sa split/splitless injektorom, HP-88 kolonom (dužina 60 m, prečnika 0,25 mm, debljina filma 0,20 mm) sa cijano-silikonskom stacionarnom fazom (“fused silica cyanopropyl”) i plameno jonizujućim detektorom (FID – Flame Ionization Detector, eng). Temperature injektora i detektora bile su 260 i 280 °C , respektivno. Noseći gas je bio helijum sa brzinom protoka od $1,0\text{ mL/min}$. Injektovana zapremina je bila $1\ \mu\text{L}$. Sastav masnih kiselina je na kraju predstavljen kao procentualni udeo pojedinačnih masnih kiselina u ukupnim masnim kiselinama ($\text{g}/100\text{ g}$ ukupnih masnih kiselina).

Analiza je podrazumevala utvrđivanje sadržaja masnih kiselina. U ispitivanim uzorcima mesa detektovane su sledeće masne kiseline:

zasićene masne kiseline (SFA - *saturated fatty acids*);

- 14:00 (miristinska masna kiselina);
- 16:00 (palmitinska masna kiselina);
- 18:00 (stearinska masna kiselina);

mononezasićene masne kiseline (MUFA - *monounsaturated fatty acids*);

- 16:1 n-7 (palmitoleinska masna kiselina);
- 18:1c n-9 (oleinska masna kiselina);

polinezasićene masne kiseline (PUFA - *polyunsaturated fatty acids*);

- 18:2c n-6 (linolna masna kiselina);

- 18:3 n-3 (α Linolenska masna kiselina);
- n-6 (omega-6 masna kiselina);
- n-3 (omega-3 masna kiselina).

Dijametar mišićnih vlakna. Ispitivanje ovog svojstva obavljeno je pomoću lanometra, a minimalni broj merenja po uzorku je bio 100. Očitane vrednosti na lanometru množene su sa faktorom 6,67 da bi se rezultati na kraju prikazali u mikrometrima (μm).

3.3.2. Senzorna svojstva mesa

Ispitivanja su podrazumevala ocenu senzornih svojstava svežeg mesa (boja, mramoriranost, struktura) i termički obrađenog mesa (miris, ukus, mekoća, sočnost) u laboratorijskim uslovima, komisijski i prema utvrđenoj linearnoj skali ocene.

a) Ocena senzornih svojstava svežeg mesa

Boja mesa. Ocena boje mesa je utvrđena poređenjem boje mesa uzorka sa utvrđenom linearnom ocenom skale i kao rezultat tog poređenja izvršeno dodeljivanje poena od 1 do 5 (Slika 5).



Slika 5. Skala ocene boje mesa (Ostojić Andrić, 2007).

Mramoriranost mesa. Mramoriranost mesa predstavlja pojavu većih ili manjih nakupina masnog tkiva u rastresitom vezivnom tkivu između snopića mišićnih vlakna i doprinosi boljem ukusu, mekoći i sočnosti mesa (Cannata i sar., 2010). Ocena mramoriranosti mesa je utvrđena poređenjem mramoriranosti mesa uzorka sa utvrđenom linearnom ocenom skale i kao rezultat tog poređenja izvršeno dodeljivanje poena od 1 do 5 (Slika 6).



Slika 6. Skala ocene mramoriranosti mesa (Ostojić Andrić, 2007)

Struktura mesa.

Pod strukturom mesa podrazumeva se građa mišićnog tkiva sa posebnim osvrtom na odnos mišićnog i vezivnog tkiva, unutar mišića i na njihovoj periferiji (Ostojić Andrić, 2007). Posle vizualne procene mesa izvršeno je dodeljivanje poena od 1 do 3 prema sledećoj skali (Ostojić Andrić, 2007):

- 3 – *fina struktura*: na presecima mišića ne zapažaju se jasne granice između snopova i snopića, površina preseka je homogenog izgleda;

- 2 – *osrednja struktura*: građa mišićnog tkiva je nešto grublja sa nešto većim učešćem vezivnog tkiva;
- 1 – *gruba struktura*: meso izrazito grube strukture sa velikim učešćem vezivnog tkiva.

b) Ocena senzornih svojstava mesa posle termičke obrade

Posle termičke obrade mesa na temperaturi od 190°C tokom 10 min u uređaju za pečenje sa infracrvenim zracima (model Terma 40) pristupilo se oceni mirisa, ukusa, mekoće i sočnosti mesa. Sama ocena svojstva podrazumevala je dodeljivanje poena od 1 do 3 prema sledećoj skali ocena:

- za miris i ukus: 1 – loš; 2 – ni loš ni dobar; 3 – dobar;
- za mekoću: 1 – tvrdo; 2 – ni tvrdo ni meko; 3 – meko;
- za sočnost: 1 – suvo; 2 – ni suvo ni sočno; 3 – sočno.

3.4. Molekularno-genetička analiza

Ekstrakcija DNK iz krvi i tkiva životinja izvršena je pomoću kompleta za ekstrakciju DNK iz krvi i tkiva, „DNeasy Blood & Tissue Kits”, proizvođača „Qiagen“ (Hilden, Nemačka), u skladu sa protokolom proizvođača. Svi uzorci DNK su rastvoreni u vodi. Koncentracija i čistoća DNK mereni su pomoću nano drop UV spektrofotometra ND1000 proizvođača „ThermoFisher Scientific“ (Valtham, Masačusets, Sjedinjene Američke Države). Uzorci koji su imali koncentraciju manju od 50 ng/μl, kao i spektralne odnose 260/280 i 260/230 manje od 1,5, nisu bili analizirani na mikročipu.

GWAS analiza je sprovedena korišćenjem IlluminaIscan™ aparata (Illumina, San Dijego, Kalifornija, Sjedinjene Američke Države) i BovineSNP50-24 v3 BeadChip mikročipova (Illumina, San Dijego, Kalifornija, Sjedinjene Američke Države). Svaki mikročip sadrži 24 trake za nanošenje uzoraka i može analizirati 53,218 pojedinačnih nukleotidnih polimorfizama (SNP-ova), ravnomerno raspoređenih duž genoma. Genotipizacija je urađena po protokolu proizvođača za korišćeni tip mikročipa: „Infinium HTS Assay Reference Guide“. Ukupno je 96 životinja uključeno u GWAS analizu. Illumina Genome Studio je korišćen za analizu genotipova na osnovu dodeljenog „Call Rate“ za svaki analizirani uzorak. „Call Rate“ predstavlja procenat uspešno detektovanih genotipova u odnosu na ukupan broj SNPova na čipu. Analiza rezultata i kontrola kvaliteta urađena je korišćenjem PLINK 1.9 (www.cog-genomics.org/plink/1.9/) (Chang i sar., 2015).

Kriterijumi korišćeni za isključenje uzoraka (pojedinačnih krava) i pojedinačnih SNP-ova su sledeći: „Call Rate“ pojedinačnog uzorka < 90%; p vrednost <0,00005 Hardi-Weinberg neravnotežu; učestalost ređeg alela <0,05; uspešnost genotipizacije pojedinačnog nukleotida (SNPa) <10%.

Za analizu asocijacija primenjena je linearna regresija korišćenjem aditivnog genetskog modela, koja je definisana na sledeći način:

$$Y = Xb + Wg + e$$

Gde je Y vektor osobine; b je vektor fiksnog efekta (sadržaj masti za analizu masnih kiselina) i linearne diskriminantne funkcije; g je vektor za SNP efekte; e je vektor nasumičnih rezidualnih efekata; X i W su matrice incidence za b i g. Značaj asocijacije pojedinačnih SNPova je određen pomoću p vrednosti. Granične vrednosti za statističku značajnost na nivou celokupnog genoma iznose $p \leq 5 \times 10^{-8}$, dok je sugestivna značajnost uzeta za vrednosti $p < 1 \times 10^{-5}$. Kao rezultat u disertaciji prikazani su SNP-ovi za pojedinačne osobine koji nose najveće statističke značajnosti. Rezultati genetičke analize sa statističkom značajnošću od $1 \times 10^{-5} \leq p < 5 \times 10^{-2}$ se smatraju nominalno značajnim.

3.5. Statistička obrada podataka

Statistička obrada podataka je obavljena u statističkom paketu Statistica version 12.0 (StatSoft, 2013). Osnovni statistički pokazatelji su obuhvatili aritmetičku sredinu, standardnu devijaciju (SD), najmanje (minimum) i najveće vrednosti (maximum) unutar skupa podataka i koeficijent varijacije (CV). Kako bi se izmerila jačina i pravac linearnog odnosa između ispitivanih osobina, utvrđeni su koeficijenti korelacije. Analiza varijanse je korišćena s ciljem procene razlika između prosečnih vrednosti grupa, a test najmanjih značajnih razlika (Least Significant Difference test – LSD test) za utvrđivanje značajnosti razlika između srednjih vrednosti.

4. Rezultati i diskusija

Rezultati rada, zajedno s diskusijom, su predstavljeni u više celina koje prate prethodno opisani materijal i metod rada.

4.1. Morfometrijske osobine goveda rase buša

U ispitivanju morfometrijskih osobina krava uključeno je svih petnaest osobina: visina grebena (cm), visina krsta (cm), dubina grudi (cm), širina grudi (cm), obim grudi (cm), dužina karlice (cm), širina karlice – merena na tri pozicije (cm), dužina tela (cm), dužina glave (cm), širina glave odnosno čela (cm) i obim cevanice (cm). Takođe je ispitivan broj pasisa. Rezultati ukazuju na to da je od ukupno 157 krava 16,56% imalo pasise, odnosno 8,92% grla je imalo jednu pasisu, a 7,64% dve. Prosečne vrednosti i varijabilnost morfometrijskih osobina krava prikazane su u tabeli 10. Iz prikazanih podataka može se zaključiti da su koeficijenti varijacije svih ispitivanih osobina ispod 16%. U kontekstu morfometrijskih osobina goveda, ovakve vrednosti koeficijenta varijacije ukazuju na relativno nisku varijabilnost osobina u odnosu na prosečne vrednosti. To dalje ukazuje da su krave relativno ujednačene po pitanju veličine i građe tela i da podaci o morfometrijskim osobinama krava iz ovog istraživanja mogu biti preporučeni kao standard ove rase.

Posmatrajući po pojedinačnim osobinama, podaci ukazuju da najveći koeficijent varijacije ima osobina širina karlice na sednjačkim kvrgama (15,94%), dok su najmanje varirajuće osobine visina krsta (5,06%) i visina grebena (5,66%). Utvrđene prosečne vrednosti za visinu grebena i visinu krsta od 106,18 cm odnosno 109,36 cm, ukazuju na postojanje pregrađenosti kod grla u ispitivanoj populaciji. Slične vrednosti za visinu grebena kod buše naveli su Ivanković i sar. (2014), Adamov i sar. (2011) i Bytyqi i sar. (2011). Rexhaj i sar. (2016) su ustanovili prosečnu visinu grebena od 111,66 cm, dok su Novaković i sar. (2018) utvrdili prosečnu vrednost za ovu osobinu od 113,53 cm, što je razlika od 4 – 6 cm u odnosu na rezultate predstavljene u ovom radu. Bunevski i sar. (2011) su naveli prosečne vrednosti za visinu krsta krava od 105 – 107 cm, što je neznatno manje u odnosu na podatke prikazane u ovom radu, dok su značajno veću prosečnu visinu krsta naveli Marković i sar. (2016), čak 118 cm.

Najvažniji deo trupa je grudni koš. Poželjno je da su grudi duboke i široke jer od toga zavisi proizvodna sposobnost životinje. Utvrđene prosečne vrednosti za dubinu i širinu grudi su uglavnom niže u odnosu na rezultate drugih autora. Konjačić i sar. (2004) su ispitivali morfometrijske osobine kod buše u Hrvatskoj i utvrdili su prosečnu vrednost za dubinu grudi od 60,89 cm, a za širinu grudi od 36,13 cm. Rexhaj i sar. (2016) i Marković i sar. (2016) su ustanovili prosečnu vrednost za obim grudi od 157 cm, dok Konjačić i sar. (2004) navode prosečnu vrednost od 162,13 cm. Proređenjem sa rezultatima predstavljenim u ovom radu može se zaključiti da je utvrđena prosečna vrednost za obim grudi (150,50 cm) značajno niža u odnosu na rezultate navedenih autora. Kod goveda su poželjne dugačke i široke sape sa dobro razvijenom muskulaturom. Konjačić i sar. (2004) su ispitivanjem telesnih mera kod hrvatske buše utvrdili prosečnu vrednost za dužinu karlice od 45,63 cm, a za širinu karlice od 44,10 cm, što je znatno više u odnosu na rezultate utvrđene u ovom radu. Prosečna dužina tela od 125,98 cm slična je rezultatima koje su naveli Marković i sar. (2016), dok su veće vrednosti naveli Konjačić i sar. (2004) i to za obim cevanice za oko 1 cm u odnosu na rezultate prikazane u ovom radu.

Oblik glave je kod mnogih goveda rasna karakteristika. Kod buše ona je malih dimenzija, sa venčastim rogovima. Prosečna vrednost za dužinu glave je nešto veća u odnosu na rezultate koje su naveli Bunevski i sar. (2011) i iznosi 40,04 cm, dok je prosečna širina glave (čela) od 18,83 cm manja za 2 – 3 cm u odnosu na vrednosti koje navode Rexhaj i sar. (2016) i Konjačići sar. (2004).

Tabela 10. Prosečne vrednosti i varijabilnost eksterijernih osobina krava

Osobine	N	Prosek	Minimum	Maksimum	Std.Dev.	CV (%)
Visina grebena (cm)	154	106,18	92	122	6,01	5,66
Visina krsta (cm)	155	109,36	96	122	5,53	5,06
Dubina grudi (cm)	155	54,07	43	65	3,90	7,22
Širina grudi (cm)	109	28,51	19	40	3,99	14,00
Obim grudi (cm)	153	150,50	128	188	11,06	7,35
Dužina karlice (cm)	155	38,97	28	52	3,81	9,78
Širina karlice – bedra (cm)	155	37,39	26	48	4,16	11,11
Širina karlice – kukovi (cm)	111	32,52	23	42	3,00	9,24
Širina karlice - sed. kvrge (cm)	111	14,19	10	20	2,26	15,94
Dužina tela (cm)	155	125,98	104	145	7,37	5,85
Dužina glave (cm)	155	40,04	32	48	3,02	7,55
Širina glave – čela (cm)	154	18,83	16	22	1,37	7,28
Obim cevanice (cm)	153	15,61	12	18	1,23	7,88
Muskuloznost prednjeg dela tela	157	1,79	1	3	-	-
Muskuloznost zadnjeg dela tela		1,79	1	3	-	-
Prisustvo pasisa	157	26 (16,56%)		-	-	-
- sa jednom pasisom		14 (8,92%)				
- sa dve pasise		12 (7,64%)				

Buša je rasa goveda koja se odlikuje viševekovnom tradicijom gajenja na Balkanskom poluostrvu. Najstarije studije koje se bave opisom i ispitivanjem morfometrijskih osobina buše datiraju s kraja 19. i početka 20. veka, i pružaju nam mogućnost poređenja tih rezultata sa današnjom populacijom ove rase. Adametz (1895) navodi prosečne vrednosti za visinu grebena od 103,4 – 108 cm i za visinu krsta od 105,3 – 110,3 cm, što je slično rezultatima predstavljenim u tabeli 10. Uzimajući u obzir i druge morfometrijske pokazatelje koji opisuju bušu iz perioda od pre 100 do 120 godina (tabela 2. i tabela 3.), dolazi se do zaključka da se krave iz ispitivane populacije ne razlikuju značajno u građi i formatu u odnosu na grla iz tog perioda.

Tabela 11. Prosečne vrednosti i varijabilnost morfometrijskih osobina bikova

Osobine	N	Prosek	Minimum	Maksimum	Std.Dev.	CV (%)
Visina grebena (cm)	7	114,57	104	122	6,32	5,52
Visina krsta (cm)	7	117,00	110	125	4,90	4,19
Dubina grudi (cm)	7	59,00	53	65	3,87	6,56
Širina grudi (cm)	5	33,40	29	38	3,65	10,92
Obim grudi (cm)	7	170,71	149	203	18,17	10,64
Dužina karlice (cm)	7	42,43	36	48	4,08	9,61
Širina karlice – bedra (cm)	7	40,43	31	46	5,00	12,36
Širina karlice – kukovi (cm)	5	36,80	31	42	5,07	13,78
Širina karlice - sed. kvrge (cm)	5	13,80	12	16	1,48	10,75
Dužina tela (cm)	7	137,29	119	148	10,29	7,50
Dužina glave (cm)	7	43,36	41	46	2,21	5,10
Širina glave – čela (cm)	7	22,71	20	28	2,93	12,89
Obim cevanice (cm)	7	20,00	18	23	1,83	9,13

Ispitivanje morfometrijskih osobina buše uglavnom se zasniva na ženskim grlima, dok muška grla često nisu ni uključena u ispitivanja što dovodi do nedostatka literaturnih podataka o

morfometriji muških grla. Razlog za to je njihova mala brojnost, kao i složenija manipulacija bikovima u odnosu na krave. Prosečna vrednost i varijabilnost morfometrijskih osobina bikova prikazana je u tabeli 11. Prosečna visina grebena bikova iznosila je 114,57 cm, što je skoro identično rezultatima koje navode Šakić i sar. (2018). Na osnovu dostupnih literaturnih podataka, ispitivanjem morfometrijskih osobina bikova rase buša bavio se još samo Adametz (1895) i može se zaključiti da su ti bikovi bili donekle manjih formata u odnosu na današnje bikove uključene u ovo istraživanje.

Korelacijski odnosi između ispitivanih morfometrijskih osobina krava ukazuju na poprilično jaku vezu među njima, budući da od ukupno 78 korelacija samo 15 nije bilo statistički značajno (tabela 12). Kod visine grebena utvrđena je statistički značajna korelacija sa svim ispitivanim osobinama, osim sa dužinom glave, gde je veza pozitivna, ali nije bila statistički značajna. Na osnovu prikazanih vrednosti koeficijentata korelacije, možemo zaključiti da visina grebena najjače korelira sa visinom krsta, dubinom grudi, dužinom tela i širinom karlice (bedra). Rezultati pokazuju pozitivnu i statistički značajnu korelaciju visine krsta sa svim ispitivanim osobinama, pri čemu je ta veza bila najjača sa visinom grebena i dubinom grudi. Dubina grudi nije bila u značajnoj korelaciji samo sa dužinom glave (tabela 12). Kod širine grudi nije utvrđena statistički značajna korelacija samo sa obimom grudi, dužinom i širinom glave, dok je sa ostalim osobinama korelacija bila značajna, a posebno sa dubinom grudi. Za razliku od širine grudi, kod obima grudi je utvrđena najjača korelacija upravo sa širinom i dužinom glave. Jedan od razloga zbog kojih je širina karlice u ovom istraživanju merena na tri mesta jeste kako bi se ispitala postojanost korelacije između te tri širine. Rezultati predstavljeni u ovom radu ukazuju na postojanje značajne pozitivne korelacije između ove tri mere širine karlice. Za dužinu i širinu glave utvrđeno je najmanje značajnih korelacija sa drugim osobinama, pri čemu od značajnijih treba izdvojiti korelaciju sa obimom grudi. Kod obima cevanice utvrđena je značajna korelacija sa većinom osobina, pri čemu se posebno ističe po jačini veze korelacija sa visinom grebena.

Tabela 12. Koeficijenti korelacije morfometrijskih osobina krava

Osobine	VG	VK	DG	ŠG	OG	DK	ŠKb	ŠKk	ŠKs	DT	DGI	ŠGI	OC
VG	1	0,82*	0,59*	0,35*	0,34*	0,48*	0,50*	0,43*	0,29*	0,52*	0,07	0,28*	0,48*
VK		1	0,57*	0,27*	0,41*	0,39*	0,41*	0,39*	0,27*	0,43*	0,20*	0,29*	0,39*
DG			1	0,52*	0,29*	0,59*	0,60*	0,45*	0,43*	0,45*	0,12	0,25*	0,38*
ŠG				1	0,19	0,38*	0,47*	0,36*	0,38*	0,23*	0,12	0,15	0,24*
OG					1	0,16	0,18*	0,32*	0,19	0,37*	0,58*	0,52*	0,23*
DK						1	0,74*	0,59*	0,54*	0,42*	0,02	0,16	0,34*
ŠKb							1	0,71*	0,55*	0,38*	-0,02	0,15	0,35*
ŠKk								1	0,57*	0,34*	0,36*	0,27*	0,41*
ŠKs									1	0,07	0,02	0,07	0,17
DT										1	0,24*	0,37*	0,40*
DGI											1	0,51*	0,02
ŠGI												1	0,21*
OC													1

VG – visina grebena; VK – visina krsta; DG – dubina grudi; ŠG – širina grudi; OG – obim grudi; DK – dužina karlice; ŠKb – širina karlice (bedra); ŠKk – širina karlice (kukovi); ŠKs – širina karlice (sednjačne kvрге); DT – dužina tela; DGI – dužina glave; ŠGI – širina glave (čela); OC – obim cevanice; *označene korelacije su značajne na nivou od $p < 0,05$.

Kod većine ispitivanih osobina utvrđene su pozitivne i statistički značajne korelacije, što ukazuje na to da sa porastom vrednosti jedne osobine raste i vrednost druge. Takođe, s obzirom na jaku korelacijsku vezu između osobina, merenje jedne osobine bi moglo da se koristi za procenu (predviđanje) druge osobine u ispitivanoj populaciji. To posebno može biti značajno prilikom

sprovođenja selekcije domaćih životinja, s ciljem unapređenja osobina od interesa. Konjačić i sar. (2004) su u svom radu, između ostalog, ispitivali i korelacije telesnih mera buše u Hrvatskoj. Pomenuti autori, takođe, su utvrdili u većini slučajeva statistički značajne i pozitivne korelacije između ispitivanih morfometrijskih osobina, što je u saglasnosti sa rezultatima prikazanim u tabeli 12.

Relativni pokazatelji telesne razvijenosti, koji se često nazivaju i indeksima, predstavljaju dopunske informacije o eksterijeru životinje. Pregledom dostupnih podataka iz literature može se zaključiti da indeksi telesne razvijenosti do sada nisu često bili predmet ispitivanja kod buše. Izračunavaju se na osnovu telesnih mera i pomoću odgovarajućih formula. Vrednosti devet indeksa telesne razvijenosti utvrđenih kod krava rase buša (indeks formata, indeks dubine grudi, indeks zbijenosti trupa, indeks masivnosti, indeks pregrađenosti, karlično-grudni indeks, indeks dužine nogu, indeks širine čela, indeks koščatosti) prikazani su u tabeli 13.

Indeks formata zapravo predstavlja odnos dužine trupa i visine grebena. Kod plemenitih rasa, ovaj indeks obično prelazi 120%. Indeks pruža dodatne informacije o veličini i razvijenosti tela. Značajno veće vrednosti ovog indeksa u odnosu na prosečne vrednosti za rasu mogu biti rezultat intrauterinog zastoja u razvoju zbog nedovoljnog rasta u visinu. S druge strane, značajno manje vrednosti indeksa mogu ukazivati na zastoj u razvoju nakon rođenja, što se manifestuje kroz nedovoljno razvijenu dužinu tela. U ovom istraživanju utvrđena je prosečna vrednost za indeks formata od 118,74%. Baye i sar. (2022) su utvrdili prosečne vrednosti za indeks formata od 109% kod populacije autohtonih rasa goveda u Etiopiji, dok su za isti indeks Bila i sar. (2023) naveli vrednosti od 114%, ali kod junica saseks rase goveda. Za sve rase goveda poželjne su dobro izražene dubine grudi (veći indeks dubine grudi), jer od toga zavisi proizvodni kapacitet životinja. Kod većine rasa goveda indeks dubine grudi je preko 50%, dok je u ovom radu utvrđena prosečna vrednost od 50,93%. Indeks masivnosti predstavlja odnos obima grudi i visine grebena, pri čemu su veće vrednosti karakteristične za tovne rase. U ovom istraživanju izračunat je indeks masivnosti od 141,96%. Kada je visina krsta veća od visine grebena, tada kažemo da su takva grla pregrađena, odnosno da imaju indeks pregrađenosti veći od 100%. Prosečna vrednost indeksa pregrađenosti u ovom istraživanju iznosila je 103,01%. Pregrađenost je odlika većine plemenitih rasa, na što ukazuju i rezultati pojedinih autora (Bene i sar., 2007; Czubska-Staczek i sar., 2017).

Karlično-grudni indeks predstavlja odnos širine grudi i širine kukova. Tovne rase se često karakterišu većim vrednostima ovog indeksa u poređenju s drugim rasama, kao što su šorthorn - 83,5% i istočno-frizijsko goveće - 80% (Perišić, 2013). U ovom istraživanju je utvrđena prosečna vrednost karlično-grudnog indeksa od 78,68%, dok je koeficijent varijacije za ovaj indeks iznosio 12,73%. Prosečna vrednost za indeks dužine nogu iznosila je 49,07%, sa koeficijentom varijacije od 6,44%. Plemenite rase se odlikuju većim vrednostima indeksa širine čela u odnosu na autohtone rase (Perišić, 2013). Prosečna vrednost indeksa širine čela kod buše iznosila je 47,19%. Lomillos i Alonso (2020) su u svom istraživanju utvrdili vrednost ovog indeksa od 44,6% kod lidija rase goveda, dok Gelaye i sar., (2022) navode veće vrednosti indeksa širine čela (50,32%) kod takođe lokalne populacije goveda.

Tabela 13. Prosečne vrednosti i varijabilnost relativnih pokazatelja telesne razvijenosti krava

Relativni pokazatelji	N	Prosek	Minimum	Maksimum	Std.Dev.	CV(%)
Indeks formata (%)	154	118,74	99,18	134,38	6,70	5,64
Indeks dubine grudi (%)	154	50,93	40,98	58,10	3,16	6,20
Indeks zbijenosti trupa (%)	153	119,80	102,07	153,39	9,05	7,56
Indeks masivnosti (%)	152	141,96	116,67	186,60	11,06	7,79
Indeks pregrađenosti (%)	154	103,01	90,27	117,20	3,40	3,30
Karlično-grudni indeks (%)	109	78,68	55,00	114,29	10,02	12,73
Indeks dužine nogu (%)	154	49,07	41,90	59,02	3,16	6,44
Indeks širine čela (%)	154	47,19	38,10	55,88	3,56	7,55
Indeks koščatosti (%)	152	14,71	11,89	18,95	1,08	7,37

Poslednji indeks uključen u ovo istraživanje je indeks koščatosti koji se odnosi na razvijenost kostura. Izračunava se iz odnosa obima cevanice i visine grebena i veće vrednosti su kod rasa grube i snažne konstitucije u odnosu na grla finije građe. Prosečna vrednost ovog indeksa iznosila je 14,71%, dok Lomillos i Alonso (2020) navode vrednost indeksa od 13,9% kod lidija rase goveda.

Grla iz ispitivane populacije potiču sa farmi koje se značajno razlikuju po broju životinja. Konkretno, potiču sa jedne velike farme (sa preko 500 grla) i dve male farme (sa oko 50 grla svaka). Grla koja potiču sa velike farme razvrstana su u grupu 1, dok su grla sa malih farmi razvrstana u grupu 2. U tabeli 14 prikazane su prosečne vrednosti i standardne greške za ispitivane osobine u zavisnosti od veličine farme. Analizom prikupljenih podataka utvrđen je značajan uticaj farme na dužinu karlice, širinu karlice (bedra), dužinu glave i obim grudi. Prosečne vrednosti za dužinu karlice i širinu karlice (bedra) su bile nešto veće kod grla sa malih farmi, dok je s druge strane dužina glave i obim grudi bio veći kod grla sa velike farme. Kod ostalih ispitivanih osobina, prosečne vrednosti su se uglavnom razlikovale, ali nisu utvrđene statistički značajne razlike (prilog 1, 2, 3, 7, 9, 10).

Tabela 14. Morfometrijske osobine krava prikazane po farmama

Farma	Visina grebena		N	Visina krsta		Dubina grudi		Dužina karlice		Širina karlice bedra		N	
	prosek	Std. greška		prosek	Std. greška	prosek	Std. greška	prosek	Std. greška	prosek	Std. greška		
1	106,11	0,52	135	109,59	0,48	54,03	0,34	38,71	0,32	37,11	0,35	135	
2	106,63	1,38	19	107,85	1,23	54,30	0,88	40,65	0,84	39,30	0,92	20	
F exp.	0,12 ^{n.z.}		154	1,72 ^{n.z.}		0,08 ^{n.z.}		4,598*		4,975*		155	
Farma	Dužina tela		Dužina glave		N	Obim grudi		Obim cevanice		N	Širina glave (čela)		N
	prosek	Std. greška	prosek	Std. greška		prosek	Std. greška	prosek	Std. greška		prosek	Std. greška	
1	125,65	0,63	40,41	0,25	135	151,65	0,93	15,57	0,11	133	18,89	0,12	134
2	128,20	1,64	37,50	0,64	20	142,85	2,39	15,90	0,27	20	18,45	0,31	20
F exp.	2,1 ^{n.z.}		17,97***		155	11,78***		1,24 ^{n.z.}		153	1,79 ^{n.z.}		154

***($p < 0,001$), **($p < 0,01$), *($p < 0,05$), n.z.($p > 0,05$).

Buša je rasa goveda kasnostasnog tipa koja svoj pun porast dostiže sa 4 – 6 godina. Krave u ispitivanoj populaciji su podeljene u četiri starosne kategorije. Tabela 15 prikazuje prosečne vrednosti i greške proseka za ispitivane morfometrijske osobine krava u zavisnosti od starosne kategorije. Analizom prikupljenih podataka utvrđeno je da starost krave ispoljava značajan uticaj na dubinu grudi, dužinu karlice, širinu karlice (bedra i kukovi), dužinu tela, obim grudi, dužinu glave i širinu čela.

Prosečne vrednosti za dubinu grudi bile su najveće kod najstarije kategorije krava, a analizom podataka primenom F-testa utvrđen je značajan uticaj starosti na ovu osobinu (prilog 13). To je omogućilo sprovođenje LSD testa kako bi se ispitala značajnost razlika između starosnih kategorija. Ovaj test je pokazao da se prva (najmlađa) starosna kategorija značajno razlikuje u odnosu na sve tri starije kategorije krava, dok ostale razlike između kategorija nisu značajne (prilog 14). Kod dužine karlice je takođe utvrđen značajan uticaj starosti, dok je LSD test pokazao postojanje značajne razlike samo između prve i druge starosne kategorije (prilog 19). Sledeća osobina za koju je obradom podataka utvrđen značajan uticaj starosti je širina karlice (bedra i kukovi). Sa ciljem da se ustanovi postojanje statistički značajnih razlika između starosnih kategorija primenjen je LSD test. Ovaj test je pokazao da se prva starosna kategorija značajno razlikuje u odnosu na sve tri starije kategorije krava u pogledu širine karlice (bedra), dok ostale razlike između kategorija nisu značajne (prilog 21). U pogledu širine karlice (kukovi) LSD test je pokazao značajne razlike između prve i druge i između prve i četvrte starosne kategorije (prilog 23).

Primenom F testa utvrđen je značajan uticaj starosne kategorije na dužinu tela i obim grudi. Najniže prosečne vrednosti za dužinu tela i obim grudi utvrđene su kod prve starosne kategorije, odnosno kod krava koje još nisu ostvarile pun porast. Daljom analizom uticaja starosti na ove osobine (LSD test) ustanovljeno je da se u pogledu dužine tela prva starosna kategorija značajno razlikuje od svih drugih (prilog 26), dok se kod obima grudi četvrta kategorija značajno razlikuje od ostalih (prilog 17). Prosečne vrednosti dužine i širine glave bile su najveće kod najstarije, odnosno četvrte kategorije krava. Primenom F testa utvrđen je značajan uticaj starosti na ove osobine (prilog 27 i 29). Sa ciljem da se utvrdi značajnost razlike između starosnih kategorija primenjen je LSD test, koji je pokazao da se četvrta (najstarija) kategorija statistički značajno razlikuje od ostalih kategorija u pogledu dužine i širine glave (prilog 28 i 30).

Na osnovu prikazanih rezultata može se zaključiti da je uzrast/starost krava značajno uticao na većinu morfometrijskih osobina, tačnije na osam od trinaest. Najmlađa grla (2,11 – 4,85 godina) često su se značajno razlikovala od grla iz starijih kategorija. To su očekivani rezultati jer u tom uzrastu još uvek nisu dostigla puni porast. S druge strane grla iz četvrte kategorije (starija od 10 god.) su u potpunosti završila svoj porast, pa postoji mogućnost da je to uticalo na razlike u odnosu na mlađe kategorije. Yakubu i sar. (2021) su utvrdili da uzrast u velikoj meri utiče na morfometrijska svojstva goveda, pa iako se radi o potpuno različitim rasama ti rezultati su u saglasnosti sa rezultatima iz ovog istraživanja.

Tabela 15. Uticaj starosti krave na morfometrijske osobine

Starost (grupa)	Visina krsta		Dubina grudi		Dužina karlice		Širina karlice bedra		Dužina tela		N	
	prosek	Std. greška	prosek	Std. greška	prosek	Std. greška	prosek	Std. greška	prosek	Std. greška		
1	109,20	0,72	52,80	0,49	37,95	0,48	36,05	0,52	123,14	0,92	59	
2	109,43	0,87	54,54	0,59	39,96	0,59	38,78	0,63	126,35	1,11	40	
3	109,62	1,08	54,56	0,73	39,38	0,73	37,96	0,78	129,65	1,38	26	
4	109,22	1,15	55,83	0,78	39,74	0,78	38,20	0,83	128,61	1,47	23	
F exp.	0,04 ^{n.z.}		4,33**		2,85*		4,37**		6,68***		148	
Starost (grupa)	Visina grebena		N	Širina grudi		N	Obim grudi		N	Dužina glave		N
	prosek	Std. greška		prosek	Std. greška		prosek	Std. greška		prosek	Std. greška	
1	105,63	0,77	59	28,14	0,61	42	147,46	1,37	59	39,25	0,37	59
2	106,33	0,94	40	28,96	0,80	25	150,80	1,66	40	39,74	0,44	40
3	106,24	1,19	25	29,07	1,03	15	150,46	2,15	24	39,63	0,55	26
4	106,57	1,24	23	28,33	0,87	21	156,87	2,19	23	42,35	0,59	23
F exp.	0,19 ^{n.z.}		147	0,337 ^{n.z.}		103	4,45**		146	6,99***		148
Starost (grupa)	Širina glave (čela)		N	Obim cevanice		N	Širina karlice kukovi		Širina karlice sednjačne kvрге		N	
	prosek	Std. greška		prosek	Std. greška		prosek	Std. greška	prosek	Std. greška		
1	18,76	0,17	59	15,40	0,16	59	31,29	0,44	13,88	0,35	42	
2	18,66	0,21	40	15,73	0,19	40	33,56	0,55	14,91	0,43	27	
3	18,67	0,26	26	15,94	0,24	26	32,60	0,74	13,67	0,58	15	
4	19,77	0,28	22	15,71	0,27	21	33,45	0,63	14,19	0,49	21	
F exp.	4,08**		147	1,39 ^{n.z.}		146	4,49**		1,444 ^{n.z.}		105	

***($p < 0,001$); **($p < 0,01$); *($p < 0,05$); n.z.($p > 0,05$).

Tabela 16. Morfometrijske osobine krava razvrstanih u grupe po boji dlake

Boja	Visina grebena		Širina glave (čela)		N	Širina grudi		N	Širina karlice - kukovi		Širina karlice – sednjačne kvrge		N
	prosek	Std. greška	prosek	Std. greška		prosek	Std. greška		prosek	Std. greška	prosek	Std. greška	
siva	105,82	0,70	19,01	0,15	71	28,81	0,55	52	32,53	0,40	14,36	0,31	54
smeđa	108,07	1,58	18,36	0,35	14	26,83	1,62	6	33,00	1,21	14,50	0,92	6
crna	107,75	1,32	18,40	0,29	20	29,23	1,10	13	31,85	0,82	14,54	0,63	13
atipična	108,29	1,43	19,94	0,31	17	28,60	1,02	15	34,20	0,76	14,40	0,58	15
tigrasta	103,00	1,48	18,13	0,32	16	29,23	1,10	13	32,15	0,82	13,85	0,63	13
žuta	105,06	1,48	18,50	0,32	16	25,90	1,25	10	31,00	0,94	12,70	0,71	10
F exp.	2,1 ^{n.z.}		4,77***		154	1,316 ^{n.z.}		109	1,704 ^{n.z.}		1,106 ^{n.z.}		111
Boja	Obim grudi		Obim cevanice		N	Visina krsta		Dubina grudi		Dužina karlice		N	
	prosek	Std. greška	prosek	Std. greška		prosek	Std. greška	prosek	Std. greška	prosek	Std. greška		
siva	151,68	1,27	15,46	0,14	71	109,29	0,64	54,25	0,45	39,03	0,44	72	
smeđa	147,62	2,97	15,65	0,34	13	110,36	1,46	55,86	1,03	40,57	1,00	14	
crna	146,95	2,40	15,58	0,27	20	110,00	1,22	53,50	0,86	38,95	0,83	20	
atipična	157,47	2,60	16,18	0,30	17	111,35	1,32	55,06	0,93	40,47	0,90	17	
tigrasta	145,69	2,68	15,31	0,31	16	105,94	1,36	53,25	0,96	37,19	0,93	16	
žuta	149,44	2,68	16,00	0,31	16	109,31	1,36	52,13	0,96	37,44	0,93	16	
F exp.	2,91*		1,45 ^{n.z.}		153	1,86 ^{n.z.}		1,91 ^{n.z.}		2,34*		155	
Boja	Dužina tela		N	Dužina glave		N	Širina karlice - bedra		N				
	prosek	Std. greška		prosek	Std. greška		prosek	Std. greška					
siva	125,93	0,86	72	40,53	0,34	72	37,49	0,49	72				
smeđa	127,86	1,94	14	38,18	0,78	14	39,32	1,10	14				
crna	122,95	1,63	20	39,60	0,65	20	36,35	0,92	20				
atipična	129,71	1,76	17	41,65	0,71	17	38,50	1,00	17				
tigrasta	125,75	1,82	16	39,53	0,73	16	36,25	1,03	16				
žuta	124,63	1,82	16	38,78	0,73	16	36,50	1,03	16				
F exp.	1,89 ^{n.z.}		155	3,38*		155	1,52 ^{n.z.}		155				

***($p < 0,001$) **($p < 0,01$) *($p < 0,05$) n.z.($p > 0,05$)

Poslednji deo u ovom poglavlju odnosi se na ispitivanje uticaja boje dlačnog pokrivača na morfometrijske osobine krava. Krave su razvrstane u sledeće grupe: siva, smeđa, crna, atipična, tigrasta i žuta. Nekada je boju buše bilo moguće povezati sa određenim geografskim prostorom, odnosno postojale su zasebne populacije ove rase koje su se razlikovale po boji. Godine i decenije su prolazile, a brojnost buše se drastično smanjivala, što je dovelo do formiranja populacije sa grlima koja se odlikovala različitim bojama. Takve populacije su danas karakteristične za ovu rasu.

U tabeli 16 nalaze se prosečne vrednosti i standardne greške proseka ispitivanih osobina u zavisnosti od boje (izgleda) grla. Od ukupno 13 ispitivanih morfometrijskih osobina značajan uticaj boje utvrđen je kod četiri osobine: obima grudi, dužina karlice, širine i dužine glave (prilog 36, 38, 45 i 47). Prosečne vrednosti kod preostalih devet osobina se razlikuju između ovih grupa, ali primenom F testa nije utvrđen značajan uticaj boje (prilog 32, 33, 34, 35, 40, 41, 42, 43 i 48). Dalje ispitivanje uticaja boje na obim grudi, primenom LSD testa, sprovedeno je sa ciljem ispitivanja značajnosti razlika između grupa. Rezultati testa ukazuju na to da se atipična grla značajno razlikuju od svih ostalih grupa i da se siva grla značajno razlikuju od tigrastih, dok između ostalih grupa nije bilo statistički značajnih razlika (prilog 39). U pogledu dužine karlice, LSD test je pokazao da se tigrasta grla značajno razlikuju od smeđih i atipičnih i da se žuta grla takođe značajno razlikuju od smeđih i atipičnih grla (prilog 39). LSD testom ispitivana je i značajnost razlika između grupa u pogledu dužine glave. Utvrđeno je da se atipična grla razlikuju značajno od svih grupa, osim od sivih grla, dok se siva grla razlikuju od smeđih i tigrastih.

Ispitivanje uticaja boje dlake na morfometrijske osobine krava rase buša sprovedeno je sa ciljem utvrđivanja postojanja uniformnosti između grupa krava podeljenih po boji, odnosno izgledu dlačnog pokrivača. Boja dlake buše nekada je bila povezana s pripadnošću određenom soju, koji su nekad bili geografski razgraničeni. Međutim, Adametz (1895) navodi da se buše različitih boja ne razlikuju značajno u građi i veličini tela, ali ih je on svejedno posebno predstavljao upravo zbog toga što su gajene u geografski odvojenim populacijama. Rezultati u ovom radu su pokazali da su grla različitih boja uniformna za većinu ispitivanih osobina.

Yakubu i sar. (2021) su utvrdili značajan uticaj rase na morfometrijske osobine u istraživanju koje je obuhvatilo nigerijske autohtone rase goveda. Autori navedene studije zaključuju da to može pomoći u identifikaciji potencijalnih rasa za proizvodnju mesa, kao i pružiti vredne informacije za formiranje programa očuvanja tih rasa.

4.2. Reproductivne osobine goveda rase buša

U ispitivanju fenotipske varijabilnosti reproduktivnih osobina uzeto je u obzir šest osobina: uzrast pri prvom pripustu (dana), uzrast pri prvom teljenju (dana), servis period (dana), trajanje bremenitosti (dana), međutelidbeni interval (dana) i masa teladi pri rođenju (kg). Prosečne vrednosti i varijabilnost reproduktivnih osobina u ispitivanoj populaciji krava rase buša prikazane su u tabeli 17. Prosečni uzrast pri prvom pripustu iznosio je 621,77 dana, sa varijacijama od 412 do 822 dana. Predstavljanjem rezultata u mesecima utvrđeno je da su junice pripuštane u intervalu od 13 do 27 meseci, dok Mitić i sar. (1987) i Adamov i sar. (2011) navode da se najveći broj grla ove rase prvi put pripušta sa 20 do 27 meseci. Novaković i sar. (2011) su kod holštajn-frizijske rase utvrdili prosečan uzrast pri osemenjavanju od 491,19 dana, što je očekivano značajno niže u odnosu na predstavljene podatke za bušu. Raniji pripust holštajn-frizijske rase u odnosu na bušu posledica je ranije ostvarene polne zrelosti. Uzrast pri prvom teljenju je prosečno iznosio za bušu 906,63 dana (oko 30 meseci). Brzakova i sar. (2020) su utvrdili kod tovnih rasa goveda veći prosečni uzrast pri prvom teljenju (996,70 dana) u odnosu na rezultate u ovom istraživanju, dok Van der Westhuizen i sar. (2001) navode niže prosečne vrednosti (781,8 dana).

Od svih ispitivanih reproduktivnih osobina, servis period se odlikuje najvećim koeficijentom varijacije (53,99%). Velika varijabilnost ove osobine je posledica uticaja samog proizvodnog sistema, odnosno sezonske organizacije teljenja krava. Za prosečni servis period u ovom

istraživanju utvrđena je vrednost od 117,71 dana, sa varijacijom od 22 do 253 dana. Na osnovu prikazanih vrednosti, može se zaključiti da se buša odlikuje relativno dobrom plodnošću, jer je prosečno trajanje servis perioda iznosilo oko četiri meseca. Nan i sar. (2023) navode da je prosečno trajanje servis perioda kod holštajn-frizijske rase 105 dana, što je svega 13 dana kraće u odnosu na predstavljenu vrednost za bušu. Međutim, Almeida i sar. (2021) navode značajno veće prosečne vrednosti za servis perioda kod holštajn rase (135,5 – 171,2) u odnosu na rezultate u ovom istraživanju. Trajanje bremenitosti je u najvećoj meri određena vrstom, a u manjoj meri i rasom domaćih životinja. U ovom istraživanju utvrđeno je prosečno trajanje bremenitosti od 284,66 dana sa koeficijentom varijacije manjim od 1%, što je karakteristično za goveda. Međutelidbeni interval je varirao od 305 do 605 dana, dok je prosečna vrednost bila 393,94 dana. Iz dostupne literature se može zaključiti da tovrne rase pokazuju slične prosečne vrednosti za međutelidbeni interval. Prema Van der Westhuizen i sar. (2001), prosečno trajanje međutelidbenog intervala iznosilo je 390,7 dana, dok Twomey i Cromie (2023) navode vrednost od 380 dana. Masa teladi pri rođenju je varirala od 14 do 23 kg, što je u saglasnosti sa podacima za bušu koje navode Šakić i sar. (2018). Prosečna vrednost ove osobine je iznosila 15,08 kg sa koeficijentom variranja od oko 7%. Dhakali sar. (2013) su u svom istraživanju utvrdili prosečnu masu teladi pri rođenju od 25 kg za džerzej rasu i 36,6 kg za holštajn rasu. Velike razlike u masi teladi pri rođenju takođe naglašavaju razlike u veličini između plemenitih rasa i buše.

Tabela 17. Prosečne vrednosti i varijabilnost reproduktivnih osobina krava

Osobine	N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.	CV
Uzrast pri prvom pripustu (dana)	90	621,77	412	822	150,27	24,17
Uzrast pri prvom teljenju (dana)	90	906,63	698	1107	150,29	16,58
Servis period (dana)	418	117,71	22	253	63,56	53,99
Trajanje bremenitosti (dana)	659	284,66	275	291	1,80	0,63
Međutelidbeni interval (dana)	480	393,94	305	605	68,05	17,27
Masa teleta pri rođenju (kg)	480	15,08	14	23	1,03	6,83

Tabela 18 prikazuje prosečne vrednosti i greške proseka za trajanje servis perioda krava u zavisnosti od sezone teljenja. Analizom prikupljenih podataka utvrđen je značajan uticaj sezone teljenja na trajanje servis perioda (prilog 49). Predstavljani podaci pokazuju da je najkraći servis period bio za krave koje su se otelile tokom 3. sezone (leto), dok je najduži servis period utvrđen kod krava koje su se otelile tokom 4. sezone (jesen). Primenom LSD testa utvrđeno je da se servis period krava oteljenih u 4. sezoni statistički značajno razlikovao u odnosu na sve ostale sezone teljenja. Takođe, značajna razlika je utvrđena između 3. i 1. sezone teljenja, dok nije bilo statistički značajnih razlika između ostalih sezona (prilog 50).

Značajan uticaj sezone teljenja na reproduktivne osobine utvrdili su Almeida i sar. (2021). Njihovo istraživanje o uticaju sezone teljenja na reproduktivne osobine u populaciji goveda rase holštajn pokazalo je da su krave oteljene tokom jeseni imale najkraći servis period (135,5 dana), dok su krave oteljene tokom proleća imale najduži servis period (171,2 dana).

Tabela 18. Uticaj sezone teljenja na trajanje servis perioda

Sezona teljenja	Servis period		N
	prosek	Std. greška	
1	123,89	5,16	146
2	111,09	4,13	228
3	85,81	15,58	16
4	157,61	11,78	28
F exp.	6,56***		418

***($p < 0,001$), **($p < 0,01$), *($p < 0,05$), n.z. ($p > 0,05$).

Pored sezone teljenja, u ovom istraživanju analiziran je i uticaj teljenja po redu na trajanje intervala između teljenja. Tabela 19 prikazuje prosečne vrednosti i greške proseka za trajanje intervala između teljenja krava u zavisnosti od rednog broja teljenja. Analizom prikupljenih podataka nije utvrđen značajan uticaj teljenja po redu na trajanje intervala između teljenja (prilog 51). Almeida i sar. (2021) su utvrdili značajan uticaj teljenja po redu na trajanje servis perioda kod holštajn krava, pa je tako kraći servis period bio kod prvotelki (144,9 dana) i drugotelki (152,5 dana) u odnosu na krave sa tri i više teljenja (162,6 dana).

Tabela 19. Uticaj rednog broja teljenja na trajanje intervala između teljenja

Teljenje po redu	Međutelidbeni interval		N
	prosek	Std. greška	
1.	405,97	6,57	107
2.	389,65	7,38	85
3.	389,97	8,07	71
4.	383,19	8,64	62
5.	388,79	9,92	47
6.	382,71	11,66	34
7.	394,26	12,21	31
8.	410,83	14,18	23
9. i ostala	406,50	15,21	20
F exp.	1,10 ^{n.z.}		480

***($p < 0,001$), **($p < 0,01$), *($p < 0,05$), n.z.($p > 0,05$).

4.3. Osobine kvaliteta mesa goveda rase buša

Proizvodnja mesa u ekstenzivnim sistemima predstavlja glavni fokus većine odgajivača buše u Srbiji. Studije koje se bave ispitivanjem kvaliteta mesa ove rase su prava retkost, pogotovo u poslednjih nekoliko decenija.

Prosečne vrednosti i varijabilnost osobina hemijskog sastava mesa junadi prikazane su u tabeli 20. Koeficijenti varijacije za osobine sadržaja proteina, sadržaja vode, sadržaja pepela i ukupnih pigmenta odlikuju se niskim vrednostima, što ukazuje na relativno nisku varijabilnost ovih osobina. S druge strane, sadržaj masti i udeo masnih kiselina su osobine mesa koje se odlikuju visokom varijabilnošću.

U ovom istraživanju prosečan sadržaj proteina u mesu iznosio je 21,64%, što je u saglasnosti sa rezultatima Cheng i sar. (2020) koji su u mesu hanvu (eng. *Hanwoo*) goveda utvrdili vrednosti od 21,74%. Petričević (2018) navodi nešto veći sadržaj proteina, 22,31%, utvrđen u mesu *M. longissimus dorsi* simentalne rase goveda. Prosečan sadržaj vode u mesu iznosio je 75,87%, što je više u odnosu na rezultate koje navode Moreno Indias i sar. (2011). Pomenuti autori navode prosečan sadržaj vode u mesu lokalne palmera rase od 71,78%, dok u mesu iz komercijalne proizvodnje navode 73,70%. Sadržaj masti je osobina kvaliteta mesa koja se odlikuje velikom varijabilnošću, pa je tako u ovom radu utvrđen prosečan sadržaj masti od 0,99% sa koeficijentom varijacije od 51,72%. Petričević (2018) navodi prosečan sadržaj masti od 1,55 do 1,69%, dok Moreno Indias i sar. (2011) navode vrednosti od 7,34% za palmera rasu goveda i 3,39% za meso iz komercijalne proizvodnje. Prosečan sadržaj pepela u mesu buše je bio 1,11% što je u saglasnosti sa rezultatima drugih autora (Petričević, 2018; Moreno Indias i sar., 2011). Prosečna vrednost za ukupne pigmente iznosila je 111,52 mg/kg, sa rasponom od 99,28 do 122,40 mg/kg.

Tabela 20. Prosečne vrednosti i varijabilnost osobina hemijskog sastava mesa junadi

Osobine	N	Prosek	Minimum	Maksimum	Std.Dev.	CV
Sadržaj proteina (%)	18	21,64	20,09	22,92	0,72	3,34
Sadržaj vode (%)	18	75,87	74,15	77,96	0,92	1,21
Sadržaj masti (%)	18	0,99	0,46	2,10	0,51	51,72
Sadržaj pepela (%)	18	1,11	0,93	1,38	0,10	9,32
Ukupni pigmenti mg/kg	18	111,52	99,28	122,40	6,45	5,78
14:00 (%)	14	5,52	0,63	16,25	3,79	68,63
16:00 (%)	37	35,60	25,56	54,39	6,49	18,23
16:1 n-7 (%)	7	4,73	0,66	13,55	4,57	96,57
18:00 (%)	37	20,03	6,16	29,72	5,46	27,27
18:1c n-9 (%)	37	36,13	25,71	54,73	7,18	19,88
18:2c n-6 (%)	24	7,99	0,52	16,45	4,32	54,11
18:3 n-3 (%)	2	1,85	0,92	2,77	1,31	70,90
SFA (%)	37	57,70	45,27	72,54	7,03	12,18
MUFA (%)	37	37,02	25,71	54,73	7,29	19,68
PUFA (%)	24	8,14	0,52	16,45	4,36	53,54
n-6/n-3	2	7,44	2,43	12,45	7,09	95,23

14:00 – miristinska masna kiselina; 16:00 – palmitinska masna kiselina; 16:1 n-7 – palmitoleinska masna kiselina; 18:00 – stearinska masna kiselina; 18:1c n-9 – oleinska masna kiselina; 18:2c n-6 – linolna masne kiselina; 18:3 n-3 – α linolenska masne kiselina; SFA – zasićene masne kiseline; MUFA - mononezasićene masne kiseline; PUFA – polinezasićene masne kiseline; n-6 – omega-6 masna kiselina; n-3 – omega-3 masna kiselina; n-6/n-3 – odnos je utvrđen na osnovu uzoraka mese u kojima je, na osnovu primenjene metode, bilo moguće ustanoviti prisustvo obe masne kiseline.

Ispitivanjem masnokiselinskog sastava mesa utvrđeno je da su najzastupljenije zasićene masne kiseline, potom mononezasićene masne kiseline i na kraju polinezasićene masne kiseline. Isti redosled zastupljenosti masnih kiselina naveli su i Xie i sar. (2012). Konzumacija obroka sa visokim udelom zasićenih masnih kiselina (od laurinske do stearinske masne kiseline) može povećati opasnost od srčanih bolesti (Zong i sar., 2016). Na osnovu podataka predstavljenih u ovom istraživanju, može se zaključiti da su u mesu junadi rase buša najzastupljenije sledeće zasićene masne kiseline: 1. palmitinska, 2. stearinska i 3. miristinska. Xie i sar. (2012) takođe navode ove tri zasićene masne kiseline kao najzastupljenije, i to kod pet različitih rasa. Miristinska i palmitinska masna kiselina su povezane sa nivoom LDL holesterola (“loš holesterol“) u krvi, ali nemaju značajan uticaj na odnos ukupnog holesterola i dobrog HDL holesterola (Micha i Mozaffarian, 2010). Stearinska kiselina je jedina zasićena masna kiselina za koju se smatra da ne učestvuje u povećanju rizika od kardiovaskularnih bolesti (Nogoy i sar., 2022). Mononezasićene masne kiseline ispoljavaju pozitivan uticaj na kardiovaskularno zdravlje ljudi (Hammad i sar., 2016). U ovom istraživanju je utvrđeno da je najzastupljenija masna kiselina upravo oleinska masna kiselina, koja spada u mononezasićene masne kiseline, što je u skladu sa rezultatima Xie i sar. (2012) i Moreno-Indias i sar. (2011). Kod polinezasićenih masnih kiselina je utvrđeno da je linolna najzastupljenija, što je u saglasnosti sa rezultatima drugih autora (Xie i sar., 2012; Zheng i sar., 2018). Linolna i α - linolenska masna kiselina su esencijalne masne kiseline i zbog toga su značajne u ljudskoj ishrani (Nogoy i sar., 2022).

Prosečne vrednosti i varijabilnost tehnoloških osobina mesa junadi prikazane su u tabeli 21. Za razliku od osobina hemijskog sastava, tehnološke osobine mesa se odlikuju manjim variranjem. Najveći koeficijent varijacije utvrđen je kod b* (relativan udeo žute boje), dok je najmanje varijabilna osobina pH vrednost mesa sa koeficijentom od 3,69%.

pH vrednost je od krucijalne važnosti prilikom utvrđivanja kvaliteta mesa. Odgovarajuća pH vrednost ukazuje na svežinu, mekoću i sočnost mesa i omogućava duže čuvanje mesa. Kada je pH

vrednost veća ili manja od optimalne, to može izazvati kvarenje, bledo meso i opor miris mesa. Lopez-Pedrouso i sar. (2020) navode da je optimalna pH vrednost mesa od 5,48 do 5,79 i da u tom intervalu nema pojave defekata kao što je suvo ili tamno meso. U ovom istraživanju utvrđena je prosečna pH vrednost mesa od 5,69 što je u skladu sa rezultatima koje su naveli Xie i sar. (2012). Pomenuti autori su ispitivali kvalitet mesa kod tri lokalne kineske rasa i pritom utvrdili da se prosečna vrednost kreće u intervalu od 5,61 do 5,73. Pojedini autori navode da proizvodni sistemi mogu značajno uticati na pH vrednost mesa lokalnih rasa (Guerrero i sar., 2013; Humada i sar., 2014), mada druge studije nisu potvrdile takav uticaj (Lopez-Pedrouso i sar., 2020). U ovom istraživanju utvrđena je prosečna sposobnost vezivanja vode od 12,11 cm². Petričević (2018) navodi prosečne vrednosti od oko 11 cm² koje su utvrđene u mesu *M. longissimus dorsi* simentalske rase goveda. Manje vrednosti ukazuju na bolju sposobnost vezivanja vode što može biti pod uticajem rase (Moreno-Indias i sar., 2011; Lopez-Pedrouso i sar., 2020). Kalo kuvanja je još jedna važna osobina mesa, jer predstavlja sposobnost mesa da zadrži vodu i druge hranljive materije nakon termičke obrade, što direktno utiče na njegovu sočnost i ukus. U ovom istraživanju utvrđena je prosečna vrednost kalo kuvanja za meso buše od 41,51%. Petričević (2018) navodi veoma slične rezultate (41,66 – 42,42%) iako je u pitanju druga rasa, što ukazuje na potencijalne sličnosti u kvalitetu mesa između ovih rasa goveda.

Boja mesa predstavljena je u CIE L*a*b* sistemu, dok su na osnovu parametara boje a* i b*, putem odgovarajućih formula, izračunate i preostale dve vrednosti: H⁰, koja predstavlja stvarnu crvenu, i C*, označavajući intenzitet boje. Vrednosti L* parametra, koje ukazuju na svetloću mesa, se kreću na skali od 0, što označava potpuno tamno meso, do 100, što odgovara potpuno belom mesu, pružajući ključan indikator u ocenjivanju vizuelnog kvaliteta mesa. Veće vrednosti L* parametra označavaju svetlije meso, što se često povezuje sa većom svežinom proizvoda. U ovom istraživanju utvrđena je prosečna L* vrednost od 38,62, što je u saglasnosti sa dostupnim podacima iz literature. Drugi autori za ovaj parametar uglavnom navode vrednosti od 36 do 46 (Cho i sar., 2017; Cheng i sar., 2020; Lopez-Pedrouso i sar., 2020). Parametar a* se koristi da ukaže na relativan udeo crvene boje. Negativne vrednosti ovog parametra ukazuju na zelenu boju, a pozitivne vrednosti na crvenu boju. Ovaj parametar je posebno značajan jer je povezan sa nivoom mioglobina, koji utiče na crvenu boju mesa. Veće vrednosti ovog parametra ukazuju na intenzivniju crvenu boju, što je poželjna karakteristika za goveđe meso. Prosečna vrednost za a* iznosila je 18,66, što odgovara vrednostima koje navodi Petričević (2018). Lopez-Pedrouso i sar. (2020) navode vrednosti za a* od 14,25 u ekstenzivnom sistemu proizvodnje, dok u intenzivnom sistemu proizvodnje navode vrednost od 18,13.

Pomoću parametra b* predstavlja se relativan udeo žute boje u mesu. Ovaj parametar takođe može imati pozitivne i negativne vrednosti i značajan je indikator svežine i kvaliteta mesa. Sveže meso se odlikuje pozitivnim b* vrednostima i nijansama žute boje, dok negativne vrednosti ukazuju na modroplavu boju. Sa starenjem mesa ili sa uznapredovanjem oksidacije, b* vrednost se smanjuje, a meso poprima neprivlačan izgled koji ukazuje na kvarenje. Prosečna b* vrednost u ovom radu iznosila je 7,03, sa koeficijentom varijacije od 23,44%. Predstavljeni rezultati su u saglasnosti sa vrednostima koje navode Zheng i sar. (2018), dok su Xie i sar. (2012) za prosečnu b* vrednost naveli 9,11. H⁰ vrednost, ili stvarna crvena, često se koristi za procenu vizuelne crvene boje mesa. Meso sa visokim H⁰ vrednostima deluje izrazito crveno, dok niske vrednosti ovog parametra ukazuju na boju koja može da ima i nijanse zelene. Prosečna H⁰ vrednost u mesu buše iznosila je 20,45, dok pojedini autori uglavnom navode nešto veće vrednosti (Xie i sar., 2012; Cho i sar., 2017). C* (Chroma) vrednost je mera intenziteta boje, posebno crvene. Veće vrednosti ovog parametra ukazuju na meso koje je svežije i intenzivnije obojeno. U ovom istraživanju utvrđena je prosečna C* vrednost od 19,94. Utvrđene vrednosti su u saglasnosti sa rezultatima koje su objavili drugi autori (Xie i sar., 2012; Lopez-Pedrouso i sar., 2020). Prosečna vrednost za mekoću mesa u ovom radu iznosila je 8,20 kg, dok Petričević (2018) navodi prosečnu mekoću mesa od 10,61 kg kod simentalske rase. Poslednja ispitivana tehnološka osobina mesa junadi buše je dijametar mišićnih vlakana, gde je utvrđena prosečna vrednost od 32,59 μm. Zheng i sar. (2018) su istraživali

dijametar mišićnih vlakana kod goveda rase džindžang i utvrdili prosečne vrednosti, zavisno od mišićne partije, u opsegu od 31,63 do 33,78 μm .

Rezultati prikazani u ovom istraživanju većinom se slažu sa dostupnim rezultatima drugih autora, iako je poređenje vršeno među rasama sa različitom građom, veličinom i proizvodnim karakteristikama. Osobine poput mekoće mesa, dijametra mišićnih vlakana i sposobnosti vezivanja vode mogu biti pod uticajem različitih faktora kao što su rasa, uzrast pri klanju i vreme uzorkovanja mesa nakon klanja. Zbog toga bi ispitivanje uticaja ovih i drugih faktora moglo biti tema narednih istraživanja.

Tabela 21. Prosečne vrednosti i varijabilnost tehnoloških osobina mesa junadi

Osobine	N	Prosek	Minimum	Maksimum	Std.Dev.	CV
pH	39	5,69	5,44	6,64	0,21	3,69
SVV (cm^2)	39	12,11	9,50	13,96	1,22	10,06
Kalo kuvanja (%)	21	41,51	36,83	44,91	2,22	5,34
L*	39	38,62	31,77	42,42	2,40	6,22
a*	39	18,66	15,37	22,06	1,43	7,69
b*	39	7,03	3,97	12,40	1,65	23,44
H°	39	20,45	12,23	28,98	4,15	20,32
C*	39	19,94	16,63	25,42	1,59	7,95
Mekoća (kg)	21	8,20	5,02	11,50	1,33	16,17
Dijametar mišićnih vlakna (μm)	23	32,59	27,88	38,09	2,39	7,34

SVV – sposobnost vezivanja vode; L* – svetloća mesa; a* – relativan udeo crvene boje; b* – relativan udeo žute boje; H° – hue ugao ili “stvarna crvena”(izračunata vrednost); C* - Chroma je izračunata vrednost i označava “intenzitet boje”.

Korelacijski odnosi između ispitivanih osobina hemijskog sastava mesa junadi ukazuju na poprilično slabu vezu među njima, budući da od ukupno 63 korelacije, samo je 8 bilo statistički značajno (tabele 22 i 23). Kod sadržaja proteina utvrđena je statistički značajna korelacija sa sadržajem vode, sadržajem polinezasićenih masnih kiselina i sa sadržajem linolne masne kiseline. Koeficijent korelacije (-0,87) ukazuje na veoma jaku i negativnu korelaciju između sadržaja proteina i vode u mesu, dok je veza proteina sa polinezasićenim masnim kiselinama (0,58) takođe relativno jaka, ali pozitivna. Dakle, sa povećanjem sadržaja proteina u mesu, primećuje se i povećanje sadržaja polinezasićenih masnih kiselina, dok se sadržaj vode smanjuje. Za sadržaj vode, osim sadržaja proteina, utvrđena je značajna korelacija i sa sadržajem ukupnih mononezasićenih masnih kiselina (0,51). Za sadržaj masti, sadržaj pepela, ukupne pigmente i sadržaj miristinske masne kiseline nisu utvrđene statistički značajne korelacije sa drugim osobinama hemijskog sastava mesa.

Tabela 22. Koeficijenti korelacije osobina hemijskog sastava mesa junadi

Osobine	Sadržaj proteina (%)	Sadržaj vode (%)	Sadržaj masti (%)	Sadržaj pepela (%)	Ukupni pigmenti mg/kg	SFA	MUFA	PUFA
Sadržaj proteina (%)	1	-0,87*	-0,13	0,32	-0,27	-0,04	-0,49	0,58*
Sadržaj vode (%)		1	-0,27	-0,10	0,39	-0,12	0,51*	-0,38
Sadržaj masti (%)			1	-0,29	0,04	0,38	-0,01	-0,47
Sadržaj pepela (%)				1	0,20	-0,36	0,27	-0,11
Ukupni pigmenti mg/kg					1	-0,19	0,31	-0,30
SFA (%)						1	-0,68*	-0,52*
MUFA (%)							1	-0,27
PUFA (%)								1

SFA – zasićene masne kiseline; MUFA - mononezasićene masne kiseline; PUFA – polinezasićene masne kiseline;

*označene korelacije su značajne na nivou od $p < 0,05$.

Rezultati prikazani u ovom radu ukazuju na postojanje statistički značajne korelacije između sadržaja zasićenih masnih kiselina i sadržaja mono- i polinezasićenih masnih kiselina. Korelacijska veza između ovih osobina je bila negativna, što sugerira da sa povećanjem sadržaja zasićenih masnih kiselina u uzorcima mesa dolazilo do smanjenja sadržaja preostale dve grupe masnih kiselina. Negativna korelacija (-0,38) utvrđena je između dve zasićene masne kiseline, palmitinske i stearinske, dok je za stearinsku masnu kiselinu utvrđena negativna korelacija i sa oleinskom masnom kiselinom.

Tabela 23. Koeficijentkorelacije osobina hemijskog sastava mesa junadi

Osobine	14:00	16:00	18:00	18:1c n-9	18:2c n-6
Sadržaj proteina (%)	0,78	-0,17	-0,11	-0,11	0,58*
Sadržaj vode (%)	0,03	0,06	0,00	0,27	-0,42
Sadržaj masti (%)	-0,49	0,40	-0,12	-0,02	-0,41
Sadržaj pepela (%)	0,75	-0,48	0,23	0,26	-0,24
Ukupni pigmenti mg/kg	0,25	-0,02	-0,23	0,38	-0,31
14:00 (%)	1	0,05	-0,43	-0,12	-0,49
16:00 (%)		1	-0,38*	-0,25	-0,05
18:00 (%)			1	-0,41*	-0,20
18:1c n-9 (%)				1	0,04
18:2c n-6 (%)					1

14:00 – miristinska masna kiselina; 16:00 – palmitinska masna kiselina; 18:00 – stearinska masna kiselina; 18:1c n-9 – oleinska masna kiselina; 18:2c n-6 – linolna masne kiselina; *označene korelacije su značajne na nivou od $p < 0,05$.

Korelacijski odnosi između tehnoloških osobina mesa junadi prikazani su u tabeli 24, gde je od ukupno 43 međusobne korelacije za 10 utvrđena statistička značajnost. Dijametar mišićnih vlakana i pH vrednost mesa su jedine tehnološke osobine između kojih nije utvrđena statistički značajna korelacija sa ostalim ispitivanim tehnološkim osobinama. Kod sposobnosti vezivanja vode (SVV) utvrđena je statistički značajna korelacija sa dva parametra boje mesa (b^* i H^0). Postoji pozitivna korelacija između ovih osobina, što ukazuje na to da meso sa povećanim vrednostima za SVV takođe ima veći relativni udeo žute boje. Hughes i sar. (2014) i Lorenzo i sar. (2015) ističu da je sposobnost zadržavanja vode važan parametar kvaliteta mesa koji može uticati na njegovu boju i izgled.

Tabela 24. Koeficijentkorelacije tehnoloških osobina mesa junadi

Osobine	pH	SVV (cm ²)	Kalo kuvanja (%)	L*	a*	b*	H ⁰	C*	Mekoća (kg)	Dijametar m.v. (μm)
pH	1	0,05	-0,20	-0,28	0,14	0,09	0,04	0,13	0,04	-0,03
SVV (cm ²)		1	-0,07	0,20	0,12	0,42*	0,40*	0,23	-0,002	0,02
Kalo kuvanja (%)			1	0,03	0,37	-0,21	-0,33	0,28	0,59*	-
L*				1	0,47*	0,46*	0,32*	0,55*	-0,32	-0,02
a*					1	0,25	-0,15	0,90*	0,07	-0,13
b*						1	0,91*	0,52*	-0,01	0,05
H ⁰							1	0,19	-0,04	0,07
C*								1	0,07	-0,12
Mekoća (kg)									1	-
Dijametar m.v. (μm)										1

SVV – sposobnost vezivanja vode; L*– svetloća mesa; a* – relativan udeo crvene boje; b* – relativan udeo žute boje; H⁰ – hue ugao ili “stvarna crvena”(izračunata vrednost); C* - Chroma je izračunata vrednost i označava “intenzitet boje”; Dijametar m.v. – dijametar mišićnih vlakana; *označene korelacije su značajne na nivou od $p < 0,05$.

Kalo kuvanja predstavlja gubitak mase mesa nakon kuvanja, a u ovom istraživanju je utvrđena pozitivna korelacija (0,59) sa mekoćom mesa, što ukazuje na to da se sa povećanjem

gubitka mase nakon kuvanja povećava i mekoća mesa, i obrnuto. Kod L* vrednosti boje mesa utvrđena je statistički značajna korelacija sa svim ostalim parametrima boje mesa. Pozitivni koeficijenti korelacije ukazuju na to da sa povećanjem svetloće mesa dolazi i do povećanja relativnog udela crvene i žute boje, što se odnosi i na vrednosti H⁰ i C*.

Dakle, može se zaključiti da su se promene u boji, odnosno izgledu mesa odrazile istovremeno na sve ispitivane parametre boje. Koeficijent korelacije od 0,90 ukazuje na jaku vezu između relativnog udela crvene boje (a*) i intenziteta boje (C*), dok je takođe jaka veza (0,91) utvrđena između relativnog udela žute boje (b*) i stvarne crvene boje (H⁰). Koeficijent korelacije od 0,52 ukazuje na vezu srednje jačine između relativnog udela žute boje i intenziteta boje (C*).

Tabela 25. Koeficijenti korelacija između tehnoloških osobina i masnokiselinskog sastava mesa junadi

Osobine	SFA	MUFA	PUFA
pH	-0,04	0,26	-0,25
SVV (cm ²)	0,18	-0,23	0,03
Kalo kuvanja (%)	-0,17	0,29	0,09
L*	0,33	-0,27	-0,12
a*	0,14	-0,08	-0,08
b*	0,38	-0,35	-0,09
H ⁰	0,27	-0,24	-0,07
C*	0,14	-0,05	-0,12
Mekoća (kg)	-0,15	-0,02	0,07
Dijametar mišićnih vlakana (µm)	-0,06	-0,30	0,48

SVV – sposobnost vezivanja vode; L*– svetloća mesa; a* – relativan udeo crvene boje; b* – relativan udeo žute boje; H⁰ – hue ugao ili “stvarna crvena”(izračunata vrednost); C* - Chroma je izračunata vrednost i označava “intenzitet boje”.

Korelacijski odnosi između tehnoloških osobina i masnokiselinskog sastava prikazani su u tabelama 25 i 26. Na osnovu prikazanih rezultata može se zaključiti da između ispitivanih tehnoloških osobina i masnokiselinskog sastava mesa nema statistički značajnih korelacija. Međutim, ispitivanjem korelacijskih veza tehnoloških osobina sa sadržajem individualnih masnih kiselina utvrđen je određen broj statistički značajnih korelacija (tabela 26).

Tabela 26. Koeficijenti korelacija između ispitivanih tehnoloških osobina i individualnih masnih kiselina mesa junadi

Osobina	14:00	16:00	18:00	18:1c n-9	18:2c n-6
pH	-0,57*	-0,35*	0,34*	-0,12	-0,26
SVV (cm ²)	0,21	-0,14	0,12	-0,21	0,04
Kalo kuvanja (%)	-0,03	-0,33	0,23	0,39	0,09
L*	0,42	0,37*	-0,16	-0,02	-0,05
a*	0,29	0,15	0,03	0,12	-0,07
b*	-0,14	0,26	-0,02	-0,45*	-0,04
H ⁰	-0,23	0,16	0,00	-0,51*	-0,02
C*	0,20	0,13	0,04	0,02	-0,09
Mekoća (kg)	-0,67	-0,26	0,14	-0,02	0,07
Dijametar m. v. (µm)	0,46	-0,09	-0,08	-0,31	0,47

SVV – sposobnost vezivanja vode; L*– svetloća mesa; a* – relativan udeo crvene boje; b* – relativan udeo žute boje; H⁰ – hue ugao ili “stvarna crvena”(izračunata vrednost); C* - Chroma je izračunata vrednost i označava “intenzitet boje”; Dijametar m.v. – dijametar mišićnih vlakana; 14:00 – miristinska masna kiselina; 16:00 – palmitinska masna kiselina; 18:00 – stearinska masna kiselina; 18:1c n-9 – oleinska masna kiselina; 18:2c n-6 – linolna masne kiselina; *označene korelacije su značajne na nivou od p < 0,05.

Kod pH vrednosti mesa utvrđena je statistički značajna i negativna korelacija sa sadržajem miristinske i palmitinske masne kiseline, dok rezultati pokazuju pozitivnu korelaciju sa stearinskom masnom kiselinom. Za palmitinsku masnu kiselinu utvrđena je značajna korelacija sa svetloćom mesa (L^*), što navodi na zaključak da je povećanje njenog sadržaja u mesu uticalo na pojavu svetlijeg mesa. S druge strane, za sadržaj oleinske masne kiseline utvrđena je statistički značajna negativna veza sa relativnim udelom žute boje i sa „stvarnom“ crvenom bojom mesa (H^0). Stoga, povećanje sadržaja oleinske masne kiseline u mesu je povezano sa smanjenjem „stvarne“ crvene boje mesa.

Jačina veze između ispitivanih hemijskih i tehnoloških osobina mesa junadi prikazana je u tabeli 27 i od ukupno 40 korelacija samo 4 je statistički značajno. Kod sadržaja proteina utvrđena je statistički značajna korelacija samo sa pH vrednošću mesa. Korelacija je negativna, što znači da je sa povećanjem sadržaja proteina došlo do opadanja pH vrednosti mesa. Korelacija sadržaja proteina sa ostalim tehnološkim osobinama uglavnom je bila negativna, ali obradom podataka nije utvrđena statistička značajnost. Ispitivanjem korelacijskih veza sadržaja vode sa tehnološkim osobinama mesa utvrđena je statistički značajna korelacija samo sa pH vrednošću. Pozitivna korelacija ukazuje na to da je povećanje sadržaja vode u mesu rezultiralo povećanjem pH vrednosti. Kod sadržaja masti u mesu utvrđena je statistički značajna korelacija sa relativnim udelom žute boje (b^*) i sa H^0 vrednošću. Pozitivna korelacija ukazuje na to da je sa povećanjem sadržaja masti u mesu došlo i do povećanja udela žute boje i stvarne crvene. Kod sadržaja pepela i ukupnih pigmenta nije utvrđena statistički značajna povezanost ni sa jednom tehnološkom osobinom mesa junadi.

Tabela 27. Koeficijenti korelacija ispitivanih hemijskih i tehnoloških osobina mesa junadi

Osobina	pH	SVV (cm ²)	L^*	a^*	b^*	H^0	C^*	Dijametar m. v. (μm)
Sadržaj proteina (%)	-0,64*	-0,20	-0,05	-0,42	-0,14	0,02	-0,43	0,13
Sadržaj vode (%)	0,52*	0,24	-0,23	0,35	-0,14	-0,31	0,30	-0,25
Sadržaj masti (%)	-0,07	-0,19	0,47	0,18	0,66*	0,64*	0,27	-0,03
Sadržaj pepela (%)	0,05	0,00	-0,40	-0,11	-0,28	-0,23	-0,16	-0,44
Ukupni pigmenti mg/kg	0,05	0,09	-0,22	-0,19	-0,17	-0,14	-0,26	-0,22

SVV – sposobnost vezivanja vode; L^* – svetloća mesa; a^* – relativan udeo crvene boje; b^* – relativan udeo žute boje; H^0 – hue ugao ili “stvarna crvena” (izračunata vrednost); C^* - Chroma je izračunata vrednost i označava “intenzitet boje”; Dijametar m.v. – dijametar mišićnih vlakana; *označene korelacije su značajne na nivou od $p < 0,05$.

Korelacija meri jačinu i smer veze između dve promenljive i može biti veoma korisna u analizi podataka i predviđanju kako jedna promenljiva može uticati na drugu promenljivu. Korelaciona analiza je stoga važna i kod ispitivanja osobina kvaliteta mesa, jer statistički značajna veza između dve osobine ukazuje na mogućnost da se poboljšanje jedne osobine odrazi na poboljšanje druge osobine. Pregledom dostupnih rezultata ranijih istraživanja zapaženo je da se pojedine osobine kvaliteta mesa često uključuju u korelacione analize. U pitanju su pH vrednost mesa, sposobnost vezivanja vode, mekoća mesa, sadržaj masti i parametri boje, pa ih mnogi autori smatraju značajnim indikatorima kvaliteta mesa. U ovom istraživanju utvrđena je statistički značajna korelacija pH vrednosti mesa sa pet ispitivanih osobina. Kod sadržaja proteina utvrđena je negativna korelacija (-0,64) sa pH, što je u saglasnosti sa rezultatima drugih autora (Kim i sar., 2016; Jankowiak i sar., 2021). Korelacija između pH vrednosti i sadržaja vode je bila statistički značajna i pozitivna (0,52), što je u saglasnosti sa rezultatima određenih autora (Kim i sar., 2016; Jankowiak i sar., 2021), dok pojedini autori nisu ustanovili značajnu korelaciju između ovih osobina kvaliteta mesa (Watanabe i sar., 2018; Rostamani i sar., 2021). Iako rezultati pojedinih autora ukazuju na značajan uticaj pH vrednosti mesa na sadržaj masti (Kim i sar., 2016; Watanabe i sar., 2018; Du i sar., 2021), rezultati predstavljeni u ovom istraživanju to ne potvrđuju. Jankowiak i sar. (2021) i Cafferky i sar. (2019) takođe nisu utvrdili značajnu korelaciju između pH vrednosti mesa i sadržaja masti. Korelacija između pH vrednosti mesa i kalo kuvanja bila je negativna (-0,20), ali

nakon obrade podataka nije utvrđena statistička značajnost. Watanabe i sar. (2018) su takođe došli do istog zaključka u vezi sa korelacijom između pH vrednosti mesa i kala kuvanja mesa, dok su Kim i sar. (2016) i Cafferky i sar. (2019) ustanovili negativnu ali statistički značajnu korelaciju.

Korelacija između pH vrednosti mesa i mekoće mesa nije bila statistički značajna, što se slaže sa rezultatima pojedinih autora (Du i sar., 2021; Rostamani i sar., 2021), ali je u suprotnosti sa rezultatima koje navode Arik i Karaca (2016) i Jankowiak i sar. (2021). Watanabe i sar. (2018), citirajući druge autore, ukazuju na to da opadanje pH vrednosti posle klanja izaziva početak degradacije strukturnih proteina, povećanje ekstracelularne tečnosti i poslednično pojačano otpuštanje vode iz mesa. Statistički značajnu korelaciju pH vrednosti i sposobnosti vezivanja vode u mesu ustanovili su Kim i sar. (2016), Arik i Karaca (2016) i Jankowiak i sar. (2021). Međutim, u ovom istraživanju nije utvrđena statistički značajna korelacija između pH vrednosti mesa i sposobnosti vezivanja vode, što je u skladu sa rezultatima drugih autora (Du i sar., 2021; Rostamani i sar., 2021).

Kod sposobnosti vezivanja vode (SVV), utvrđena je statistički značajna i pozitivna veza sa parametrima boje mesa, b^* i H^o , što je u saglasnosti sa rezultatima drugih autora (Arik i Karaca, 2016; Cafferky i sar., 2019). Korelacija između SVV vrednosti i kala kuvanja nije bila statistički značajna, a do sličnih zaključaka su došli i Cafferky i sar. (2019). Međutim, Arik i Karaca (2016) su ustanovili statistički značajnu korelaciju između ovih osobina. Pregledom dostupnih literaturnih podataka može se zaključiti da rezultati korelacione analize između vrednosti SVV i mekoće mesa takođe nisu usaglašeni. Naime, pojedini autori navode postojanje značajne korelacije (Arik i Karaca, 2016; Cafferky i sar., 2019), dok drugi nisu utvrdili značajnu korelaciju (Rostamani i sar., 2021; Du i sar., 2021). U ovom istraživanju, takođe, nije utvrđena statistički značajna korelacija između pomenutih osobina, kao ni između SVV i sadržaja masti. Watanabe i sar. (2018) na osnovu svojih rezultata zaključuju da je veoma teško unaprediti sposobnost vezivanja vode (SVV) mesa samo povećanjem udela masti, upravo zbog slabe korelacije između ovih osobina mesa. Korelacija između sadržaja masti i pojedinih parametara boje mesa, b^* i H^o , bila je značajna. Korelacionu povezanost sadržaja masti i boje mesa potvrdili su u svom istraživanju i Cafferky i sar. (2019), pri čemu su utvrdili značajnu povezanost kod parametra a^* . Arik i Karaca (2016) i Cafferky i sar. (2019) su utvrdili statistički značajnu i pozitivnu korelaciju između kala kuvanja i mekoće mesa, što je u saglasnosti sa rezultatima predstavljenim u ovom istraživanju. Između većine parametara boje mesa utvrđene su statistički značajne korelacije. Značajna povezanost parametara boje potvrđena je i od strane drugih autora (Arik i Karaca, 2016; Cafferky i sar., 2019), što ukazuje na zaključak da promene u jednom parametru mogu biti povezane s promenama u drugom.

Prosečne vrednosti i varijabilnost senzornih osobina svežeg mesa (boja, mramoriranost, struktura) i termički obrađenog mesa (miris, ukus, mekoća, sočnost) junadi prikazane su u tabeli 28.

Tabela 28. Prosečne vrednosti i varijabilnost senzornih osobina mesa junadi

Osobine	N	Prosek	Minimum	Maksimum	Std.Dev.	CV
Boja (ocena 1-5)	39	2,64	1,00	4,00	0,84	31,90
Mramoriranost (ocena 1-5)	39	2,00	1,00	5,00	1,00	50,00
Struktura (ocena 1-3)	39	2,77	2,00	3,00	0,43	15,41
Miris (ocena 1-3)	39	2,64	2,00	3,00	0,49	18,40
Ukus (ocena 1-3)	39	2,69	2,00	3,00	0,47	17,37
Mekoća (ocena 1-3)	39	2,69	2,00	3,00	0,47	17,37
Sočnost (ocena 1-3)	39	2,33	2,00	3,00	0,48	20,47

Vizuelnom procenom boje mesa utvrđeno je da se prosečna ocena od 2,6 nalazi na sredini skale za ocenu boje mesa, što ukazuje na to da većina uzoraka mesa može biti okarakterisana kao srednje crvena. Ocena mramoriranosti mesa, zapravo, podrazumeva vizuelnu procenu zastupljenosti masnih nakupina u obliku ostrvaca ili tačkica, koje se nalaze između mišićnih vlakana. Među svim ispitivanim senzornim osobinama, ocena mramoriranosti ima najveći koeficijent varijacije (50%),

što se u određenoj meri može objasniti velikom varijabilnošću sadržaja masti u mesu (51,72%). Prosečna ocena za mramoriranost mesa, utvrđena u ovom istraživanju, ukazuje na relativno slabu zastupljenost masnih kapljica u mesu. Struktura mesa ocenjuje se na osnovu građe mišićnog tkiva. Iz prosečne ocene za strukturu mesa može se zaključiti da je ispitivano meso uglavnom bilo finije građe, s nejasnim granicama između mišićnih snopova i snopića.

Prosečne ocene za miris i ukus mesa bile su 2,64 i 2,69, pa se na osnovu primenjene skale ispitivano meso može okarakterisati kao dobrog mirisa i ukusa. Na osnovu utvrđene prosečne ocene mekoće mesa može se zaključiti da je meso bilo dobre mekoće. Poslednja ispitivana senzorna osobina bila je sočnost mesa. Utvrđena prosečna ocena za ovu osobinu ukazuje na to da se meso nije odlikovalo sočnošću, ali da nije bilo ni posve suvo, odnosno vrednosti su se uglavnom nalazile na sredini skale ocene mesa. Niska prosečna ocena za sočnosti mesa može se objasniti i relativno slabom mramoriranošću mesa.

4.4. Molekularno-genetička analiza polimorfizama pojedinačnih nukleotida na nivou genoma u populaciji goveda rase buša

4.4.1. Genetička karakterizacija osobina kvaliteta mesa goveda rase buša

Asocijacione studije na nivou genoma (GWAS – genome wide association studie) su tokom poslednjih petnaest godina postale važno sredstvo za identifikovanje gena povezanih sa osobinama od interesa, pritom, uglavnom koristeći polimorfizme pojedinačnih nukleotida kao genetičke markere (Lu i sar., 2020). Na osnovu pregleda dostupne literature, može se konstatovati da do sada nije ispitivana genetička karakterizacija osobina kvaliteta mesa goveda rase buša u Srbiji.

GWAS istraživanje je sprovedeno na pet osobina kvaliteta mesa (sadržaj proteina, pH vrednost, sposobnost vezivanja vode, mekoća mesa, dijametar mišićnih vlakana), kao i na sastav masnih kiselina u mesu junadi rase buša. Polimorfizmi kod kojih je utvrđena značajnost na nivou genoma navedeni su u tabeli 29. Menhetn dijagram asocijacije celokupnog genoma sa vrednostima dijametra mišićnih vlakana prikazan je na slici 7. Menhetn dijagram asocijacije celokupnog genoma sa vrednostima pH prikazan je na slici 8. Kod trinaest SNP-ova je utvrđena statistički značajna asocijacija ($p \leq 5 \times 10^{-8}$) sa dijametrom mišićnih vlakana, dok je jedan SNP statistički značajno asociiran ($p \leq 5 \times 10^{-8}$) sa pH (tabela 29). Kod ovih utvrđenih SNP-ova FDR vrednosti su bile manje od 0,1 (FDR < 0,1), što navodi na zaključak da su utvrđene asocijacije statistički značajne i da nisu posledica slučajnosti. Proteinski kodirajući geni koji se nalaze u blizini utvrđenih SNP-ova, takođe su navedeni u tabeli 29. Broj SNP-ova sa sugestivnom značajnošću i broj SNP-ova utvrđen na različitim nivoima značajnosti ($p < 0,001$ i $p < 0,01$) dati su u tabeli 30. Od identifikovanih SNP-ova, nekoliko se nalazi u blizini gena odgovornih za kodiranje proteina sa efektom na mišićne i mišićna vlakna. SNP – ARS-BFGL-NGS-117761 se nalazi u blizini gena koji kodira apolipoprotein D (APOD). APOD reguliše homeostazu u tkivima tako što održava lipidnu peroksidaciju na niskom nivou (Ganfornina i sar., 2008). Mo i sar. (2022) navode da APOD smanjuje efekat stresa na atrofiju mišića i smanjenje dijametra mišićnih vlakna. Ekspresija gena za NTMT2, koji se nalazi u blizini ARS-BFGL-NGS-110100, je pogotovo izražena tokom osteogene i miogene diferencijacije (Tooley i sar., 2021). Možemo zaključiti da se SNP-ovi ARS-BFGL-NGS-117761, ARS-BFGL-NGS-110100 i BTA-96884-no-rs, zajedno sa njima susednim genima, mogu pokazati značajnim u budućim studijama koje bi ispitivale njihovu povezanost sa karakteristikama mišića.

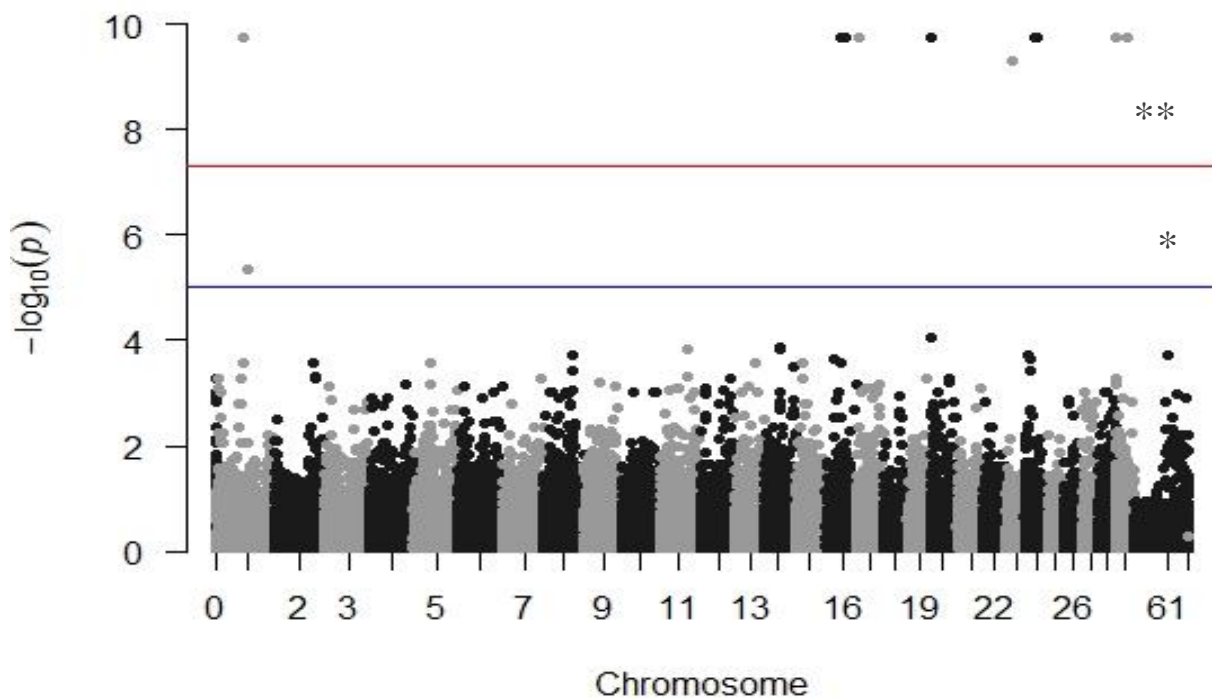
Kod osobina između kojih je utvrđena statistički značajna korelacija, dalja analiza podrazumevala je identifikovanje zajedničkih SNP-ova na novou značajnosti od $p < 0,001$. Na datom nivou značajnosti nisu utvrđeni zajednički SNP-ovi za sadržaj proteina i pH, kao ni za sadržaj proteina i sadržaj PUFA masnih kiselina. SNP-ovi između pomenutih osobina mogli su biti utvrđeni samo primenom nižih kriterijuma, odnosno na nivou značajnosti od $p < 0,01$. Svega nekoliko zajedničkih SNP-ova je utvrđeno za sadržaj palmitinske masne kiseline (16:00) i sadržaj stearinske masne kiseline (18:00): BTA-112619-no-rs ($p_{16:00} = 0,00054$ i $p_{18:00} = 0,00041$),

BTB-01174768 (p16:00 = 0,0012 i p18:00 = 0,00063), i BTB-01951920 (p16:00 = 0,00034 i p18:00 = 0,00024), koji je takođe značajno povezan i sa pH (p = 0,0010).

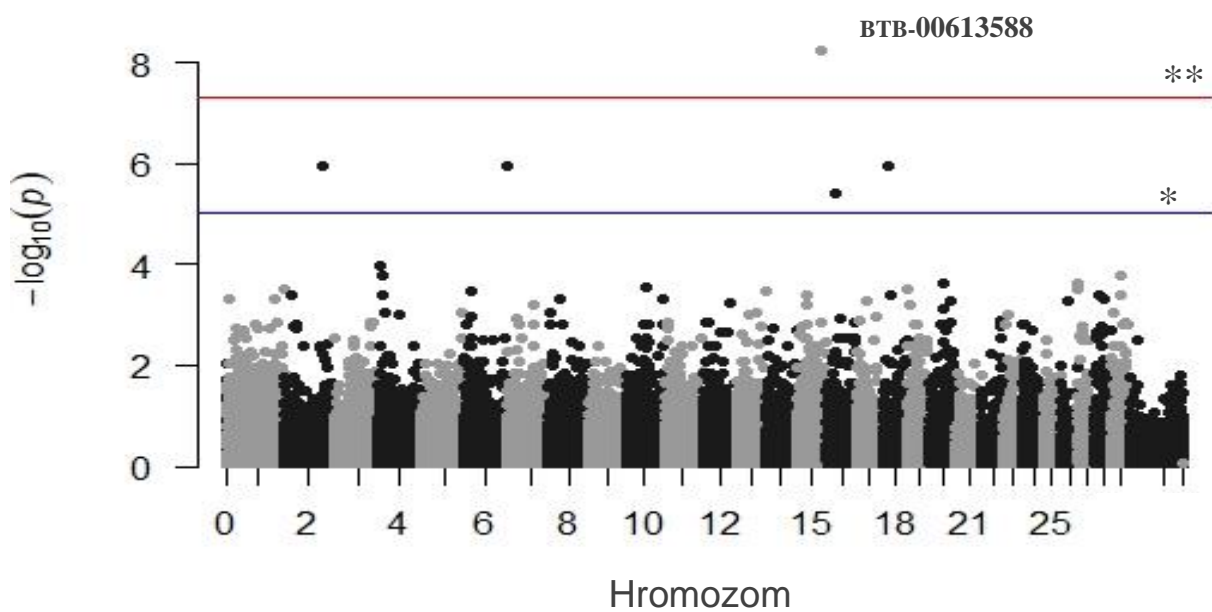
Tabela 29. Značajne asocijacije polimorfizama sa osobinama kvaliteta mesa i sastavom masnih kiselina

SNP	p	FDR_BH	FDR_BY	CHR	Lokacija	Susedni geni
ARS-BFGL-NGS-117761	0,0000000001795	0,0000006507	0,000007326	1	72080335	<i>APOD</i>
ARS-BFGL-NGS-110100	0,0000000001795	0,0000006507	0,000007326	16	37982355	<i>NTMT2</i>
BTA-96884-no-rs	0,0000000001795	0,0000006507	0,000007326	16	55261770	<i>ZBTB37</i>
Hapmap47945-BTA-41852	0,0000000001795	0,0000006507	0,000007326	17	6295259	
BTB-00669586	0,0000000001795	0,0000006507	0,000007326	17	6322271	
ARS-BFGL-NGS-55320	0,0000000001795	0,0000006507	0,000007326	20	829627	
ARS-BFGL-NGS-56305	0,0000000001795	0,0000006507	0,000007326	24	26333813	<i>DSC1, DSC2, DSC3</i>
BTB-01370348	0,0000000001795	0,0000006507	0,000007326	24	32719091	
BTB-01623856	0,0000000001795	0,0000006507	0,000007326	24	32938309	
ARS-BFGL-NGS-21254	0,0000000001795	0,0000006507	0,000007326	29	1898171	<i>SCL36A4</i>
Hapmap33716-BTA-140311	0,0000000001795	0,0000006507	0,000007326	29	2858775	<i>FAT3</i>
Hapmap42621-BTA-65545	0,0000000001795	0,0006507	0,007326	29	35481937	<i>NTM</i>
ARS-BFGL-BAC-28908	0,000000000486	0,001626	0,01831	23	16536674	<i>RPL7L1</i>
ARS-BFGL-NGS-111849	0,000004321	0,01342	0,1511	1	82725824	
BTB-00613588*	0,000000005873	2,56e-07	0,002883	15	71342153	<i>API5, TTC17</i>

SNP – polimorfizam pojedinačnih nukleotida; SNP-ovi asociirani sa dijametrom mišićnih vlakna; *SNP asociiran sa pH; nivo praga značajnosti od $p < 0.00000001$; FDR_BH – Stopa lažnih otkrića (False Discovery Rate - FDR) kontrolisana Benjamini & Hochberg procedurom; FDR_BY – Stopa lažnih otkrića (False Discovery Rate - FDR) kontrolisana Benjamini & Yekutieli procedurom; CHR – hromozom.



Slika 7. Menhetn dijagram asocijacije na nivou genoma sa vrednostima dijametra mišićnih vlakana buše. * Sugestivna statistička značajnost ($p < 1 \times 10^{-5}$); ** Statistička značajnost na nivou genoma ($p \leq 5 \times 10^{-8}$)



Slika 8. Menhetn dijagram asocijacije na nivou genoma sa vrednostima pH mesa buše. * Sugestivna statistička značajnost ($p < 1 \times 10^{-5}$); ** Statistička značajnost na nivou genoma ($p \leq 5 \times 10^{-8}$)

Singh i sar. (2022) navode da je SNP BTB-01951920 identifikovan primenom GWAS analize kao SNP od sugestivne značajnosti za sadržaj minerala u mleku vrindavani rase goveda. Appuhamy i sar. (2009) navode za pomenuti SNP da je lociran u intronskom regionu *MRPS30* gena, koji ima značajnu ulogu u apoptozi (oblik programirane ćelijske smrti). Za SNP Hapmap41060-BTA-68516 utvrđena je asocijacija sa sadržajem linolne masne kiseline – 18:2c n-6 ($p = 0,000021$) i sadržajem PUFA masnih kiselina ($p = 0,000044$). Ovaj SNP je lociran u blizini gena *ANGPTL3* (angiopoietin-like protein 3), koji uglavnom ispoljava svoj uticaj u jetri kao inhibitorski faktor lipoproteinske lipaze regulišući na taj način cirkulaciju triglicerida i lipoproteina. Shikida i sar. (2023) navode da je ekspresija gena *ANGPTL3* povezana sa metabolizmom lipida tokom tova i da može uticati na lipidne metabolite u krvi. SNP – ARS-BFGL-NGS-118200 bio je značajno asociiran sa sadržajem palmitinske masne kiseline ($p_{16:00} = 0,00089$), dok je za sadržaj stearinske masne kiseline (18:00) utvrđena značajnost na graničnom nivou ($p = 0,0011$). Za sadržaj stearinske masne kiseline (18:00) i oleinske masne kiseline (18:1c n-9) utvrđena su dva zajednička SNP markera: Hapmap48202-BTA-118947 ($p_{18:00} = 0,0011$ i $p_{18:1c\ n-9} = 0,00050$) i ARS-BFGL-NGS-40496 ($p_{18:00} = 0,00107$ i $p_{18:1c\ n-9} = 0,00055$). Allais i sar. (2014) su primenom GWAS analize ustanovili povezanost Hapmap48202-BTA-118947 sa osobinama kvaliteta mesa kod tri francuske tovnje rase, dok su Do i sar. (2017) utvrdili povezanost ovog SNP markera sa perzistencijom laktacije. Za SNP markere značajno povezane sa dve ispitivane osobine (BTA-112619-no-rs, BTB-01174768 i ARS-BFGL-NGS-40496), na osnovu pregleda dostupne literature, možemo zaključiti da nisu ispitivani u drugim istraživanjima i da nisu locirani blizu identifikovanih gena.

Tabela 30. Broj polimorfizama asociраних sa ispitivanim osobinama u zavisnosti od nivoa značajnosti

Osobina	FDR_BH<0,1	$p < 1 \times 10^{-5}$	$p < 0,001$	$p < 0,01$
Sadržaj proteina (%)	0	0	17	281
pH vrednost	12	5	66	353
SVV (cm ²)	0	1	74	682
Mekoća (kg)	0	0	26	459
Dijametar m.v. (µm)	31	16	89	453
14:00 (%)	0	0	78	616
16:00 (%)	0	0	35	403
16:1 n-7 (%)	0	0	1	142
18:00 (%)	2	2	97	753
18:1c n-9 (%)	0	0	127	1114
18:2c n-6 (%)	0	0	25	323
18:3 n-3 (%)	-	-	-	-
SFA (%)	0	0	26	385
MUFA (%)	0	0	103	830
PUFA (%)	0	0	29	308
n-6 (%)	0	0	25	323
n-3 (%)	-	-	-	-
n-6/n-3 ratio	-	-	-	-

14:00 – miristinska masna kiselina; 16:00 – palmitinska masna kiselina; 16:1 n-7 – palmitoleinska masna kiselina; 18:00 – stearinska masna kiselina; 18:1c n-9 – oleinska masna kiselina; 18:2c n-6 – linolna masne kiselina; 18:3 n-3 – α linolenska masne kiselina; SFA – zasićene masne kiseline; MUFA - mononezasićene masne kiseline; PUFA – polinezasićene masne kiseline; n-6 – omega-6 masna kiselina; n-3 – omega-3 masna kiselina; n-6/n-3 – odnos je utvrđen na osnovu uzoraka mese u kojima je, na osnovu primenjene metode, bilo moguće ustanoviti prisustvo obe masne kiseline; FDR_BH – Stopa lažnih otkrića (False Discovery Rate - FDR) kontrolisana Benjamini & Hochberg procedurom.

4.4.2. Polimorfizmi u genima kalpain 1 (*CAPN1*) i kalpastatin (*CAST*) u populaciji goveda rase buša

Istraživanje polimorfizama u genima kalpain 1 i kalpastatin ima ključnu ulogu u razumevanju procesa koji pre svega deluje na mekoću mesa, što može značajno uticati na osobine kvaliteta mesa i doprineti optimizaciji selekcijskih programa u govedarstvu. Analiza učestalosti alela i genotipova ispitivanih polimorfizama u genima *CAPN1* i *CAST* kod buše predstavljena je u tabeli 31. Ispitivana su tri polimorfizma u *CAPN1* genu (*CAPN1* 316, *CAPN1* 4751, UA-IFASA-1370) i dva u *CAST* genu (*ARS-USMARC-670*, *ARS-USMARC-116*). Kod *CAPN1* 316 polimorfizma u kalpain 1 (*CAPN1*) genu utvrđena su oba alela (G i C) i dva genotipa GG i GC. Frekvencija C alela u ispitivanoj populaciji ženskih grla iznosila je 0,004 i bila je nešto niža u odnosu na frekvenciju ovog alela u populaciji muških grla. U ukupnoj ispitivanoj populaciji frekvencija C alela (0,07) je bila značajno niža u odnosu na frekvenciju G alela (0,93), dok je GG genotip bio značajno više zastupljen u odnosu na GC genotip.

Tabela 31. Učestalost alela i genotipova ispitivanih polimorfizama u genima kalpain 1 (*CAPN1*) i kalpastatin (*CAST*)

Genotip	Ženska grla			Muška grla			Ukupno		
	Broj genotipova	alel	učestalost	Broj genotipova	alel	učestalost	Broj genotipova	alel	učestalost
rs17872000 (<i>CAPN1</i> _316) <i>CAPN1</i>									
GG	52			30			82		
GC	5	G	0,956	9	G	0,884	14	G	0,93
CC	/	C	0,004	/	C	0,115	/	C	0,07
rs17872050 <i>CAPN1</i> _2 (<i>CAPN1</i> 4751) <i>CAPN1</i>									
CC	25			29			54		
CT	26	C	0,666	10	C	0,871	36	C	0,75
TT	6	T	0,333	/	T	0,128	6	T	0,25
rs17871058 (UA- IFASA-1370) <i>CAPN1</i>	C/T								
CC	34			30			64		
CT	19	C	0,763	9	C	0,884	28	C	0,81
TT	4	T	0,236	/	T	0,115	4	T	0,19
rs109677393 (<i>ARS-USMARC-670</i>) <i>CAST</i>									
TT	28			29			57		
TC	22	T	0,684	10	T	0,872	32	T	0,76
CC	7	C	0,316	/	C	0,128	7	C	0,24
rs109354718 (<i>ARS-USMARC-116</i>) <i>CAST</i>									
TT	38			32			70		
TC	15	T	0,798	7	T	0,910	22	T	0,84
CC	4	C	0,201	/	C	0,089	4	C	0,16

Prikazani rezultati se u velikoj meri slažu sa rezultatima koje navode Bonilla i sar. (2010) i Kok i sar. (2017), jer su pomenuti autori utvrdili slične frekvencije za oba alela (G i C) *CAPN1* 316 polimorfizma. Genotip CC nije utvrđen u ovom istraživanju, dok drugi autori navode izuzetno male frekvencije (Bonilla i sar., 2010; Kok i sar., 2017). CC genotip polimorfizma *CAPN1* 316 je upravo i najpoželjniji sa aspekta proizvodnje mesa željene mekoće, u odnosu na CG i GG genotip (Page i

sar., 2004; Morris i sar., 2006; Casas i sar. 2006; Page i sar., 2002). Selekcija usmerena na povećanje frekvencije C alela CAPN1 316 polimorfizma bi stoga mogla biti značajna u cilju poboljšanja kvaliteta mesa. Ovo se pripisuje ulozi kalpaina u post-mortem proteolizi miofibrilarnih elemenata što utiče na strukturu mesa (Koohmaraie, 1992).

Uz polimorfizam CAPN1 316, jedan od najčešće analiziranih u asocijaciji sa mekoćom mesa i drugim ekonomski važnim osobinama je i CAPN1 4751. Kod polimorfizma CAPN1 4751 u kalpain 1 (*CAPN1*) genu utvrđena su oba alela (C i T) i sva tri genotipa (CC, CT i TT). Frekvencija T alela u ispitivanoj populaciji ženskih grla iznosila je 0,333 i bila je veća u odnosu na frekvenciju ovog alela u populaciji muških grla. U ukupnoj ispitivanoj populaciji frekvencija T alela (0,25) je bila značajno niža u odnosu na frekvenciju C alela (0,75), dok je CC genotip (0,56) bio značajno više zastupljen u odnosu na CT (0,37) i TT genotip (0,06). Bonilla i sar. (2010) su ustanovili ujednačene frekvencije alela T (0,51) i C (0,49) za marker CAPN1 4751, dok je genotip CT imao najveću frekvenciju (0,46). Kok i sar. (2017) su takođe utvrdili najveću frekvenciju kod heterozigotnog CT genotipa (0,491) ali i veću frekvenciju alela C (0,5654) u odnosu na alel T (0,4346) za marker CAPN1 4751. Rezultati istraživanja nekoliko studija sprovedenih na različitim rasama ukazuju na to da se od jedinki sa CC genotipom za CAPN1 4751 marker dobija mekše meso u odnosu na jedinke sa TT genotipom (Casas i sar., 2006; Mazzucco i sar., 2010; Pinto i sar., 2010).

Kod UA-IFASA-1370 polimorfizma u kalpain 1 genu utvrđena su oba alela (C i T) i sva tri genotipa (CC, CT i TT). Frekvencija T alela u ispitivanoj populaciji ženskih grla iznosila je 0,236 i bila je veća u odnosu na frekvenciju ovog alela u populaciji muških grla. U ukupnoj ispitivanoj populaciji frekvencija T alela (0,19) je bila značajno niža u odnosu na frekvenciju C alela (0,81), dok je CC genotip (0,67) bio značajno više zastupljen u odnosu na CT (0,29) i TT genotip (0,04). Leal-Gutierrez i sar. (2018) su za marker UA-IFASA-1370 utvrdili frekvencije alela i genotipova koje su iste kao i ovom istraživanju.

Kod ARS-USMARC-670 polimorfizma u kalpastatin genu utvrđena su oba alela (T i C) i sva tri genotipa (TT, TC i CC). Frekvencija T alela u ispitivanoj populaciji ženskih grla iznosila je 0,684 i bila je manja u odnosu na frekvenciju ovog alela u populaciji muških grla. U ukupnoj ispitivanoj populaciji frekvencija T alela (0,76) je bila značajno veća u odnosu na frekvenciju C alela (0,24), dok je TT genotip (0,60) bio značajno više zastupljen u odnosu na TC (0,33) i CC genotip (0,07). Kod ARS-USMARC-116 polimorfizma u kalpastatin genu utvrđena su oba alela (T i C) i sva tri genotipa (TT, TC i CC). Frekvencija T alela u ispitivanoj populaciji ženskih grla iznosila je 0,798 i bila je manja u odnosu na frekvenciju ovog alela u populaciji muških grla. U ukupnoj ispitivanoj populaciji frekvencija T alela (0,84) je bila značajno veća u odnosu na frekvenciju C alela (0,16), dok je TT genotip (0,73) bio značajno više zastupljen u odnosu na TC (0,23) i CC genotip (0,04).

Posle utvrđivanja frekvencija alela i genotipova SNP markera (CAPN1 316, CAPN1 4751, UA-IFASA-1370, ARS-USMARC-670, ARS-USMARC-116), dalja analiza podrazumevala je ispitivanje njihove asocijacije sa morfometrijskim osobinama i osobinama kvaliteta mesa kod goveda rase buša. Asocijacija polimorfizma rs17872000 (CAPN1 316) u genu za CAPN1 sa morfometrijskim osobinama prikazana je u tabeli 32. Rezultati ukazuju na postojanje značajne asocijacije CAPN1 316 sa visinom grebena ($p=0,010$) i obimom cevanice ($p=0,018$). Prosečna visina grebena bila je veća kod jedinki heterozigotnog GC genotipa i iznosila je 110,60 cm, što je za oko 6 cm više u odnosu na prosečnu visinu grebena kod jedinki GG genotipa od 104,63 cm. Za obim cevanice su takođe utvrđene veće prosečne vrednosti kod GC genotipa (16,60 cm) u odnosu na GG genotip (15,13 cm). Kod ostalih morfometrijskih osobina nije utvrđen značajan efekat markera CAPN1 316. I pored toga što je CAPN1 316 marker pokazao značajnu asocijaciju samo sa visinom grebena i obimom cevanice, ispitivanjem je utvrđeno da su prosečne vrednosti kod GC genotipova bile veće u odnosu na CC genotipove kod svih morfometrijskih osobina. To ukazuje na potencijalnu asocijaciju CAPN1 316 markera i sa ostalim morfometrijskim osobinama, ali je to neophodno ispitati u budućim studijama.

Iako su polimorfizmi u genu za CAPN1 primarno analizirani u asocijaciji sa osobinama mesa, ispitivan je i uticaj polimorfizama na morfometrijske osobine goveda, kao što su veličina tela,

visina i druge osobine (Casas i sar., 2005; Sihite i sar., 2019; Ardicli i sar., 2017). Ipak, može se primetiti da je značajno manji broj studija koje su ispitivale asocijaciju *CAPN1* gena sa morfometrijskim osobinama goveda različitih rasa. Kod bikova holštajn rase, u populaciji iz Turske, CAPN1 316 je značajno asociran sa dužinom tela bikova i širinom karlice, pri čemu se G alel vezuje za veće vrednosti (Ardicli i sar., 2017).

Kod argentinskih angus goveda, CAPN 316 je značajno asociran sa telesnom masom na rođenju, kao i sa opštom telesnom masom na merenju dok je drugi najčešće izučavani polimorfizam u CAPN1 genu (CAPN1 4751) bio značajno asociran sa telesnom masom merenom u 18-om mesecu uzrasta (Pintos i sar., 2011).

Tabela 32. Asocijacija polimorfizma rs17872000 (CAPN1 316) u genu za CAPN1 sa morfometrijskim osobinama goveda rase buša

Osobine	Sva grla		rs17872000 GG		rs17872000 GC		rs17872000 CC		p	Broj grla GG	Broj grla GC	Broj grla CC
	Prosek	Std.Dev.	Prosek	Std.Dev.	Prosek	Std.Dev.	Prosek	Std.Dev.				
Visina grebena (cm)	105,16	5,51	104,63	5,39	110,60	3,65	/	/	0,010*	25	26	0
Visina krsta (cm)	108,63	5,25	108,25	5,16	112,60	4,93	/	/	0,08	25	26	0
Dubina grudi (cm)	53,46	3,25	53,31	3,25	55,00	3,16	/	/	0,28	25	26	0
Širina grudi (cm)	27,88	4,04	27,77	4,15	29,33	2,08	/	/	0,28	20	19	0
Obim grudi (cm)	148,81	11,11	148,08	9,95	156,40	19,67	/	/	0,42	25	26	0
Dužina karlice (cm)	38,78	4,07	38,45	3,77	42,20	5,89	/	/	0,18	25	26	0
Širina karlice – bedra (cm)	36,82	3,78	36,66	3,76	38,40	4,04	/	/	0,19	25	26	0
Širina karlice – kukovi (cm)	31,70	2,58	31,55	2,55	33,67	2,52	/	/	0,19	20	20	0
Širina karlice – sed. kvрге (cm)	14,33	2,36	14,20	2,40	16,00	0,00	/	/	0,10	20	20	0
Dužina tela (cm)	123,25	6,47	122,94	6,51	126,40	5,73	/	/	0,33	25	26	0
Dužina glave (cm)	40,05	2,77	39,94	2,80	41,20	2,39	/	/	0,34	25	26	0
Širina glave – čela (cm)	18,74	1,42	18,63	1,38	19,90	1,43	/	/	0,052	25	26	0
Obim cevanice (cm)	15,26	1,10	15,13	1,03	16,60	0,89	/	/	0,018*	24	26	0

* p < 0,05.

Tabela 33. Asocijacija polimorfizma rs17872000 (CAPN1 316) u genu za CAPN1 sa osobinama kvaliteta mesa goveda rase buša

Osobine	Sva grla		rs17872000 GG		rs17872000 GC		rs17872000 CC		p	Broj grla GG	Broj grla GC	Broj grla CC
	Prosek	Std.Dev.	Prosek	Std.Dev.	Prosek	Std.Dev.	Prosek	Std.Dev.				
Sadržaj proteina (%)	21,64	0,72	21,62	0,79	21,74	0,48	/	/	0,83	14	4	0
Sadržaj vode (%)	75,87	0,92	75,94	0,91	75,64	1,02	/	/	1,00	14	4	0
Sadržaj masti (%)	0,99	0,51	0,97	0,45	1,07	0,77	/	/	0,75	14	4	0
Sadržaj pepela (%)	1,11	0,10	1,10	0,09	1,17	0,15	/	/	0,43	14	4	0
Ukupni pigmenti (mg/kg)	111,52	6,45	112,29	6,76	108,80	5,00	/	/	0,26	14	4	0
pH	5,69	0,21	5,71	0,23	5,60	0,09	/	/	0,20	30	9	0
SVV (cm ²)	12,11	1,22	12,18	1,25	11,88	1,13	/	/	0,45	30	9	0
Kalo kuvanja (%)	41,51	2,22	41,43	2,22	41,79	2,44	/	/	0,48	16	5	0
L*	38,62	2,40	38,77	2,11	38,14	3,31	/	/	0,54	30	9	0
a*	18,66	1,43	18,77	1,44	18,30	1,44	/	/	0,40	30	9	0
b*	7,03	1,65	7,21	1,50	6,43	2,07	/	/	0,27	30	9	0
H ⁰	20,45	4,15	20,82	3,70	19,21	5,47	/	/	0,39	30	9	0
C*	19,94	1,59	20,08	1,55	19,49	1,71	/	/	0,42	30	9	0
Mekoća (kg)	8,20	1,33	8,34	1,34	7,77	1,34	/	/	0,62	16	5	0
14:00 (%)	5,52	3,94	5,01	4,24	7,23	2,55	/	/	0,09	10	3	0
16:00 (%)	34,83	8,17	34,47	8,33	35,96	8,01	/	/	0,99	28	9	0
16:1 n-7 (%)	4,73	4,57	5,21	4,81	1,88	0,00	/	/	1,00	6	1	0
18:00 (%)	20,42	5,91	19,84	6,46	22,24	3,36	/	/	0,18	28	9	0
18:1c n-9 (%)	35,79	7,68	36,13	7,73	34,73	7,87	/	/	0,32	28	9	0
18:2c n-6 (%)	8,88	6,47	9,31	7,15	7,28	2,65	/	/	0,80	19	5	0
18:3 n-3 (%)	1,85	1,31	/	/	1,85	1,31	/	/	1,00	0	2	0
SFA (%)	57,70	7,03	56,79	6,70	60,54	7,67	/	/	0,30	28	9	0
MUFA (%)	37,02	7,29	37,67	7,18	35,01	7,67	/	/	0,20	28	9	0
PUFA (%)	8,14	4,36	8,17	4,70	8,01	3,10	/	/	0,97	19	5	0
n-6/n-3	7,44	7,09	/	/	7,44	7,09	/	/	1,00	0	2	0
Dijametar mišićnih vlakna (µm)	32,59	2,39	32,38	1,91	33,19	3,60	/	/	0,60	17	6	0

SVV – sposobnost vezivanja vode; L* – svetloća mesa; a* – relativan udeo crvene boje; b* – relativan udeo žute boje; H⁰ – hue ugao ili “stvarna crvena”(izračunata vrednost); C* - Chroma je izračunata vrednost i označava “intenzitet boje”; 14:00 – miristinjska masna kiselina; 16:00 – palmitinska masna kiselina; 16:1 n-7 – palmitoleinska masna kiselina; 18:00 – stearinska masna kiselina; 18:1c n-9 – oleinska masna kiselina; 18:2c n-6 – linolna masne kiselina; 18:3 n-3 – α linolenska masne kiselina; SFA – zasićene masne kiseline; MUFA - mononezasićene masne kiseline; PUFA – polinezasićene masne kiseline; n-6 – omega-6 masna kiselina; n-3 – omega-3 masna kiselina; n-6/n-3 – odnos je utvrđen na osnovu uzoraka mesa u kojima je, na osnovu primenjene metode, bilo moguće ustanoviti prisustvo obe masne kiseline, p <0,05.

Rezultati ispitivanja asocijacije polimorfizma CAPN1 316 sa osobinama kvaliteta mesa pokazuju da nema statistički značajne asocijacije sa ispitivanim osobinama (tabela 33). Bonilla i sar. (2010) su od svih ispitivanih osobina utvrdili statistički značajnu asocijaciju ($p=0,049$) SNP markera CAPN1 316 samo sa silom sečenja mesa, odnosno mekoćom mesa. U ovom istraživanju nije utvrđena značajana asocijacija CAPN1 316 sa mekoćom mesa ($p=0,62$).

Asocijacija polimorfizma rs17872050 (CAPN1 4751) u genu za CAPN1 sa morfometrijskim osobinama prikazana je u tabeli 34. Rezultati ukazuju na postojanje značajne asocijacije SNP markera CAPN1 4751 sa širinom karlice - kukova ($p=0,0165$) i širinom karlice – sed. kvrge ($p=0,0002$). Prosečna širina karlice - kukova bila je najveća kod jedinki homozigotnog TT genotipa i iznosila je 33,67 cm, zatim kod jedinki CC genotipa (32,53 cm), dok je najmanja prosečna vrednost zabeležena kod jedinki heterozigotnog genotipa CT i iznosila je 30,47 cm. Za širinu karlice (sed. kvрге) prosečne vrednosti su bile najveće kod TT genotipa (18,33 cm), zatim kod CC genotipa (14,68 cm), dok je i kod ove osobine najmanja prosečna vrednost utvrđena kod heterozigotnog genotipa CT i iznosila je 13,16 cm. Kod ostalih morfometrijskih osobina nije utvrđen značajan efekat markera CAPN1 4751. Asocijacija polimorfizma rs17872050 (CAPN1 4751) u genu *CAPN1* sa osobinama kvaliteta mesa prikazana je u tabeli 35. Rezultati ukazuju na postojanje značajne asocijacije SNP markera CAPN1 4751 samo sa jednom osobinom, i to sa sadržajem ukupnih pigmenata ($p=0,0265$). Prosečna vrednost za sadržaj ukupnih pigmenata bila je veća kod jedinki heterozigotnog CT genotipa i iznosila je 117,63 mg/kg, što je za oko 8 mg/kg više u odnosu na prosečnu vrednost kod jedinki CC genotipa od 109,77 mg/kg.

Rezultati ispitivanja asocijacije SNP markera UA-IFASA-1370 u genu *CAPN1* sa morfometrijskim osobinama ukazuju na to da nije utvrđena statistički značajna asocijacija sa ispitivanim osobinama (tabela 36). Kod pojedinih osobina (visina grebena, visina krsta, obim grudī, dužina tela) CC genotip se odlikovao većim prosečnim vrednostima u odnosu na CT i TT genotip, ali nedostatak statistički značajne asocijacije ukazuje da nije postojao značajan efekat markera UA-IFASA-1370.

Asocijacija polimorfizma rs17871058 (UA-IFASA-1370) u genu za CAPN1 sa osobinama kvaliteta mesa prikazana je u tabeli 37. Rezultati ukazuju na postojanje značajne asocijacije SNP markera UA-IFASA-1370 sa sadržajem ukupnih pigmenata ($p=0,03$) i sadržajem miristinske masne kiseline ($p=0,00$). Asocijacija sa sadržajem masti se može okarakterisati kao potencijalno značajna, jer se utvrđena p -vrednost ($p=0,05$) nalazi na granici nivoa značajnosti. Prosečan sadržaj ukupnih pigmenata kod homozigotnog CC genotipa iznosio je 109,77 mg/kg, dok je CT genotip imao veću prosečnu vrednost za ovu osobinu i iznosio je 117,63 mg/kg. CC genotip (5,85%) odlikovao se većim sadržajem miristinske masne kiseline u odnosu na CT genotip (4,79%). Prosečan sadržaj masti bio je veći kod CT genotipa (1,43%) u odnosu na CC genotip (0,87%). Kod ostalih osobina kvaliteta mesa nije utvrđen značajan efekat markera UA-IFASA-1370.

UA-IFASA-1370 je vodeći SNP u haplotipskom bloku dužine 11 kb u genu za kaplain 1 (μ -calpain gene) koji se prostire od egzona 15 do egzona 22 (Leal-Gutiérrez i sar., 2018). U studiji asocijacije na celokupnom genomu, Mateescu i sar. (2017) su identifikovali asocijaciju UA-IFASA-1370 sa mekoćom mesa (Warner-Bratzler shear force) sa statističkom značajnošću od $p=2,90 \times 10^{-4}$. Ipak, rezultati nisu konzistentni, tako da u pojedinim studijama, u kojima je rađena asocijacija na nivou genoma, nije ustanovljena statistički značajna asocijacija polimorfizma UA-IFASA-1370 (Pegolo i sar., 2020).

Tabela 34. Asocijacija polimorfizma rs17872050 (CAPN1 4751) u genu za CAPN1 sa morfometrijskim osobinama goveda rase buša

Osobine	Sva grla		rs17872050 CC		rs17872050 CT		rs17872050 TT		p	Broj grla CC	Broj grla CT	Broj grla TT
	Prosek	Std.Dev.	Prosek	Std.Dev.	Prosek	Std.Dev.	Prosek	Std.Dev.				
Visina grebena (cm)	104,85	4,86	106,47	5,19	103,63	4,44	102,33	2,08	0,1269	25	26	6
Visina krsta (cm)	109,51	4,04	110,68	3,87	108,84	4,17	106,33	1,53	0,1363	25	26	6
Dubina grudi (cm)	53,17	2,95	53,63	2,61	52,53	3,32	54,33	2,31	0,4097	25	26	6
Širina grudi (cm)	27,80	4,06	28,32	4,75	26,95	3,39	30,00	2,65	0,3732	20	19	3
Obim grudi (cm)	151,85	10,19	151,82	10,99	151,45	10,33	154,67	3,79	0,8838	25	26	6
Dužina karlice (cm)	37,79	3,49	38,21	2,64	37,08	4,26	39,67	2,52	0,3914	25	26	6
Širina karlice – bedra (cm)	35,96	3,39	36,53	2,95	35,08	3,86	38,00	1,00	0,2397	25	26	6
Širina karlice–kukovi (cm)	31,66	2,61	32,53	2,06	30,47	2,82	33,67	0,58	0,0165*	20	20	3
Širina karlice – sed. kvрге (cm)	14,24	2,29	14,68	1,49	13,16	2,27	18,33	0,58	0,0002*	20	20	3
Dužina tela (cm)	122,98	5,72	124,53	5,98	122,26	5,31	117,67	2,89	0,1168	25	26	6
Dužina glave (cm)	40,98	1,81	41,37	1,98	40,79	1,69	39,67	0,58	0,2697	25	26	6
Širina glave – čela (cm)	18,84	1,43	18,82	1,45	18,74	1,48	19,67	1,15	0,5884	25	26	6
Obim cevanice (cm)	15,01	0,95	15,11	1,10	14,89	0,88	15,17	0,29	0,7687	24	26	6

* p < 0,05.

Tabela 35. Asocijacija polimorfizma rs17872050 (CAPN1 4751) u genu za CAPN1 sa osobinama kvaliteta mesa goveda rase buša

Osobine	Total		rs17872050 CC		rs17872050 CT		rs17872050 TT		p	Broj grla CC	Broj grla CT	Broj grla TT
	Prosek	Std.Dev.	Prosek	Std.Dev.	Prosek	Std.Dev.	Prosek	Std.Dev.				
Sadržaj proteina (%)	21,79	0,67	21,79	0,67	21,14	0,77	/	/	0,1187	14	4	0
Sadržaj vode (%)	75,76	0,82	75,76	0,82	76,29	1,24	/	/	0,3204	14	4	0
Sadržaj masti (%)	0,87	0,46	0,87	0,46	1,43	0,48	/	/	0,0520	14	4	0
Sadržaj pepela (%)	1,13	0,10	1,13	0,10	1,07	0,10	/	/	0,3157	14	4	0
Ukupni pigmenti (mg/kg)	109,77	5,91	109,77	5,91	117,63	4,47	/	/	0,0265*	14	4	0
pH	5,67	0,21	5,68	0,21	5,71	0,21	/	/	0,6571	29	10	0
SVV (cm ²)	12,05	1,20	12,09	1,20	12,18	1,33	/	/	0,8411	29	10	0
Kalo kuvanja (%)	41,29	2,12	41,35	2,18	41,93	2,45	/	/	0,6022	15	6	0
L*	38,80	2,17	38,75	2,19	38,25	3,05	/	/	0,5788	29	10	0
a*	18,71	1,36	18,72	1,38	18,52	1,64	/	/	0,7098	29	10	0
b*	7,11	1,66	7,15	1,68	6,69	1,60	/	/	0,4596	29	10	0
H ⁰	20,64	4,03	20,75	4,05	19,55	4,54	/	/	0,4357	29	10	0
C*	20,08	1,62	20,10	1,64	19,47	1,38	/	/	0,2821	29	10	0
Mekoća (kg)	8,13	1,42	8,16	1,47	8,30	1,00	/	/	0,8424	15	6	0
14:00 (%)	5,85	4,16	5,85	4,16	4,79	3,85	/	/	0,6735	9	4	0
16:00 (%)	34,84	8,54	34,63	8,61	35,47	7,01	/	/	0,7927	28	9	0
16:1 n-7 (%)	5,68	5,22	5,68	5,22	2,37	0,88	/	/	0,4370	5	2	0
18:00 (%)	19,67	6,25	19,78	6,33	22,41	3,99	/	/	0,2505	28	9	0
18:1c n-9 (%)	35,95	7,74	35,71	7,77	36,03	7,84	/	/	0,9151	28	9	0
18:2c n-6 (%)	9,59	6,99	9,59	6,99	6,18	3,08	/	/	0,3043	19	5	0
18:3 n-3 (%)	1,85	1,31	1,85	1,31	/	/	/	/	/	2	0	0
SFA (%)	56,97	7,06	56,96	7,19	60,01	6,31	/	/	0,2620	28	9	0
MUFA (%)	37,36	7,23	37,17	7,29	36,56	7,70	/	/	0,8292	28	9	0
PUFA (%)	8,65	4,56	8,65	4,56	6,18	3,08	/	/	0,2678	19	5	0
n-6/n-3	7,44	7,09	7,44	7,09	/	/	/	/	/	2	0	0
Dijametar mišićnih vlakna (µm)	32,53	2,28	32,53	2,28	32,82	3,05	/	/	0,8174	18	5	0

SVV – sposobnost vezivanja vode; L* – svetloća mesa; a* – relativan udeo crvene boje; b* – relativan udeo žute boje; H⁰ – hue ugao ili “stvarna crvena”(izračunata vrednost); C* - Chroma je izračunata vrednost i označava “intenzitet boje”; 14:00 – miristinska masna kiselina; 16:00 – palmitinska masna kiselina; 16:1 n-7 – palmitoleinska masna kiselina; 18:00 – stearinska masna kiselina; 18:1c n-9 – oleinska masna kiselina; 18:2c n-6 – linolna masne kiselina; 18:3 n-3 – α linolenska masne kiselina; SFA – zasićene masne kiseline; MUFA - mononezasićene masne kiseline; PUFA – polinezasićene masne kiseline; n-6 – omega-6 masna kiselina; n-3 – omega-3 masna kiselina; n-6/n-3 – odnos je utvrđen na osnovu uzoraka mesa u kojima je, na osnovu primenjene metode, bilo moguće ustanoviti prisustvo obe masne kiseline, * p < 0,05.

Tabela 36. Asocijacija polimorfizma rs17871058 (UA-IFASA-1370) u genu za CAPN1 sa morfometrijskim osobinama goveda rase buša

Osobine	Sva grla		rs17851058 CC		rs17851058 CT		rs17851058 TT		p	Broj grla CC	Broj grla CT	Broj grla TT
	Prosek	Std.Dev.	Prosek	Std.Dev.	Prosek	Std.Dev.	Prosek	Std.Dev.				
Visina grebena (cm)	104,85	4,86	105,52	5,34	103,62	3,73	101,75	2,50	0,49	34	19	4
Visina krsta (cm)	109,51	4,04	109,29	5,27	108,57	4,97	103,25	4,03	0,38	34	19	4
Dubina grudi (cm)	53,17	2,95	53,22	3,08	52,77	2,65	51,75	3,77	0,39	34	19	4
Širina grudi (cm)	27,80	4,06	27,56	4,39	27,92	3,30	33,00	/	0,43	28	13	1
Obim grudi (cm)	151,85	10,19	152,00	10,46	151,00	10,19	139,50	13,53	0,75	34	19	4
Dužina karlice (cm)	37,79	3,49	37,87	3,66	37,31	3,15	38,00	2,94	0,44	34	19	4
Širina karlice – bedra (cm)	35,96	3,39	35,80	3,17	36,15	4,02	36,50	1,73	0,80	34	19	4
Širina karlice – kukovi (cm)	31,66	2,61	31,81	2,40	31,15	3,08	34,00	/	0,51	28	14	1
Širina karlice – sed. kvrge (cm)	14,24	2,29	14,26	1,91	13,85	2,73	19,00	/	0,09	28	14	1
Dužina tela (cm)	123,24	6,47	125,38	6,23	121,68	4,34	112,50	4,51	0,10	34	19	4
Dužina glave (cm)	40,05	2,77	40,60	2,45	39,71	3,07	37,00	2,00	0,75	34	19	4
Širina glave – čela (cm)	18,84	1,43	18,83	1,50	18,69	1,25	18,00	2,27	0,31	34	19	4
Obim cevanice (cm)	15,01	0,95	14,96	1,06	15,12	0,77	15,00	0,82	0,90	33	19	4

* p < 0,05.

Tabela 37. Asocijacija polimorfizma rs17871058 (UA-IFASA-1370) u genu za CAPN1 sa osobinama kvaliteta mesa goveda rase buša

Osobine	Sva grla		rs17851058 CC		rs17851058 CT		rs17851058 TT		p	Broj grla CC	Broj grla CT	Broj grla TT
	Prosek	Std.Dev.	Prosek	Std.Dev.	Prosek	Std.Dev.	Prosek	Std.Dev.				
Sadržaj proteina (%)	21,64	0,72	21,79	0,67	21,14	0,77	/	/	0,12	14	4	0
Sadržaj vode (%)	75,87	0,92	75,76	0,82	76,29	1,24	/	/	0,32	14	4	0
Sadržaj masti (%)	0,99	0,51	0,87	0,46	1,43	0,48	/	/	0,05*	14	4	0
Sadržaj pepela (%)	1,11	0,10	1,13	0,10	1,07	0,10	/	/	0,32	14	4	0
Ukupni pigmenti (mg/kg)	111,52	6,45	109,77	5,91	117,63	4,47	/	/	0,03*	14	4	0
pH	5,69	0,21	5,67	0,21	5,73	0,21	/	/	0,48	30	9	0
SVV (cm ²)	12,11	1,22	12,05	1,20	12,33	1,31	/	/	0,53	30	9	0
Kalo kuvanja (%)	41,51	2,22	41,29	2,12	42,24	2,61	/	/	0,55	30	9	0
L*	38,62	2,40	38,80	2,17	38,03	3,14	/	/	0,42	16	5	0
a*	18,66	1,43	18,71	1,36	18,51	1,74	/	/	0,40	30	9	0
b*	7,03	1,65	7,11	1,66	6,78	1,67	/	/	0,73	30	9	0
H ⁰	20,45	4,15	20,64	4,03	19,78	4,75	/	/	0,61	30	9	0
C*	19,94	1,59	20,08	1,62	19,46	1,46	/	/	0,59	30	9	0
Mekoća (kg)	8,20	1,33	8,13	1,42	8,44	1,05	/	/	0,31	30	9	0
14:00 (%)	5,52	3,94	5,85	4,16	4,79	3,85	/	/	0,00*	9	3	0
16:00 (%)	34,83	8,17	34,84	8,54	34,80	7,18	/	/	0,67	9	4	0
16:1 n-7 (%)	4,73	4,57	5,68	5,22	2,37	0,88	/	/	0,99	29	8	0
18:00 (%)	20,42	5,91	19,67	6,25	23,16	3,52	/	/	0,44	5	2	0
18:1c n-9 (%)	35,79	7,68	35,95	7,74	35,19	7,94	/	/	0,14	29	8	0
18:2c n-6 (%)	8,88	6,47	9,59	6,99	6,18	3,08	/	/	0,81	29	8	0
18:3 n-3 (%)	1,85	1,31	1,85	1,31	/	/	/	/	0,30	19	5	0
SFA (%)	57,70	7,03	56,97	7,06	60,36	6,66	/	/	/	2	0	0
MUFA (%)	37,02	7,29	37,36	7,23	35,78	7,85	/	/	0,23	29	8	0
PUFA (%)	8,14	4,36	8,65	4,56	6,18	3,08	/	/	0,59	29	8	0
n-6/n-3	7,44	7,09	7,44	7,09	/	/	/	/	/	/	/	/
Dijametar mišićnih vlakna (µm)	32,59	2,39	32,53	2,28	32,82	3,05	/	/	0,30	19	5	0

SVV – sposobnost vezivanja vode; L* – svetloća mesa; a* – relativan udeo crvene boje; b* – relativan udeo žute boje; H⁰ – hue ugao ili “stvarna crvena”(izračunata vrednost); C* - Chroma je izračunata vrednost i označava “intenzitet boje”; 14:00 – miristinska masna kiselina; 16:00 – palmitinska masna kiselina; 16:1 n-7 – palmitoleinska masna kiselina; 18:00 – stearinska masna kiselina; 18:1c n-9 – oleinska masna kiselina; 18:2c n-6 – linolna masne kiselina; 18:3 n-3 – α linolenska masne kiselina; SFA – zasićene masne kiseline; MUFA - mononezasićene masne kiseline; PUFA – polinezasićene masne kiseline; n-6 – omega-6 masna kiselina; n-3 – omega-3 masna kiselina; n-6/n-3 – odnos je utvrđen na osnovu uzoraka mesa u kojima je, na osnovu primenjene metode, bilo moguće ustanoviti prisustvo obe masne kiseline, * p < 0,05.

Tabela 38. Asocijacija polimorfizma rs109677393 (ARS-USMARC-670) u genu za CAST sa morfometrijskim osobinama goveda rase buša

Osobine	Sva grla		rs109677393 TT		rs109677393 TC		rs109677393 CC		p	Broj grla TT	Broj grla TC	Broj grla CC
	Prosek	Std.Dev.	Prosek	Std.Dev.	Prosek	Std.Dev.	Prosek	Std.Dev.				
Visina grebena (cm)	104,85	4,86	105,48	5,67	104,63	3,70	102,50	4,65	0,53	28	22	7
Visina krsta (cm)	109,51	4,04	109,71	4,85	110,00	2,58	106,50	3,70	0,29	28	22	7
Dubina grudi (cm)	53,17	2,95	53,38	3,11	53,34	2,68	51,38	3,35	0,45	28	22	7
Širina grudi (cm)	27,80	4,06	28,81	4,62	26,88	3,38	26,25	2,36	0,26	22	16	4
Obim grudi (cm)	151,85	10,19	155,02	11,52	148,34	7,93	149,25	6,24	0,12	28	22	7
Dužina karlice (cm)	37,79	3,49	37,95	3,61	38,34	3,23	34,75	3,10	0,18	28	22	7
Širina karlice – bedra (cm)	35,96	3,39	36,31	3,16	36,44	2,90	32,25	4,92	0,07	28	22	7
Širina karlice – kukovi (cm)	31,66	2,61	32,33	2,35	31,38	2,22	29,25	4,27	0,08	22	16	5
Širina karlice – sed. kvrge (cm)	14,24	2,29	14,52	2,44	14,31	2,18	12,50	1,29	0,27	22	16	5
Dužina tela (cm)	123,24	6,47	125,64	6,52	121,81	4,90	118,14	7,12	0,03*	28	22	7
Dužina glave (cm)	40,98	1,81	40,95	1,83	41,13	1,96	40,50	1,29	0,83	28	22	7
Širina glave – čela (cm)	18,73	1,42	19,16	1,37	18,54	1,14	17,64	1,84	0,05*	28	22	7
Obim cevanice (cm)	15,01	0,95	15,17	0,93	15,00	1,02	14,25	0,50	0,21	27	22	7

* p < 0,05

Tabela 39. Asocijacija polimorfizma rs109677393 (ARS-USMARC-670) u genu za CAST sa osobinama kvaliteta mesa goveda rase buša

Osobine	Sva grla		rs109677393 TT		rs109677393 TC		rs109677393 CC		p	Broj grla TT	Broj grla TC	Broj grla CC
	Prosek	Std.Dev.	Prosek	Std.Dev.	Prosek	Std.Dev.	Prosek	Std.Dev.				
Sadržaj proteina (%)	21,64	0,72	21,56	0,75	22,05	0,40	/	/	0,30	15	3	0
Sadržaj vode (%)	75,87	0,92	75,89	1,01	75,81	0,27	/	/	0,90	15	3	0
Sadržaj masti (%)	0,99	0,51	1,03	0,53	0,82	0,46	/	/	0,54	15	3	0
Sadržaj pepela (%)	1,11	0,10	1,09	0,08	1,21	0,16	/	/	0,08	15	3	0
Ukupni pigmenti (mg/kg)	111,52	6,45	111,02	6,96	114,01	1,71	/	/	0,48	15	3	0
pH	5,69	0,21	5,68	0,23	5,71	0,13	/	/	0,72	29	10	0
SVV (cm ²)	12,11	1,22	12,21	1,18	11,84	1,36	/	/	0,42	29	10	0
Kalo kuvanja (%)	41,51	2,22	41,40	2,29	41,75	2,22	/	/	0,74	14	7	0
L*	38,62	2,40	38,97	2,26	37,62	2,64	/	/	0,13	29	10	0
a*	18,66	1,43	18,74	1,56	18,46	1,04	/	/	0,60	29	10	0
b*	7,03	1,65	7,11	1,67	6,81	1,64	/	/	0,63	29	10	0
H ⁰	20,45	4,15	20,55	4,16	20,13	4,33	/	/	0,78	29	10	0
C*	19,94	1,59	20,01	1,70	19,73	1,25	/	/	0,64	29	10	0
Mekoća (kg)	8,20	1,33	8,10	0,90	8,40	2,01	/	/	0,64	14	7	0
14:00 (%)	5,52	3,94	5,18	2,68	6,07	5,78	/	/	0,71	8	5	0
16:00 (%)	34,83	8,17	35,90	9,00	31,97	4,49	/	/	0,20	27	10	0
16:1 n-7 (%)	4,73	4,57	5,17	5,50	3,64	0,92	/	/	0,73	5	2	0
18:00 (%)	20,42	5,91	21,12	6,00	18,53	5,49	/	/	0,24	27	10	0
18:1c n-9 (%)	35,79	7,68	34,77	7,95	38,54	6,47	/	/	0,19	27	10	0
18:2c n-6 (%)	8,88	6,47	9,00	7,09	8,66	5,48	/	/	0,91	16	8	0
18:3 n-3 (%)	1,85	1,31	0,92	0,00	2,77	0,00	/	/	/	1	1	0
SFA (%)	57,70	7,03	59,24	6,89	53,53	5,84	/	/	0,03*	27	10	0
MUFA (%)	37,02	7,29	36,19	7,51	39,26	6,45	/	/	0,26	27	10	0
PUFA (%)	8,14	4,36	7,71	3,84	9,00	5,43	/	/	0,50	16	8	0
n-6/n-3	7,44	7,09	12,45	0,00	2,43	0,00	/	/	/	1	1	0
Dijametar mišićnih vlakna (µm)	32,59	2,39	32,53	2,57	32,88	1,52	/	/	0,79	19	4	0

SVV – sposobnost vezivanja vode; L* – svetloća mesa; a* – relativan udeo crvene boje; b* – relativan udeo žute boje; H⁰ – hue ugao ili “stvarna crvena”(izračunata vrednost); C* - Chroma je izračunata vrednost i označava “intenzitet”; 14:00 – miristinska masna kiselina; 16:00 – palmitinska masna kiselina; 16:1 n-7 – palmitoleinska masna kiselina; 18:00 – stearinska masna kiselina; 18:1c n-9 – oleinska masna kiselina; 18:2c n-6 – linolna masne kiselina; 18:3 n-3 – α linolenska masne kiselina; SFA – zasićene masne kiseline; MUFA - mononezasićene masne kiseline; PUFA – polinezasićene masne kiseline; n-6 – omega-6 masna kiselina; n-3 – omega-3 masna kiselina; n-6/n-3 – odnos je utvrđen na osnovu uzoraka mesa u kojima je, na osnovu primenjene metode, bilo moguće ustanoviti prisustvo obe masne kiseline, * p < 0,05.

Tabela 40. Asocijacija polimorfizma rs109354718 (ARS-USMARC-116) u genu za CAST sa morfometrijskim osobinama goveda rase buša

Osobine	Sva grla		rs109354718 TT		rs109354718 TC		rs109354718 CC		p	Broj grla TT	Broj grla TC	Broj grla CC
	Prosek	Std.Dev.	Prosek	Std.Dev.	Prosek	Std.Dev.	Prosek	Std.Dev.				
Visina grebena (cm)	105,16	5,51	105,97	5,90	26,82	2,64	104,25	4,86	0,28	38	15	4
Visina krsta (cm)	108,63	5,25	109,55	5,32	144,43	9,57	108,75	4,79	0,19	38	15	4
Dubina grudi (cm)	53,46	3,25	53,97	3,23	37,90	3,60	53,63	4,15	0,25	38	15	4
Širina grudi (cm)	27,88	4,04	28,34	4,55	35,53	3,93	27,00	1,41	0,62	29	11	2
Obim grudi (cm)	148,81	11,11	150,64	11,50	30,36	3,53	147,75	10,24	0,27	38	15	4
Dužina karlice (cm)	38,78	4,07	39,24	4,28	13,64	2,62	37,75	3,77	0,55	38	15	4
Širina karlice – bedra (cm)	36,82	3,78	37,33	3,73	119,93	5,43	36,75	3,40	0,67	38	15	4
Širina karlice – kukovi (cm)	31,70	2,58	32,10	2,11	39,50	2,90	32,67	1,15	0,22	29	11	3
Širina karlice – sed. kvрге (cm)	14,33	2,36	14,48	2,20	18,23	1,13	15,33	3,21	0,54	29	11	3
Dužina tela (cm)	123,25	6,47	124,79	6,45	15,07	1,12	121,00	6,32	0,06	38	15	4
Dužina glave (cm)	40,05	2,77	40,20	2,66	26,82	2,64	40,75	3,77	0,63	38	15	4
Širina glave – čela (cm)	18,74	1,42	19,04	1,35	144,43	9,57	17,75	2,36	0,09	38	15	4
Obim cevanice (cm)	15,26	1,10	15,41	1,10	37,90	3,60	14,63	0,75	0,24	37	15	4

* p < 0,05.

Tabela 41. Asocijacija polimorfizma rs109354718 (ARS-USMARC-116) u genu za CAST sa osobinama kvaliteta mesa goveda rase buša

Osobine	Sva grla		rs109354718 TT		rs109354718 TC		rs109354718 CC		P	Broj grla TT	Broj grla TC	Broj grla CC
	Prosek	Std.Dev.	Prosek	Std.Dev.	Prosek	Std.Dev.	Prosek	Std.Dev.				
Sadržaj proteina (%)	21,64	0,72	21,64	0,75	21,63	0,00	/	/	1,00	17	1	0
Sadržaj vode (%)	75,87	0,92	75,87	0,95	75,86	0,00	/	/	1,00	17	1	0
Sadržaj masti (%)	0,99	0,51	0,97	0,52	1,34	0,00	/	/	1,00	17	1	0
Sadržaj pepela (%)	1,11	0,10	1,12	0,11	1,06	0,00	/	/	0,34	17	1	0
Ukupni pigmenti (mg/kg)	111,52	6,45	111,36	6,61	114,24	0,00	/	/	1,00	17	1	0
pH	5,69	0,21	5,68	0,22	5,69	0,14	/	/	1,00	32	7	0
SVV (cm ²)	12,11	1,22	12,17	1,13	11,83	1,66	/	/	0,26	32	7	0
Kalo kuvanja (%)	41,51	2,22	41,25	2,28	42,17	2,10	/	/	0,66	15	6	0
L*	38,62	2,40	38,82	2,46	37,75	2,04	/	/	0,64	32	7	0
a*	18,66	1,43	18,73	1,49	18,35	1,21	/	/	0,12	32	7	0
b*	7,03	1,65	6,99	1,64	7,22	1,83	/	/	0,57	32	7	0
H ⁰	20,45	4,15	20,26	4,07	21,30	4,76	/	/	0,45	32	7	0
C*	19,94	1,59	19,98	1,63	19,78	1,48	/	/	0,32	32	7	0
Mekoća (kg)	8,20	1,33	7,89	1,18	8,97	1,47	/	/	0,91	15	6	0
14:00 (%)	5,52	3,94	6,41	4,46	3,52	1,15	/	/	1,00	9	4	0
16:00 (%)	34,83	8,17	35,39	8,67	32,47	5,38	/	/	0,12	30	7	0
16:1 n-7 (%)	4,73	4,57	5,17	5,50	3,64	0,92	/	/	0,86	5	2	0
18:00 (%)	20,42	5,91	20,82	5,89	18,71	6,13	/	/	0,46	30	7	0
18:1c n-9 (%)	35,79	7,68	35,46	8,21	37,17	4,99	/	/	0,35	30	7	0
18:2c n-6 (%)	8,88	6,47	8,50	6,85	10,03	5,58	/	/	0,45	18	6	0
18:3 n-3 (%)	1,85	1,31	1,85	1,31	/	/	/	/	0,00	2	0	0
SFA (%)	57,70	7,03	58,75	6,98	53,19	5,64	/	/	0,05	30	7	0
MUFA (%)	37,02	7,29	36,74	7,73	38,21	5,23	/	/	0,37	30	7	0
PUFA (%)	8,14	4,36	7,51	3,85	10,03	5,58	/	/	0,34	18	6	0
n-6/n-3	7,44	7,09	7,44	7,09	/	/	/	/	/	2	0	0
Dijametar mišićnih vlakna (µm)	32,59	2,39	32,53	2,44	33,25	2,41	/	/	0,71	21	2	0

SVV – sposobnost vezivanja vode; L* – svetloća mesa; a* – relativan udeo crvene boje; b* – relativan udeo žute boje; H⁰ – hue ugao ili “stvarna crvena”(izračunata vrednost); C* - Chroma je izračunata vrednost i označava “intenzitet boje”; 14:00 – miristinska masna kiselina; 16:00 – palmitinska masna kiselina; 16:1 n-7 – palmitoleinska masna kiselina; 18:00 – stearinska masna kiselina; 18:1c n-9 – oleinska masna kiselina; 18:2c n-6 – linolna masne kiselina; 18:3 n-3 – α linolenska masne kiselina; SFA – zasićene masne kiseline; MUFA - mononezasićene masne kiseline; PUFA – polinezasićene masne kiseline; n-6 – omega-6 masna kiselina; n-3 – omega-3 masna kiselina; n-6/n-3 – odnos je utvrđen na osnovu uzoraka mesa u kojima je, na osnovu primenjene metode, bilo moguće ustanoviti prisustvo obe masne kiseli, * p < 0,05.

Asocijacija polimorfizma rs109677393 (ARS-USMARC-670) u genu za CAST sa morfometrijskim osobinama prikazana je u tabeli 38. Rezultati ukazuju na postojanje značajne asocijacije ARS-USMARC-670 samo sa dužinom tela ($p=0,03$). Asocijacija sa širinom glave - čela se može okarakterisati kao potencijalno značajna, jer se utvrđena p -vrednost ($p=0,05$) nalazi na granici nivoa značajnosti. Prosečna dužina tela bila je najveća kod jedinki homozigotnog TT genotipa i iznosila je 125,64 cm, zatim kod jedinki TC genotipa (121,81 cm), dok je najmanja prosečna vrednost zabeležena kod jedinki homozigotnog genotipa CC i iznosila je 118,14 cm. Za širinu glave - čela prosečne vrednosti su bile najveće kod TT genotipa (19,16 cm), zatim kod TC genotipa (18,54 cm), dok je i kod ove osobine najmanja prosečna vrednost utvrđena kod homozigotnog genotipa CC i iznosila je 17,64 cm. Kod ostalih morfometrijskih osobina nije utvrđen značajan efekat markera ARS-USMARC-670.

Asocijacija polimorfizma rs109677393 (ARS-USMARC-670) u genu za CAST sa osobinama kvaliteta mesa prikazana je u tabeli 39. Rezultati ukazuju na postojanje značajne asocijacije SNP markera ARS-USMARC-670 sa sadržajem zasićenih masnih kiselina ($p=0,03$). Prosečna vrednost za sadržaj zasićenih masnih kiselina bila je veća kod jedinki homozigotnog TT genotipa i iznosila je 59,24% što je za oko 5% više u odnosu na prosečnu vrednost kod jedinki TC genotipa od 53,53%. Kod ostalih osobina kvaliteta mesa nije utvrđen značajan efekat polimorfizma ARS-USMARC-670.

Polimorfizam rs109677393 (ARS-USMARC-670) kao i drugi polimorfizmi u genima za kalpain 1 i kalpastatin je izučavan u asocijaciji sa mekoćom mesa. Mateescu i sar. (2017) su pokazali značajnu asocijaciju ($1,63 \times 10^{-5}$) u okviru GWAS analize sprovedene na angus rasi. Sa druge strane ovaj polimorfizam nije pokazao asocijaciju sa mekoćom mesa u studiji Ribeca i sar. (2013), kao i u studiji Pegolo i sar. (2020).

Drugi ispitivani marker u genu za CAST bio je rs109354718 (ARS-USMARC-116) i analizom podataka nije utvrđena značajna asocijacija ni sa jednom ispitivanom osobinom (tabela 40 i 41).

UA-IFASA-1370, ARS-USMARC-116 i ARS-USMARC-670 su u okviru GWAS analize na čipu, ispitani u asocijaciji sa mekoćom mesa pri čemu je pokazano da nema statistički značajne asocijacije kod bikova rase pijemonteze (Pegolo i sar., 2020).

U kalpastatinu su identifikovana 3 haplotipska bloka. ARS-USMARC-116 koji se nalazi u intronu 25 vodeći je SNP u trećem haplotipskom bloku veličine 14 kb, koji se nalazi na 3' kraju gena za kalpastatin obuhvatajući netranslatirajući region na osnovu podataka iz NCBI referentne sekvence NM_174259.2 (Leal-Gutiérrez i sar., 2018).

U studiji urađenoj na populaciji braman i angus rasama goveda, ARS-USMARC-116 bio je značajno asociiran sa mekoćom mesa i kao pojedinačni SNP i u haplotipu sa 7-98581038 koji je označen kao drugi najznačajniji SNP za obeležavanje haplotipskog bloka (Leal-Gutiérrez i sar., 2018). Meso jedinki sa genotipom CC je bilo značajno tvrđe u odnosu na TT i TC genotip (Leal-Gutiérrez i sar., 2018). Ista studija pokazuje različitu učestalost C alela u zavisnosti od stepena selekcije i populacije. U populaciji u kojoj je dominirala braman rasa goveda (preko 80%) učestalost alela C je iznosila 35%, dok je u populaciji u kojoj je dominantna rasa bio angus (preko 80%) učestalost alela C je bila 10% (Leal-Gutiérrez i sar., 2018).

Uočava se nekonzistentnost u asocijaciji kalpain-1 i kalpastatin polimorfizama kroz različite studije. Svakako da na značaj polimorfizama utiče poreklo rase, pogotovo među selekcionisanim rasama. CAPN1 316 učestalije je povezan sa mekoćom mesa kod goveda koja potiču od *Bos taurus*-a, dok je CAPN1 4751 konzistentnije povezivan sa mekoćom mesa goveda poreklom od *Bos indicus*-a (Tait i sar., 2014). Iz tog razloga, uprkos širokoj primeni pomenutih markera, analiza u populaciji buše na teritoriji Srbije pruža najprecizniji dokaz o potencijalnoj primenljivosti za selekciju komercijalnih osobina. Dodatnu značajnost pruža analiza asocijacije sa različitim osobinama mesa, masnih kiselina i morfometrijskim osobinama. Iako ovakve studije predstavljaju retkost i mali broj autora ima objavljene rezultate, smatramo da ispitivani polimorfizmi mogu biti značajni za unapređenje ispitivanih osobina. Ovi rezultati ukazuju na potrebu za daljim

istraživanjima, na većoj populaciji da bi se dobio jasan uvid u njihovu praktičnu primenu u selekcijskim programima.

Rezultati pojedinih istraživanja ukazuju na to da pH i temperatura mogu ostvariti uticaj na autolizu i aktivnost kalpain-1 proteina (Maddock i sar., 2005; Pomponio i sar., 2012). Takođe, temperatura utiče i na aktivnost kalpastatina (Pomponio i sar., 2012). Starost utiče na aktivnost kalpastatina, tako da treba voditi računa o uzrastu životinja prilikom ispitivanja. Meso starijih životinja ima konzistentiju postmortem aktivnost kalpastatina u odnosu na mlade jedinke (Cruzen i sar., 2014). Pored već poznatih SNP-ova u genima za kalpain 1 i kalpastatin koji su već detaljno ispitivani, sproveli smo GWAS ispitivanje na nivou genoma. Ovako identifikovani polimorfizmi, bez hipoteze, pružaju osnovu za dalja ispitivanja njihove primene u selekcijskim programima sa ciljem dobijanja životinja sa poželjnim komercijalnim svojstvima. Istraživanja treba proširiti i na proteine koji se nalaze u blizini ispitivanih polimorfizama. Njihova ekspresija i enzimatska aktivnost mogu pružiti pojašnjenja o mehanizmu delovanja identifikovanih polimorfizama kod buše, ali i kod drugih rasa goveda.

5. Zaključak

Na osnovu rezultata fenotipske i genetičke karakterizacije rase buša, zasnovane na utvrđivanju morfometrijskih, reproduktivnih i osobina kvaliteta mesa, kao i na analizi polimorfizama pojedinačnih nukleotida, izvedeni su sledeći najvažniji zaključci:

- Prosečne vrednosti morfometrijskih osobina krava bile su sledeće: visina grebena 106,18 cm (92 – 122 cm), visina krsta 109,36 cm (96 – 122 cm), dubina grudi 54,07 cm (43 – 65 cm), širina grudi 28,51 cm (19 – 40 cm), obim grudi 150,50 cm (128 – 188 cm), dužina karlice 38,97 cm (28 – 52 cm), širina karlice (bedra) 37,39 cm (26 – 48 cm), širina karlice (kukovi) 32,52 cm (23 – 42 cm), širina karlice (sednjačne kvrge) 14,19 cm (10 – 20 cm), dužina tela 125,98 cm (104 – 145 cm), dužina glave 40,04 cm (32 – 48 cm), širina glave (čelo) 18,83 cm (16 – 22 cm) i obim cevanice 15,61 cm (12 – 18 cm). Uzimajući u obzir prosečne vrednosti morfometrijskih osobina koje opisuju bušu u periodu od pre 100 do 120 godina, može se zaključiti da se krave iz ispitivane populacije ne razlikuju značajno u građi i formatu u odnosu na grla iz tog perioda. Stoga, podaci o morfometrijskim osobinama iz ovog istraživanja mogu biti preporučeni kao standard ove rase.

- Koeficijenti varijacije za sve ispitivane osobine bili su manji od 16%, što ukazuje na nisku varijabilnost morfometrijskih osobina kao i na to da su grla relativno ujednačena po pitanju veličine i građe tela.

- Prosečna ocena muskuloznosti prednjeg i zadnjeg dela tela krava iznosila je 1,79, što ukazuje na slabiju razvijenost muskulature.

- Ispitivanjem "čistoće vimena" utvrđeno je da se 16,56% krava odlikovalo prisustvom jedne ili dve pasise, pri čemu je 8,92% krava imalo jednu, a 7,64% dve pasise.

- Prosečne vrednosti morfometrijskih osobina bikova bile su sledeće: visina grebena 114,57 cm (104 – 122 cm), visina krsta 117 cm (110 – 125 cm), dubina grudi 59,00 cm (53 – 65 cm), širina grudi 33,40 cm (29 – 38 cm), obim grudi 170,71 cm (149 – 203 cm), dužina karlice 42,43 cm (36 – 48 cm), širina karlice (bedra) 40,43 cm (31 – 46 cm), širina karlice (kukovi) 36,80 cm (31 – 42 cm), širina karlice (sednjačne kvrge) 13,80 cm (12 – 16 cm), dužina tela 137,29 cm (119 – 148 cm), dužina glave 43,36 cm (41 – 46 cm), širina glave (čelo) 22,71 cm (20 – 28 cm) i obim cevanice 20 cm (18 – 23 cm).

- Korelacijski odnosi između ispitivanih morfometrijskih osobina krava ukazuju na jaku i pozitivnu vezu, budući da od ukupno 78 korelacija samo 15 nije bilo statistički značajno. Najveći koeficijenti korelacije utvrđeni su između visine grebena i visine krsta (0,82), visine grebena i dubine grudi (0,59), visine grebena i dužine tela (0,52), visine krsta i dubine grudi (0,57), dubine grudi i širine grudi (0,52), dubine grudi i dužine karlice (0,59), dubine grudi i širine karlice (bedra) (0,60), obima grudi i dužine glave (0,58), obima grudi i širine glave (0,52), dužine karlice i širine karlice (bedra) (0,74), dužine karlice i širine karlice (kukovi) (0,59), dužine karlice i širine karlice (sednjačne kvrge) (0,54), širine karlice (bedra) i širine karlice (kukovi) (0,71), širine karlice (bedra) i širine karlice (sednjačne kvrge) (0,55), širine karlice (kukovi) i širine karlice (sednjačne kvrge) (0,57) i dužine glave i širine glave (0,51).

- Prosečne vrednosti relativnih pokazatelja telesne razvijenosti krava bile su sledeće: indeks formata 118,74% (99,18 – 134,38%), indeks dubine grudi 50,93% (40,98 – 58,10%), indeks zbijenosti trupa 119,80% (102,07 – 153,39%), indeks masivnosti 141,96% (116,67 – 186,60%), indeks pregrađenosti 103,01% (90,27 – 117,20%), karlično-grudni indeks 78,68% (55 – 114,29%), indeks dužine nogu 49,07% (41,90 – 59,02%), indeks širine čela 47,19% (38,10 – 55,88) i indeks koščatosti 14,71% (11,89 – 18,95%).

- Uzrast/starost krava značajno je uticao na dubinu grudi ($p < 0,01$), dužinu karlice ($p < 0,05$), širinu karlice (bedra) ($p < 0,01$), dužinu tela ($p < 0,001$), obim grudi ($p < 0,01$), dužinu glave ($p < 0,001$), širinu glave (čelo) ($p < 0,01$) i širinu karlice (kukovi) ($p < 0,01$). Grla iz najmlađe kategorije su se uglavnom značajno razlikovala od grla iz starijih kategorija, što su očekivani rezultati, jer mlada grla tek treba da ostvare svoj puni porast.

- Od ukupno 13 ispitivanih morfometrijskih osobina krava, značajan uticaj boje dlačnog pokrivača je utvrđen samo kod obima grudi ($p < 0,05$), dužine karlice ($p < 0,05$), širine ($p < 0,001$) i dužine glave ($p < 0,05$). Grupu atipičnih grla činila su grla koja su po karakteristikama glave odstupala od ostalih grupa buša obuhvaćenih istraživanjem, pa su imala najveću prosečnu vrednost za širinu glave od 19,94 cm i za dužinu glave od 41,65 cm. Atipična grla su imala i najveći obim grudi od 157,47 cm, dok su smeđa grla imala najveću prosečnu dužinu karlice od 40,57 cm. Kod ostalih osobina nije utvrđen značajan uticaj boje dlačnog pokrivača.

- Prosečan uzrast pri prvom pripustu je iznosio 621,77 dana, sa varijacijama od 412 do 822 dana, što ukazuje na to da buša pripada rasama kasnostasnog tipa. Bremenitost je u proseku trajala 284,66 dana (275 – 291), dok je uzrast pri prvom teljenju prosečno iznosio 906,63 dana. Krave su se odlikovale relativno dobrom plodnošću, jer je u proseku servis period trajao 117,71 dan (22 – 253). Od svih ispitivanih reproduktivnih osobina servis period se odlikovao sa najvećim koeficijentom varijacije (53,99) koji ukazuje na visoku varijabilnost ovog parametra. Međutelidbeni interval je u proseku trajao 393,94 dana, sa varijacijama od 305 do 605 dana. Prosečna masa teladi pri rođenju iznosila je 15,08 kg (14 – 23 kg).

- Za servis period je utvrđeno da značajno zavisi od sezone teljenja ($p < 0,001$). Krave oteljene tokom jeseni imale su u proseku najduži servis period (157,61 dana), dok su krave oteljene tokom leta imale najkraći servis period (85,81 dana).

- Uticaj teljenja po redu na trajanje međutelidbenog intervala nije bio statistički značajan ($p > 0,05$).

- Prosečne vrednosti osobina hemijskog sastava mesa bile su sledeće: sadržaj proteina 21,64% (20,09 – 22,92%), sadržaj vode 75,87% (74,15 – 77,96%), sadržaj masti 0,99% (0,46 – 2,10%), sadržaj pepela 1,11% (0,93 – 1,38%), ukupni pigmenti 111,52 mg/kg (99,28 – 122,40 mg/kg), sadržaj miristinske masne kiseline 5,52% (0,63 – 16,25%), sadržaj palmitinske masne kiseline 35,60% (25,56 – 54,39%), sadržaj palmitoleinske masne kiseline 4,73% (0,66 – 13,55%), sadržaj stearinske masne kiseline 20,03% (6,16 – 29,72%), sadržaj oleinske masne kiseline 36,13% (25,71 – 54,73%), sadržaj linolne masne kiseline 7,99% (0,52 – 16,45%), sadržaj α linolenske masne kiseline 1,58% (0,92 – 2,77%), sadržaj SFA 57,70% (45,27 – 72,54%), sadržaj MUFA 37,02% (25,71 – 54,73%) i sadržaj PUFA 8,14% (0,52 – 16,45%).

- Ispitivanjem masnokiselinskog sastava mesa utvrđeno je da su najzastupljenije bile zasićene masne kiseline (SFA), dok je od pojedinačnih masnih kiselina najzastupljenija bila oleinska masna kiselina.

- Prosečne vrednosti tehnoloških osobina mesa bile su sledeće: pH vrednost 5,69 (5,44 – 6,64), sposobnost vezivanja vode (SVV) 12,11 cm² (9,50 – 13,96 cm²), kalo kuvanja 41,51% (36,83 – 44,91%), svetloća mesa – L* 38,62 (31,77 – 42,42), relativan udeo crvene boje – a* 18,66 (15,37 – 22,06), relativan udeo žute boje – b* 7,03 (3,97 – 12,40), hue ugao ili stvarna crvena - H° 20,45 (12,23 – 28,98), chroma vrednost ili intenzitet boje – C* 19,94 (16,63 – 25,42), mekoća mesa 8,20 kg (5,02 – 11,50 kg), dijametar mišićnih vlakana 32,59 μ m (27,88 – 38,09 μ m).

Prosečne vrednosti osobina kvaliteta mesa junadi buše odgovaraju vrednostima karakterističnim za goveđe meso. Koeficijenti varijacije za osobine sadržaja proteina, sadržaja vode, sadržaja pepela i ukupnih pigmenata odlikuju se niskim vrednostima, što ukazuje na relativno nisku varijabilnost ovih osobina. S druge strane, sadržaj masti i udeo masnih kiselina su osobine mesa koje se odlikuju visokom varijabilnošću.

- Korelacijski odnosi između ispitivanih osobina hemijskog sastava mesa ukazuju na slabu vezu, jer je samo osam korelacija bilo statistički značajno. Statistički značajni koeficijenti korelacije utvrđeni su između sadržaja proteina i sadržaja vode (-0,87), sadržaja proteina i sadržaja PUFA (0,58), sadržaja vode i sadržaja MUFA (0,51), sadržaja SFA i sadržaja MUFA (-0,68), sadržaja SFA i sadržaja PUFA (-0,52), sadržaja proteina i sadržaja linolne masne kiseline (0,58), sadržaja palmitinske masne kiseline i sadržaja stearinske masne kiseline (-0,38), sadržaja stearinske masne kiseline i sadržaja oleinske masne kiseline (-0,41).

- Analizom korelacijskih odnosa između tehnoloških osobina mesa utvrđeno je deset statistički značajnih korelacija koje se uglavnom odnose na parametre boje mesa. Statistički

značajni koeficijenti korelacije utvrđeni su između SVV i parametra boje b^* (0,42), SVV i parametra boje H^o (0,40), kalo kuvanja i mekoće mesa (0,59). Za parametar boje L^* utvrđena je značajna korelacija sa parametrom boje a^* (0,47), parametrom boje b^* (0,46), parametrom boje H^o (0,32) i parametrom boje C^* (0,55). Za parametar boje b^* utvrđena je značajna korelacija sa parametrom boje H^o (0,91) i parametrom boje C^* (0,52). Poslednja statistički značajna korelacija utvrđena je između parametra boje a^* i parametra boje C^* (0,90).

- Korelacijski odnosi između ispitivanih hemijskih i tehnoloških osobina mesa ukazuju na slabu vezu, jer je samo deset korelacija bilo statistički značajno. Statistički značajni koeficijenti korelacije utvrđeni su između sadržaja proteina i pH vrednosti (-0,64), sadržaja vode i pH vrednosti (0,52), sadržaja masti i parametra boje b^* (0,66) i sadržaja masti i parametra boje H^o (0,64). Za pH vrednost utvrđena je značajna korelacija i sa sadržajem miristinske masne kiseline (-0,57), sadržajem palmitinske masne kiseline (-0,35) i sadržajem stearinske masne kiseline (0,34). Za oleinsku masnu kiselinu utvrđena je značajna korelacija sa parametrima boje mesa b^* (-0,45) i H^o (-0,51), dok je za palmitinsku masnu kiselinu utvrđena značajna korelacija sa parametrom boje L^* (0,37).

- Prosečne ocene senzornih osobina mesa bile su sledeće: boja mesa 2,64 (1 – 4), mramoriranost 2 (1 – 5), struktura 2,77 (2 – 3), miris 2,64 (2 – 3), ukus 2,69 (2 – 3), mekoća 2,69 (2 – 3) i sočnost 2,33 (2 – 3). Na osnovu prikazanih vrednosti može se zaključiti da je ispitivano meso bilo crvene boje srednjeg intenziteta, da je bilo fine strukture i dobrog ukusa i mirisa. Meso se odlikovalo i relativno slabom zastupljenošću masnih kapljica što je verovatno uticalo i na slabije ocene za sočnost mesa.

- Istraživanje predstavljeno u ovom radu jedno je od prvih GWAS studija koje su sprovedene na osobinama kvaliteta mesa u populaciji buše u Srbiji.

- Pored određenih ograničenja, utvrđeno je nekoliko SNP markera i gena koji bi potencijalno mogli da utiču na osobine kvaliteta mesa. Utvrđene statistički značajne asocijacije SNP markera u *CAPN1* i *CAST* genu sa morfometrijskim osobinama i osobinama kvaliteta mesa buše pružaju nam mogućnost za potencijalnu primenu ovih markera u selekcijskim programima.

- Rezultati asocijacione studije na celokupnom genomu pružaju uvid u genetičku strukturu populacije i identifikaciju markera bez prethodne hipoteze (*hypothesis-free* metod), za primenu u selekciji poželjnih osobina u uzgoju.

- Metodom asocijacione studije na nivou genoma (GWAS) identifikovani su polimorfizmi statistički značajno asociirani sa dijametrom mišićnih vlakana ($p \leq 5 \times 10^{-8}$), kao i geni kandidati (*APOD*, *NTMT2*, *ZBTB37*, *DSC1*, *DSC2*, *DSC3*, *SCL36A4*, *FAT3*, *NTM*, *RPL7L1*).

- Identifikovan je polimorfizam statistički značajno asociiran sa pH mesa ($p \leq 5 \times 10^{-8}$), kao i geni kandidati (*API5*, *TTC17*).

- Identifikovani su polimorfizmi i geni kandidati koji su sa sugestivnom značajnošću ($p < 1 \times 10^{-5}$) asociirani sa ispitivanim osobinama mesa i morfometrijskim osobinama goveda rase buša. Ustanovljeno je da su polimorfizmi koji se nalaze u blizini gena *ANGPTL3* asociirani sa više ispitivanih masnih kiselina što ukazuje na njihov plejotropni efekat i identifikuje *ANGPTL3* kao gen koji potencijalno utiče na nivo masnih kiselina.

- Odabrani su polimorfizmi prethodno korišćeni kao referentni u analizi mesa, za koje postoje literaturni podaci i postoji hipoteza o njihovoj asociiranosti sa kvalitetom mesa i/ili morfometrijskim osobinama. Odabrana su 3 polimorfizma u genu kalpain-1 (rs17872000 - *CAPN1* 316, rs17872050 - *CAPN1* 4751 i rs17871058 - UA-IFASA-1370) i 2 polimorfizma u genu kalpastatin (rs10967739 - ARS-USMARC-670, rs-109354718 - ARS-USMARC-116) za koje je izračunata asocijacija (sa nominalnom statističkom značajnošću, $p < 0,05$) sa ispitivanim osobinama mesa, sadržajem masnih kiselina i morfometrijskim osobinama. Utvrđeno je da su učestalosti alela ispitivanih polimorfizama u genima kalpain-1 i kalpastatin u skladu sa učestalostima koje su prijavljene u drugim populacijama goveda.

Utvrđene su sledeće statistički značajne asocijacije ispitivanih polimorfizama gena za kalpain-1 i kalpastatin:

- polimorfizam CAPN1 316 (rs17872000) u genu *CAPN1* je značajno asociran sa vrednostima visine grebena i obima cevanice, pri čemu jedinke sa genotipom GC imaju najviše vrednosti;
- polimorfizam CAPN1 4751 (rs17872050) u genu *CAPN1* je značajno asociran sa vrednostima širine karlice (kukovi) i širine karlice (sednjačne kvрге), pri čemu jedinke sa TT genotipom imaju najviše vrednosti, kao i sa pigmentacijom mesa pri čemu jedinke sa TC genotipom imaju najviše vrednosti;
- polimorfizam UA-IFASA-1370 (rs17871058) u genu *CAPN1* je značajno asociran sa sadržajem ukupnih pigmenata, pri čemu jedinke sa CT genotipom imaju najviše vrednosti, kao i sadržajem miristinske masne kiseline, pri čemu jedinke sa CC genotip imaju najviše vrednosti;
- polimorfizam ARS-USMARC-670 (rs109677393) u genu *CAST* je statistički značajno asociran sa dužinom tela, širinom glave i sadržajem zasićenih masnih kiselina, pri čemu jedinke sa TT genotipom imaju najviše vrednosti za sve tri osobine;
- polimorfizam ARS-USMARC-116 (rs109354718) u genu *CAST* nije statistički značajno asociran sa ispitivanim morfometrijskim osobinama, osobinama kvaliteta mesa, kao i sadržajem masnih kiselina.

Na osnovu rezultata fenotipske i genetičke karakterizacije rase buša, kao opšti zaključak može se izneti sledeće:

Podaci o morfometrijskim osobinama iz ovog istraživanja mogu biti preporučeni kao standard ove rase, dok su podaci o reproduktivnim osobinama krava značajni za razumevanje reproduktivne efikasnosti koja u velikoj meri utiče na organizaciju proizvodnje na farmi. Meso je glavni proizvod većine proizvodnih sistema u kojima se gaji buša, pa su podaci o osobinama kvaliteta mesa važni jer pružaju uvid u eventualne specifičnosti ovog proizvoda. Utvrđene statistički značajne asocijacije genetičkih polimorfizama u *kalpain-1* i *kalpastatin* genu pružaju nam uvid u potencijalnu primenu ovih markera u selekcijskom programu za populaciju goveda rase buša.

6. Literatura

1. Aaslyng, M. D., Bejerholm, C., Ertbjerg, P., Bertram, H. C., Andersen, H. J. (2003): Cooking loss and juiciness of pork in relation to raw meat quality and cooking procedure. *Food Quality and Preference*, 14, 277–288.
2. Abdul-Muneer, P. M. (2014): Application of microsatellite markers in conservation genetics and fisheries management: recent advances in population structure analysis and conservation strategies. *Genetics research international*, 2014, 691759.
3. Adametz, L. (1895): Studien zur Monographie des illyrischen Rindes. *Jurnal fur Landwirtschaft*.
4. Adamov, M., Bunevski, Gj., Adamov, N. (2011): Morphological and managerial characteristics of the Busha cattle reared in Macedonia and its importance as a genetic resource. 8th Global Conference on the conservation of animal genetic resources, Tekirdag. 451 – 454.A
5. Allais, S., Journaux, L., Levéziel, H., Payet-Duprat, N., Raynaud, P., Hocquette, J. F., Lepetit, J., Rousset, S., Denoyelle, C., Bernard-Capel, C., Renand, G. (2011): Effects of polymorphisms in the calpastatin and μ -calpain genes on meat tenderness in 3 French beef breeds. *Journal of animal science*, 89(1), 1–11.
6. Allais, S., Levéziel, H., Hocquette, J.F., Rousset, S., Denoyelle, C., Journaux, L., Renand, G. (2014): Fine mapping of quantitative trait loci underlying sensory meat quality traits in three French beef cattle breeds. *Journal of animal science*, 92(10), 4329–4341.
7. Almeida, R., Doska, M.C., Horst, J.A., Valloto, A.A., Santos, G.T., Lima, L.S. (2021): Associations of days open with milk urea nitrogen and other herd traits in dairy cows. *Revista Brasileira de Zootecnia* 50: e20200081.
8. An, B., Xia, J., Chang, T., Wang, X., Xu, L., Zhang, L., Gao, X., Chen, Y., Li, J., Gao, H. (2019): Genome-wide association study reveals candidate genes associated with body measurement traits in Chinese Wagyu beef cattle. *Animal genetics*, 50(4), 386–390.
9. Appuhamy, J.A., Cassell, B.G., Cole, J.B. (2009): Phenotypic and genetic relationships of common health disorders with milk and fat yield persistencies from producer-recorded health data and test-day yields. *Journal of dairy science*, 92(4), 1785–1795.
10. Ardicli, S., Samli, H., Dincel, D., Soyudal, B., Balci, F. (2017): Individual and combined effects of *CAPNI*, *CAST*, *LEP* and *GHR* gene polymorphisms on carcass characteristics and meat quality in Holstein bulls, *Arch. Anim. Breed.*, 60, 303–313.
11. Arik, E., Karaca, S. (2016): The effect of some pre-slaughter factors on meat quality of bulls slaughtered in a commercial abattoir in Turkey. *Indian Journal of Animal Research*. 51(3): 557-563.
12. Avilés, C., Martínez, A. L., Domenech, V., Peña, F. (2015): Effect of feeding system and breed on growth performance, and carcass and meat quality traits in two continental beef breeds. *Meat science*, 107, 94–103.
13. Baye, G. G. M., Masho, W., Begna, R., Admasu, Z. (2022): Morphometric traits and structural indices of indigenous cattle reared in Bench Sheko zone, southwestern Ethiopia. *Heliyon*, 8(8), e10188.
14. Belić, M., Ognjanović, A. (1961): *Osnovi savremenog govedarstva*. Zadrúžna knjiga, Beograd.
15. Bene, S., Nagy, B., Nagy, L., Kiss, B., Peter, P., Szabó, F. (2007): Comparison of body measurements of beef cows of different breeds. *Archiv fur Tierzucht. Dummerstrof* 50 (2007) 4, 363 – 373.
16. Beuzen, N., Stear, M. Chang, K. (2000): Molecular markers and their use in animal breeding. *The Veterinary Journal*, 160(1): p. 42-52.
17. Bila, L., Malatji, D.P., Tyasi, T.L. (2023): Morphological characterization of Sussex cattle at Huntersvlei farm, Free State Province, South Africa. *PLoS ONE* 18(9): e0292088.

18. Bispo, E., Monserrat, L., González, L., Franco, D., Moreno, T. (2010): Effect of weaning status on animal performance and meat quality of Rubia Gallega calves. *Meat science*, 86(3), 832–838.
19. Bolormaa, S., Hayes, B. J., Savin, K., Hawken, R., Barendse, W., Arthur, P. F., Herd, R. M., Goddard, M. E. (2011): Genome-wide association studies for feedlot and growth traits in cattle. *Journal of animal science*, 89(6), 1684–1697.
20. Bonilla, C.A., Rubio, M.S., Sifuentes, A.M., Parra-Bracamonte, G.M., Arellano, V.W., Méndez, M.R., Berruecos, J.M., Ortiz, R. (2010): Association of CAPN1 316, CAPN1 4751 and TG5 markers with bovine meat quality traits in Mexico. *Genetics and molecular research: GMR*, 9(4), 2395–2405.
21. Borges, B. O., Curi, R. A., Baldi, F., Feitosa, F. L. B., Andrade, W. B. F., Albuquerque, L.G., Oliveira, H. N., Chardulo, L. A. L. (2014): Polymorphisms in candidate genes and their association with carcass traits and meat quality in Nellore cattle. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.49, n.5, p.364-371.
22. Briggs, M. A., Petersen, K. S., Kris-Etherton, P. M. (2017): Saturated Fatty Acids and Cardiovascular Disease: Replacements for Saturated Fat to Reduce Cardiovascular Risk. *Healthcare (Basel, Switzerland)*, 5(2), 29.
23. Brzáková, M., Čítek, J., Svitáková, A., Veselá, Z., Vostrý, L. (2020): Genetic parameters for age at first calving and first calving interval of beef cattle. *Animals: an open access journal from MDPI*, 10(11), 2122.
24. Bunevski, G., Pejkovski, Z., Sekovska, B., Radevska, M., Stojanovski, S. (2011): Protection of transboundary cattle breed busha in the r. of Macedonia. *Proceedings of International Scientific Symposium of Agriculture "Agrosym Jahorina 2011"*, 247-253.
25. Bunevski, G., Nikitovic, J., Saltamarski, Z. (2016): Conservation of the genetic material of Macedonian busha cattle. *Acta Agriculturae Serbica*, Vol. XXI, 41, 17-24.
26. Bunning, K. and R. Hamm (1970): Über die Haminbestimmung in fleisch mittels der methode von Horsney. *Fleischwirtschaft*, 50, 1541–1545.
27. Bytyqi, H., Mehmeti, H., Muji, S., Thaqi, M., Jahja, A., Mehmedi, B., Mestani, N. (2011): Genetic resources and morphological characteristics of cattle breeds in Kosovo. *RBI 8th Global Conference on the conservation of animal genetic resources*, 4 - 8 October Tekirdag, 425 – 431.
28. Cafferky, J., Hamill, R.M., Allen, P., O'Doherty, J.V., Cromie, A., Sweeney, T. (2019): Effect of breed and gender on meat quality of *M. longissimus thoracis et lumborum* muscle from crossbred beef bulls and steers. *Foods (Basel, Switzerland)*, 8(5), 173.
29. Cannata, S., Engle, T. E., Moeller, S. J., Zerby, H. N., Radunz, A. E., Green, M. D., Bass, P. D., Belk, K. E. (2010): Effect of visual marbling on sensory properties and quality traits of pork loin. *Meat science*, 85(3), 428–434.
30. Casas, E., White, S.N., Riley, D.G., Smith, T.P., Brenneman, R.A., Olson, T.A., Johnson, D.D., Coleman, S.W., Bennett, G.L., Chase, C.C., (2005): Assessment of single nucleotide polymorphisms in genes residing on chromosomes 14 and 29 for association with carcass composition traits in *Bos indicus* cattle. *Journal of animal science*, 83(1), 13–19.
31. Casas, E., White, S.N., Wheeler, T.L., Shackelford, S.D., Koohmaraie, M., Riley, D.G., Chase, C.C., Jr, Johnson, D.D., Smith, T.P. (2006): Effects of calpastatin and micro-calpain markers in beef cattle on tenderness traits. *Journal of animal science*, 84(3), 520–525.
32. Cerqueira, J., Araujo, J. P., Vaz, P.S., Cantalapiedra, J., Blanco-Penedo, I., Ribeiro, J. (2013): Relationship between zoometric measurements in Holstein- Friesian cow and cubicle size in dairy farms. *International Journal of Morphology*. 31(1):55-63, 2013. 55-63.
33. Chail, A., Legako, J. F., Pitcher, L. R., Griggs, T. C., Ward, R. E., Martini, S., MacAdam, J. W. (2016): Legume finishing provides beef with positive human dietary fatty acid ratios and consumer preference comparable with grain-finished beef. *Journal of animal science*, 94(5), 2184–2197.

34. Chang, C.C., Chow, C.C., Tellier, L.C., Vattikuti, S., Purcell, S.M., Lee, J.J. (2015): Second-generation PLINK: rising to the challenge of larger and richer datasets. *GigaScience*, 4, 7.
35. Chaudhary, R., Maurya, G.K. (2019): Restriction Fragment Length Polymorphism. In: Vonk J., Shackelford T. (eds) *Encyclopedia of Animal Cognition and Behavior*. Springer, Cham.
36. Chauhan, T., Rajiv, K. (2010): Molecular markers and their applications in fisheries and aquaculture. *Adv Biosci Biotechnol*, 1, pp. 281-291.
37. Cheng, H., Song, S., Jung, E.Y., Jeong, J.Y., Joo, S.T., Kim, G.D. (2020): Comparison of beef quality influenced by freeze-thawing among different beef cuts having different muscle fiber characteristics. *Meat Science*. 169.108206.
38. Cho, S., Kang, S. M., Seong, P., Kang, G., Kim, Y., Kim, J., Chang, S., Park, B. (2017): Effect of Aging and Freezing Conditions on Meat Quality and Storage Stability of 1++ Grade Hanwoo Steer Beef: Implications for Shelf Life. *Korean journal for food science of animal resources*, 37(3), 440–448.
39. Chowdhury, R., Warnakula, S., Kunutsor, S., Crowe, F., Ward, H. A., Johnson, L., Franco, O. H., Butterworth, A. S., Forouhi, N. G., Thompson, S. G., Khaw, K. T., Mozaffarian, D., Danesh, J., Di Angelantonio, E. (2014): Association of dietary, circulating, and supplement fatty acids with coronary risk: a systematic review and meta-analysis. *Annals of internal medicine*, 160(6), 398–406.
40. CIE (1976): *Commission Internationale de l'Eclairage. Colorimetry*, 2nd ed., Vienna.
41. Corva, P., Soria, L., Schor, A., Villarreal, E., Cenci, M.P., Motter, M., Mezzadra, C., Melucci, L., Miquel, C., Paván, E., Depetris, G., Santini, F., Naón, J.G. (2007): Association of CAPN1 and CAST gene polymorphisms with meat tenderness in *Bos taurus* beef cattle from Argentina. *Genetics and Molecular Biology*, 30, 1064-1069.
42. Costa, F. S., Cabral, A. R., Silva, S. L., Silva, M., Henrique, W., Mazalli, M. R., Baldi, F. S., Mueller, L. F., Ferrinho, A. M., Corte, R., Pereira, A. (2020): Effects of n-3 and n-6 feeding sources on the quality and lipid oxidation of meat from feedlot-finished *Bos indicus* steers. *Meat science*, 161, 107966.
43. Cruzen, S.M., Paulino, P.V.R., Lonergan, S.M., Huff-Lonergan, E. (2014): Postmortem proteolysis in three muscles from growing and mature beef cattle. *Meat Sci.* 96(2):854–861.
44. Curi, R.A., Chardulo, L.A., Mason, M.C., Arrigoni, M.D., Silveira, A.C., de Oliveira, H.N. (2009): Effect of single nucleotide polymorphisms of CAPN1 and CAST genes on meat traits in Nellore beef cattle (*Bos indicus*) and in their crosses with *Bos taurus*. *Animal genetics*, 40(4), 456–462.
45. Czubska-Stączek, A., Wójcik, P., Lasek, A., Cwynar, M. (2017): Fertility parameters of Simmental cattle based on body conformation indices and parameters. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 44, 1, 13–29.
46. Dhakal, K., Maltecca, C., Cassady, J.P., Baloche, G., Williams, C.M., Washburn, S.P. (2013): Calf birth weight, gestation length, calving ease, and neonatal calf mortality in Holstein, Jersey, and crossbred cows in a pasture system. *Journal of dairy science*, 96(1), 690–698.
47. Di Lorenzo, P., Lancioni, H., Ceccobelli, S., Curcio, L., Panella, F., Lasagna, E. (2016): Uniparental genetic systems: a male and a female perspective in the domestic cattle origin and evolution. *Electronic Journal of Biotechnology*. 23: 69–78.
48. Do, D.N., Bissonnette, N., Lacasse, P., Miglior, F., Sargolzaei, M., Zhao, X., Ibeagha-Awemu, E.M. (2017): Genome-wide association analysis and pathways enrichment for lactation persistency in Canadian Holstein cattle. *Journal of dairy science*, 100(3), 1955–1970.
49. Domínguez, R., Pateiro, M., Gagaoua, M., Barba, F. J., Zhang, W., Lorenzo, J. M. (2019): A Comprehensive Review on Lipid Oxidation in Meat and Meat Products. *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, 8(10), 429.
50. Du, L., Chang, T., An, B., Liang, M., Duan, X., Cai, W., Zhu, B., Gao, X., Chen, Y., Xu, L., Zhang, L., Li, J., Gao, H. (2021): Transcriptome profiling analysis of muscle tissue reveals

- potential candidate genes affecting water holding capacity in Chinese Simmental beef cattle. *Scientific reports*, 11(1), 11897.
51. Dzabirski, V., Porchu, K., Bunevski, G., Kocevski, D., Vukovic, V., Kiprijanovska, H., Uzunov, A., Petkov, V., Dovenski, T., Trojacanec, P. (2021): Livestock biodiversity protection in the Republic of North Macedonia, *Proceedings: Protection of agrobiodiversity and preservation of autochthonous domestic animal breeds*, 25 – 27. jun 2021. Dimitrovgrad, 21 – 36.
 52. Đedović, R., Bogdanović, V., Perišić, P., Stanojević, D., Popović, J., Brka, M. (2015): Relationship between genetic polymorphism of κ -casein and quantitative milk yield traits in cattle breeds and crossbreeds in Serbia. - *Genetika*, Vol 47, No. 1, 23-32.
 53. Ekerljung, M. (2012): Candidate Gene Effects on Beef Quality. Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science – Department of Animal Breeding and Genetics, Swedish University of Agricultural Sciences Uppsala.
 54. Ellegren, H. (2004): Microsatellites: simple sequences with complex evolution. *Nature Reviews Genetics*. Vol. 5, Issue 6, p435-445.
 55. FAO (2012): Phenotypic characterization of animal genetic resources. FAO Animal Production and Health Guidelines No. 11. Rome.
 56. FAO (2015): The second report on the state of the world's animal genetic resources for food and agriculture, edited by B.D. Scherf and D. Pilling. FAO commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments. Rome.
 57. Font-I-Furnols, M., Guerrero, L. (2014): Consumer preference, behavior and perception about meat and meat products: an overview. *Meat science*, 98(3), 361–371.
 58. French, P., O'Riordan, E. G., Monahan, F. J., Caffrey, P. J., Mooney, M. T., Troy, D. J., Moloney, A. P. (2001): The eating quality of meat of steers fed grass and/or concentrates. *Meat science*, 57(4), 379–386.
 59. Fukuda, S., Suzuki, Y., Murai, M., Asanuma, N., Hino, T. (2006): Augmentation of vaccenate production and suppression of vaccenate biohydrogenation in cultures of mixed ruminal microbes. *Journal of dairy science*, 89(3), 1043–1051.
 60. Gagaoua, M., Hughes, J., Terlouw, E.M.C., Warner, R.D., Purslow, P.P., Lorenzo, J.M., Picard, B. (2020): Proteomic biomarkers of beef colour. *Trends Food Sci Technol*, 101:234-252.
 61. Ganfornina, M.D., Do Carmo, S., Lora, J.M., Torres-Schumann, S., Vogel, M., Allhorn, M., González, C., Bastiani, M.J., Rassart, E., Sanchez, D. (2008): Apolipoprotein D is involved in the mechanisms regulating protection from oxidative stress. *Aging cell*, 7(4), 506–515.
 62. Glavna odgajivačka organizacija - GOO (2019): Glavni odgajivački program u govedarstvu – Autohtone rase, Buša i podolsko goveče. Institut za stočarstvo Beograd – Zemun.
 63. Grau, R., R. Hamm and A. Baumann (1953): Über das wasserbindungsvermögen des toten Säugetiermuskels. I. Mitteilung. Der Einfluß des pH Wertes auf die Wasserbindung von zerkleinertem Rindermuskel. *Biochem. Z.*, 325, 1–11.
 64. Groeneveld, L. F., Lenstra, J. A., Eding, H., Toro, M. A., Scherf, B., Pilling, D., Negrini, R., Finlay, E. K., Jianlin, H., Groeneveld, E., Weigend, S., The Globaldiv Consortium (2010): Genetic diversity in farm animals—A review. *International Society for Animal Genetics, Animal Genetics*, 41 (Suppl. 1), 1–26.
 65. Guerrero, A., Sañudo, C., Albertí, P., Ripoll, G., Campo, M. M., Olleta, J. L., Panea, B., Khlijji, S., Santolaria, P. (2013): Effect of production system before the finishing period on carcass, meat and fat qualities of beef. *Animal: an international journal of animal bioscience*, 7(12), 2063–2072.
 66. Hammad, S., Pu, S., Jones, P. J. (2016): Current Evidence Supporting the Link Between Dietary Fatty Acids and Cardiovascular Disease. *Lipids*, 51(5), 507–517.
 67. Hanouna, G., Mesnard, L., Vandermeersch, S., Perez, J., Placier, S., Haymann, J.P., Campagne, F., Moroch, J., Bataille, A., Baud, L., Letavernier, E. (2017): Specific calpain inhibition protects kidney against inflammaging. *Sci Rep.*, 4;7(1):8016.

68. Hilmiya, N., Noor, R. R., Sumantri, C., Gurnadi, R. E., Priyanto, R. (2017): Polymorphism of stearoyl-CoA desaturase (SCD1) gene in Indonesian local cattle. *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture*, 42(1), 1–5.
69. Hoffmann, I. (2010): Climate change and the characterization, breeding and conservation of animal genetic resources. *Animal Genetics* 41: 32–46.
70. Holman, B., Kerry, J. P., Hopkins, D. L. (2018): Meat packaging solutions to current industry challenges: A review. *Meat science*, 144, 159–168.
71. Hristov, P., Sirakova, D., Mitkov, I., Spassov, N., Radoslavov, G. (2018): Balkan brachicerous cattle - the first domesticated cattle in Europe. *Mitochondrial DNA. Part A, DNA mapping, sequencing, and analysis*, 29(1), 56–61.
72. Hughes, J. M., Oiseth, S. K., Purslow, P. P., Warner, R. D. (2014): A structural approach to understanding the interactions between colour, water-holding capacity and tenderness. *Meat science*, 98(3), 520–532.
73. Humada, M. J., Sañudo, C., Serrano, E. (2014): Chemical composition, vitamin E content, lipid oxidation, colour and cooking losses in meat from Tudanca bulls finished on semi-extensive or intensive systems and slaughtered at 12 or 14 months. *Meat science*, 96(2 Pt A), 908–915.
74. Hunter, J. E., Zhang, J., Kris-Etherton, P. M. (2010): Cardiovascular disease risk of dietary stearic acid compared with trans, other saturated, and unsaturated fatty acids: a systematic review. *The American journal of clinical nutrition*, 91(1), 46–63.
75. Hwang, Y. H., Joo, S. T. (2016): Fatty Acid Profiles of Ten Muscles from High and Low Marbled (Quality Grade 1++ and 2) Hanwoo Steers. *Korean journal for food science of animal resources*, 36(5), 679–688.
76. Hwang, Y. H., Joo, S. T. (2017): Fatty Acid Profiles, Meat Quality, and Sensory Palatability of Grain-fed and Grass-fed Beef from Hanwoo, American, and Australian Crossbred Cattle. *Korean journal for food science of animal resources*, 37(2), 153–161.
77. Ilie, D. E., Mizeranschi, A. E., Mihali, C. V., Neamț, R. I., Goilean, G. V., Georgescu, O. I., Zaharie, D., Carabaș, M., Huțu, I. (2021): Genome-Wide Association Studies for Milk Somatic Cell Score in Romanian Dairy Cattle. *Genes*, 12(10), 1495.
78. Ivanković, A., Caput, P., Konjačić, P., Mijić, P. (2004): Genetska karakterizacija buše temeljena na polimorfizmu proteina krvi. *Stočarstvo*, 58:(5), 323 – 330.
79. Ivanković, A., Paprika, S., Ramljak, J., Dovč, P., Konjačić, M. (2014): Mitochondrial DNA-based genetic evaluation of autochthonous cattle breeds in Croatia. *Czech J. Anim. Sci.*, 59, 2014 (11): 519–528.
80. Jankowiak, H., Cebulska, A., Bocian, M. (2021): The relationship between acidification (pH) and meat quality traits of polish white breed pigs. *Eur Food Res Technol* 247, 2813–2820.
81. Kebede, D., Komlosi, I. (2015): Linear body measurements and body condition scores of Hungarian Simmental cows. *Glob. J. Anim. Sci. Livest. Prod. Anim. Breed.* Vol. 3 (6), pp. 231–234.
82. Kim, T.W., Kim, C.W., Kwon, S.G., Hwang, J.H., Park, D.H., Kang, D.G., Ha, J., Yang, M.R., Kim, S.W., Kim, I.-S. (2016): PH as analytical indicator for managing pork meat quality. *Sains Malaysiana* 45(7): 1097–1103.
83. King, D.A., Shackelford, S.D., McDanel, T.G., Kuehn, L.A., Kemp, C.M., Smith, T.P., Wheeler, T.L., Koohmaraie, M. (2012): Associations of genetic markers in cattle receiving differing implant protocols. *Journal of animal science*, 90(7), 2410–2423.
84. Kitanovski, D., Kitanovski, V., Georgiev Dragoev, S., Vasilev, K., Joshevska, E. (2015): Setting organoleptic characteristics of the muscle (*m. Semimembranosus*) and long back muscle (*m. Longissimus dorsi*) in three breeds cattle Simmental, Friesian and Busha. *University of Food Technology, Plovdiv, Bulgaria. Volume LXII*, 153 - 157.
85. Klein, R. J., Zeiss, C., Chew, E. Y., Tsai, J. Y., Sackler, R. S., Haynes, C., Henning, A. K., SanGiovanni, J. P., Mane, S. M., Mayne, S. T., Bracken, M. B., Ferris, F. L., Ott, J.,

- Barnstable, C., Hoh, J. (2005): Complement factor H polymorphism in age-related macular degeneration. *Science (New York, N.Y.)*, 308(5720), 385–389.
86. Kök, S., Atalay, S., Eken, H.S., Savasci, M. (2017): The genetic characterization of Turkish grey cattle with regard to UoG Cast, CAPN1 316 and CAPN1 4751 markers. *Pakistan Journal of Zoology*, 49(1), 297-304.
 87. Konjačić, M., Ivanković, A., Caput, P., Miljić, P., Pranić, D. (2004): Buša u Hrvatskoj, *Stočarstvo* 58: 2004 (3), 163 – 177.
 88. Koohmaraie, M. (1992): The role of Ca (2+)-dependent proteases (calpains) in post mortem proteolysis and meat tenderness. *Biochimie*, 74 3, 239-45.
 89. Koohmaraie, M., Geesink, G. H. (2006): Contribution of postmortem muscle biochemistry to the delivery of consistent meat quality with particular focus on the calpain system. *Meat science*, 74 (1), 34-43.
 90. Kris-Etherton P. M. (1999): AHA science advisory: monounsaturated fatty acids and risk of cardiovascular disease. *The Journal of nutrition*, 129(12), 2280–2284.
 91. Kugler, W. (2009): Rare breeds and varieties of the Balkan Atlas 2009 synonyms, occurrence, description of rare breeds in the Balkan region. Monitoring Institute Heidehof Foundation, Stuttgart, Germany. pp, 97- 105.
 92. Lawrence G. D. (2013): Dietary fats and health: dietary recommendations in the context of scientific evidence. *Advances in nutrition (Bethesda, Md.)*, 4(3), 294–302.
 93. Leal-Gutiérrez, J.D., Elzo, M.A., Johnson, D.D., Scheffler, T.L., Scheffler, J.M., Mateescu, R.G. (2018): Association of μ -calpain and calpastatin polymorphisms with meat tenderness in a Brahman-Angus population. Supplementary Table 1. Genotype and allele frequencies for the genotyped SNPs in 673 steers and 128 sires. *Frontiers in genetics*, 9, 56.
 94. Lee, S. H., Choi, B. H., Lim, D., Gondro, C., Cho, Y. M., Dang, C. G., Sharma, A., Jang, G. W., Lee, K. T., Yoon, D., Lee, H. K., Yeon, S. H., Yang, B. S., Kang, H. S., Hong, S. K. (2013): Genome-wide association study identifies major loci for carcass weight on BTA14 in Hanwoo (Korean cattle). *PloS one*, 8(10), e74677.
 95. Lee, S. H., Lee, D., Lee, M., Ryoo, S. H., Seo, S., Choi, I. (2022): Analysis of single nucleotide polymorphisms related to heifer fertility in Hanwoo (Korean cattle). *Animal biotechnology*, 33(5), 964–969.
 96. Lenstra, J.A., Groeneveld, L.F., Eding, H., Kantanen, J., Williams, J.L., Taberlet, P., Nicolazzi, E.L., Solkner, J., Simianer, H., Ciani, E., Garcia, J.F., Bruford, M.W., Ajmone-Marsan, P., Weigend, S. (2012): Molecular tools and analytical approaches for the characterization of farm animal genetic diversity. *Animal Genetics* 43, 483–502.
 97. Li, Y., Cheng, G., Yamada, T., Liu, J., Zan, L., Tong, B. (2020): Effect of expressions and SNPs of candidate genes on intramuscular fat content in qinchuan cattle. *Animals: an open access journal from MDPI*, 10(8), 1370.
 98. Lipkin, E., Mosig, M. O., Darvasi, A., Ezra, E., Shalom, A., Friedmann, A., Soller, M. (1998): Quantitative trait locus mapping in dairy cattle by means of selective milk DNA pooling using dinucleotide microsatellite markers: analysis of milk protein percentage. *Genetics*, 149(3), 1557–1567.
 99. Lisa, C., Albera, A., Carnier, P., Di Stasio, L. (2013): Variability in candidate genes revealed associations with meat traits in the piemontese cattle breed. *Italian journal of animal science*, 12:2, e46. 280-285.
 100. Listrat, A., Gagaoua, M., Andueza, D., Gruffat, D., Normand, J., Mairessec, G., Picard, B., Hocquettea, J.F. (2020): What are the drivers of beef sensory quality using metadata of intramuscular connective tissue, fatty acids and muscle fiber characteristics? *Livestock Science*, 240:104209.
 101. Liu, H.Y., Zan, L.S., Xin, Y.P., Tian, W.Q. (2010): Association of polymorphism in the bovine leptin gene exon2 with carcass traits in Chinese Qinchuan cattle. *Journal of Applied Animal Research*, 37:221-224.

102. Liu, X., Usman, T., Wang, Y., Wang, Z., Xu, X., Wu, M., Zhang, Y., Zhang, X., Li, Q., Liu, L., Shi, W., Qin, C., Geng, F., Wang, C., Tan, R., Huang, X., Liu, A., Wu, H., Tan, S., Yu, Y. (2015): Polymorphisms in Epigenetic and Meat Quality Related Genes in Fourteen Cattle Breeds and Association with Beef Quality and Carcass Traits. *Asian Australas. J. Anim. Sci.* vol. 28, No.4, 467-475.
103. Lomillos, J.M., Alonso, M.E. (2020): Morphometric Characterization of the Lidia Cattle Breed. *Animals: an open access journal from MDPI*, 10(7), 1180.
104. López-Pedrouso, M., Rodríguez-Vázquez, R., Purriños, L., Oliván, M., García-Torres, S., Sentandreu, M. Á., Lorenzo, J. M., Zapata, C., Franco, D. (2020): Sensory and Physicochemical Analysis of Meat from Bovine Breeds in Different Livestock Production Systems, Pre-Slaughter Handling Conditions and Ageing Time. *Foods* (Basel, Switzerland), 9(2), 176.
105. Lorenzo, J.M., Cittadini, A., Munekata, P.E., Domínguez, R. (2015): Physicochemical properties of foal meat as affected by cooking methods. *Meat science*, 108, 50–54.
106. Lu, Z., Yue, Y., Yuan, C., Liu, J., Chen, Z., Niu, C., Sun, X., Zhu, S., Zhao, H., Guo, T., Yang, B. (2020): Genome-Wide Association Study of Body Weight Traits in Chinese Fine-Wool Sheep. *Animals*, 10(1), 170.
107. Machado, A.L., Meira, A.N., Muniz, E.N., Azevedo, H.C., Coutinho, L.L., Mourão, G.B., Pedrosa, V.B., Batista Pinto, L.F. (2020): Single loci and haplotypes in CAPN1 and CAST genes are associated with growth, biometrics, and in vivo carcass traits in Santa Inês sheep. *Ann. Anim. Sci.*, Vol. 20, No. 2, 465–483.
108. Maddock, K.R., Huff-Lonergan, E., Rowe, L.J., Lonergan, S.M. (2005): Effect of pH and ionic strength on mu- and m-calpain inhibition by calpastatin. *J Anim Sci.* 2005; 83(6):1370–1376.
109. Maletić, M., Aleksić, N., Vejnović, B., Nikšić, D., Kulić, M., Đukić, B., Čirković, D. (2016): Polymorphism of κ -casein and β -lactoglobulin genes, *Mljekarstvo* 66 (3), 198-205.
110. Maletić, M., Paprikić, N., Lazarević, M., Hodžić, A., Davidović, V., Stanišić, Lj., Stanimirović, Z. (2019): Insight in leptin gene polymorphism and impact on milk traits in autochthonous busha cattle. *Acta Veterinaria-Beograd*, 69 (2), 153-163.
111. Malinova, R., Nikolov, V. (2019): Study on the body conformation of breeding female cattle of the Rhodope Shorthorn Cattle breed. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 25 (No 4), 756 - 761.
112. Mancini, R.A., Hunt, M.C. (2005): Current research in meat color. Department of Animal Sciences and Industry, Kansas State University. *Meat Science*, 71, 100-121.
113. Margeta, P., Margeta, V. (2019): Mitochondrial DNA D-loop sequence analysis of busha cattle. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 67(5): 1159–1164.
114. Marković, B., Radonjić, D., Đokić, M., Marković, M. (2017): Genetic variants of kappa casein gene in Busha and Brown Swiss breeds of cattle. *Agricultural University of Tirana - Albanian j. agric. sci.* 2017; (Special edition), 335 – 341.
115. Marković, M., Marković, B., Radonjić, D. (2016): In situ program of conservation of autochthonous breed of cattle Busha in Montenegro. 5th International Symposium on Agricultural Sciences, February 29 –March 3, 2016 Banja Luka, Bosnia and Herzegovina.
116. Mateescu, R.G., Garrick, D.J., Reecy, J.M. (2017): Network analysis reveals putative genes affecting meat quality in Angus cattle. *Frontiers in genetics*, 8, 171, 1 – 11.
117. Matukumalli, L.K., Lawley, C.T., Schnabel, R.D., Taylor, J.F., Allan, M.F., Heaton, M.P., O'Connell, J., Moore, S.S., Smith, T.P., Sonstegard, T.S., Van Tassell, C.P. (2009): Development and characterization of a high density SNP genotyping assay for cattle. *PLoS one*, 4(4), e5350.

118. Mazzucco, J.P., Melucci, L.M., Villarreal, E.L., Mezzadra, C.A., Soria, L., Corva, P., Motter, M.M., Schor, A., Miquel, M.C. (2010): Effect of ageing and μ -calpain markers on meat quality from Brangus steers finished on pasture. *Meat science*, 86(3), 878–882.
119. McIlveen, H., Buchanan, J. (2001): The impact of sensory factors on beef purchase and consumption. *Nutr. Food Sci.* 31, 286–292.
120. Mente, A., de Koning, L., Shannon, H. S., Anand, S. S. (2009): A systematic review of the evidence supporting a causal link between dietary factors and coronary heart disease. *Archives of internal medicine*, 169(7), 659–669.
121. Meredith, B. K., Kearney, F. J., Finlay, E. K., Bradley, D. G., Fahey, A. G., Berry, D. P., Lynn, D. J. (2012): Genome-wide associations for milk production and somatic cell score in Holstein-Friesian cattle in Ireland. *BMC genetics*, 13, 21.
122. Micha, R., Mozaffarian, D. (2010): Saturated fat and cardiometabolic risk factors, coronary heart disease, stroke, and diabetes: a fresh look at the evidence. *Lipids*, 45(10), 893–905.
123. Milutinović, I. (1977): Ispitivanje meleza domaće buše i simentalskih bikova u pogledu proizvodnje mleka i mesa. *Biotehnički institut - Peć, Zavod za stočarstvo i veterinarstvo - Priština*.
124. Mitić, N., Ferčej, J., Zeremski, D., Lazarević, Lj., (1987): *Govedarstvo – monografsko delo. Zavod za udžbenike i nastavna sredstva Beograd*.
125. Mo, J., Wang, Z., Liu, Q., Li, Z., Nie, Q. (2022): Construction and Analysis of Disuse Atrophy Model of the Gastrocnemius Muscle in Chicken. *International journal of molecular sciences*, 23(13), 6892.
126. Moholisa, E., Hugo, A., Strydom, P. E., van Heerden, I. (2017): The effects of animal age, feeding regime and a dietary beta-agonist on tenderness of three beef muscles. *Journal of the science of food and agriculture*, 97(8), 2375–2381.
127. Moloney, A.P., Mooney, M.T., Troy, D.J., Keane, M.G. (2011): Finishing cattle at pasture at 30 months of age or indoors at 25 months of age: Effects on selected carcass and meat quality characteristics. *Livestock Science*.141, 17–23.
128. Montano, M.F., Loya-Olguin, J.L., Plascencia, A., Salinas-Chavira, J., Zinn, R.A. (2010): Effect of variation in supplement inclusion rate and laidlomycin propionate on growth performance of feedlot cattle. *Journal of Applied Animal Research* 37:83-87.
129. Moreno-Indias, I., Hernández-Castellano, L.E., Morales-delanuez, A., Castro, N., Capote, J., Mendoza-Grimón, V., Rivero, M.A., Argüello, A. (2011): Differences on meat quality of local cattle breed from outermost EU zone vs. commercial, *Journal of Applied Animal Research*, 39:4, 328-333.
130. Morris, C. A., Daly, C. C., Cullen, N. G., Hickey, S. M. (2001): Correlations among beef carcass composition and meat quality traits from a genetic marker trial. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, Vol. 61, 96-99 ref. 22.
131. Morris, C.A., Cullen, N. G., Hickey, S. M., Dobbie, P. M., Veenvliet, B. A., Manley, T. R., Pitchford, W.S., Kruk, Z.A., Bottema, C.D.K., Wilson, T. (2006): Genotypic effects of calpain 1 and calpastatin on the tenderness of cooked *M. longissimus dorsi* steaks from Jersey× Limousin, Angus and Hereford-cross cattle. *Animal genetics*, 37(4), 411-414.
132. Muchenje, V., Dzama, K., Chimonyo, M., Raats, J. G., Strydom, P. E. (2008): Meat quality of Nguni, Bonsmara and Aberdeen Angus steers raised on natural pasture in the Eastern Cape, South Africa. *Meat science*, 79(1), 20–28.
133. Nagase, H., Yao, S., Ikeda, S. (2017): Acute and chronic effects of exercise on mRNA expression in the skeletal muscle of two mouse models of peripheral artery disease. *PloS one*, 12(8), e0182456.
134. Najar-Villarreal, F., Boyle, E.A., Danler, R.D., O’Quinn, T.G., Houser, T.A., Gonzalez, J. M., (2019): Fatty Acid Composition, Proximate Analysis, and Consumer Sensory Evaluation of United States Retail Grass-Fed Ground Beef, *Meat and Muscle Biology* 3(1). 389-398.

135. Nan, L., Du, C., Fan, Y., Liu, W., Luo, X., Wang, H., Ding, L., Zhang, Y., Chu, C., Li, C., Ren, X., Yu, H., Lu, S., Zhang, S. (2023): Association between days open and parity, calving season or milk spectral data. *Animals: an open access journal from MDPI*, 13(3), 509.
136. Nikolaou, K., Koutsouli, P., Laliotis, G. P., Papachristou, D., Bizelis, I. (2023): Comparative analysis of buffalo, local and continental cattle carcasses with the European Union classification system in Greece. *Meat science*, 195, 109018.
137. Nikolov, V., Karamfilov, S., Malinova, R. Nikolov, S. (2022): Assessment of the welfare of cows of the Rhodopean shorthorn breed using blood biochemical parameters. *Bulg. J. Agric. Sci.*, 28 (Supplement 1), 21–30.
138. Nikšić, D., Pantelić, V., Ostojić Andrić, D., Perišić, P., Lazarević, M., Mičić, N., Petričević, M. (2017): Variability of the body development traits of Simmental cows in Serbia. *Proceedings of the 11th International Symposium Modern Trends in Livestock Production October 11-13, 2017*; 62 – 70.
139. Nogoy, K. M. C., Sun, B., Shin, S., Lee, Y., Zi Li, X., Choi, S. H., Park, S. (2022): Fatty acid composition of grain- and grass-fed beef and their nutritional value and health implication. *Food science of animal resources*, 42(1), 18–33.
140. Novaković, B., Vejtin, M., Bosančić, B., Šarić, M., Nikitović, J., Urošević, M. (2021): Index koščatosti kod buše u Republici Srpskoj, *Zbornik predavanja trećeg simpozijuma – Zaštita agrobiodiverziteta i očuvanje autohtonih rasa domaćih životinja*, 25 – 27. jun 2021. Dimitrovgrad, 469 – 475.
141. Novaković, Ž., Sretenović, L., Aleksić, S., Petrović, M.M., Pantelić, V., Ostojić Andrić, D. (2011): Age at first conception of high yielding cows. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 27(3), 1043-1050.
142. O'Fallon, J.V., Busboom, J.R., Nelson, M.L., Gaskins, C.T. (2007): A direct method for fatty acid methyl ester synthesis: Application to wet meat tissues, oils, and feedstuffs. *J. Anim. Sci.* 2007, 85, 1511–1521.
143. Ognjanović, A., Đurić-Karan, S., Perić, V., Čavoški, D., Tešanović, R. (1969): Usporedno ispitivanje kvaliteta mesa buše i meleza dobijenih ukrštanjem buše sa herefordom i simentalnim govečetom. *Poljoprivreda, Beograd*, 8, 87 - 96.
144. Ostojić Andrić, D. (2007): Uticaj genotipa na osobine tovnosti, klanične karakteristike i kvalitet mesa junadi. *Magistarska teza, Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Beogradu*.
145. Page, B.T., Casas, E., Heaton, M.P., Cullen, N.G., Hyndman, D.L., Morris, C.A. Crawford, A.M., Wheeler, T.L., Koohmaraie, M, Keele, J.W., Smith, T.P.L. (2002): Evaluation of singlenucleotide polymorphisms in CAPN1 for association with meat tenderness in cattle. *Journal of Animal Science*, 80, 3077-3085.
146. Page, B.T., Casas, E., Quaas, R.L., Thallman, R.M., Wheeler, T.L., Shackelford, S.D., Koohmaraie, M., White, S.N., Bennett, G.L., Keele, J.W., Dikeman, M.E., Smith T.P.L. (2004): Association of markers in the bovine CAPN1 gene with meat tenderness in large crossbred populations that sample influential industry sires. *Journal of animal science*, 82(12), 3474-3481.
147. Panea, B. (2002): Influencia de la raza-sistema productivo sobre el tejido conjuntivo y la textura de la carne bovina. (Thesis Doctoral). Universidad de Zaragoza, Zaragoza.
148. Panea, B., Olleta, J. L., Sañudo, C., Del Mar Campo, M., Oliver, M. A., Gispert, M., Serra, X., Renand, G., Del Carmen Oliván, M., Jabet, S., García, S., López, M., Izquierdo, M., García-Cachán, M. D., Quintanilla, R., Piedrafita, J. (2018): Effects of breed-production system on collagen, textural, and sensory traits of 10 European beef cattle breeds. *Journal of texture studies*, 49(5), 528–535.

149. Pantelić, V., Skalicki, Z., Bogdanović, V., Delić, N., Pejčić, S. (2009): The effect of paragenetic factors on body development of Simmental bull dams. *Biotechnology in Animal Husbandry* 25 (1-2), p 53-59.
150. Papachristou, D., Koutsouli, P., Laliotis, G.P., Kunz, E., Upadhyay, M., Seichter, D., Russ, I., Gjoko, B., Kostaras, N., Bizelis, I., Medugorac, I. (2020): Genomic diversity and population structure of the indigenous Greek and Cypriot cattle populations – Additional file 2 Detailed description of the indigenous Greek and Cypriot cattle. *Genet Sel Evol.*; 52(1):43.
151. Pedrosa, V. B., Schenkel, F. S., Chen, S. Y., Oliveira, H. R., Casey, T. M., Melka, M. G., Brito, L. F. (2021): Genome wide association analyses of lactation persistency and milk production traits in Holstein cattle based on imputed whole-genome sequence data *genes*. 12(11), 1830.
152. Pegolo, S., Cecchinato, A., Savoia, S., Di Stasio, L., Pauciullo, A., Brugiapaglia, A., Bittante, G., Albera, A. (2020): Genome-wide association and pathway analysis of carcass and meat quality traits in Piemontese young bulls. *Animal: an international journal of animal bioscience*, 14(2), 243–252.
153. Pereira, J.A., Falomir-Lockhart, A.H., Loza, A.J., Villegas-Castagnasso, E.E., Rojas, P., Carino, M.H., Hoyos, R., Rogberg-Munoz, A., Giovambattista, G. (2022): Genetic diversity of Calpain 1 gene in Bolivian Creole, Nellore and Brahman bovine breeds in Bolivia. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 30(2), 121-132.
154. Perišić, P. (2013). *Praktikum iz govedarstva*, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet – Zemun.
155. Petričević, M. (2018): *Quality of bovine carcasses and meat in the function of using flax seeds in food*. Doctoral Dissertation. Faculty of Agriculture – University of Belgrade.
156. Pinto, L.F., Ferraz, J.B., Meirelles, F.V., Eler, J.P., Rezende, F.M., Carvalho, M.E., Almeida, H.B., Silva, R.C. (2010): Association of SNPs on CAPN1 and CAST genes with tenderness in Nellore cattle. *Genetics and molecular research: GMR*, 9(3), 1431–1442.
157. Pintos, D., Corva, P.M. (2011): Association between molecular markers for beef tenderness and growth traits in Argentinian angus cattle. *Anim Genet*. 42(3):329-32.
158. Pitchford, W. S., Deland, M. P., Siebert, B. D., Malau-Aduli, A. E., Bottema, C. D. (2002): Genetic variation in fatness and fatty acid composition of crossbred cattle. *Journal of animal science*, 80(11), 2825–2832.
159. Pomponio, L., Erbjerg, P. (2012): The effect of temperature on the activity of u- and m-calpain and calpastatin during post-mortem storage of porcine longissimus muscle. *Meat Sci*. 91(1):50–55.
160. Pravilnik o kvalitetu zaklanih svinja i kategorizaciji svinjskog mesa, Službeni list SFRJ, br. 2 od 18. januara 1985, 12 od 15. marta 1985, 24 od 2. maja 1986. <https://www.pravno-informacioni-sistem.rs/SlGlasnikPortal/eli/rep/slsfrj/drugidrzavniorganizacionizacije/pravilnik/1985/2/3/regn>
161. Prvanović Babić, N., Getz, I., Vince, S., Ževrnja, B., Samardžija, M., Karadjole, T., Mačević, N., Bačić, G. (2021): Vrsne specifičnosti i ograničenja prilikom uspostavljanja banke gena za očuvanje autohtonih pasmina životinja. *Zbornik predavanja trećeg simpozijuma – Zaštita agrobiodiverzitet i očuvanje autohtonih rasa domaćih životinja*, 25 – 27. jun 2021. Dimitrovgrad, 13 – 20.
162. Ramanathan, R., Suman, S. P., Faustman, C. (2020): Biomolecular interactions governing fresh meat color in post-mortem skeletal muscle: a review. *Journal of agricultural and food chemistry*, 68(46), 12779–12787.
163. Ramljak, J., Ivankovic, A., Veit-Kensch, C.E., Forster, M., Medugorac, I. (2011): Analysis of genetic and cultural conservation value of three indigenous Croatian cattle breeds in a local and global context. *J. Anim. Breed. Genet*. 128. 73–84.
164. Rao, M.V., Mohan, P.S., Peterhoff, C.M., Yang, D.S., Schmidt, S.D., Stavrides, P.H., Campbell, J., Chen, Y., Jiang, Y., Paskevich, P.A., Cataldo, A.M., Haroutunian, V., Nixon, R.

- A. (2008): Marked calpastatin (CAST) depletion in Alzheimer's disease accelerates cytoskeleton disruption and neurodegeneration: neuroprotection by CAST overexpression. *The Journal of neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience*, 28(47), 12241–12254.
165. Realini, C. E., Duckett, S. K., Brito, G. W., Dalla Rizza, M., De Mattos, D. (2004): Effect of pasture vs. concentrate feeding with or without antioxidants on carcass characteristics, fatty acid composition, and quality of Uruguayan beef. *Meat science*, 66(3), 567–577.
166. Reardon, W., Mullen, A.M., Sweeney, T., Hamill, R.M. (2010): Association of polymorphisms in candidate genes with colour, water-holding capacity, and composition traits in bovine *M. longissimus* and *M. semimembranosus*. *Meat Sci.* 86(2):270-5.
167. Resconi, V. C., Campo, M. M., Font-I-Furnols, M., Montossi, F., Sañudo, C. (2010): Sensory quality of beef from different finishing diets. *Meat science*, 86(3), 865–869.
168. Rexhaj, N., Papa, L., Kume, K. (2016): Identification and phenotypic characterization of five local cattle of busha type farmed in Albania and Kosovo. *Proceedings of VII International Scientific Agriculture Symposium, "Agrosym 2016"*, 6-9 October 2016, Jahorina, Bosnia and Herzegovina. University of East Sarajevo, Faculty of Agriculture, 2291-2296.
169. Ribeca, C., Bonfatti, V., Cecchinato, A., Albera, A., Gallo, L., Carnier, P. (2014): Effect of polymorphisms in candidate genes on carcass and meat quality traits in double muscled Piemontese cattle. *Meat Sci.*96(3):1376-83.
170. Rogić, B., Tomić, L., Važić, B., Jelić, M., Jovanović, S., Savić, M. (2011): Assessment of genetic diversity of buša cattle from Bosnia and Herzegovina using microsatellite DNA markers. *Arch. Biol. Sci., Belgrade*, 63 (4), 1077-1085.
171. Rogić, B., Važić, B., Đan, M., Stamenković Radak, M. (2019): Genetic diversity and structure of autochthonous cattle breeds from Bosnia and Herzegovina based on microsatellites. *Genetika*, Vol 51, No.1, 335-345.
172. Rogić, B., Važić, B., Savić, M., Savić, N., Stamenković Radak, M. (2013): Efektivna veličina populacije buše i gatačkog govečeta: ekološki i molekularni pristup. *Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Banjaluci, Bosna i Hercegovina. Agroznanje*, vol. 14, br.2. 205-211.
173. Rostamani, M., Baghaei, H., Bolandi, M. (2021): Prediction of top round beef meat tenderness as a function of marinating time based on commonly evaluated parameters and regression equations. *Food science & nutrition*, 9(9), 5006–5015.
174. Ruxton, C. H., Reed, S. C., Simpson, M. J., Millington, K. J. (2004): The health benefits of omega-3 polyunsaturated fatty acids: a review of the evidence. *Journal of human nutrition and dietetics: the official journal of the British Dietetic Association*, 17(5), 449–459.
175. Salisu, I. B., Olawale, A. S., Jabbar, B., Koloko, B. L., Abdurrahman, S. L., Amin, A. B., Ali, Q. (2018): Molecular markers and their potentials in animal breeding and genetics. *Nigerian J. Anim. Sci.* 20 (3): 29-48.
176. Sampath, H., Ntambi, J. M. (2005): The fate and intermediary metabolism of stearic acid. *Lipids*, 40(12), 1187–1191.
177. Schenkel, F. S., Miller, S. P., Jiang, Z., Mandell, I. B., Ye, X., Li, H., & Wilton, J. W. (2006). Association of a single nucleotide polymorphism in the calpastatin gene with carcass and meat quality traits of beef cattle. *Journal of animal science*, 84(2), 291–299.
178. Schlötterer, C. (2004): The evolution of molecular markers—just a matter of fashion? *Nature Reviews Genetics*, 5(1), 63-69.
179. Schulte, M.D., Johnson, L.G., Zuber, E.A., Patterson, B.M., Outhouse, A.C., Fedler, C.A., Steadham, E.M., King, D.A., Prusa, K.J., Huff-Lonergan, E. (2019): Influence of postmortem aging and post-aging freezing on pork loin quality attributes. *Meat and Muscle Biology* 3(1).

180. Scollan, N. (2003): Strategies for optimising the fatty acid composition of beef. *Iger Innovations*. 42-45.
181. Scollan, N., Hocquette, J. F., Nuernberg, K., Dannenberger, D., Richardson, I., Moloney, A. (2006): Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat science*, 74(1), 17–33.
182. Setyabrata, D., Kim, Y. (2019): Impacts of aging/freezing sequence on microstructure, protein degradation and physico-chemical properties of beef muscles. *Meat science*, 151, 64–74.
183. Sharma, A., Lee, J. S., Dang, C. G., Sudrajad, P., Kim, H. C., Yeon, S. H., Kang, H. S., Lee, S. H. (2015): Stories and challenges of genome wide association studies in livestock - A Review. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 28(10), 1371–1379.
184. Shor-Shimoni, E., Shabtay, A., Agmon, R., Cohen-Zinder, M. (2017): Detection of allelic and genotypic frequencies of polymorphisms associated with meat quality in the mediterranean baladi cattle. *The Open Agriculture Journal*, 11(1), 1 – 10.
185. Sihite, D., Priyanto, R., Jakaria, J. (2019): Polymorphism and Association of 5'UTR CAPN1 Gene with Growth Traits in Bali Cattle by PCR-RFLP., 42, 175-179.
186. Silva, L.H., Assis, D.E., Estrada, M.M., Assis, G.J., Zamudio, G.D., Carneiro, G.B., Valadares Filho, S.C., Paulino, M.F., Chizzotti, M.L. (2019): Carcass and meat quality traits of Nellore young bulls and steers throughout fattening. *Livestock science*, 229:28-36.
187. Simčič, M., Čepon, M., Horvat, S., Jovanovac, S., Gantner, V., Dovč, P., Kompan, D. (2008): Genetic characterization of autochthonous cattle breeds, cika and busha, using microsatellites. *Acta agriculturae Slovenica, suplement 2*, 71–77.
188. Simopoulos A. P. (2006): Evolutionary aspects of diet, the omega-6/omega-3 ratio and genetic variation: nutritional implications for chronic diseases. *Biomedicine & pharmacotherapy = Biomedecine & pharmacotherapie*, 60(9), 502–507.
189. Singh, A., Kumar, A., Gondro, C., Pandey, A.K., Dutt, T., Mishra, B.P. (2022): Genome Wide Scan to Identify Potential Genomic Regions Associated With Milk Protein and Minerals in Vrindavani Cattle. *Frontiers in veterinary science*, 9, 760364.
190. Singh, U., Deb, R., Alyethodi, R. R., Alex, R., Kumar, S., Chakraborty, S., Dhama, K., & Sharma, A. (2014): Molecular markers and their applications in cattle genetic research: A review. *Biomarkers and Genomic Medicine*, 6, 49 – 58.
191. Slimene, A., Damergi, C., Najar, T., M'Rad, M. (2020): Characterization of Holstein Cull Cows using Morphometric Measurements: Towards Cattle Grading System in Tunisia. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, Vol. 8. issue 12, 1340 – 1345.
192. Smith, T. P. L., Casas, E., Rexroad Iii, C. E., Kappes, S. M., Keele, J. W. (2000): Bovine CAPN1 maps to a region of BTA29 containing a quantitative trait locus for meat tenderness. *Journal of animal science*, 78(10), 2589-2594.
193. Spooner, D., van Treuren, R., de Vicente, M.C. (2005): Molecular markers for genebank management. *IPGRI Technical Bulletin n.10*, 126 p.
194. Srirattana, K., McCosker, K., Schatz, T., St. John, J. C. (2017): Cattle phenotypes can disguise their maternal ancestry. *BMC Genet* 18, 59.
195. SRPS ISO 1442 (1998): Određivanje sadržaja vode
196. SRPS ISO 1444 (1998): Određivanje sadržaja masti
197. SRPS ISO 936 (1999): Određivanje sadržaja pepela
198. SRPS ISO 937 (1992): Određivanje sadržaja belančevina
199. Stanišić, Lj. (2017): Fenotipska i molekularno-genetička karakterizacija populacije balkanskog magarca u Republici Srbiji – Doktorska disertacija. Univerzitet u Beogradu - Fakultet veterinarske medicine.
200. Statsoft (2013): *Statistica for Windows*, release 12.0, Inc., Tulsa, OK, USA.

201. Stevanov-Pavlović, M., Dimitrijević, V., Marić, S., Radović, D., Stevanović, J., Stanimirović, Z. (2015): Applicability assessment of a standardized microsatellite marker set in endangered Busha cattle. *Slov Vet Res*, 52 (3): 133-139.
202. Stojanović, S., Radović, Č., Pihler, I., Đermanović, V. (2021): Životinjski genetički resursi: definicija, značaj i način konzervacije. *Zbornik predavanja trećeg simpozijuma – Zaštita agrobiodiverzitet i očuvanje autohtonih rasa domaćih životinja*, 25 – 27. jun 2021. Dimitrovgrad, 3 – 12.
203. Streit, M., Reinhardt, F., Thaller, G., Bennewitz, J. (2013): Genome-wide association analysis to identify genotype × environment interaction for milk protein yield and level of somatic cell score as environmental descriptors in German Holsteins. *Journal of dairy science*, 96(11), 7318–7324.
204. Sun, X., Wu, X., Fan, Y., Mao, Y., Ji, D., Huang, B., Yang, Z. (2018): Effects of polymorphisms in *CAPNI* and *CAST* genes on meat tenderness of Chinese Simmental cattle. *Archives animal breeding*, 61(4), 433–439.
205. Šakić, V., Katica, V., Katica, J. (2018): Autohtone vrste domaćih životinja u Bosni i Hercegovini. *Veterinarski fakultet – Univerzitet u Sarajevu*.
206. Tahir, M. S., Porto-Neto, L. R., Gondro, C., Shittu, O. B., Wockner, K., Tan, A. W. L., Smith, H. R., Gouveia, G. C., Kour, J., Fortes, M. R. S. (2021): Meta-Analysis of Heifer Traits Identified Reproductive Pathways in *Bos indicus* Cattle. *Genes*, 12(5), 768.
207. Tait, R.G.Jr., Shackelford, S.D., Wheeler, T.L., King, D.A., Casas, E., Thallman, R.M., Smith, T.P., Bennett, G.L. (2014): μ -Calpain, calpastatin, and growth hormone receptor genetic effects on preweaning performance, carcass quality traits, and residual variance of tenderness in Angus cattle selected to increase minor haplotype and allele frequencies. *Journal of animal science*, 92(2), 456–466.
208. Tan, M. E. (2013): Genome-wide association study for stature in New Zealand dairy cattle. M.Sc. Thesis, Massey University, Palmerston North, New Zealand.
209. Teneva, A. (2009): Molecular markers in animal genome analysis. *Biotechnology in Animal Husbandry* 25 (5-6), p 1267-1284.
210. Teneva, A., Petrović, M. P. (2010): Application of molecular markers in livestock improvement. *Biotechnology in Animal Husbandry* 26 (3-4), p 135-154.
211. Tiya Warman, A., Fadhilah, G., Ibrahim, A., Atmoko, B., Baliarti, E., Panjono, P. (2023): Morphometric characterization and zoometric indices of female Bali cattle reared in Lombok Tengah District, West Nusa Tenggara, Indonesia. *Biodiversitas*, Vol 24 (2) 966-974.
212. Tooley, J.G., Catlin, J.P., Schaner Tooley, C.E. (2021): CREB-mediated transcriptional activation of NRMT1 drives muscle differentiation. *Transcription*, 12(2-3), 72–88.
213. Twomey, A.J., Cromie, A.R. (2023): Impact of age at first calving on performance traits in Irish beef herds. *Journal of animal science*, 101, 1 – 7.
214. Urošević, M., Drobnjak, D., Novaković, B., Nikitović, J. (2021): Potreba očuvanja gatačkog goveda kao genskog resursa, *Zbornik predavanja trećeg simpozijuma – Zaštita agrobiodiverzitet i očuvanje autohtonih rasa domaćih životinja*, 25 – 27. jun 2021. Dimitrovgrad, 99 – 104.
215. Utsunomiya, Y. T., do Carmo, A. S., Carvalheiro, R., Neves, H. H., Matos, M. C., Zavarez, L. B., Pérez O'Brien, A. M., Sölkner, J., McEwan, J. C., Cole, J. B., Van Tassell, C. P., Schenkel, F. S., da Silva, M. V., Porto Neto, L. R., Sonstegard, T. S., Garcia, J. F. (2013): Genome-wide association study for birth weight in Nellore cattle points to previously described orthologous genes affecting human and bovine height. *BMC genetics*, 14, 52.
216. Uzabaci, E., Dincel, D. (2022): Associations between c.2832A > G polymorphism of *CAST* gene and meat tenderness in cattle: A meta-analysis. *Kafkas Univ Vet Fak Derg*, 28 (5): 613-620.

217. Van der Westhuizen, R.R., Schoeman, S.J., Jordaan, G.F., Van Wyk, J.B. (2001): Genetic parameters for reproductive traits in a beef cattle herd estimated using multitrait analysis. *South African Journal of Animal Science*, 31(1), 41-48.
218. Vieira, C., Cerdeño, A., Serrano, E., Lavín, P., Mantecón, A.R. (2007): Breed and ageing extent on carcass and meat quality of beef from adult steers (oxen). *Livest. Sci.* 107:62-69.
219. Volodkevich, N. N. (1938): Apparatus for measurement of chewing resistance or tenderness of foodstuffs. *Food Res.*, 3, 221–225.
220. Wang, L. M., Mandell, I. B., Bohrer, B. M. (2020): Effects of feeding essential oils and benzoic acid to replace antibiotics on finishing beef cattle growth, carcass characteristics, and sensory attributes. *Applied Animal Science*, 36(2), 145–156.
221. Waritthitham, A., Lambertz, C., Langholz, H.J., Wicke, M., Gauly, M. (2010): Assessment of beef production from Brahman x Thai native and Charolais x Thai native crossbred bulls slaughtered at different weights. II: Meat quality. *Meat Sci.* 85: 196-200.
222. Watanabe, G., Motoyama, M., Nakajima, I., Sasaki, K. (2018): Relationship between water-holding capacity and intramuscular fat content in Japanese commercial pork loin. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 31(6), 914–918.
223. Weber, J. L. Wong, C. (1993): Mutation of human short tandem repeats. *Hum. Mol. Genet.* 2, 1123–1128.
224. White, S.N., Casas, E., Wheeler, T.L., Shackelford, S.D., Koohmaraie, M., Riley, D.G., Chase, C.C., Jr, Johnson, D.D., Keele, J.W., Smith, T.P. (2005): A new single nucleotide polymorphism in CAPN1 extends the current tenderness marker test to include cattle of *Bos indicus*, *Bos taurus*, and crossbred descent. *Journal of animal science*, 83(9), 2001–2008.
225. Williamson, C. S., Foster, R. K., Stanner, S. A., Buttriss, J. L. (2005): Red meat in the diet. *Nutrition Bulletin*, 30(4), 323–355.
226. Xie, X., Meng, Q., Cui, Z., Ren, L. (2012): Effect of cattle breed on meat quality, muscle fiber characteristics, lipid oxidation and Fatty acids in china. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 25(6), 824–831.
227. Yakubu, A., Abdullah, A. R., Raji, A. O., Oseni, S. O. (2021): Multivariate principal component analysis of the morphometric traits of some cattle breeds in Nigeria. *JAPS: Journal of Animal & Plant Sciences*, 31(3), 681 – 689.
228. Yang, L., Fu, S., Khan, M.A., Zeng, W., Fu, J. (2013): Molecular cloning and development of RAPD-SCAR markers for *Dimocarpus longan* variety authentication Springerplus, 2, p. 501.
229. Yildirm, I., Ciftci, K., Ceylan, M. (2009): Comparison of profitability of cross and native breed cattle fattening farms in Turkey. *Journal of Applied Animal Research* 35:17-20.
230. Zečević, E., Dokso, A., Đorđević-Milošević, S. (2021): Autohtone pasmine domaćih životinja u Bosni i Hercegovini, Zbornik predavanja trećeg simpozijuma – Zaštita agrobiodiverzitet i očuvanje autohtonih rasa domaćih životinja, 25 – 27. jun 2021. Dimitrovgrad, 47 – 54.
231. Zheng, Y., Wang, S., Yan, P. (2018): The meat quality, muscle fiber characteristics and fatty acid profile in Jinjiang and F1 Simmental×Jinjiang yellow cattle. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 31(2), 301–308.
232. Ziehl, A., Thilmany, D.D., Umberger, W.J. (2005): A cluster analysis of natural beef product consumers by shopping behavior, importance of production attributes, and demographics. *Journal of Food Distribution Research*, Food Distribution Research Society, vol. 36(1), pages 1-9.
233. Zong, G., Li, Y., Wanders, A. J., Alsema, M., Zock, P. L., Willett, W. C., Hu, F. B., Sun, Q. (2016): Intake of individual saturated fatty acids and risk of coronary heart disease in US men and women: two prospective longitudinal cohort studies. *BMJ (Clinical research ed.)*, 355, i5796.

Internet stranice

1. BushaLive (2013): Determination of different types and strains of Busha Cattle in the Balkans, Sustainable use of Busha Cattle: Comprehensive overview in the field, development of an overall-crossborder conservation model. PO No. 299432. Preuzeto dana: 01.02.2022. <https://www.fao.org/3/CA0047EN/ca0047en.pdf>
2. Domestic Animal Diversity Information System (DAD-IS) – The Food and Agriculture Organization. Preuzeto dana: 01.04.2024. <http://www.fao.org/dad-is/browse-by-country-and-species/en/>
3. Kume, K. (2013). Busha cattle in Albania, BushaLive – Kick-off meeting. 18 – 19 April, Sarajevo, BiH. Preuzeto dana: 01.02.2022. http://www.agrobiodiversity.net/balkan/Sarajevo/pdf/Busha_AL_2013.pdf
4. Portal Seljak.me (2020): Buša – Autohtona rasa goveda. Preuzeto dana: 01.02.2022 <https://seljak.me/savjetuje/busa-autohtona-rasa-goveda/>
5. Pravilnik o Listi genetskih rezervi domaćih životinja, načinu očuvanja genetskih rezervi domaćih životinja, kao i o Listi autohtonih rasa domaćih životinja i ugroženih autohtonih rasa: 33/2017-35, 104/2021-28, 30/2022-32. <http://www.pravno-informacioni-sistem.rs/SlGlasnikPortal/eli/rep/sgrs/ministarstva/pravilnik/2017/33/2>
6. Quigley, K., O'Kane, L., Kearney, F., Hall, T.J., MacHugh, D.E., Mullen, M.P. (2020): Estimating the frequency of genomic polymorphisms associated with meat quality in Irish beef cattle. <https://research.thea.ie/bitstream/handle/20.500.12065/3504/Katie%20Quigley%202020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

7. Prilozi

Prilog 1. Uticaj farme na visinu grebena krava (F test)

	SS	Stepeni slobode	MS	F	p
Intercept	753834,4	1	753834,4	20766,21	0,00
Farma	4,5	1	4,5	0,12 n.z.	0,724916
Greška	5517,8	152	36,3		

***($p < 0,001$); **($p < 0,01$); *($p < 0,05$); n.z. ($p > 0,05$).

Prilog 2. Uticaj farme na visinu krsta krava (F test)

	SS	Stepeni slobode	MS	F	p
Intercept	823553,3	1	823553,3	27031,75	0,00
Farma	52,4	1	52,4	1,72 n.z.	0,191466
Greška	4661,3	153	30,5		

***($p < 0,001$); **($p < 0,01$); *($p < 0,05$); n.z. ($p > 0,05$).

Prilog 3. Uticaj farme na dubinu grudi krava (F test)

	SS	Stepeni slobode	MS	F	p
Intercept	204421,5	1	204421,5	13339,9	0,00
Farma	1,3	1	1,3	0,08 n.z.	0,773536
Greška	2344,6	153	15,3		

***($p < 0,001$); **($p < 0,01$); *($p < 0,05$); n.z. ($p > 0,05$).

Prilog 4. Uticaj farme na obim grudi krava (F test)

	SS	Stepeni slobode	MS	F	p
Intercept	1507825	1	1507825	13208,16	0,00
Farma	1345	1	1345	11,78***	0,000771
Greška	17238	151	114		

***($p < 0,001$); **($p < 0,01$); *($p < 0,05$); n.z. ($p > 0,05$).

Prilog 5. Uticaj farme na dužinu karlice krava (F test)

	SS	Stepeni slobode	MS	F	p
Intercept	109720,6	1	109720,6	7733,136	0,00
Farma	65,2	1	65,2	4,598*	0,033594
Greška	2170,8	153	14,2		

***($p < 0,001$); **($p < 0,01$); *($p < 0,05$); n.z. ($p > 0,05$).

Prilog 6. Uticaj farme na širinu karlice (bedra) krava (F test)

	SS	Stepeni slobode	MS	F	p
Intercept	101695,8	1	101695,8	6041,586	0,00
Farma	83,7	1	83,7	4,975*	0,027171
Greška	2575,4	153	16,8		

***($p < 0,001$); **($p < 0,01$); *($p < 0,05$); n.z. ($p > 0,05$).

Prilog 7. Uticaj farme na dužinu tela krava (F test)

	SS	Stepeni slobode	MS	F	p
Intercept	1122517	1	1122517	20797,82	0,00
Farma	113	1	113	2,10 n.z.	0,149771
Greška	8258	153	54		

***($p < 0,001$); **($p < 0,01$); *($p < 0,05$); n.z. ($p > 0,05$).

Prilog 8. Uticaj farme na dužinu glave krava (F test)

	SS	Stepeni slobode	MS	F	p
Intercept	105748	1	105748	12838,07	0,00
Farma	148	1	148	17,97***	0,000039
Greška	1260,3	153	8,2		

***($p < 0,001$); **($p < 0,01$); *($p < 0,05$); n.z.($p > 0,05$).

Prilog 9. Uticaj farme na širinu glave (čela) krava (F test)

	SS	Stepeni slobode	MS	F	p
Intercept	24261,5	1	24261,5	12972,65	0,00
Farma	3,34	1	3,34	1,79 n.z.	0,183456
Greška	284,27	152	1,87		

***($p < 0,001$); **($p < 0,01$); *($p < 0,05$); n.z.($p > 0,05$).

Prilog 10. Uticaj farme na obim cevanice krava (F test)

	SS	Stepeni slobode	MS	F	p
Intercept	17219,6	1	17219,6	11385,66	0,00
Farma	1,88	1	1,88	1,24 n.z.	0,267041
Greška	228,37	151	1,51		

***($p < 0,001$); **($p < 0,01$); *($p < 0,05$); n.z.($p > 0,05$).

Prilog 11. Uticaj starosti krave na visinu grebena (F test)

	SS	Stepeni slobode	MS	F	p
Intercept	1438432	1	1438432	40596,91	0,00
Starost	21,0	3	7	0,19 n.z.	0,900897
Greška	5067,0	143	35		

***($p < 0,001$); **($p < 0,01$); *($p < 0,05$); n.z.($p > 0,05$).

Prilog 12. Uticaj starosti krave na visinu krsta (F test)

	SS	Stepeni slobode	MS	F	p
Intercept	1544708	1	1544708	50515,04	0,00
Starost	4,0	3	1	0,04 n.z.	0,989126
Greška	4403,0	144	31		

***($p < 0,001$); **($p < 0,01$); *($p < 0,05$); n.z.($p > 0,05$).

Prilog 13. Uticaj starosti krave na dubina grudi (F test)

	SS	Stepeni slobode	MS	F	p
Intercept	382609,4	1	382609,4	27360,18	0,00
Starost	181,4	3	60,5	4,33**	0,005945
Greška	2013,7	144	14		

***($p < 0,001$); **($p < 0,01$); *($p < 0,05$); n.z.($p > 0,05$).

Prilog 14. Uticaj starosti krave na dubinu grudi (LSD test)

Starost (grupa)	{1}	{2}	{3}	{4}
1		*	*	**
2	0,024509		n.z.	n.z.
3	0,047313	0,982929		n.z.
4	0,001237	0,189998	0,238001	

***($p < 0,001$); **($p < 0,01$); *($p < 0,05$); n.z.($p > 0,05$).

Prilog 15. Uticaj starosti krave na širinu grudi (F test)

	SS	Stepeni slobode	MS	F	p
Intercept	73617,38	1	73617,38	4642,994	0,00
Starost	16,0	3	5,34	0,337 ^{n.z.}	0,798679
Greška	1569,7	99	15,86		

***($p < 0,001$); **($p < 0,01$); *($p < 0,05$); n.z.($p > 0,05$).

Prilog 16. Uticaj starosti krave na obim grudi (F test)

	SS	Stepeni slobode	MS	F	p
Intercept	2885530	1	2885530	26064,21	0,00
Starost	1480,0	3	493	4,45**	0,005049
Greška	15721,0	142	111		

***($p < 0,001$); **($p < 0,01$); *($p < 0,05$); n.z.($p > 0,05$).

Prilog 17. Uticaj starosti krave na obim grudi (LSD test)

Starost (grupa)	{1}	{2}	{3}	{4}
1		n.z.	n.z.	***
2	0,123135		n.z.	*
3	0,240788	0,900096		*
4	0,000382	0,029106	0,038566	

***($p < 0,001$); **($p < 0,01$); *($p < 0,05$); n.z.($p > 0,05$).

Prilog 18. Uticaj starosti krave na dužinu karlice (F test)

	SS	Stepeni slobode	MS	F	p
Intercept	199050,2	1	199050,2	14355,8	0,00
Starost	118,5	3	39,5	2,85*	0,039598
Greška	1996,6	144	13,9		

***($p < 0,001$); **($p < 0,01$); *($p < 0,05$); n.z.($p > 0,05$).

Prilog 19. Uticaj starosti krave na dužinu karlice (LSD test)

Starost (grupa)	{1}	{2}	{3}	{4}
1		**	n.z.	n.z.
2	0,009207		n.z.	n.z.
3	0,103673	0,538832		n.z.
4	0,052457	0,819012	0,739921	

***($p < 0,001$); **($p < 0,01$); *($p < 0,05$); n.z.($p > 0,05$).

Prilog 20. Uticaj starosti krave na širinu karlice - bedra (F test)

	SS	Stepeni slobode	MS	F	p
Intercept	184002,5	1	184002,5	11746,64	0,00
Starost	205,3	3	68,4	4,37**	0,005619
Greška	2255,7	144	15,7		

***($p < 0,001$); **($p < 0,01$); *($p < 0,05$); n.z.($p > 0,05$).

Prilog 21. Uticaj starosti krave na širinu karlice - bedra (LSD test)

Starost (grupa)	{1}	{2}	{3}	{4}
1		***	*	*
2	0,000996		n.z.	n.z.
3	0,042092	0,415916		n.z.
4	0,029074	0,57677	0,836579	

***($p < 0,001$); **($p < 0,01$); *($p < 0,05$); n.z.($p > 0,05$).

Prilog 22. Uticaj starosti krave na širinu karlice - kukovi (F test)

	SS	Stepeni slobode	MS	F	p
Intercept	97829,76	1	97829,76	11850,47	0,00
Starost	111,2	3	37,07	4,49**	0,005317
Greška	833,8	101	8,26		

***($p < 0,001$); **($p < 0,01$); *($p < 0,05$); n.z.($p > 0,05$).

Prilog 23. Uticaj starosti krave na širinu karlice - kukovi (LSD test)

Starost (grupa)	{1}	{2}	{3}	{4}
1		**	n.z.	**
2	0,001822		n.z.	n.z.
3	0,13145	0,304192		n.z.
4	0,005755	0,902022	0,382273	

***($p < 0,001$); **($p < 0,01$); *($p < 0,05$); n.z.($p > 0,05$).

Prilog 24. Uticaj starosti krave na širinu karlice - sednjačne kvrge (F test)

	SS	Stepeni slobode	MS	F	p
Intercept	18321,65	1	18321,65	3607,224	0,00
Starost	22,0	3	7,33	1,444 n.z.	0,23461
Greška	513,0	101	5,08		

***($p < 0,001$); **($p < 0,01$); *($p < 0,05$); n.z.($p > 0,05$).

Prilog 25. Uticaj starosti krave na dužinu tela (F test)

	SS	Stepeni slobode	MS	F	p
Intercept	2080962	1	2080962	41984,39	0,00
Starost	993,0	3	331	6,68***	0,000299
Greška	7137,0	144	50		

***($p < 0,001$); **($p < 0,01$); *($p < 0,05$); n.z.($p > 0,05$).

Prilog 26. Uticaj starosti krave na dužinu tela (LSD test)

Starost (grupa)	{1}	{2}	{3}	{4}
1		*	***	**
2	0,027349		n.z.	n.z.
3	0,00013	0,064521		n.z.
4	0,001908	0,222197	0,604827	

***($p < 0,001$); **($p < 0,01$); *($p < 0,05$); n.z.($p > 0,05$).

Prilog 27. Uticaj starosti krava na dužinu glave (F test)

	SS	Stepeni slobode	MS	F	p
Intercept	209160,6	1	209160,6	26544,24	0,00
Starost	165,1	3	55	6,99***	0,000202
Greška	1134,7	144	7,9		

***($p < 0,001$); **($p < 0,01$); *($p < 0,05$); n.z.($p > 0,05$).

Prilog 28. Uticaj starosti krava na dužinu glave (LSD test)

Starost (grupa)	{1}	{2}	{3}	{4}
1		n.z.	n.z.	***
2	0,40199		n.z.	***
3	0,565745	0,884526		***
4	0,000015	0,000514	0,000944	

***($p < 0,001$); **($p < 0,01$); *($p < 0,05$); n.z.($p > 0,05$).

Prilog 29. Uticaj starosti krave na širinu glave - čela (F test)

	SS	Stepeni slobode	MS	F	p
Intercept	45734,72	1	45734,72	26243,55	0,00
Starost	21,3	3	7,11	4,08**	0,008143
Greška	249,2	143	1,74		

***($p < 0,001$); **($p < 0,01$); *($p < 0,05$); n.z. ($p > 0,05$).

Prilog 30. Uticaj starosti krave na širinu glave - čela (LSD test)

Starost (grupa)	{1}	{2}	{3}	{4}
1		n.z.	n.z.	**
2	0,711458		n.z.	**
3	0,773421	0,974672		**
4	0,002621	0,001874	0,00465	

***($p < 0,001$); **($p < 0,01$); *($p < 0,05$); n.z. ($p > 0,05$).

Prilog 31. Uticaj starosti krave na obim cevanice (F test)

	SS	Stepeni slobode	MS	F	p
Intercept	30784,38	1	30784,38	20686,66	0,00
Starost	6,2	3	2,07	1,39 n.z.	0,247814
Greška	211,3	142	1,49		

***($p < 0,001$); **($p < 0,01$); *($p < 0,05$); n.z. ($p > 0,05$).

Prilog 32. Uticaj boje dlačnog pokrivača krave na visinu grebena (F test)

	SS	Stepeni slobode	MS	F	p
Intercept	1274635	1	1274635	36589,32	0,00
Boja	367,0	5	73	2,1 n.z.	0,06805
Greška	5156,0	148	35		

***($p < 0,001$); **($p < 0,01$); *($p < 0,05$); n.z. ($p > 0,05$).

Prilog 33. Uticaj boje dlačnog pokrivača krave na visinu krsta (F test)

	SS	Stepeni slobode	MS	F	p
Intercept	1349455	1	1349455	45323,05	0,00
Boja	277,0	5	55	1,86 n.z.	0,104068
Greška	4436,0	149	30		

***($p < 0,001$); **($p < 0,01$); *($p < 0,05$); n.z. ($p > 0,05$).

Prilog 34. Uticaj boje dlačnog pokrivača krave na dubinu grudni (F test)

	SS	Stepeni slobode	MS	F	p
Intercept	329016,2	1	329016,2	22238,84	0,00
Boja	141,4	5	28,3	1,91 n.z.	0,095572
Greška	2204,4	149	14,8		

***($p < 0,001$); **($p < 0,01$); *($p < 0,05$); n.z. ($p > 0,05$).

Prilog 35. Uticaj boje dlačnog pokrivača krave na širinu grudni (F test)

	SS	Stepeni slobode	MS	F	p
Intercept	56133,98	1	56133,98	3577,79	0,00
Boja	103,2	5	20,64	1,316 n.z.	0,26319
Greška	1616,0	103	15,69		

***($p < 0,001$); **($p < 0,01$); *($p < 0,05$); n.z. ($p > 0,05$).

Prilog 36. Uticaj boje dlačnog pokrivača krave na obim grudi (F test)

	SS	Stepeni slobode	MS	F	p
Intercept	2487163	1	2487163	21620,87	0,00
Boja	1673,0	5	335	2,91*	0,015556
Greška	16910,0	147	115		

***($p < 0,001$); **($p < 0,01$); *($p < 0,05$); n.z. ($p > 0,05$).

Prilog 37. Uticaj boje dlačnog pokrivača krave na obim grudi (LSD test)

Boja (grupa)	{1}	{2}	{3}	{5}	{6}	{7}
1		n.z.	n.z.	*	*	n.z.
2	0,21147		n.z.	*	n.z.	n.z.
3	0,083841	0,861999		**	n.z.	n.z.
5	0,047249	0,013741	0,003442		**	*
6	0,045452	0,630954	0,726132	0,001953		n.z.
7	0,45194	0,649794	0,490363	0,033169	0,324328	

***($p < 0,001$); **($p < 0,01$); *($p < 0,05$); n.z. ($p > 0,05$).

Prilog 38. Uticaj boje dlačnog pokrivača krave na dužinu karlice (F test)

	SS	Stepeni slobode	MS	F	p
Intercept	171062,7	1	171062,7	12294,49	0,00
Boja	162,9	5	32,6	2,34*	0,044292
Greška	2073,2	149	13,9		

***($p < 0,001$); **($p < 0,01$); *($p < 0,05$); n.z. ($p > 0,05$).

Prilog 39. Uticaj boje dlačnog pokrivača krave na dužinu karlice (LSD test)

Boja (grupa)	{1}	{2}	{3}	{5}	{6}	{7}
1		n.z.	n.z.	n.z.	n.z.	n.z.
2	0,160499		n.z.	n.z.	*	*
3	0,92852	0,214198		n.z.	n.z.	n.z.
5	0,155518	0,94039	0,218499		*	*
6	0,0752	0,014293	0,160996	0,012551		n.z.
7	0,123438	0,023083	0,228609	0,020906	0,849907	

***($p < 0,001$); **($p < 0,01$); *($p < 0,05$); n.z. ($p > 0,05$).

Prilog 40. Uticaj boje dlačnog pokrivača krave na širinu karlice – bedra (F test)

	SS	Stepeni slobode	MS	F	p
Intercept	157804,4	1	157804,4	9293,253	0,00
Boja	129,0	5	25,8	1,52 ^{n.z.}	0,186957
Greška	2530,1	149	17		

***($p < 0,001$); **($p < 0,01$); *($p < 0,05$); n.z. ($p > 0,05$).

Prilog 41. Uticaj boje dlačnog pokrivača krave na širinu karlice – kukovi (F test)

	SS	Stepeni slobode	MS	F	p
Intercept	74983,3	1	74983,3	8576,588	0,00
Boja	74,5	5	14,89	1,704 ^{n.z.}	0,140173
Greška	918,0	105	8,74		

***($p < 0,001$); **($p < 0,01$); *($p < 0,05$); n.z. ($p > 0,05$).

Prilog 42.Uticaj boje dlačnog pokrivača krave na širinu karlice – sednjačne kvрге (F test)

	SS	Stepeni slobode	MS	F	p
Intercept	14068,08	1	14068,08	2764,48	0,00
Boja	28,1	5	5,63	1,106 ^{n.z.}	0,361926
Greška	534,3	105	5,09		

***($p < 0,001$); **($p < 0,01$); *($p < 0,05$); n.z.($p > 0,05$).

Prilog 43.Uticaj boje dlačnog pokrivača krave na dužinu tela (F test)

	SS	Stepeni slobode	MS	F	p
Intercept	1794738	1	1794738	33972,26	0,00
Boja	499,0	5	100	1,89 ^{n.z.}	0,099288
Greška	7872,0	149	53		

***($p < 0,001$); **($p < 0,01$); *($p < 0,05$); n.z.($p > 0,05$).

Prilog 44.Uticaj boje dlačnog pokrivača krave na dužinu glave (F test)

	SS	Stepeni slobode	MS	F	p
Intercept	177896,1	1	177896,1	20955,96	0,00
Boja	143,4	5	28,7	3,38**	0,0064
Greška	1264,9	149	8,5		

***($p < 0,001$); **($p < 0,01$); *($p < 0,05$); n.z.($p > 0,05$).

Prilog 45.Uticaj boje dlačnog pokrivača krave na dužinu glave (LSD test)

Boja (grupa)	{1}	{2}	{3}	{5}	{6}	{7}
1		**	n.z.	n.z.	n.z.	*
2	0,006346		n.z.	**	n.z.	n.z.
3	0,206338	0,163585		*	n.z.	n.z.
5	0,15892	0,001216	0,034831		*	**
6	0,214675	0,206558	0,944009	0,038789		n.z.
7	0,031018	0,572772	0,403479	0,005394	0,46771	

***($p < 0,001$); **($p < 0,01$); *($p < 0,05$); n.z.($p > 0,05$).

Prilog 46.Uticaj boje dlačnog pokrivača krave na širinu glave – čela (F test)

	SS	Stepeni slobode	MS	F	p
Intercept	39518,46	1	39518,46	23612,98	0,00
Boja	39,9	5	7,98	4,77***	0,000452
Greška	247,7	148	1,67		

***($p < 0,001$); **($p < 0,01$); *($p < 0,05$); n.z.($p > 0,05$).

Prilog 47.Uticaj boje dlačnog pokrivača krave na širinu glave – čela (LSD test)

Boja (grupa)	{1}	{2}	{3}	{5}	{6}	{7}
1		n.z.	n.z.	**	*	n.z.
2	0,084548		n.z.	***	n.z.	n.z.
3	0,062748	0,924389		***	n.z.	n.z.
5	0,008822	0,000888	0,000416		***	**
6	0,014129	0,624622	0,527209	0,000089		n.z.
7	0,153127	0,76327	0,818051	0,001691	0,413601	

***($p < 0,001$); **($p < 0,01$); *($p < 0,05$); n.z.($p > 0,05$).

Prilog 48. Uticaj boje dlačnog pokrivača krave na obim cevanice (F test)

	SS	Stepeni slobode	MS	F	p
Intercept	27307,62	1	27307,62	18296,36	0,00
Boja	10,9	5	2,17	1,45 ^{n.z.}	0,208554
Greška	219,4	147	1,49		

***($p < 0,001$); **($p < 0,01$); *($p < 0,05$); n.z. ($p > 0,05$).

Prilog 49. Uticaj sezone teljenja na trajanje servis perioda (F test)

	SS	Stepeni slobode	MS	F	p
Intercept	2091049	1	2091049	538,3827	0
Sezona teljenja	76425	3	25475	6,56***	0,000243
Greška	1607954	414	3884		

***($p < 0,001$), **($p < 0,01$), *($p < 0,05$), n.z. ($p > 0,05$);

Prilog 50. Uticaj sezone teljenja na trajanje servis perioda (LSD test)

Sezona teljenja	{1}	{2}	{3}	{4}
1		n.z.	*	**
2	0,0533		n,z	***
3	0,0208	0,1176		***
4	0,0091	0,0002	0,0003	

***($p < 0,001$), **($p < 0,01$), *($p < 0,05$), n.z. ($p > 0,05$);

Prilog 51. Uticaj rednog broja teljenja na trajanje međutelidbenog intervala (F test)

	SS	Stepeni slobode	MS	F	p
Intercept	55393159	1	55393159	11979,7	0
Teljenje po redu	40590	8	5074	1,10 ^{n.z.}	0,363584
Greška	2177865	471	4624		

***($p < 0,001$), **($p < 0,01$), *($p < 0,05$), n.z. ($p > 0,05$);

8. Biografija autora

Miloš Marinković, rođen je 18. januara 1989. godine u Beogradu.

Nakon Osnovne škole i Gimnazije u Mladenovcu, upisuje osnovne akademske studije na Poljoprivrednom fakultetu Univerziteta u Beogradu i završava 2013. godine sa prosečnom ocenom 9,05 na smeru za Zootehniku. Potom 2014. godine završava i master akademske studije istog smera sa prosečnom ocenom 9,83 i stiče zvanje Master inženjer poljoprivrede. Doktorske akademske studije u okviru studijskog programa Poljoprivredne nauke, modul Zootehnika na Poljoprivrednom fakultetu Univerziteta u Beogradu upisao je 2014. godine i zatim položio sve ispite predviđene planom i programom ovog studijskog modula.

Godine 2016. Miloš zasniva radni odnos u nauci u Institutu za stočarstvo u Zemunu na odeljenju za istraživanje i razvoj u oblasti govedarstva.

Miloš je bio učesnik tri trening programa usavršavanja i to:

- 2016. godine kroz studijski boravak u Istraživačkom Institutu za stočarstvo pri poljoprivrednoj akademiji provincije Hilongjang u gradu Harbin u Kini, projekat pod nazivom: “Serbia-China Farming Cycle Academic Communication”, China,

- 2017. godine u Americi trening kurs The Cochran Fellowship Program-a sa temom: “Beef Genetics - Importing and Marketing” Kansas and Missouri, USA,

- 2018. godine u Izraelu učesnik treninga “The 21st Century Challenge –Improving Production of Animal Husbandry” - International Research & Development Courses, State of Israel.

U toku dosadašnjeg rada kao autor i koautor publikovao je više od 30 naučnih radova. Oblast istraživanja većine radova vezana je za unapređenje mlečnosti i plodnosti u mlečnom govedarstvu.

Kao autor i koautor naučnih radova u međunarodnim časopisima sa impakt faktorom objavio je:

1. **Marinković, M.**, Životić, I., Ostojić Andrić, D., Kuveljić, J., Lazarević, M., Živković, M., Perišić, P. (2024): Meat quality, fatty acid profile and genomic insight of Busha cattle in extensive production systems in Serbia. *Züchtungskunde*, 96, (3) S. 203–216.
2. Lazarević, M., Stanojević, D., Bogdanović, V., Pantelić, V., Maksimović, N., **Marinković, M.**, Mičić, N. (2018). Variability and heritability of milk traits of Holstein-Frisian bull dams and their progeny. *Genetika-Belgrade. Serbian Genetics Society, Belgrade.*, 50(1), 243-251.

Izjava 1.

Izjava o autorstvu

Ime i prezime autora: **Miloš Marinković**

Broj indeksa: **ZO 14/2**

Izjavljujem

da je doktorska disertacija pod naslovom

Fenotipska i genetička karakterizacija autohtone populacije goveda rase buša u Srbiji

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

Potpis autora

U Beogradu, _____

Izjava 2.

Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije doktorskog rada

Ime i prezime autora: **Miloš Marinković**

Broj indeksa: **ZO 14/2**

Studijski program: **Poljoprivredne nauke, modul Zootehnika**

Naslov rada: **Fenotipska i genetička karakterizacija autohtone populacije goveda rase buša u Srbiji**

Mentor: **prof. dr Predrag Perišić, vanredni profesor**

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

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

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

Potpis autora

U Beogradu, _____

Izjava 3.

Izjava o korišćenju

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

Fenotipska i genetička karakterizacija autohtone populacije goveda rase buša u Srbiji

koja je moje autorsko delo.

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

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

1. Autorstvo (CC BY)

2. Autorstvo – nekomercijalno (CC BY-NC)

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

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

5. Autorstvo – bez prerade (CC BY-ND)

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

(Molimo da zaokružite samo jednu od šest ponuđenih licenci.

Kratak opis licenci je sastavni deo ove izjave).

Potpis autora

U Beogradu, _____

1. Autorstvo. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, iprerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence, čak i u komercijalne svrhe. Ovo je najslobodnija od svih licenci.

2. Autorstvo - nekomercijalno. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javnosaopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela.

3. Autorstvo - nekomercijalno - bez prerade. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, bez promena, preoblikovanja ili upotrebe dela u svom delu, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela. U odnosu na sve ostale licence, ovom licencom se ograničava najveći obim prava korišćenja dela.

4. Autorstvo - nekomercijalno - deliti pod istim uslovima. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence i ako se prerada distribuira pod istom ili sličnom licencom. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela i prerada.

5. Autorstvo - bez prerada. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javnosaopštavanje dela, bez promena, preoblikovanja ili upotrebe dela u svom delu, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca dozvoljava komercijalnu upotrebu dela.

6. Autorstvo - deliti pod istim uslovima. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence i ako se prerada distribuira pod istom ili sličnom licencom. Ova licenca dozvoljava komercijalnu upotrebu dela i prerada. Slična je softverskim licencama, odnosno licencama otvorenog koda.