

---

UNIVERZITET U BEOGRADU  
TEHNOLOŠKO-METALURŠKI FAKULTET

Dragica M. Nikolić

MINERALNI SASTAV MIŠIĆA, JETRE I  
BUBREGA INTENZIVNO I EKSTENZIVNO  
GAJENIH SVINJA U SRBIJI

doktorska disertacija

Beograd, 2018

---

---

UNIVERSITY OF BELGRADE  
FACULTY OF TECHNOLOGY AND METALLURGY

Dragica M. Nikolić

MINERAL COMPOSITION OF MUSCLE,  
LIVER AND KIDNEY OF INTENSIVELY  
AND EXTENSIVELY GROWN PIGS IN  
SERBIA

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2018

---

---

*Mentori:*

---

Dr Mila Laušević, redovni profesor u penziji,  
Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet  
u Beogradu

---

Dr Saša Janković, naučni saradnik, Institut za  
higijenu i tehnologiju mesa, Beograd

*Članovi komisije:*

---

Dr Svetlana Grujić, vanredni profesor,  
Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet  
u Beogradu

---

Dr Aleksandra Perić-Grujić, redovni profesor,  
Tehnološki-metalurški fakultet, Univerzitet  
u Beogradu

---

Dr Srđan Stefanović, naučni saradnik, Institut  
za higijenu i tehnologiju mesa, Beograd

*Datum odbrane:*

---

---

## Zahvalnica

*U organizaciji i realizaciji ove doktorske disertacije učestvovao je veliki broj kolega i dobronamernih ljudi, bez čije pomoći i nesebične angažovanosti je bilo nezamislivo ostvariti postavljene ciljeve i rešiti sve probleme koji su se javljali u toku izrade ove doktorske disertacije.*

*Najpre bih želela da se zahvalim saradnicima i tehničkom osoblju Odeljenja za ispitivanje rezidua i Odeljenja za hemijska i fizičko-hemijska ispitivanja, Instituta za higijenu i tehnologiju mesa u Beogradu, u čijim laboratorijama je i urađen eksperimentalni deo ove doktorske disertacije.*

*Posebnu zahvalnost dugujem svom mentoru, prof. dr Mili Laušević za pomoć, korisne savete i sugestije, za sveukupno posvećeno vreme, trud i usmeravanje tokom doktorskih studija i izrade doktorske disertacije.*

*Neizmernu zahvalnost dugujem i svom mentoru, dr Saši Jankoviću, naučnom saradniku i rukovodiocu Odeljenja za ispitivanje rezidua na Institutu za higijenu i tehnologiju mesa iz Beograda, koji je rukovodio ovim radom istinski verujući u mene i podržavajući moje ideje i stručno usavršavanje kroz celokupnu realizaciju doktorata. Svesna sam da bez njegove pomoći ova doktorska disertacija, ni izbliza, ne bi imala ovaj kvalitet.*

*Veliku zahvalnost dugujem dr Svetlani Grujić, vanrednom profesoru Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta Beograd, koja je imala neverovatnu energiju, volju i strpljenje da detaljno pregleda i koriguje doktorat, dajući mu posebnu crtu svojom kritičkom analizom.*

*Dr Aleksandri Grujić-Perić, redovnom profesoru Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu, zahvaljujem na svim predloženim savetima i konstruktivnim sugestijama.*

*Zahvalnost dugujem i dr Srđanu Stefanoviću, naučnom saradniku Instituta za higijenu i tehnologiju mesa iz Beograda, na pomoći u realizaciji, pregledu doktorske disertacije, kao i na korisnim sugestijama.*

---

---

*Dr Nikoli Stanišiću i dr Čedomiru Radoviću, naučnim saradnicima Instituta za stočarstvo iz Beograda, zahvaljujem na ustupljenim uzorcima koji su korišćeni za izradu doktorske disertacije, kao i na uloženom trudu i pomoći pri objavljivanju naučnih radova. Takođe, zahvaljujem se dr Slobodanu Liliću, višem naučnom saradniku Instituta za higijenu i tehnologiju mesa, što je omogućio uspostavljanje kontakta sa Institutom za stočarstvo.*

*Posebno bih naglasila da je dr Lato Pezo, viši naučni saradnik Instituta za opštu i fizičku hemiju iz Beograda, svojim matematičkim alatima uobličio ovu doktorsku disertaciju i dao joj svojevrsan pečat. Ovim putem mu se zahvaljujem na tome, kao i na prijateljskim savetima i pomoći.*

*Nemerljivu zahvalnost dugujem dr Jasni Đinović-Stojanović za prijatnu saradnju i svesrdnu pomoć pri realizaciji doktorske disertacije, kao i za svu pruženu podršku i prijateljstvo tokom tih godina.*

*I najzad, veliko hvala mojim najmilijima koji su uvek verovali u mene, hvala im na beskrajnoj podršci i ljubavi.*

*Dragica Nikolić*

---

---

## MINERALNI SASTAV MIŠIĆA, JETRE I BUBREGA INTENZIVNO I EKSTENZIVNO GAJENIH SVINJA U SRBIJI

**Rezime.** Prema učešću u ishrani, meso zauzima vodeću poziciju među namirnicama životinjskog porekla. Meso i proizvodi od mesa predstavljaju važan deo ljudske ishrane jer su bogati i pogodni izvori materija neophodnih za normalno funkcionisanje organizma.

Poslednjih nekoliko godina raste svest potrošača o konzumiranju "zdravog mesa" pa samim tim i zainteresovanost za alternativne načine uzgoja i proizvodnje svinjskog mesa. Ekstenzivna proizvodnja u Srbiji je uglavnom usmerena na uzgoj jedne od retkih autohtonih rasa svinja - mangulice. U poređenju sa mesom drugih rasa svinja, meso mangulice je tamnije boje, sadrži veći procenat masti, jačeg je mirisa ali je sočnije.

Predmet ove doktorske disertacije je određivanje 16 elemenata (natrijum, magnezijum, kalcijum, kalijum, hrom, mangan, gvožđe, kobalt, nikl, bakar, cink, arsen, selen, kadmijum, živa i olovo) u mišićima, jetri i bubrezima intenzivno i ekstenzivno gajenih svinja u Srbiji, kao i u hrani korišćenoj u uzgoju svinja, primenom induktivno-kuplovane plazme sa masenim spektrometrom (ICP-MS). Cilj ove studije je da se ispita i uporedi hemijski i mineralni sastav mišića, jetre i bubrega intenzivno (švedski landras) i ekstenzivno (mangulica) uzgajanih svinja u Srbiji da bi se utvrdile međusobne korelacije sadržaja različitih elemenata u tkivima i organima različito gajenih svinja.

Studija je pokazala da mangulice imaju više masti, dok je kod landrasa značajno veći sadržaj vode i proteina. Takođe, mineralni sastav različitih mišićnih regija obe vrste svinja se razlikuje. Plećka je mišićna regija sa najviše Fe, Zn i Cu. Utvrđeno je da je sadržaj mikroelemenata kod različito gajenih svinja različit, posebno koncentracija Fe, Zn i Cu, koje su veće kod mišića ekstenzivno gajenih svinja što se može objasniti različitim mineralnim sastavom hrane za svinje, kao i stanjem životne sredine u kojoj su mangulice gajene. Kod makroelemenata dokazano je da mišići i iznutrice ekstenzivno gajenih svinja sadrže veće koncentracije Na. Koncentracije toksičnih elemenata, prvenstveno kadmijuma, značajno su više u iznutricama ekstenzivno gajenih svinja, što je pored razlike u ishrani rezultat dužeg tova.

---

---

**Ključne reči:** svinje, mangulica, hemijski sastav, mikroelementi, makroelementi, toksični elementi

**Naučna oblast:** Hemijske nauke

**UDK broj:**

---

## MINERAL COMPOSITION OF MUSCLE, LIVER AND KIDNEY OF INTENSIVELY AND EXTENSIVELY REARED PIGS IN SERBIA

**Abstract.** Meat and meat products are an important part of human nutrition because they are rich and suitable sources of nutrients necessary for normal functioning of the organism. For this reason, meat takes leading position among the food of animal origin.

For the past few years, consumers' awareness of the consumption of "healthy meat" has grown, and therefore the interest in alternative ways of breeding and pigs' meat production. Extensive production in Serbia is mainly focused on the breeding of one of the rare indigenous breeds of pigs - mangulica. Compared to the meat of other pig breeds, the meat of mangulica is darker in color, it contains a higher percentage of fat and stronger odour. However, the consistency of this meat is juicier and more palatable.

The aim of this study is to examine and compare the chemical and mineral composition of meat cuts, liver and kidneys of intensively (Swedish landrace) and extensively (mangulica) grown pigs in Serbia in order to determine the correlations between different elements in the tissues and organs of various breeding pigs. This will be accomplished by determination of 16 chemical elements (sodium, magnesium, calcium, potassium, chromium, manganese, iron, cobalt, nickel, copper, zinc, arsenic, selenium, cadmium, mercury and lead) in muscle, liver and kidneys of intensively and extensively reared pigs in Serbia, as well as in feed used in pig breeding, using inductively coupled plasma with mass spectrometer (ICP-MS).

The study showed that mangulicas have more fat, while the landrace has a significantly higher content of water and protein. Also, the mineral composition of different meat cuts of both pigs varies. Shoulder is a meat cut with the highest concentration of Fe, Zn, and Cu. It was found that the concentrations of microelements in differently reared pigs varies, in particular the concentration of Fe, Zn and Cu, which are higher in the muscles of extensively grown pigs. This can be explained by the different mineral composition of feed as well as the conditions in the environment where the mangulicas are grown. In regard to macroelements, it has been shown that the muscles and offal of extensively

---



---

reared pigs contain higher concentrations of Na. Concentrations of toxic elements, primarily cadmium, are significantly higher in the offal of extensive pigs, which, apart from the difference in nutrition, is the result of a longer fattening.

**Key words:** pig, mangulica, chemical composition, microelements, macroelements, toxic elements

**Scientific Field:** Chemical sciences

**UDC number:**

---

---

## SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b>	<b>1</b>
<b>2. TEORIJSKI DEO</b>	<b>4</b>
<b>2.1. Uzgoj svinja</b>	<b>4</b>
2.1.1. Intenzivno uzgajanje svinja	4
2.1.2. Ekstenzivno uzgajanje svinja	6
<b>2.2. Osnovni hemijski sastav mesa</b>	<b>8</b>
<b>2.3. Mineralni sastav mesa</b>	<b>10</b>
2.3.1. Mikroelementi	10
2.3.2. Makroelementi	13
2.3.3. Toksični elementi	14
<b>2.4. Metode za pripremu i analizu uzoraka</b>	<b>17</b>
<b>2.5. Osvrt na istraživanja vezana za osnovni hemijski i mineralni sastav tkiva i organa intenzivno i ekstenzivno gajenih svinja u svetu</b>	<b>21</b>
<b>3. EKSPERIMENTALNI DEO</b>	<b>23</b>
<b>3.1. Prikupljanje uzoraka</b>	<b>23</b>
<b>3.2. Određivanje osnovnog hemijskog sastava</b>	<b>24</b>
3.2.1. Reagensi za određivanje parametara osnovnog hemijskog sastava	24
3.2.2. Određivanje sadržaja vode	24
3.2.3. Određivanje sadržaja proteina	24
3.2.4. Određivanje sadržaja masti	25
3.2.5. Kontrola kvaliteta određivanja osnovnog hemijskog sastava	25
<b>3.3. Određivanje elemenata pomoću ICP-MS</b>	<b>25</b>
3.3.1. Reagensi i standardi za određivanje elemenata pomoću ICP-MS	26
3.3.2. Postupak pripreme uzoraka	27
3.3.3. Uslovi za određivanje elemenata pomoću ICP-MS	28
3.3.4. Kalibracija i validacija	29
3.3.5. Kontrola kvaliteta metode određivanja elemenata pomoću ICP-MS	30
<b>3.4. Statistička obrada podataka</b>	<b>32</b>
3.4.1. Deskriptivna statistika	32
3.4.2. Korelaciona analiza	32

---

---

3.4.3. Analiza glavnih komponenti	34
<b>4. REZULTATI I DISKUSIJA</b>	<b>37</b>
4.1. Osnovni hemijski sastav mišića	37
4.1.1. Sadržaj vode u mišićima	38
4.1.2. Sadržaj proteina u mišićima	39
4.1.3. Sadržaj masti u mišićima	41
4.2. Osnovni hemijski sastav iznutrica	42
4.2.1. Sadržaj vode u iznutricama	43
4.2.2. Sadržaj proteina u iznutricama	44
4.2.3. Sadržaj masti u iznutricama	45
4.3. Mineralni sastav mišića, jetre i bubrega	46
4.3.1. Koncentracije mikroelemenata u mišićima, jetri i bubrezima	46
4.3.2. Koncentracije makroelemenata u mišićima, jetri i bubrezima	59
4.3.3. Koncentracije toksičnih elemenata u mišićima, jetri i bubrezima	64
4.4. Korelacije mineralnog i osnovnog hemijskog sastava u mišićima i iznutricama švedskog landrasa i mangulice	71
4.4.1. Korelacije u mišićima i iznutricama švedskog landrasa	71
4.4.2. Korelacije u mišićima i iznutricama mangulica	75
4.5. Analiza glavnih komponenata i klusterska analiza osnovnog hemijskog i mineralnog sastava mišića i iznutrica švedskog landrasa i mangulica	80
4.5.1. Analiza glavnih komponenti osnovnog hemijskog i mineralnog sastava mišića i iznutrica švedskog landrasa i mangulica	81
4.5.2. Klusterska analiza osnovnog hemijskog i mineralnog sastava mišića i iznutrica švedskog landrasa i mangulica	86
<b>5. ZAKLJUČAK</b>	<b>88</b>
<b>LITERATURA</b>	<b>90</b>
<b>OBJAVLJENI RADOVI IZ DOKTORSKE DISERTACIJE</b>	<b>102</b>
<b>BIOGRAFIJA AUTORA</b>	<b>103</b>

---

## 1. UVOD

Jedna od definicija koja precizno opisuje pojam "zdravlje čoveka" jeste da zdravlje predstavlja stanje potpunog telesnog i psihičkog blagostanja, a ne samo odsustvo bolesti. Dobro zdravlje u velikoj meri zavisi od ishrane, telesne aktivnosti i higijene. Kada je u pitanju pravilna ishrana, potrebno je voditi računa o svim osnovnim komponentama koje ulaze u sastav namirnica koje konzumiramo: voda, proteini, masti, ugljeni hidrati, vitamini i mineralne materije. Prema procentualnom udelu u ishrani, meso zauzima vodeću poziciju među namirnicama životinjskog porekla. Meso i proizvodi od mesa predstavljaju važan deo ljudske ishrane jer su bogati izvori materija neophodnih za normalno funkcionisanje organizma (Higgs, 2000; Lombardi-Boccia *et al.*, 2005).

Konzumiranje mesa, posebno crvenog u koje spada i svinjsko meso, smatra se prekretnicom u ljudskoj ishrani i ima značajnu ulogu u evoluciji čoveka (Pereira i Vicente, 2013). S obzirom na to da čini više od 36% ukupnog unosa mesa na svetskom nivou, a u razvijenim zemljama i preko 50%, svinjetina predstavlja najčešće konzumiranu vrstu mesa (FAO, 2009; FAO, 2016). Proizvodnja i potrošnja svinjskog mesa kontinuirano raste širom sveta (Williamson *et al.*, 2005). Izuzetak predstavljaju neki regioni u kojima se ovo meso iz kulturoloških i/ili religioznih razloga ne konzumira (Cosgrove *et al.*, 2005; McNeill i Van Elswyk, 2012; FAO, 2016). Prema podacima ankete sprovedene u Srbiji 2016. godine, prosečna dnevna potrošnja svinjskog mesa po stanovniku je bila 45,99 g (Anketa o potrošnji domaćinstava, 2016).

U dostupnoj literaturi, autori su se najviše bazirali na ispitivanju osnovnih hemijskih parametra (sadržaj vode, masti, belančevina) mesa intenzivno i ekstenzivno uzgajanih svinja, a najčešće ispitivani mišić je bio *musculus longissimus dorsi* (Hollo *et al.*, 2003; Parunović *et al.*, 2012, 2013; Petrović *et al.*, 2010, 2012, 2014; Tomović *et al.*, 2014). Takođe, dokazane su razlike u pogledu osnovnog hemijskog sastava različito gajenih svinja - intenzivno gajene svinje imaju veći sadržaj proteina i vode, dok je kod

ekstenzivno gajenih svinja veći sadržaj masti. O mineralnom sastavu, posebno ekstenzivnih svinja, ima veoma malo literaturnih podataka (Korsrud *et al.*, 1985; López-Alonso *et al.*, 2007, 2012; Tomović *et al.*, 2011a, 2011b, 2014). Dosadašnja dostupna istraživanja nisu se bavila analiziranjem različitih mišićnih regija, karakterizacijom mikro- i makroelementarnog sastava u tkivima i organima različito uzgajanih svinja u cilju određivanja i poređenja njihove nutritivne vrednosti, kao ni potencijalnim rizikom od unosa toksičnih elemenata preko mesa ekstenzivno gajenih svinja.

Imajući u vidu prethodno izložena istraživanja, evidentan je uticaj kako načina uzgoja svinja (ekstenzivni i intenzivni), tako i samih genetskih specifikuma različitih rasa (autohtonih – mangulica i selekcionisanih – švedski landras) na hemijski sastav tkiva i organa. Iz tih razloga predloženi su sledeći ciljevi rada:

- prikupiti podatke o mineralnom sastavu hrane za životinje, tkivima i organima mangulice i švedskog landrasa
- na osnovu dobijenih rezultata, definisati karakterističan hemijski i mineralni sastav tkiva i organa navedenih rasa, sagledati prednosti oba načina uzgoja, kao i eventualne rizike povezane sa sadržajem toksičnih elemenata
- uporediti mineralni sastav tri ispitivane mišićne regije (kare, but, plećka) u okviru pojedinačne rase svinja
- uporediti mineralni sastav mišića i iznutrica (jetra, bubreg) između mangulice i švedskog landrasa
- utvrditi međusobne korelacije između sadržaja ispitivanih elemenata u tkivima i organima mangulice i švedskog landrasa

Postavljeni ciljevi će biti ostvareni ispitivanjem sadržaja 16 elemenata (natrijum, magnezijum, kalcijum, kalijum, hrom, mangan, gvožđe, kobalt, nikl, bakar, cink, arsen, selen, kadmijum, živa i olovo) u mišićima, jetri i bubrezima intenzivno i ekstenzivno gajenih svinja u Srbiji, kao i u hrani korišćenju u uzgoju svinja, primenom induktivno-kuplovane plazme sa masenim spektrometrom (ICP-MS). Takođe, određivaće se i osnovni hemijski sastav mišića, jetre i bubrega. Primenom odgovarajućih statističkih analiza (PCA i CA) proceniće se uticaj različitih načina uzgoja svinja na mineralni

sadržaj mišića, jetre i bubrega svinja, kao i međusobna korelacija koncentracija ispitivanih elemenata u hrani za svinje i tkivima i organima svinja.

## **2. TEORIJSKI DEO**

### **2.1. Uzgoj svinja**

Gledano po ukupnoj proizvodnji, svinjarstvo je tradicionalno jedna od najznačajnijih grana poljoprivrede (Teodorović i Radović, 2004). Početkom XX veka predstavljalo je glavnu izveznu granu privrede, dok je danas godišnja proizvodnja svinja na nivou od 3,5 - 4 miliona grla (Statistički godišnjak Republike Srbije, 2016), što predstavlja 2,2% ukupnog broja svinja u Evropi, odnosno 0,5% svetskog broja svinja (Uzelac i Vasiljević, 2011). Organizacija stočarske proizvodnje u Srbiji je takva da se preko 80% svinja gaji na malim porodičnim gazdinstvima, dok se ostatak uzgaja na velikim industrijskim farmama (Uzelac i Vasiljević, 2011). Svinjarstvo, u zavisnosti od načina uzgoja, može da se podeli na intenzivno i ekstenzivno uzgajanje svinja.

#### **2.1.1. Intenzivno uzgajanje svinja**

Svinje intenzivnog tova se čuvaju zatvorene u kontrolisanim uslovima i hrane potpunim smešama sa optimalno izbalansiranim sadržajem hranljivih materija (slika 1). Ovaj način uzgoja zasnovan je na industrijskim principima. Ciljevi intenzivnog uzgoja su brz prirast, manji utrošak hrane na kilogram prirasta, dobar kvalitet i niska cena mesa. Takođe, jedan od imperativa proizvodnje svinjskog mesa danas je proizvodnja svinja sa značajno većim udelom mesa u odnosu na mast. Na ovaj odnos masti i čistog mesa kod svinje u najvećoj meri utiče vrsta ishrane.



Slika 1. Intenzivno uzgajanje svinja

Jedna od najrasprostranjenijih rasa svinja u Srbiji koja se proizvodi u zatvorenom sistemu je švedski landras (slika 2). Ova rasa nastala je oplemenjivanjem švedskih domaćih svinja sa danskim landrasom. Karakterišu ga lagana, srednje duga glava sa spuštenim ušima, čvrste noge srednje visine, dugačak i mišićav leđni deo, osrednja dubina i širina grudi, duboki i široki butovi dok su plećke slabije razvijene i nepigmentisana koža sa čekinjama bele boje (Petričević *et al.*, 1990). Spada u grupu mesnatih ili plemenitih rasa koje karakterišu visoki proizvodni rezultati, ali i visoki zahtevi po pitanju uslova ishrane, nege i držanja. Kako je švedski landras osetljiv na nekvalitetnu ishranu i lošije uslove gajenja, osetljiv je i na veći broj bolesti koje se javljaju u velikim aglomeracijama. Međutim, zbog dobrih proizvodnih osobina - tovljenici su standardnog kvaliteta i ujednačeni, često se gaje u industrijskoj proizvodnji.





Slika 2. Švedski landras

### 2.1.2. Ekstenzivno uzgajanje svinja

Poslednjih nekoliko godina raste svest potrošača o konzumiranju "zdravog mesa" pa samim tim i zainteresovanost za alternativne načine uzgoja svinja i proizvodnje svinjskog mesa. Proizvodnja svinja koje se hrane prirodnom hranom bez promotera rasta i antibiotika je u značajnom porastu. Ovakvi sistemi postaju atraktivni uglavnom zbog njihove održivosti u životnoj sredini kao i zbog niske početne cene proizvodnog procesa (Cava *et al.*, 2003).

Za proizvodnju na otvorenom neophodne su rase svinja koje su prirodno otpornije i ne zahtevaju idealne uslove držanja, već se lakše prilagođavaju lokalnim uslovima gajenja. Autohtone rase svinja, poznate po otpornosti i manjoj podložnosti stresu u odnosu na konvencionalne rase, su najpogodnije za ekstenzivne sisteme. U Srbiji je 2010. godine donet Pravilnik o uslovima u pogledu gajenja i prometa autohtonih rasa domaćih životinja, kao i sadržini i načinu vođenja registra odgajivača autohtonih rasa domaćih životinja (Službeni glasnik RS, br.58, 2016), a u cilju sprečavanja izbijanja i širenja bolesti koje ugrožavaju zdravlje svinja. Najčešći potencijalni izvor raznih bolesti je

kontakt sa divljim svinjama. Jedna od takvih bolesti je klasična svinjska kuga na čijem iskorenjivanju se još uvek radi (Vidović i Šević, 2015).

Prednost ekstenzivnog načina uzgoja u odnosu na intenzivni su manji troškovi, kako za ulaganje u objekte i energiju za održavanje sistema, tako i za zdravstvenu zaštitu i lekove. Držanje na otvorenim površinama omogućava svinjama duže kretanje, veću količinu svežeg vazduha i dovoljno sunca (sinteza vitamina D). Osnovnu hranu u ekstenzivnim sistemima čine trava, lišće, žir i druga prirodna hrana koju svinje pronalaze na pašnjacima i/ili u šumama (slika 3). Svinje rijući uzimaju i razno korenje, crve, gliste itd. Prihranjivanje se obavlja tokom zimskog perioda, odnosno u razdoblju godine kada je dostupnost hrani iz prirodnog okruženja mala. Svinje se obično prihranjuju kukuruzom, ječmom i pšenicom (Karolyi *et al.*, 2010).



Slika 3. Ekstenzivan uzgoj svinja

Ekstenzivna proizvodnja u Srbiji je uglavnom usmerena na uzgoj jedne od retkih autohtonih rasa svinja - mangulice (Kumaresan *et al.*, 2009) (slika 4). Ovu rasu odlikuju duge kovrdžave čekinje po celom telu koje ujedno predstavljaju i zaštitni sloj od visokih

i niskih temperatura. Koža im je sivo-crna, a delovi tela koji nisu prekriveni čekinjama su crno pigmentisani. Tokom leta koža im poprima braon-sivu boju. Nedostaci mangulice su da je to kasnostasna rasa svinja, sporog prirasta i relativno visoke konverzije hrane, dok se prednost ogleda u njenoj otpornosti na bolesti i stres, izdržljivosti u različitim klimatskim uslovima (Vidović i Šević, 2015). Mangulice su veoma jednostavne za uzgajanje. Prija im kretanje, imaju jake ekstremitete ojačane čvrstim papcima pa je ovu vrstu moguće uzgajati kako u ravničarskim tako i u brdsko-planinskim predelima. Takođe, uživaju u kaljuganju koje im služi za termoregulaciju i zaštitu od ektoparazita. U poređenju sa mesom drugih rasa svinja, meso mangulice je tamnije boje, jačeg mirisa ali je sočnije. Sadrži veći procenat masti, ali je sadržaj holesterola u mesu mangulice znatno niži (za 50-75%) tako da je pogodno za ishranu ljudi koji imaju povećan nivo masnoće u krvi (Parunović *et al.*, 2012).



Slika 4. Mangulica

## 2.2. Osnovni hemijski sastav mesa

Hemijski sastav mesa zavisi od genetskih faktora, ishrane, rase, pola, fiziološkog statusa, starosti i anatomske pozicije.



Voda predstavlja najzastupljeniji sastojak mesa. Veći deo vode (95%) je slobodna voda, a oko 5% je voda vezana za hidrofilne koloide. Količina vode u mesu varira između 60% i 78%, i stoji u relativno konstantnom odnosu sa sadržajem proteina (u proseku je oko 3,5 puta više vode nego proteina) (Vuković, 1998).

Proteini u nutritivnom i tehnološkom pogledu predstavljaju najvažnije sastojke mesa. Sadržaj proteina u mesu varira od 16% do 24% u zavisnosti od toga da li je meso posno ili masno (posnija mesa imaju više proteina). Proteini su sastavni deo svake ćelije. Neophodni su za izgradnju mišića, omogućavaju rast kože, kose, noktiju, sastavni su delovi enzima, hormona i antitela. Takođe, proteini su i izvor energije kada u organizmu nema dovoljno ugljenih hidrata ili masti. Biološku vrednost proteina određuje prisustvo i količina esencijalnih aminokiselina. Proteini mesa sadrže sve esencijalne aminokiseline neophodne ljudskom organizmu. Dnevna potreba za proteinima kod odraslih iznosi 50 g (Pravilnik o deklarisanju označavanju i reklamiranju hrane, 19/2017).

Mast je najpromenljivija komponenta mesa. Dok je sadržaj složenih masti prilično stalan i iznosi u proseku 1%, sadržaj triglicerida je vrlo promenljiv i varira od 0,5% do 20% (Vuković, 1998). Biološka vrednost mesa u velikoj meri zavisi od sadržaja masti, odnosno sadržaja esencijalnih masnih kiselina. Iako mast i dalje predstavlja važan činilac u proceni kvaliteta mesa, a njena količina i sastav utiču na čvrstinu i ukus mesa, savremeni trend u svinjarstvu je proizvodnja mesa sa što manjim procentom masti. U svinjskom mesu preovlađuju zasićene masti koje su jedan od faktora rizika za razvoj bolesti kardiovaskularnog sistema (Forrest *et al.*, 1975; Wood *et al.*, 1999; Webb, 2006; Webb i O'Neill, 2008). Referentni dnevni unos masti u populaciji odraslih procenjen je na 70 g, od čega 20 g čine zasićene masti (Pravilnik o deklarisanju označavanju i reklamiranju hrane, 19/2017).

### 2.3. Mineralni sastav mesa

Dobro je poznato da su mikro- (Fe, Zn, Cu, Mn, Se, Cr, Co, Ni) i makroelementi (Na, K, Mg, Ca) neophodni za normalno funkcionisanje gotovo svih biohemijskih i enzimskih procesa u telu (Goyer, 1997). Pored ovih elemenata, meso može da sadrži elemente sa toksičnim osobinama (Falandysz, 1993; Adei i Forson-Adaboh, 2008) kao što su Cd, Pb, Hg i As koji nemaju fiziološku funkciju. Dok je koncentracija toksičnih elemenata u mišićnom tkivu relativno niska, jetra i bubrezi akumuliraju veće količine ovih elemenata i mogu predstavljati rizik po ljudsko zdravlje (Potthast, 1993; Jkanović *et al.*, 2012).

#### 2.3.1. Mikroelementi

Bioraspoloživost nekih elemenata u mesu je mnogo veća nego u drugim namirnicama. Gvožđe se u hrani nalazi u dva oblika: hem i ne-hem obliku. Hem gvožđe ima veću biološku raspoloživost, nalazi se u mesu kao sastavni deo hemoproteina (hemoglobina i mioglobina) i lakše se resorbuje iz digestivnog trakta (15-35% od unosa), dok je ne-hem gvožđe prisutno u hrani kao  $Fe^{3+}$  i u proseku se resorbuje od 10% do 20% od unesene količine (Lombardi-Boccia *et al.*, 2002). U ljudskom organizmu gvožđe je prisutno u svim ćelijama gde vrši nekoliko vitalnih funkcija – u hemoglobinu transportuje kiseonik od pluća do tkiva, pomaže čuvanje i iskoristljivost kiseonika u mišićima u formi mioglobina, kao sastavni deo citohroma učestvuje u transportu elektrona dok je integralni deo većeg broja enzima u različitim tkivima. Oko 70% gvožđa se nalazi u eritrocitima u sastavu hemoglobina, a oko 15% u mioglobinu u mišićima. Reverzibilno se akumulira u jetri odakle se dalje transportuje do drugih delova tela. Nedostatak gvožđa je najčešća poznata deficijencija ishrane koja može dovesti do pojave anemije i sledstvenih poremećaja u radu više organa i sistema (Centers for disease control and prevention, 2001). U zavisnosti od pola, uzrasta i stanja organizma, preporučeni dnevni unos gvožđa se kreće od 7 mg za decu do 3 godine, pa do 27 mg za trudnice (DRIs, 2011). Meso svakako spada u namirnice bogate gvožđem.

Cink je element prisutan u svim telesnim tečnostima i tkivima. Stabilizuje molekulsku strukturu ćelijskih komponenti i membrane pa je neophodan za održavanje celovitosti ćelija i organa. Cink ima važnu ulogu u velikom broju enzimskih reakcija (preko 300) koje učestvuju u sintezi proteina, lipida, ugljenih hidrata, kao i u metabolizmu drugih mikronutrijenata; učestvuje u procesu stvaranja belih krvnih zrnaca u koštanoj srži i sazrevanju T-limfocita neophodnih za odbranu organizma od brojnih patogenata. Nedostatak cinka u ishrani može dovesti do depresije, dijareje, gubitka kose i apetita, pojave rana na koži i povećane akumulacije kadmijuma u nekim tkivima i organima (Mc Loughlin i Hodge, 1990; Maes *et al.*, 1997; Brzoska i Moniuszko-Jakoniuk, 2001). U zavisnosti od populacione grupe, preporučen je unos cinka od 2 do 13 mg dnevno (DRIs, 2011), a pored žitarica, ribe i orašastih plodova, meso je najznačajniji izvor cinka.

Bakar je element potreban za sintezu hemoglobina, mijelina, kolagena i melanina (Linder i Hazegh-Azam, 1996). Sa vitaminom C učestvuje u proizvodnji elastina, a kao sastavni deo superoksid dismutase deluje kao antioksidans. Bakar učestvuje u otpuštanju uskladištenog gvožđa u organizmu tako da njegov deficit može dovesti do anemije. Preporučen je dnevni unos do 1 mg bakra (dojilje 1,3 mg) dok veće količine bakra mogu delovati štetno po zdravlje (DRIs, 2011). Meso, a posebno iznutrice, predstavljaju najznačajniji izvor bakra u ishrani čoveka.

Mangan je koenzim u mnogobrojnim enzimskim reakcijama. Potpomaže pravilan rad i razvoj kostiju, učestvuje u izgradnji vezivnog tkiva, reguliše nivo šećera u krvi, učestvuje u procesima metabolizma masti, aminokiselina i ugljenih hidrata (Rivera-Mancia *et al.*, 2011). Preporučuje se dnevni unos 0,6 mg mangana za decu, 1,8 mg za žene, odnosno 2,3 mg za muškarce (DRIs, 2011). Zbog dostupnosti mangana u ishrani, i pored loše resorpcije u gastrointestinalnom traktu (3-4%), nedostatak je veoma retka pojava baš kao i trovanje zbog prekomernog unosa preko namirnica.

Selen je antioksidans od velikog značaja za zdravlje ljudi. Učestvuje u prevenciji kardiovaskularnih bolesti i stimuliše imunitet. Takođe, štiteći ćelije od oksidacije, sprečava prerano starenje kože, mišića i mozga. Uključen je i u proizvodnju hormona

štitne žlezde (Chappuis i Poupon, 1991; Levander i Burk, 1994). Najnovija medicinska istraživanja pokazuju da bi selen mogao da smanji opasnost od raka gastrointestinalnog trakta i raka prostate, da pomaže u zaštiti organizma od toksičnih efekata teških metala i drugih štetnih materija (Hatfield, 2001; Whanger, 2004; Su *et al.*, 2005). Do nedostatka selena najčešće dolazi zbog neadekvatne ishrane, dok usled vrlo velikog unosa selena može nastati selenoza koju karakterišu promene na koži i noktima, pojava zubnog karijesa, kao i nespecifični gastrointestinalni i neurološki poremećaji (Senthilkumaran *et al.*, 2012). Unos od 20 do 70 mg selena dnevno, u zavisnosti od starosti i pola, smatra se dovoljnim (DRIs, 2011). Morski plodovi, tunjevina, jaja i meso, neke su od namirnica bogatih selenom.

Hrom je jedan od esencijalnih mikroelemenata važan za metabolizam ugljenih hidrata, masti i proteina. Učestvuje u regulisanju nivoa glukoze u krvi i povećanju efikasnosti insulina pa time sprečava pojavu dijabetesa (Mertz, 1969, 1993, 1998). Dnevne potrebe za hromom se kreću od 11 µg za decu do 3 godine, preko 35 µg za muškarce pa do 45 µg za dojlje (DRIs, 2011). Pravilnom i raznovrsnom ishranom ove preporuke se lako dostižu, a namirnice sa visokim sadržajem hroma su jetra, žumance, pivski kvasac i meso.

Kobalt je važan sastavni deo kobalamina ili vitamina B12. Učestvuje u stvaranju eritrocita, održavanju zdravlja nervnih ćelija i ćelija sluzokože jednjaka i želuca. Nedostatak kobalta, preko smanjene sinteze vitamina B12, može dovesti do pojave anemije i poremećaja u formiranju ćelija (Simonsen *et al.*, 2012). Kobalt se hranom unosi isključivo preko vitamina B12 (meso, iznutrice, jaja, riba) pa ne postoje posebne preporuke za neophodni unos kobalta osim onih za vitamin B12 – 2,4 µg dnevno (DRIs, 2011).

Tek se 60-ih godina prošlog veka došlo do saznanja o značajnim funkcijama nikla u organizmu imajući u vidu da se do tada izučavao isključivo zbog svojih štetnih efekata. Nikl je uključen u metabolizam gvožđa (utiče na apsorpciju gvožđa iz hrane) i igra ulogu u produkciji eritrocita. Neophodan je za metabolizam ugljenih hidrata i masti, a od značaja je i za sintezu hormona i funkciju ćelijske membrane (Suderman, 1977;

Das *et al.*, 2008). Nedostatak nikla je veoma retka pojava, a najznačajniji izvori nikla su namirnice biljnog porekla – orašasti plodovi i mahunarke.

### 2.3.2. Makroelementi

Natrijum je jedan od najvažnijih elemenata u ljudskom organizmu. Utiče na distribuciju vode putem osmoze, učestvuje u sprovođenju nervnih impulsa i u mišićnoj kontrakciji. Nedostatak natrijuma zbog nedovoljnog unosa putem hrane uglavnom nije moguć, ali usled nekih bolesti kao što su obilne dijareje, povraćanje ili znojenje, može doći do njegovog deficita. Preveliki unos natrijuma, usled činjenice da ljudski organizam nema mehanizam koji reguliše apsorpciju natrijuma u crevima, može dovesti do povišenog krvnog pritiska i edema, a može i trajno oštetiti bubrege (FAO, 2004; Adrogué i Madias, 2007). Prihvatljivi dnevni unos natrijuma je do 1,5 g (DRIs, 2011), a dominantno se ostvaruje preko kuhinjske soli, odnosno namirnica sa dodatkom kuhinjskom soli gde prednjače proizvodi od mesa.

Kalijum je najzastupljeniji ćelijski pozitivno naelektrisani jon, dok ga izvan ćelije ima jako malo u odnosu na natrijum. Kalijumovi joni učestvuju u velikom broju fizioloških funkcija u organizmu: prenos nervnih impulsa, mišićna kontrakcija, kontrola krvnog pritiska i balansa vode u organizmu i dr. Količina kalijuma koju čovek unosi hranom mnogo je veća nego što se može apsorbovati u crevima. Povećani sadržaj kalijuma može dovesti do bubrežne insuficijencije, dehidracije, mišićne slabosti i kardioloških problema. Međutim, povećanim mokrenjem ili upotrebom diuretika, povraćanjem ili dijarejom može doći do nedostatka ovog elementa što može prouzrokovati srčane smetnje, mišićnu slabost, pospanost i dr. (FAO, 2004; Adrogué i Madias, 2007). Integralne žitarice, meso i riba su najznačajniji izvori kalijuma, a preporučeni optimalni unos je 3 g dnevno za decu do 3 godine, odnosno 4,7 g za odrasle (DRIs, 2011).

Kalcijum i njegove soli su izuzetno važan deo koštanog tkiva koji daje čvrstinu kostima skeleta. Pored toga, kalcijum u organizmu učestvuje u mehanizmu kontrakcije mišića, funkcijama nervnog sistema, važan je za propustljivost ćelijske membrane i pospešuje



zgrušavanje krvi. Deficit kalcijuma je vrlo čest. Može se javiti ne samo zbog ishrane siromašne kalcijumom, nego i zbog brojnih drugih razloga kao što su: nedostatak vitamina D, nedovoljna izloženost sunčevoj svetlosti, hormonski poremećaji i dr. Nedostatak kalcijuma u dečijoj dobi može za posledicu imati nepravilan i sporiji rast i razvoj. Jedan od većih zdravstvenih problema današnjice je pojava osteoporoze. Povećani unos kalcijuma uglavnom ne može biti štetan jer se višak kalcijuma ne apsorbuje u organizmu nego se izlučuje putem stolice (FAO, 2004). Ishrana bazirana na mleku, mlečnim proizvodima, žitaricama, voću i povrću obezbeđuje dovoljnu količinu kalcijuma (1 – 1,3 g dnevno) (DRIs, 2011).

Magnezijum je jedan od najzastupljenijih ćelijskih jona. U kostima ga ima od 50% do 60%. Magnezijum ima višestruku ulogu u organizmu: koenzim je mnogih enzimskih procesa, učestvuje u sintezi proteina, normalnom radu mišića, važan je za održavanje normalnog krvnog pritiska i za funkcije centralnog nervnog sistema. Nedostatak magnezijuma je danas sve češća pojava, zbog prerafinisane hrane siromašne magnezijumom. Simptomi nedostatka magnezijuma su drhtanje mišića, slabost, mučnina, povraćanje i grčevi. Nedostatak magnezijuma dovodi se u vezu sa nastankom savremenih bolesti kao što su koronarne bolesti, zloćudni tumori, osteoporoza i hipertenzija (Ryan, 1991; Swaminathan, 2003). Koštunjavo voće, lisnato povrće, riba, jaja i meso su najvažniji izvori magnezijuma u ishrani kojom žene dnevno treba da unesu 320 mg, a muškarci 420 mg (DRIs, 2011).

### **2.3.3. Toksični elementi**

Kadmijum spada u grupu toksičnih teških metala i predstavlja jedan od najznačajnijih kontaminenata životne sredine. U prirodi se javlja uglavnom kao pratilac ruda cinka, olova i bakra, a rezultat je vulkanskih erupcija, šumskih požara, formiranja aerosola morske soli i drugih prirodnih fenomena. Poslednjih godina upotreba kadmijuma je povećana (proizvodnja baterija, akumulatora, gvožđa i čelika, premaza, plastike i pigmenata). Primenom fosfatnih đubriva, sagorevanjem fosilnih goriva i neadekvatnim odlaganjem otpada, kadmijum dospeva u životnu sredinu, a zatim preko korena biljaka

ulazi u lanac ishrane čoveka (ATSDR, 2008). Hrana i voda su glavni izvori kadmijuma kod ljudi (populacija nepušača) (Vahter *et al.*, 1991). Većina namirnica sadrži tragove kadmijuma, a veće količine se mogu naći u iznutricama, školjkama, gljivama, kakau i pirinču. Čovek iz hrane apsorbuje samo 3-5% kadmijuma, ali se on akumulira i zadržava u organizmu sa vremenom poluživota od 10 do 30 godina (ATSDR, 2008). Kadmijum nema poznatu fiziološku funkciju u organizmu životinja i ljudi. Unutar ćelije se vezuje za ligande sa izuzetnim afinitetom prema metalotioneinima - proteinima niske molekulske mase (Filipović Marijić, 2004). Ciljni organ za toksično dejstvo kadmijuma su bubrezi. Kadmijum se akumulira u proksimalnim tubularnim ćelijama izazivajući smanjenje brzine glomerularne filtracije i remeteći normalnu funkciju bubrega. Takođe može izazvati demineralizaciju kostiju, bilo direktnim oštećenjem ili indirektno, kao rezultat disfunkcije bubrega. Međunarodna agencija za istraživanje raka (*eng. International Agency for Research on Cancer - IARC*) na osnovu relevantnih ispitivanja, kadmijum svrstava u grupu 1, grupu dokazanih karcinogena za ljude (IARC, 1993).

Živa je hemijski element koji pripada grupi teških metala, a koji se na sobnoj temperaturi nalazi u tečnom stanju (Rišer i Amler, 2005). Živa u životnu sredinu dospeva iz prirodnih (erozija tla, erupcija vulkana) i antropogenih izvora. Značajniji antropogeni izvori žive su industrije koje koriste živu u tehnološkim procesima, kao što su rudarska industrija, sagorevanje fosilnih goriva, termoelektrane i dr. (Clarkson *et al.*, 2003; Pacyna *et al.*, 2010; Pirrone *et al.*, 2010; Keil *et al.*, 2011). Živa se u životnoj sredini može naći u tri hemijska oblika: elementarna, neorganska i organska živa, koji imaju različitu toksičnost koja je uslovljena razlikom u resorpciji i distribuciji u organizmu i njenom koncentracijom u pojedinim organima (Srebočan *et al.*, 2007). Prenos žive iz zemljišta u nadzemne delove biljaka gotovo je zanemarljiv pa je koncentracija žive u biljkama, posledično i u mesu domaćih životinja, jako niska. Veće koncentracije žive mogu se naći u njihovim iznutricama (bubreg, jetra, slezina), dok preko 90% hranom unete žive potiče iz ribe i ribljih proizvoda (ATSDR, 1999). Čovek apsorbuje 1-7% neorganske žive iz hrane koja se akumulira u bubregu. Međutim, organska živa ima poseban značaj jer se, nakon skoro potpune apsorpcije iz gastrointestinalnog trakta (90-95%), akumulira u organizmu (Goyer, 1986). Izlučuje se

preko pljuvačke, urina, fecesa i mleka (ATSDR, 1999). Toksično dejstvo žive uslovljeno je vezivanjem za sulfhidrilne i druge grupe proteina, promenom njihove strukture i funkcije. Na osnovu dokaza o karcinogenom delovanju na životinje, IARC metil-živu svrstava u grupu 2B tj. u moguće kancerogene za ljude, dok elementarna živa i neorganska jedinjenja žive nisu klasifikovani kao karcinogeni (IARC, 1993).

Olovo se prirodno nalazi u zemljinoj kori. U životnu sredinu olovo najvećim delom dospeva iz industrijske proizvodnje. Olovne legure su se koristile u proizvodnji cevi, dok je tetraetil-olovo korišćeno kao aditiv benzina. Danas se olovo koristi u industriji akumulatora i boja, u vojnoj industriji, kao zaštita od rendgenskog i radioaktivnog zračenja i sl. U životnoj sredini olovo se procesom biometilovanja prevodi u tetrametil-olovo sa visokim stepenom biodostupnosti (Tong *et al.*, 2000). Osim u slučaju profesionalne ekspozicije, čovek najviše unosi olovo putem hrane. Apsorbovano olovo se putem krvi prenosi do vitalnih organa, kao što su jetra i bubrezi, u kojima se deponuje oko 5% unetih količina, dok se ostalih 95% olova nalazi u kostima u vidu fosfata. Vreme poluživota olova u kostima je od 20 do 30 godina, ali se ono usled stresa može osloboditi u krv u bilo kom trenutku. Oko 90% olova koje se unese u organizam izbacuje se preko fecesa (ATSDR, 2007). Na osnovu podataka o izazivanju karcinoma kod eksperimentalnih životinja, IARC neorganska jedinjenja olova klasifikuje kao verovatno karcinogena za ljude – grupa A2, a zbog nedovoljnih dokaza o uticaju na razvoj karcinoma kod čoveka i životinja, organska jedinjenja olova ne klasifikuje kao karcinogene (IARC, 1993).

Arsen je metaloid koji je široko rasprostranjen, najviše ga ima u litosferi ali se većinom transportuje putem vode. U prirodi se nalazi kao neorganski (ređi ali toksičniji oblik) i organski (češći ali manje toksičan) arsen. Glavni izvori emisije arsena su vulkanske aktivnosti, rastvaranje minerala u podzemnim vodama, sagorevanje fosilnih goriva, rudarstvo, upotreba u industriji drveta i tekstila, a u prošlosti i korišćenje u proizvodnji zaštitnih sredstava u poljoprivredi (pesticidi na bazi arsena) (Chung *et al.*, 2014). Značajan deo ovog elementa je vezan za vodene sedimente te se zbog toga lako može bioakumulirati u lancu hrane. Biljke sadrže relativno niske koncentracije arsena u odnosu na zemljište, a prenos zavisi od sadržaja fosfata i vanadijuma u tlu. Lišće može

sadržati više arsena zbog depozicije prašine kontaminirane ovim elementom. Pečurke akumuliraju veće koncentracije arsena iz zemlje. Hrana i piće su glavni izvori arsena za ljude. Najznačajniji izvor neorganskog arsena su žitarice i njihovi proizvodi, flaširana voda, pivo, pirinač, riba i povrće (ATSDR, 2016). Nakon apsorpcije, neorganski arsen se vezuje za hemoglobin u eritrocitima i brzo dospeva u jetru, bubrege, srce, pluća, dok se u manjoj meri vezuje za strukture nervnog sistema, gastrointestinalnog trakta i slezine (Ibrahim *et al.*, 2006). Izvesna količina neorganskog arsena se može konvertovati u jedinjenja organskog arsena u jetri (monometilarsenska i dimetilarsenska kiselina) sa manjom akutnom toksičnošću (Ibrahim *et al.*, 2006). Arsen se ne akumulira u organizmu niti njegova količina raste putem prehrambenog lanca. Izlučuje se u toku 48 časova. Hronična izloženost neorganskom arsenu može rezultovati anemijom, neuropatijom ili poremećajima u funkciji jetre (ATSDR, 2004; Ibrahim *et al.*, 2006). Arsen je mutageni, kancerogeni element i IARC ga svrstava u grupu 1 dokazanih karcinogena za ljude (IARC, 1993).

#### **2.4. Metode za pripremu i analizu uzoraka**

Mikro-, makro- i toksični elementi se u hrani nalaze u velikom broju različitih formi. Velika hemijska raznovrsnost u kombinaciji sa relativno niskim koncentracijama ovih elemenata u mesu uslovljavaju kompleksnu pripremu i analizu.

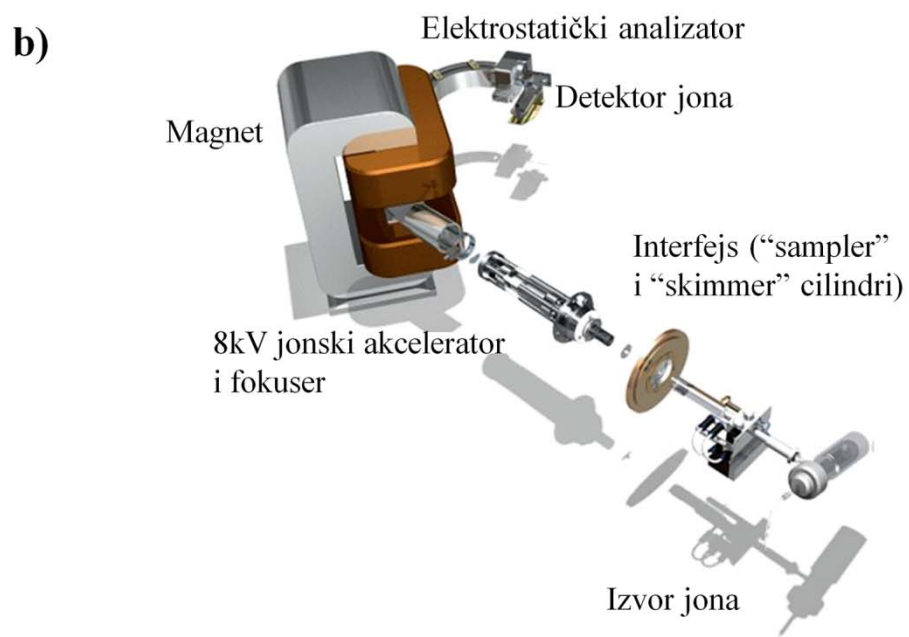
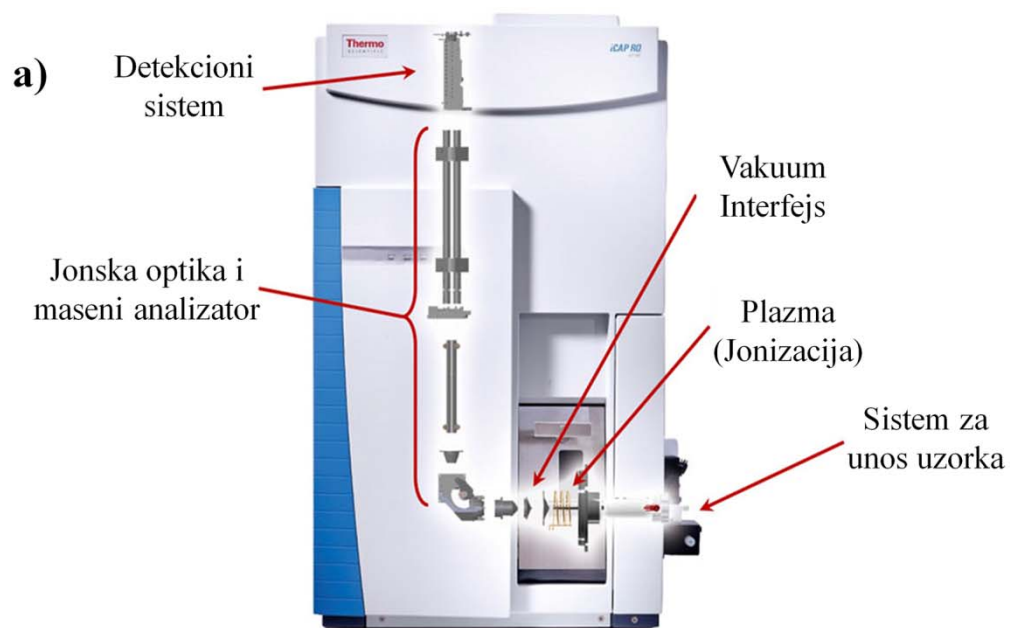
Uzorci se mogu pripremati na dva načina - suvom i mokrom digestijom. Ranijih godina, organski i neorganski uzorci pripremali su se metodom suve digestije, s obzirom na to da je ona jeftina, jednostavna i brza. Uzorak se zagreva u atmosferi ili u struji vazduha ili kiseonika u peći za žarenje, kako bi se sva organska jedinjenja prisutna u uzorku razorila. Metoda proizvodi malu količinu pepela koji sačinjavaju uglavnom oksidi, koji se potom rastvaraju u razblaženim neorganskim kiselinama. Gubici se javljaju usled zadržavanja na zidu suda za žarenje i volatalizacije. Takođe, kontaminacija od suda za spaljivanje i peći za žarenje otežavaju tačno određivanje elemenata i predstavljaju nedostatak suve digestije. Mokra digestija je metoda kojom se elementi iz kompleksnog matriksa prevode u jednostavne hemijske forme dovođenjem toplotne energije i/ili

primenom hemijskih reagenasa (oksidacionih sredstava). Zagrevenje uzorka se može vršiti u otvorenom (konvencionalno, mikrotalasno i ultravioletno zagrevanje), zatvorenom (konvencionalno i mikrotalasno zagrevanje) ili protočnom sistemu (konvencionalno zagrevanje, UV on-line dekompozicija i mikrotalasno zagrevanje). Mikrotalasna digestija pod pritiskom smatra se najboljim rešenjem za primenu u “čistoj hemiji”. Ovaj sistem je idealan za uzorke koji se rastvaraju u azotnoj i/ili hlorovodoničnoj kiselini, pri čemu dolazi do potpunog razaranja matriksa uz redukovanje ili eliminisanje interferenci.

Mikro-, makro- i toksični elementi se mogu odrediti grupom optičkih spektrometrijskih tehnika, kao što su atomska apsorpciona (eng. *Atomic Absorption Spectroscopy* - AAS), atomska emisiona (eng. *Atomic Emission Spectroscopy* - AES) i atomska fluorescentna spektrometrija (eng. *Atomic Fluorescence Spectroscopy* - AFS). U novije vreme, tehnikom kao što je atomski emisijski spektrometar sa induktivno kuplovanom plazmom (eng. *Inductively Coupled Plasma - Optical Emission Spectrometry* - ICP-OES) je moguće kvantifikovati gotovo sve elemente periodnog sistema. Pored ICP-OES tehnike, sve više je aktuelna tehnika masene spektrometrije sa induktivno kuplovanom plazmom (eng. *Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry* – ICP-MS) za simultane multielementarne analize. U poređenju sa optičkim metodama, ICP-MS omogućava najniže granice detekcije, pokriva najširi koncentracioni raspon i omogućava informaciju o izotopima koja je ponekad neophodna za potpunu karakterizaciju elemenata.

Indukovano spregnuta plazma sa masenom spektrometrijom je tehnika koja se koristi za kvantitativno određivanje hemijskih elemenata u uzorcima različitog porekla i u sva tri agregatna stanja (slika 5a). Da bi se uzorak uveo u sistem, u najvećem broju slučajeva neophodno je da bude u tečnom stanju. Uzorak se uvodi u instrument putem peristaltičke pumpe, nakon čega se pomoću koncentričnog pneumatskog raspršivača (nebulajzera) prevodi u fini aerosol. U komori za raspršivanje se razdvajaju velike kapi od manjih i na taj način se amortizuje šum koji dolazi od uzorka. Pomoću gasa argona uzorak se usmerava prema plazmi. Plazma se dobija izlaganjem molekula argona radiofrekventnom zračenju velike snage (27 ili 40 MHz, 1,5 kW). Usled dejstva

elektromagnetnog zračenja dolazi do pobuđivanja molekula argona, značajnog uvećanja vibracione energije i posledične lančane jonizacije, te nastaje argonska plazma temperature od 10000 K. Uzorak prolazi kroz tzv. baklju koja se sastoji od tri koncentrično postavljene cevi (Thomas, 2001a). Spoljašnja i unutrašnja su napravljene od kvarca, a središnja od inertnog aluminijum oksida. Između spoljašnje i središnje cevi prolazi argon koji ima ulogu rashlađivanja zidova cevi, dok pomoćni argon teče između središnje i unutrašnje cevi radi sprečavanja topljenja cevi i nakupljanja soli. Kroz centralnu cev se prenosi aerosol uzorka koji se na visokoj temperaturi raspršuje, isparava, atomizuje i jonizuje (Thomas, 2001b; Holmes, 2001). Ovaj deo ICP-MS sistema radi na atmosferskom pritisku. S obzirom na to da MS zahteva slobodno kretanje jona (visoki vakuum), prelaz sa atmosferskog pritiska na pritiske reda veličine od  $10^{-4}$  mBar se postiže tzv. interfejsom koji se sastoji iz dva cilindra koji omogućavaju prevođenje uzorka iz atmosferskog u deo sistema pod vakuumom uz minimalni uticaj na sam uzorak. Nakon toga se u kvadrupolnom sistemu, koji se sastoji od četiri paralelna cilindra, razdvajaju joni na osnovu njihovih odnosa masa/naelektrisanje (slika 5b). Nakon prolaska kroz kvadrupol, selektovani joni se ubrzavaju pomoću visokog napona, udaraju u konverzionu dinodu koja pozitivne ili negativne jone konvertuje u elektrone čiji se broj umnožava u multiplikatoru sekundarnih elektrona do merljive struje koja se pojačava u niskošumnim pojačivačima i koja zapravo predstavlja signal koji obrađuje akvizicioni sistem instrumenta.



Slika 5. Prikaz ICP-MS uređaja (a) i njegovih osnovnih delova (b)

## 2.5. Osvrt na dosadašnja istraživanja vezana za osnovni hemijski i mineralni sastav tkiva i organa intenzivno i ekstenzivno gajenih svinja u svetu

Dosadašnja istraživanja izvedena u Srbiji su u najvećoj meri bila bazirana na ispitivanju osnovnih hemijskih parametra (voda, mast, belančevine) mesa intenzivno uzgajanih svinja, dok je najčešće ispitivani mišić bio *musculus longissimus dorsi*.

Petrović *et al.* su u svojoj studiji 2010. godine odredili osnovni hemijski sastav *musculus longissimus dorsi* tovljene mangulice. Dve godine kasnije, Petrović *et al.* (2012) su uporedili sadržaj vode, proteina, masti i pepela *musculus longissimus dorsi* mangulica gajenih u različitim sistemima (otvoreni i zatvoreni). Iste godine, Parunović *et al.* (2012) su uzgajali švedskog landrasa i lasastu belu mangulicu u zatvorenom, a belu mangulicu u otvorenom sistemu. U ovoj studiji, autori su uporedili sadržaj vode, proteina, masti i pepela u *musculus longissimus dorsi* između različito uzgajanih mangulica, kao i između svake vrste mangulice i švedskog landrasa. Naredne godine, Parunović *et al.* (2013) su uporedili iste parametre (sadržaj vode, proteina, masti i pepela) u *musculus longissimus dorsi* mangulica (lasaste bele mangulice i bele mangulice) i švedskog landrasa koji su uzgajani u zatvorenom sistemu. Petrović *et al.* (2014) su analizirali sadržaj osnovnog hemijskog sastava *musculus longissimus dorsi* lasaste bele mangulice i moravke gajenih u otvorenom sistemu. Jedna od retkih studija koja se pored osnovnog hemijskog sastava bavila i mineralnim je studija Tomović *et al.* (2014). Autori su uzgajali belu lasastu mangulicu prvobitno u zatvorenom, a zatim u otvorenom sistemu, i analizirali četiri vrste mišića (psoas major, *musculus semimembranosus*, *triceps brachii* i *musculus longissimus dorsi*).

U internacionalnoj studiji Seregi *et al.* (2008), autori su se bavili o predrasudama i istinama vezanim za svinjsko meso. Analizirali su između ostalog i sadržaj proteina i masti u *musculus longissimus dorsi* intenzivno i ekstenzivno gajenih mangulica. Pugliese *et al.* (2005) su odredili osnovni hemijski sastav mesa svinje, lokalne italijanske rase, gajene u otvorenom sistemu umesto u zatvorenom kakav se obično koristi za uzgoj. Takođe, sličnu studiju su objavili Butko *et al.* (2007) upoređujući hemijski sastav intenzivno i ekstenzivno gajenih crnih slavonskih svinja. Lopez-Alonso



*et al.* (2007) su odredili mineralni sastav mišića (bez preciziranja o vrsti), jetre i bubrega intenzivno uzgajanih svinja. Kasnije, 2012. godine, objavili su još jednu studiju gde upoređuju mineralni sastav intenzivno i ekstenzivno gajenih svinja.

U nedostatku naučne literature vezane za osnovni hemijski i mineralni sastav različitih mišićnih regija, internacionalne baze podataka pružaju dobar izvor informacija o sastavu hrane. Dobro dizajnirane tablice i baze podataka sadrže prikladan izbor hrane i ciljani prikaz hranjivih materija za hranu koja “pokriva” prehrambeni obrazac karakterističan za određenu zemlju. Sastav iste hrane varira od države do države, što dovodi do potrebe za razvojem nacionalnih ili regionalnih baza o sastavu hrane.

Izložena istraživanja pružaju evidentan dokaz da način uzgoja svinja (ekstenzivni i intenzivni), kao i sami genetski specifikumi različitih rasa (autohtonih – mangulica i selekcionisanih – švedski landras) imaju uticaj na hemijski sastav tkiva i organa. Ipak, dosadašnja istraživanja nisu se bavila analiziranjem različitih mišićnih regija, karakterizacijom mikro- i makroelementarnog sastava u mišićima i iznutricama intenzivno i ekstenzivno uzgajanih svinja u cilju određivanja i poređenja njihove nutritivne vrednosti, kao ni potencijalnim rizikom od unosa toksičnih elemenata preko mesa ekstenzivno gajenih svinja.

### 3. EKSPERIMENTALNI DEO

#### 3.1. Prikupljanje uzoraka

Uzorci tkiva i organa za ovo istraživanje su sakupljeni sa dve intenzivne i dve ekstenzivne farme svinja u Srbiji. Intenzivne farme se nalaze na Institutu za stočarstvo u blizini Beograda. Svinje sa intenzivnih farmi (švedski landras) su hranjene potpunom smešom koja se sastojala od sušenog zrna kukuruza (64,1%), stočnog pšeničnog brašna (10%), sojine sačme (17,8%), suncokretove sačme (5%), stočne krede (1,3%), kalcijum-fosfata (0,7%), natrijum-hlorida (0,4%) i premiksa (0,5%) koji je sadržao sledeće elemente: Fe – 2,01%, Cu – 0,408%, Mn – 0,816%; Zn – 2,52%, Co – 0,01%, i Se – 0,002%. Svinje sa ekstenzivnih farmi (mangulice) su gajene na dva lokaliteta (Bojčinska šuma blizu Beograda i šuma na Srebrom jezeru blizu Velikog Gradišta). Životinje su održavane na ekstenzivnim silvopastoralnim sistemima na otvorenom. Ishrana je bila zasnovana na sopstvenim izvorima farme (pašnjaci, strnjika, žir i drugi šumski proizvodi), sa dodatkom kukuruza i pšenice tokom zimskog perioda kada je sezonska dostupnost hrane bila niska. Švedski landrasi ( $n = 32$ , prosečne mase 110 kg) su zaklani nakon osam meseci, dok su mangulice ( $n = 32$ , prosečne mase 75 kg) zaklane u četvrtoj godini života. Od svih zaklanih svinja uzeti su uzorci karea (*musculus longissimus dorsi*), buta (*musculus gluteus medius*) i plećki (*musculus triceps brachii*), u količini 200–300 g, zatim jetra (200–300 g) i oba bubrega. Svi uzorci ( $n = 320$ ) su spakovani pojedinačno u plastične kese i transportovani u laboratoriju gde su skladišteni na temperaturi od  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  do ispitivanja. Uzorci kukuruza i pšenice koji su davani ekstenzivnim svinjama, uzorci zemljišta sa ekstenzivnih farmi, kao i uzorci potpunih smeša davanih intenzivnim svinjama su direktno sakupljeni na odabranim farmama.

### **3.2. Određivanje osnovnog hemijskog sastava**

U cilju ispitivanja hemijskog sastava mesa svinja, primenjene su akreditovane analitičke metode.

#### **3.2.1. Reagensi za određivanje parametara osnovnog hemijskog sastava**

- Petroletar (30-50 °C), Sigma-Aldrich (St. Louis, MA, SAD)
- Izopropanol, *p.a.* Sigma-Aldrich (St. Louis, MA, SAD)
- Etar, *p.a.* Sigma-Aldrich (St. Louis, MA, SAD)
- Heksan, *p.a.* Sigma-Aldrich (St. Louis, MA, SAD)
- Acetonitril, *p.a.* Sigma-Aldrich (St. Louis, MA, SAD)
- Sertifikovani referentni materijal Muva BR-1002 (kuvana kobasica, Kempton, Nemačka)

#### **3.2.2. Određivanje sadržaja vode**

Princip metode: potpuno mešanje dela uzorka za ispitivanje sa peskom i sušenje do konstantne mase na  $103 \pm 2$  °C (SRPS ISO 1442/1998).

#### **3.2.3. Određivanje sadržaja proteina**

Princip metode: zagrevanjem uzorka sa koncentrovanom sumpornom kiselinom organske materije se oksiduju do ugljene kiseline, a azot, koji se pri tome oslobađa u obliku amonijaka, gradi sa sumpornom kiselinom amonijum-sulfat. Dejstvom baze na stvoreni amonijum-sulfat, oslobađa se amonijak koji se titriše kiselinom poznatog molariteta. Na osnovu određene količine amonijaka, preračunava se količina azota u ispitivanom uzorku (User Manuel™ Digestor, 1001 3846/Rev.4, Foss, Sweden; Manuel book – Kjeltec Auto 1030 Analyzer, Tecator, Sweden; SRPS ISO 937/1992).

### 3.2.4. Određivanje sadržaja masti

Princip metode: ključanje dela uzorka za ispitivanje sa razblaženom hlorovodoničnom kiselinom, da bi se oslobodile okludovane i vezane lipidne frakcije, filtriranje i sušenje dobijene mase, i ekstrakcija masti petroletrom korišćenjem aparature po Soxhlet-u. Rastvarač se ukloni destilacijom i sušenjem, a ostatak se meri do konstantne mase (SRPS ISO 1443/1992).

### 3.2.5. Kontrola kvaliteta određivanja osnovnog hemijskog sastava

Kontrola kvaliteta se sprovodila analizom sertifikovanog referentnog materijala Muva BR-1002 (kuvana kobasica, Kempten, Nemačka). Referentni materijal se pripremao po procedurama opisanim za uzorke. Sve analize su rađene u duplikatu. Izmerene vrednosti su bile u opsezima propisanim od strane proizvođača (tabela 5).

Tabela 1. Rezultati analitičke kontrole određivanja sadržaja vode, proteina i masti

	Propisana vrednost*	Dobijena vrednost**	Prinos
	g 100g <sup>-1</sup>	g 100g <sup>-1</sup>	%
Voda	58,90±0,26	58,92±0,05	100,0
Proteini	13,88±0,28	13,72±0,10	98,8
Mast	23,68±0,59	23,64±0,15	99,8

\* Propisana vrednost od strane proizvođača.

\*\* Vrednosti su predstavljene kao srednja vrednost ± standardna devijacija.

### 3.3. Određivanje elemenata pomoću ICP-MS

Koncentracija elemenata određivana je pomoću tehnike induktivno kuplovane plazme sa masenim spektrometrom (ICP-MS) (slika 6). Metoda za pripremu i analizu uzoraka mesa i hrane za životinje koja je korišćena u doktorskoj disertaciji je validovana i akreditovana u Institutu za higijenu i tehnologiju mesa, u Beogradu, pod nazivom

“Određivanje hemijskih elemenata (arsena, žive, olova, kadmijuma, bakra, cinka, gvožđa, kalaja, hroma mangana, selen, nikla, kobalta, antimona, natrijuma, kalijuma, kalcijuma i magnezijuma) primenom induktivno-kuplovane plazme sa masenom detekcijom (ICP-MS)“ (interna šifra 02R.01.214).



Slika 6. Indukovano kuplovana plazma sa masenim detektorom,  
ICP-MS (iCAP Q Thermo Scientific)

### 3.3.1. Reagensi i standardi za određivanje elemenata pomoću ICP-MS

- Azotna kiselina ( $\text{HNO}_3$ ) 67% Trace Metal Grade, Fisher Scientific (Bishop, Velika Britanija)
- Vodonik-peroksid ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) 30% *p.a.* Sigma-Aldrich (St. Louis, MA, SAD)
- Hlorovodonična kiselina ( $\text{HCl}$ ) *p.a.* Sigma-Aldrich (St. Louis, MA, SAD)
- Rastvor za kalibraciju TUNE B iCAP Q (Ba, Bi, Ce, Co, In, Li, U-  $1 \text{ mg l}^{-1}$  u 2%  $\text{HNO}_3$  + 0,5%  $\text{HCl}$ ), Thermo Scientific (Bremen, Nemačka)

- Pojedinačni osnovni standardni rastvori elemenata (Na, K, Mg, Ca, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Cd, Hg, Pb) koncentracije  $1000 \pm 2 \text{ mg l}^{-1}$  Reagecon (Shannon, Co. Clare, Irska). Od osnovnih standardnih rastvora pravljena su razblaženja u 2% HNO<sub>3</sub> do radnih kalibracionih rastvora (tabela 2). Kalibraciona prava je konstruisana od pet tačaka (uključujući i nulu) za svaki element
- Osnovni multielementarni interni standard (<sup>6</sup>Li, <sup>45</sup>Sc-10 ng ml<sup>-1</sup>; <sup>71</sup>Ga, <sup>89</sup>Y, <sup>209</sup>Bi-2 ng ml<sup>-1</sup>), VHG Labs (Mančester, SAD). Od osnovnog multielementarnog internog standarda se pravi radni rastvor koji se uvodi u sistem zajedno sa uzorcima (<sup>6</sup>Li, <sup>45</sup>Sc-5 pg ml<sup>-1</sup>; <sup>71</sup>Ga, <sup>89</sup>Y, <sup>209</sup>Bi-1 pg ml<sup>-1</sup>)
- Sertifikovani referentni materijali NIST 1577c - goveđa jetra (Gaithersburg, MD, SAD) i ERM-CC135a - kontaminirano zemljište ciglane (Tedington, UK)
- Zlato(III)-hlorid (AuCl<sub>3</sub>) ≥99,99% trace metal basis, Sigma-Aldrich (St. Louis, MA, SAD)
- Gas za formiranje i hlađenje plazme - argon 5.0 (čistoće 99,999%)
- Gas za KED režim rada -helijum 5.0 (čistoće 99,999%)

Tabela 2. Koncentracije kalibracionih rastvora elemenata

	<i>c</i> 1, μg l <sup>-1</sup>	<i>c</i> 2, μg l <sup>-1</sup>	<i>c</i> 3, μg l <sup>-1</sup>	<i>c</i> 4, μg l <sup>-1</sup>
As, Cd, Hg	0,1	0,2	1	2
Pb	1	2	10	20
	<i>c</i> 1, mg l <sup>-1</sup>	<i>c</i> 2, mg l <sup>-1</sup>	<i>c</i> 3, mg l <sup>-1</sup>	<i>c</i> 4, mg l <sup>-1</sup>
Fe, Zn, Cu, Mn, Se, Cr, Co, Ni, K, Na, Mg, K, Ca	0,1	0,2	1	2

### 3.3.2. Postupak pripreme uzoraka

Smrznuti uzorci su odmrzavani na 4 °C dan pre analize, a zatim homogenizovani. Uzorci zemljišta i hrane sa obe farme su sušeni na 60 °C tokom 3 sata, homogenizovani

u keramičkom avanu i prosejani kroz sita promera 0,5 mm. Oko 0,5 g homogenizovanog tkiva i hrane je odmeravano na analitičkoj vagi sa tačnošću  $\pm 0,001$  g u teflonsku posudu za mikrotalasnu digestiju sa 5 ml azotne kiseline i 1,5 ml vodonik-peroksida, dok su uzorci zemljišta (približno 0,5 g) mineralizovani sa 3 ml azotne kiseline i 6 ml hlorovodonične kiseline u mikrotalasnoj pećnici. Mikrotalasni program se sastojao od tri koraka: 5 minuta od početne temperature do 180 °C, 10 minuta održavanja temperature od 180 °C, i 20 minuta hlađenja. Nakon hlađenja, rastvori razorenih uzoraka su kvantitativno prebačeni u merne sudove od 100 ml. Uzorci su zatim procedeni kroz špic-najlonske filtere u polipropilenske kivete za autosampler i korišćeni za određivanje na instrumentu.

### 3.3.3. Uslovi određivanja elemenata pomoću ICP-MS

Uslovi pod kojima su određivani elementi prikazani su u tabeli 3.

Tabela 3. Radni uslovi određivanja elemenata metodom ICP-MS

RF snaga	1550 W
Protok gasa za hlađenje	14 l min <sup>-1</sup>
Protok raspršivača	1 l min <sup>-1</sup>
Protok kolizionog gasa	1 ml min <sup>-1</sup>
Režim rada	Kinetic Energy Discrimination (KED)
Vreme zadržavanja	10 ms
Spoljašnji konus (Sampling cone)	Platinski, prečnik otvora 1 mm
Unutrašnji konus (Skimmer cone)	Platinski, prečnik otvora 0,75 mm

Rastvor zlato(III)-hlorida ( $c = 2 \text{ mg l}^{-1}$ ) se u ICP-MS sistem uvodio preko internog standarda u cilju sprečavanja "memorijskog efekta" žive, koja zahvaljujući svojim fizičkim svojstvima, adherira na unutrašnje površine sistema i zadržava se na njima različito vreme što dovodi do dobijanja nereproduktivnih rezultata. Joni zlata reaguju sa

zaostalim jonima žive amalgamišući je, te tako dolazi do uklanjanja žive iz ICP-MS sistema.

Tokom svakog očitavanja, paralelno sa uzorcima, u sistem se uvodio i radni rastvor internog standarda. Interni standard je obuhvatao elemente niskih, srednjih i visokih masa. Softver za akviziciju podataka automatski je očitavao pored vrednosti ispitivanih elemenata i vrednosti za elemente iz internog standarda i iskazivao ih kao procentualni udeo inicijalnog očitavanja. Na osnovu očitanih vrednosti, softver je obavljao automatsku korekciju dobijene koncentracije elemenata u uzorku za procenat umanjenja ili povećanja intenziteta internog standarda. Ovo je omogućilo kompenzaciju svih eventualnih promena u sprovodnom i detekcionom sistemu uređaja u realnom vremenu. Izračunavanje sadržaja elemenata u uzorku obavljao je softver uzimajući u obzir jednaku kalibracionu pravu za svaki element, odvagu uzorka i ukupno razblaženje, kao i korekciju na osnovu očitavanja internih standarda.

#### **3.3.4. Kalibracija i validacija**

U skladu sa uputstvom za rukovanje ICP-MS uređajem podešeni su fizički i električni parametri instrumenta korišćenjem osnovnog rastvora za kalibraciju (Tune B) pre očitavanja svake partije uzoraka. Nakon uspešnog podešavanja izvora (*eng. source*) instrumenta, upotrebom istog rastvora su se proveravale performanse, odnosno intenziteti elemenata u rastvoru. Kada instrument zadovolji zadate kriterijume, spreman je za rad.

Validacija metode je rađena po Vodiču za određivanje numeričkih vrednosti za kriterijume analitičkih metoda (Guidelines for Single Laboratory Validation (SLV) of Chemical Methods for Metals in Food (AOAC)) i njihovo potvrđivanje, kao i u skladu sa važećim propisima Republike Srbije u pogledu maksimalno dozvoljenih količina (MDK) za hemijske elemente u hrani i hrani za životinje.

Parametri dobijeni u postupku validacije metode su prikazani u tabeli 4.



Tabela 4. Parametri određeni validacijom metode za određivanje elemenata u mesu ICP-MS.

Elementi	Granica detekcije	Granica kvantifikacije	Preciznost
	$\mu\text{g kg}^{-1}$	$\mu\text{g kg}^{-1}$	%
As	1,2	4	3,57
Cd	0,4	1	8,99
Pb	2	3,8	3,65
Hg	0,3	0,9	6,90
	$\text{mg kg}^{-1}$	$\text{mg kg}^{-1}$	%
Cu	0,022	0,066	6,26
Fe	0,08	0,23	4,71
Zn	0,124	0,372	10,52
Mn	0,004	0,011	4,47
Cr	0,002	0,007	4,47
Co	0,004	0,013	4,24
Ni	0,050	0,145	9,19
Se	0,011	0,032	10,94
K	2,21	6,63	2,85
Na	5,58	16,76	7,02
Ca	3,08	9,24	3,64
Mg	0,13	0,40	3,03

### 3.3.5. Kontrola kvaliteta metode određivanja elemenata pomoću ICP-MS

Kontrola kvaliteta je sprovedena analizom sertifikovanog referentnog materijala NIST 1577c (goveđa jetra) i ERM-CC135a (kontaminirano zemljište ciglane) u svakoj partiji analiziranih uzoraka. Referentni materijali su pripremani korišćenjem mikrotalasne digestije, po proceduri opisanoj za pripremu uzoraka. Izmerene koncentracije su korigovane za faktore odziva internog standarda metodom interpolacije

i bili su u opsegu propisanih vrednosti za sve izotope (tabela 5). Imajući u vidu da referentni materijal NIST 1577c ne sadrži živu, prinosi (97-105%) su određivani pomoću obogaćenih uzoraka ( $c = 10 \mu\text{g kg}^{-1}$ ). Takođe, iz istih razloga, obogaćeni uzorci su korišćeni i za određivanje kadmijuma i arsena u zemljištu (za Cd  $c = 0,250 \text{ mg kg}^{-1}$ ; za As  $c = 2 \text{ mg kg}^{-1}$ ), a prinosi su iznosili 86-95% za Cd i 89-99% za As.

Tabela 5. Rezultati kontrole kvaliteta određivanja koncentracije elemenata

Elementi	CRM NIST 1577c			CRM ERM - CC135a		
	Sertifikovana vrednost*	Izmerena vrednost**	Prinos	Sertifikovana vrednost*	Izmerena vrednost**	Prinos
	$\mu\text{g kg}^{-1}$	$\mu\text{g kg}^{-1}$	%	$\text{mg kg}^{-1}$	$\text{mg kg}^{-1}$	%
As	19,3±1,4	20,5±1,1	106,2	-	-	-
Cd	97±1,4	97,9±2,6	100,9	-	-	-
Pb	62,8±1,0	63,3±2,6	100,8	411±26	417±17	101,4
Hg	-	-	-	2,9±0,6	2,8±0,5	96,6
	$\text{mg kg}^{-1}$	$\text{mg kg}^{-1}$	%	$\text{mg kg}^{-1}$	$\text{mg kg}^{-1}$	%
Cu	275,2±4,6	271,9±5,7	98,8	107±5	111±4	103,7
Fe	197,94±0,65	197,43±5,21	99,7	47500±4600	45700±3950	96,2
Zn	181,1±1,0	180,9±1,8	99,9	345±49	330±25	95,9
Mn	10,46±0,47	10,55±0,25	100,9	390±40	398±21	102,0
Cr	53±14	51±2,8	96,2	455±59	429±29	94,3
Co	0,3±0,018	0,31±0,016	103,3	20±4	21±3	105,0
Ni	44,5±9,2	52,7±4,3	118,4	291±22	298±14	102,4
Se	2,031±0,045	2,055±0,066	101,2	0,9±0,3	1,0±0,3	111,1
K	10230±640	10540±300	103,0	16300±2600	15970±1450	98,0
Na	2033±64	2011±140	98,9	1700±270	1620±140	95,3
Ca	131±10	125±4	95,4	23400±2900	22150±1960	94,7
Mg	620±42	631±19	101,8	9400±1200	9250±750	98,4

\* Sertifikovana vrednost od strane proizvođača.

\*\* Vrednosti su predstavljene kao srednja vrednost ± standardna devijacija.

### **3.4. Statistička obrada podataka**

#### **3.4.1. Deskriptivna statistika**

Deskriptivna statistika je upotrebljena za kvantitativno opisivanje podataka i njihovih međusobnih odnosa. Urađena su po tri merenja za svaki uzorak a rezultati su prikazani u formatu: srednja vrednost  $\pm$  standardna greška.

Deskriptivna statistička analiza, uz pomoć Microsoft Excel 2007 softvera, primenjena je za izračunavanje srednjih vrednosti, standardne greške i varijanse promenljivih.

Eksperimentalni rezultati su ispitani na osnovu Tukey-evog HSD (honestly significant difference) testa, na nivou značajnosti  $p < 0,05$ , pri nivou poverenja od 95%. Tukey-ev HSD test pokazuje koliko treba da su udaljene bilo koje dve srednje vrednosti da bi bile statistički različite. Primenom Tukey-evog HSD testa na podatke dobijene različitim laboratorijskim merenjima, ustanovljeno je da je većina uzoraka statistički značajno različita na nivou  $p < 0,05$ , čime je dokazano da su ispitivani uzorci dovoljno raznoliki da bi se pristupilo statističkoj analizi.

#### **3.4.2. Korelaciona analiza**

Eksperimentalno određivani parametri su testirani da bi se odredila njihova međusobna zavisnost. Bivarijantna korelaciona analiza pokazuje stepen zavisnosti između dve promenljive. Stepem intenziteta povezanosti promenljivih koje su u linearnom odnosu može se meriti:

- Kovarijansom kao apsolutnom merom intenziteta korelacije i
- Koeficijentom proste linearne korelacije, kao relativnom merom intenziteta korelacije.

Kovarijansa predstavlja meru jačine veze između dve promenljive, dok je varijansa poseban slučaj kovarijanse kada se radi o jednoj istoj promenljivoj, ali o različitim rezultatima. Kovarijansa se računa kao:

$$\sigma_{XY} = E[(X - \mu_x) \cdot (Y - \mu_y)]$$

Koeficijent proste linearne korelacije ili Pearson-ov koeficijent se izračunava kao količnik između kovarijanse i proizvoda standardnih devijacija proučavanih promenljivih preko jednačine (Arsenović, 2013):

$$r_{XY} = E[(X - \mu_x) \cdot (Y - \mu_y)] / \sigma_x \cdot \sigma_y$$

gde su:  $E$  - operator matematičkog očekivanja,  $X$  i  $Y$  - promenljive koje se porede,  $\mu$  - srednja vrednost,  $\sigma$  - standardna devijacija.

Koeficijent proste linearne korelacije pokazuje stepen zavisnosti između promenljivih i on određuje veličinu disperzije (rasipanja) podataka oko regresione linije. Ova analiza opisuje linearnu zavisnost ispitivanih promenljivih, odnosno dobijeni korelacioni koeficijenti predstavljaju kvadrat euklidskog odstojanja tačaka od prave linije. Važi opšte pravilo: što je vrednost koeficijenta proste linearne korelacije bliža jedinici, to je zavisnost među posmatranim pojavama jača. Pearson-ov koeficijent korelacije daje informacije da li je povezanost varijabli slaba, umerena, jaka ili veoma jaka. Međutim, informacija o tome koliko je zavisna promenljiva uslovljena vrednostima nezavisno promenljive, a koliko drugim faktorima, ne može da se dobije na ovaj način. Ovaj problem rešava koeficijent determinacije,  $r^2$ , koji se najlakše izračunava kao drugi stepen koeficijenta proste linearne korelacije i predstavlja meru objašnjenog varijabiliteta. Koeficijent determinacije opisuje koji deo neke promenljive  $Y$  je objašnjen pomoću  $X$ . Tako vrednost  $(1-r^2)$  pokazuje uslovljenost drugim faktorima i predstavlja meru za neobjašnjeni varijabilitet.

Spearman-ov koeficijent rang korelacije je neparametrijski ekvivalent Pearson-ovom koeficijentu linearne korelacije. Razlika je u tome što se računске operacije ne izvode iz

numeričkih vrednosti zavisne i nezavisno promenljive, već iz njihovih relativnih odnosa tj. rangova. Spearman-ov koeficijent može da zameni Pearson-ov, ako se intervalni podaci prevedu u ordinalne tj. ako se rangiraju po veličini. U slučajevima kada su podaci dati u ordinarnoj skali, može da se primeni samo Spearman-ov koeficijent. Bitna razlika je i u sledećem: statistička snaga Pearson-ovog koeficijenta je znatno veća nego Spearman-ovog, pa zato ako su podaci dati intervalno, prednost treba dati Pearson-ovom koeficijentu, a Spearman-ov zbog lakoće izračunavanja primeniti kao pilot probu. Vrednosti koeficijenta se kreću od -1 do +1 (Arsenović, 2013).

U ovom istraživanju je većina korelacionih koeficijenata statistički značajna zbog velikog broja obavljenih eksperimentalnih merenja. Analiza je urađena da bi se svi parametri testirali i međusobno uporedili pre nego što se pristupi matematičkom modelovanju. S obzirom na to da korelacije pretpostavljaju linearne veze promenljivih (Fluks i Kiv, 2013), dobijeni koeficijenti su uglavnom niskih vrednosti, što je ukazalo na nelinearnost međusobnih zavisnosti posmatranih promenljivih.

### **3.4.3. Analiza glavnih komponenti**

Termin analiza glavnih komponenti se odnosi na matematičku metodu za analizu podataka u kojoj se formiraju linearni višeparametarski modeli na osnovu kompleksnog seta podataka. Linearni višeparametarski modeli analize glavnih komponenti (*eng. Principal Component Analysis – PCA*) razvijaju se primenom ortogonalnih baznih vektora, koji se obično nazivaju glavne komponente (Thielemans i Massart, 1985).

PCA je višeparametarska matematička metoda u kojoj se ispituju korelacije između promenljivih, a na osnovu toga se broj promenljivih smanjuje i određuju se nove, faktorske koordinate. Ove transformacije (preslikavanja) koordinata izvode se tako da prva faktorska koordinata pokriva najveću moguću varijansu sistema, a analiza se koristi da se obezbedi najveće moguće razdvajanje između grupa (klastera) koje definišu promenljive. Ova metoda prepoznavanja sličnosti među grupama uzoraka se ovde koristi za karakterizaciju i razdvajanje uzoraka na osnovu uočenih osobina uzoraka

tj. na osnovu eksperimentalnih merenja svih promenljivih veličina koje se pripisuju određenom uzorku.

PCA omogućava značajno smanjivanje broja promenljivih, kao i detektovanje nekih strukturnih zavisnosti koje postoje između eksperimentalnih merenih veličina i različitih uzoraka, što daje sveobuhvatniju sliku relacija koje postoje između koncentracija elemenata i uzoraka različitih tkiva svinja. "Autoskaliranje" se vrlo često koristi za višeparametarsko poređenje različitih kompleksnih uzoraka hrane, pri čemu se uzorci ocenjuju (rangiraju) na osnovu srednje vrednosti i standardne devijacije grupe uzoraka.

Pošto jedinice, kao ni skale različitih promenljivih koje opisuju poređene uzorke hrane nisu iste, potrebno je transformisati podatke svih merenja u tzv. standardne ocene, bezdimenzionalne vrednosti koje se dobijaju iz srednje vrednosti eksperimentalnih (merenih) vrednosti određene veličine za dati uzorak, podeljene sa standardnom devijacijom grupe uzoraka, prema jednačini:

$$\text{Standardna ocena} = (x - \mu)/\sigma$$

pri čemu je  $x$  - mereni podatak,  $\mu$  - srednja vrednost grupe podataka, i  $\sigma$  - standardna devijacija.

Celokupan skup podataka se uvodi u PCA analizu u obliku "auto-skalirane" matrice (Prior *et al.*, 2005; Sun i Tanumihardjo, 2007). PCA ortogonalno transformiše eventualno korelisane podatke u skup linearno nekorelisanih promenljivih (glavne komponente). Faktorske koordinate nastaju linearnim transformacijama originalnih promenljivih, tako da prvih nekoliko osnovnih komponenti sadrže veći deo varijabilnosti originalnog seta podataka.

Najjednostavnija vrsta PCA deli kovarijansne (odnosno korelacione) matrice na tzv. sopstvene vrednosti (*eng.* Eigenvalues), obično posle centriranja srednjih vrednosti (i normalizacije) matrica za svaku promenljivu. Sopstvena vrednost meri količinu varijacije koja je opisana pomoću faktorskih koordinata, pri čemu najveći uticaj ima

prva osnovna komponenta, a svaka sledeća manji. Sopstvena vrednost veća od 1 ukazuje da PCA uračunava više varijansi nego originalne promenljive, tako da se obično za tumačenje koriste samo te faktorske koordinate. Rezultati PCA analize se obično tumače na osnovu doprinosa, ili ocene (*eng. score*) promenljivih u komponentama. PCA je najzastupljenija multivarijaciona analiza koja otkriva međusobni odnos podataka na način koji najbolje objašnjava njihovu varijansu (Abdi i Williams, 2010).

PCA i korelaciona analiza su urađene primenom StatSoft Statistica 10 programa.

## 4. REZULTATI I DISKUSIJA

### 4.1. Osnovni hemijski sastav mišića, jetre i bubrega svinja

Parametri osnovnog hemijskog sastava (sadržaj vode, proteina i masti) karea, buta i plečki intenzivno i ekstenzivno gajenih svinja su prikazani u tabeli 6. U dostupnoj naučnoj literaturi objavljeni podaci za osnovni hemijski sastav različitih rasa svinja gajenih pod različitim uslovima najčešće se odnose na kare tj. *musculus longissimus dorsi* (Petrović *et al.*, 2010, 2012, 2014; Parunović *et al.*, 2012, 2013), dok su pored podataka za kare u bazama podataka pojedinih zemalja (INRAN- Italija, DFCD-Danska, Swiss- Švajcarska, FINELI-Finska, Nutridibaze-Češka, USDA- SAD, Health Canada-Kanada, ANSES-Francuska) dostupni i podaci za but i plečku ali bez navođenja vrste svinja niti načina uzgoja.

Tabela 6. Rezultati određivanja osnovnog hemijskog sastava mišića (kare, but i plečka) intenzivno (I) i ekstenzivno (E) gajenih svinja\*

Osnovni hemijski sastav (%)	kare		but		plečka	
	I	E	I	E	I	E
Voda	72,42±0,18 <sup>Bb</sup>	67,38±0,63 <sup>Ab</sup>	73,65±0,10 <sup>Bb</sup>	70,28±0,42 <sup>Aa</sup>	74,32±0,17 <sup>Bc</sup>	72,02±0,38 <sup>Aa</sup>
Proteini	23,42±0,09 <sup>Ba</sup>	21,15±0,38 <sup>Ab</sup>	21,63±0,20 <sup>Bb</sup>	20,48±0,23 <sup>Bab</sup>	21,65±0,30 <sup>Bb</sup>	19,35±0,26 <sup>Aa</sup>
Mast	3,35±0,17 <sup>Aa</sup>	10,60±0,95 <sup>Bb</sup>	3,94±0,24 <sup>Aa</sup>	8,33±0,48 <sup>Bab</sup>	3,55±0,23 <sup>Aa</sup>	7,52±0,50 <sup>Ba</sup>

\*Rezultati su predstavljeni kao srednja vrednost ± standardna greška

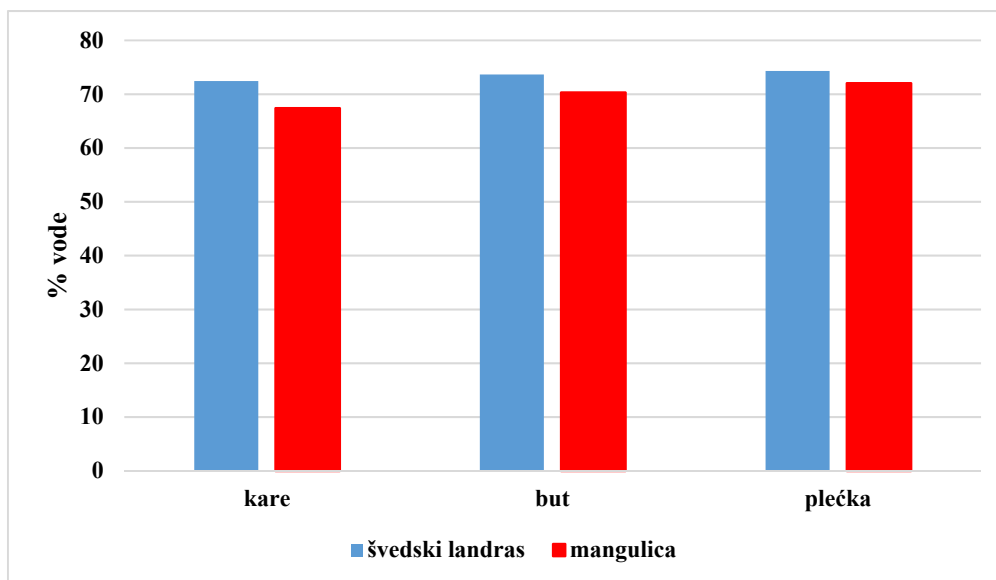
<sup>a-c</sup>Različita mala slova u eksponentu kod podataka prikazanih u istom redu za različite mišiće iste vrste svinja su oznaka da se srednje vrednosti statistički značajno razlikuju na nivou  $p < 0,05$ , po Tukey-evom HSD testu

<sup>A-B</sup>Različita velika slova u eksponentu kod podataka prikazanih u istom redu za istu vrstu mišića obe vrste svinja su oznaka da se srednje vrednosti statistički značajno razlikuju na nivou  $p < 0,05$ , po Tukey-evom HSD testu



#### 4.1.1. Sadržaj vode u mišićima

U sve tri grupe mišića intenzivno gajenih svinja utvrđen je veći prosečan sadržaj vode u poređenju sa mišićima svinja gajenih ekstenzivno (slika 7). U oba načina uzgoja procenat vode je najviši u plečki, a najniži u kareu. Statističkom analizom je utvrđeno da se udeo vode u kareu intenzivno gajenih svinja značajno razlikuje od udela vode karea ekstenzivno gajenih svinja. Takođe, sadržaj vode u kareu obe vrste svinja je značajno manji u odnosu na but i plečku (tabela 6).



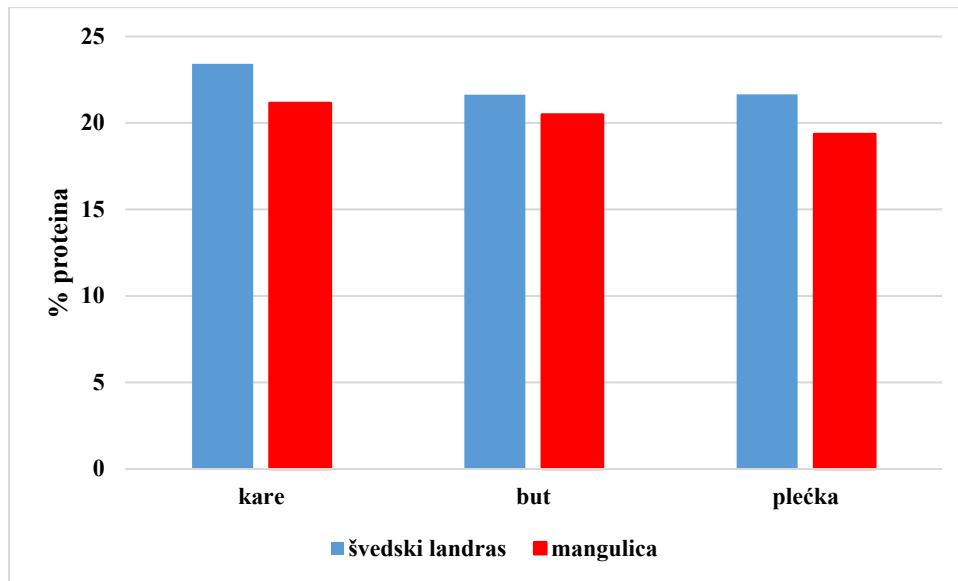
Slika 7. Prosečan sadržaj vode u mišićima svinja

Butko *et al.* (2007) i Petrović *et al.* (2012) ukazuju takođe da svinje gajene u otvorenom sistemu imaju manji sadržaj vode u mesu nego u slučaju kada su svinje gajene u zatvorenom sistemu. Međutim, druga grupa istraživača (Kim *et al.*, 2009; Parunović *et al.*, 2012) nije dokazala da postoje statistički značajne razlike u sadržaju vode između iste rase svinja gajenih u različitim uslovima. Dobijeni sadržaj vode u kareu intenzivnih svinja je u skladu sa vrednostima objavljenim u bazama podataka, dok je kod ekstenzivnih svinja sadržaj vode manji za 2-5%. Parunović *et al.* (2013) su uzgajali švedskog landrasa i mangulicu u zatvorenom sistemu i utvrdili da kare švedskog landrasa ima značajno više vode (73,18%) nego kare mangulice (64,13%). Dobijeni

rezultati za kare švedskog landrasa u našoj studiji su niži u poređenju sa podacima pomenutih autora i podataka koje su objavili Kim *et al.* (2008) koji navode sadržaj vode od 75,51%, ali su u skladu sa dobijenim rezultatima u Rahelić (1984) i Estevez *et al.* (2003) studijama. Procenat vode određen u kareu ekstenzivno gajenih mangulica ove studije, je u saglasnosti sa rezultatima istraživanja Hollo *et al.* (2003) koji u kareu mangulice dobijaju 68,80-68,96%. Parunović *et al.* (2012, 2013) takođe u kareu mangulice nalaze niže vrednosti - 64,20% i 64,3%, respektivno, kao i Petrović *et al.* (2010) - 64,38%. Nasuprot njima, u istraživanjima Tomović *et al.* (2014) i Petrović *et al.* (2014) dobijene vrednosti vode u kareu ekstenzivno gajenih mangulica su bile veće od rezultata naše studije - 69,16% i 71,09%, respektivno. Nivoi vode određeni u butu i plečki intenzivno gajenih svinja su u opsegu vrednosti objavljenih u bazama podataka – od 72,6% do 74,5% za but tj. od 67,6% do 74,8% za plečku, dok but ekstenzivno gajenih svinja ima nešto manji sadržaj vode (70,28%) u odnosu na podatke dostupnih baza.

#### **4.1.2. Sadržaj proteina u mišićima**

Kao i u slučaju sadržaja vode, veći procenat proteina utvrđen je u mišićima intenzivno gajenih svinja. Najveći sadržaj proteina je određen u kareu, a najmanji u plečki, što je i očekivano shodno tome da je najniži nivo vode određen u kareu, a najviši u plečki (slika 8). Statistička obrada dobijenih podataka ukazuje na značajne razlike u sadržaju proteina između karea i plečke obe vrste svinja, i između intenzivnih i ekstenzivnih svinja u pogledu karea i plečki (tabela 6).

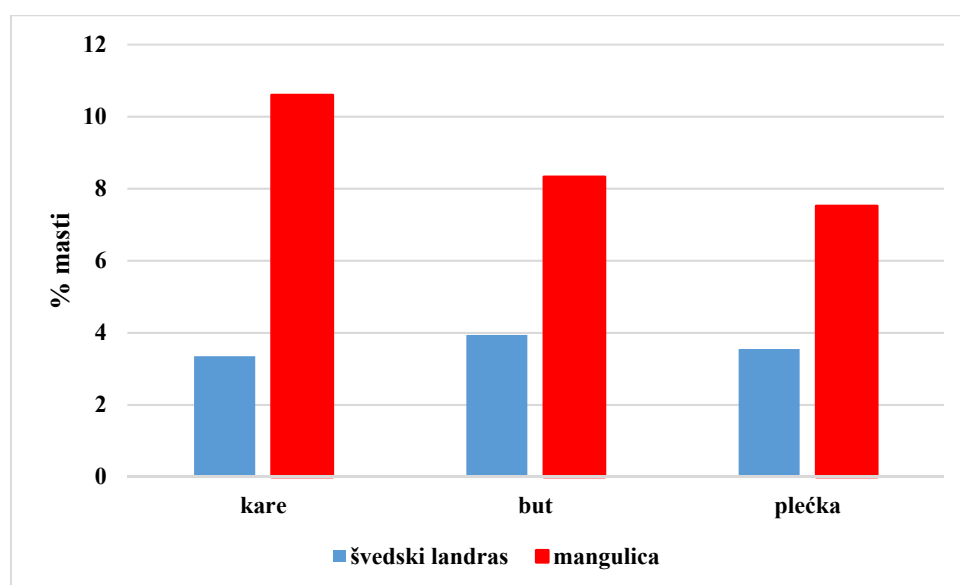


Slika 8. Prosečan sadržaj proteina u mišićima svinja

Procenat proteina u mišićima intenzivnih svinja je viši u poređenju sa podacima dostupnim u internacionalnim bazama podataka, dok je u mišićima ekstenzivnih svinja odgovarao vrednostima objavljenim u pomenutim bazama podataka (INRAN 2007, ANSES 2010, DFCDD 2015, Swiss 2015, Health Canada 2016, Nutridibaze 2016, USDA 2016). Rezultati sadržaja proteina u kareu mangulica su u skladu sa rezultatima objavljenim u istraživanjima Butko *et al.* (2007), Petrović *et al.* (2010), Parunović *et al.* (2012, 2013) i Tomović *et al.* (2014), a niži od sadržaja ustanovljenog od strane Gajić i Isakov (2000), Pugliese *et al.* (2005) i Petrović *et al.* (2014). U studiji Parunović *et al.* (2012), mangulice su gajene u otvorenom i zatvorenom sistemu i autori su došli do zaključka da mangulice u zatvorenom sistemu imaju prosečno za 2,04% više proteina u odnosu na one gajene u otvorenom, ali još uvek manje od sadržaja proteina intenzivno gajenog švedskog landrasa. Takođe, Pugliese *et al.* (2005) su uzgajali istu rasu lokalne italijanske svinje u otvorenom sistemu umesto u zatvorenom, i dobili su povećanje u sadržaju proteina sa 22,8% na 23,5%. Međutim, Petrović *et al.* (2012) su gajili mangulice u otvorenom i zatvorenom sistemu i nisu dobili značajne razlike u sadržaju proteina.

### 4.1.3. Sadržaj masti u mišićima

Dobijeni sadržaji masti u svim mišićima ekstenzivno gajenih svinja su veći u poređenju sa procentom masti dobijenim u mišićima intenzivnih svinja. Ovaj rezultat je očekivan s obzirom na to da su mangulice tipična masna rasa svinja. Utvrđeni sadržaji masti u sva tri mišića intenzivnih svinja su sličnih vrednosti, dok kod ekstenzivnih kare ima najveći, a plećka najmanji sadržaj masti (slika 7). Statistički značajne razlike su utvrđene između sva tri mišića intenzivnih i ekstenzivnih svinja, kao i karea i plećke ekstenzivnih svinja (tabela 6).



Slika 9. Prosečan sadržaj masti u mišićima svinja

Dobijene vrednosti sadržaja masti u sva tri mišića intenzivnih svinja su približne vrednostima koje je objavila baza podataka Češke (Nutridibaze, 2016), dok su u odnosu na vrednosti baza podataka drugih zemalja bile niže (SAD, Kanada, Danska, Italija, Finska, Francuska, Švajcarska). Kare i but ekstenzivnih svinja imaju veći procenat masti u poređenju sa dostupnim vrednostima baza podataka SAD, Kanade, Danske, Italije, Finske, Francuske, Švajcarske i Češke. Procenat masti u plećki ekstenzivnih svinja ove studije je u skladu sa vrednostima objavljenim od strane USDA (2016)

(7,14%) i Health Canada (2016) (7,14%), niži od DFCD (2015) (11,8%) i INRAN (2007) (8,9%) a duplo niži od FINELI (2015) (15,7%). U studijama Parunović *et al.* (2012, 2013), upoređivanjem sadržaja masti karea između mangulica (lasasta-bela i bela mangulica) i švedskog landrasa, uzgajanih u zatvorenom sistemu, utvrđene su statistički značajne razlike u sadržaju masti, i to bela mangulica>lasasta-bela mangulica>švedski landras. Dobijeni rezultati za sadržaj masti u kareu švedskog landrasa (3,35%) u poređenju sa podacima iz studije Parunović *et al.* (2012) (3,32%) su vrlo slične. Međutim, upoređujući rezultate dobijene za kare mangulica, u navedenoj studiji dobijeno je 13,50-17,54% masti što je više nego što je dobijeno u ovoj studiji kao i u studijama Rahelić (1985) i Hollo *et al.* (2003) (od 4,91% do 9,04%). Seregi *et al.* (2008) su uzgajali mangulice u intenzivnom i ekstenzivnom sistemu i utvrdili procenat masti u kareu u vrednostima od 5,45% i 5,67%, respektivno. Ove vrednosti su duplo manje od sadržaja masti dobijenog u kareu ekstenzivno gajenih svinja ovog istraživanja (10,60%). U Srbiji, Petrović *et al.* (2012) su uzgajali mangulice u zatvorenom i otvorenom "housing" sistemu, gde su mangulice otvorenog sistema (8,09%) imale veći sadržaj masti nego one u zatvorenom (5,45%). Obe vrste svinja, iz navedene studije, imaju manji procenat masti nego mangulice iz ove studije.

#### **4.2. Osnovni hemijski sastav iznutrica**

Osnovni hemijski parametri iznutrica (jetra i bubrezi) intenzivno i ekstenzivno gajenih svinja su prikazani u tabeli 7. Vrednosti za osnovne hemijske parametre jetre i bubrega dostupni su u bazama podataka pojedinih zemalja (USDA, 2016; DFCD, 2015; Health Canada, 2016; Swiss, 2015; FINELI, 2015; Nutridibaze, 2016).

Tabela 7. Rezultati određivanja osnovnog hemijskog sastava iznutrica (jetra i bubrezi) intenzivno (I) i ekstenzivno (E) gajenih svinja\*

Osnovni hemijski sastav, (%)	jetra		bubreg	
	I	E	I	E
Voda	71,78±0,20 <sup>Aa</sup>	71,24±0,31 <sup>Ba</sup>	80,73±0,20 <sup>Ab</sup>	78,34±0,45 <sup>Bb</sup>
Proteini	22,39±0,10 <sup>Bb</sup>	17,75±0,38 <sup>Ab</sup>	15,56±0,15 <sup>Aa</sup>	15,82±0,22 <sup>Ba</sup>
Mast	3,76±0,11 <sup>Ab</sup>	4,27±0,13 <sup>Ba</sup>	2,03±0,08 <sup>Aa</sup>	4,59±0,24 <sup>Ba</sup>

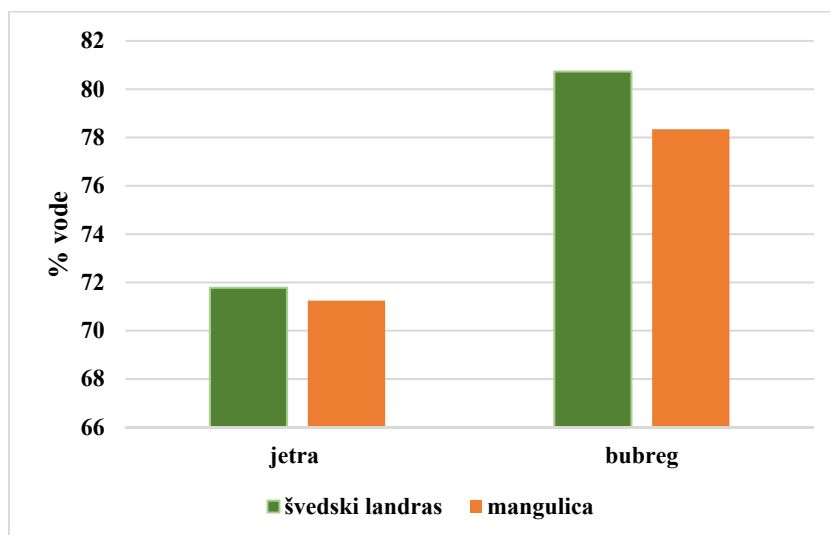
\*Rezultati su predstavljeni kao srednja vrednost ± standardna greška

<sup>a-b</sup>Različita mala slova u eksponentu kod podataka prikazanih u istom redu za organe iste vrste svinja su oznaka da se srednje vrednosti statistički značajno razlikuju na nivou  $p < 0,05$ , po Tukey-evom HSD testu

<sup>A-B</sup>Različita velika slova u eksponentu kod podataka prikazanih u istom redu za istu vrstu iznutrice obe vrste svinja su oznaka da se se srednje vrednosti statistički značajno razlikuju na nivou  $p < 0,05$ , po Tukey-evom HSD testu

#### 4.2.1. Sadržaj vode u iznutricama

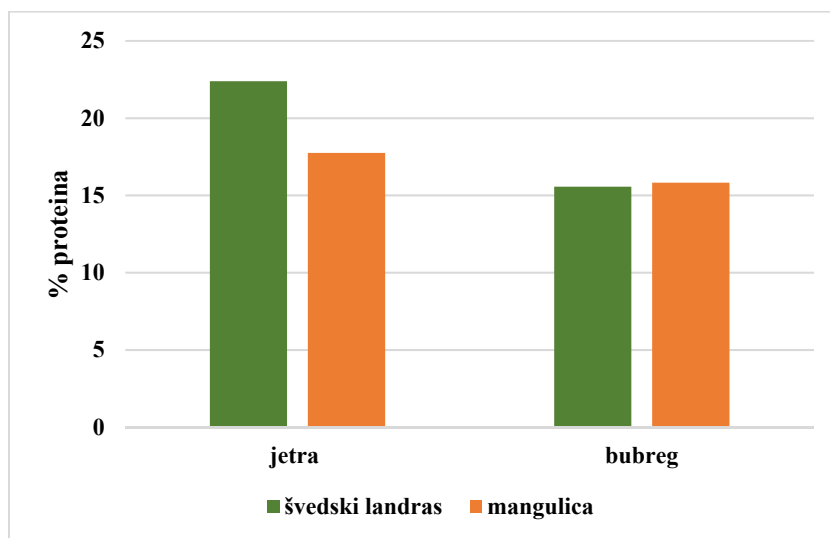
Dobijeni procenat vode u bubrezima obe vrste svinja je statistički značajno veći od procenta vode u jetri (tabela 7, slika 10). Statistički značajne razlike su ustanovljene između procenata vode u bubrezima intenzivno i ekstenzivno gajenih svinja (tabela 7). Dobijeni rezultati sadržaja vode u iznutricama, obe vrste svinja, su u skladu sa podacima objavljenim u bazama podataka Danske, Švajcarske, Kanade i SAD.



Slika 10. Prosečan sadržaj vode u iznutricama svinja

#### 4.2.2. Sadržaj proteina u iznutricama

Sadržaj proteina u jetri intenzivnih svinja je statistički veći u poređenju sa ekstenzivnim, dok kod bubrega nije utvrđena statistički značajna razlika (slika 11). Pored toga, utvrđeno je da jetra obe vrste svinja sadrži značajno više proteina nego bubrezi (tabela 7). Jetra intenzivno gajenih svinja ima veći udeo proteina u poređenju sa podacima objavljenim u bazama (DFCD, 2015 – 21,10%; Swiss, 2015 – 20,70%; USDA, 2016 – 21,39%; Health Canada, 2016 – 21,39%). Bubrezi obe vrste svinja (intenzivne – 15,56%, ekstenzivne – 15,82%) imaju manji sadržaj proteina u odnosu na podatke iz pomenutih baza (vrednosti se kreću u opsegu od 16% do 16,46%).

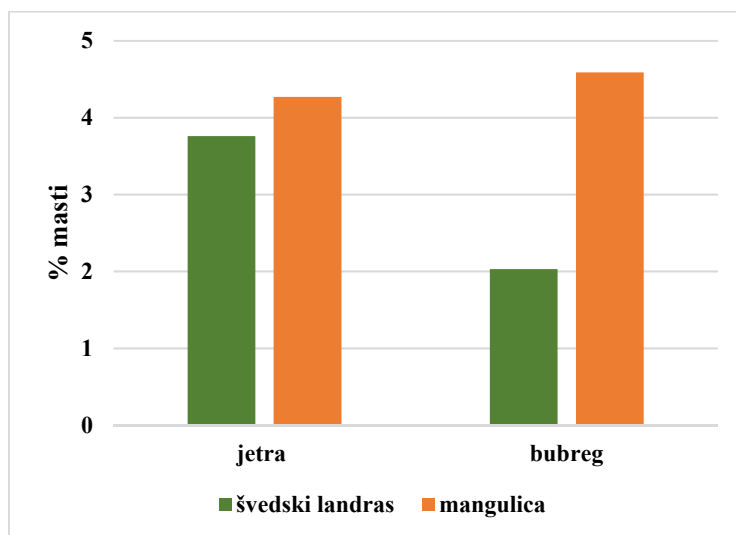


Slika 11. Prosečan sadržaj proteina u iznutricama svinja

#### 4.2.3. Sadržaj masti u iznutricama

Slično kao kod mišića, utvrđeno je da i iznutrice ekstenzivnih svinja sadrže više masti nego intenzivne, što je i očekivano jer je mangulica tipična masna svinja (slika 12). Statističkom analizom je ustanovljeno da jetra intenzivnih svinja ima značajno više masti u odnosu na bubrege. Takođe, značajna razlika je utvrđena između jetre i bubrega intenzivnih i ekstenzivnih svinja (tabela 7). Dobijeni rezultati su u opsegu vrednosti objavljenih u bazama podataka (DFCD, 2015; Swiss, 2015; Health Canada, 2016; USDA, 2016).





Slika 12. Prosečan sadržaj masti u iznutricama svinja

### 4.3. Mineralni sastav mišića, jetre i bubrega

#### 4.3.1. Koncentracije mikroelemenata u mišićima, jetri i bubrezima

Poznato je da je unos makro, mikro i toksičnih elemenata u direktnoj vezi sa ishranom svinja. Međutim, mnogi faktori kao što je hemijski oblik i bioraspoloživost elemenata, interakcija između elemenata kao i homeostatski mehanizam životinja može imati veliki uticaj na zavisnost između elemenata i ishrane. Takođe, kod ekstenzivnih proizvodnih sistema, ingestija zemljišta ima važnu ulogu u izlaganju životinja mineralima (Suttle 2010).

Koncentracije analiziranih mikroelemenata u hrani za obe vrste svinja i zemljištu ekstenzivno gajenih svinja su prikazane u tabeli 8, dok su rezultati mikroelemenata u mišićima intenzivno i ekstenzivno gajenih svinja prikazani u tabeli 9.

Tabela 8. Koncentracije mikroelemenata u hrani intenzivno (I) i ekstenzivno (E) gajenih svinja i zemljištu ekstenzivno (E) gajenih svinja\*

	I		E		
	potpuna smeša	zemljište	prirodno	žitarice za prihranjivanje	
			dostupna hrana <sup>a</sup>	kukuruz	pšenica
[mg kg <sup>-1</sup> ]					
Fe	109,67±11,10	17463,19±1941	192,78±28,40	40,45±2,10	35,48±2,00
Zn	127,47±10,10	57,25±8,30	18,75±3,10	21,86±1,05	27,29±1,40
Cu	21,21±1,05	18,60±3,60	6,91±0,95	3,75±0,35	5,62±0,60
Mn	26,12±2,40	702,27±69,40	264,88±30,25	23,31±1,75	41,70±2,35
Se	0,135±0,03	21,90±4,20	0,097±0,010	0,045±0,005	n.d.
Cr	0,198±0,02	38,04±8,15	7,82±1,00	0,150±0,010	0,082±0,010
Co	0,061±0,005	9,32±1,10	0,13±0,002	0,014±0,004	0,014±0,003
Ni	2,04±0,150	32,95±7,95	0,68±0,05	0,55±0,060	0,42±0,050

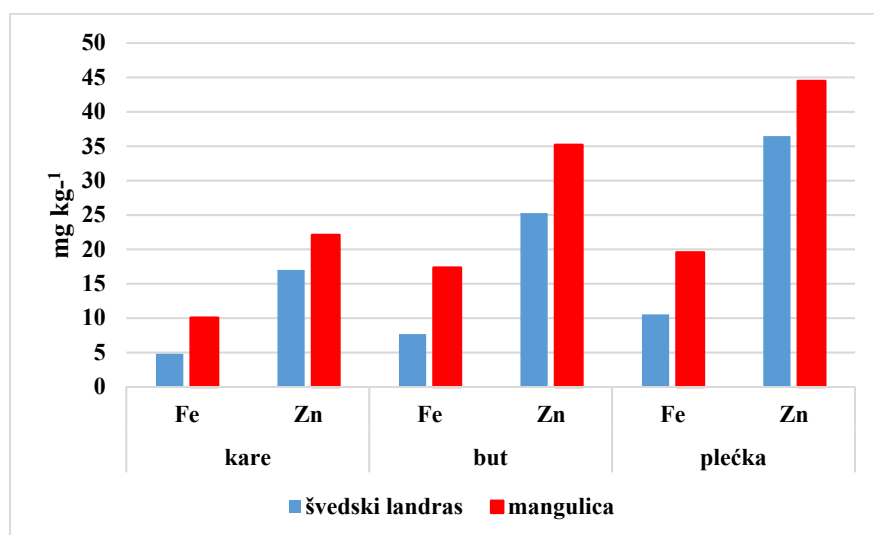
\*Rezultati su predstavljeni kao srednja vrednost ± standardna greška.

<sup>a</sup>Prirodno dostupnu hranu čine objedinjeni uzorci žireva, strnjike i drugih šumskih plodova.

Pregledom dostupne literature možemo zaključiti da je mali broj naučnih studija bio posvećen analizi mineralnog sastava svinjskog mesa mangulice (Tomović *et al.*, 2011a, 2011b, 2014). Kao i u slučaju hemijskog sastava, dostupni podaci o mineralnom sastavu se uglavnom odnose na kare tj. *musculus longissimus dorsi* ili se ne precizira vrsta analiziranog mišića, dok se podaci za različite mišiće (kare, but i plečka) mogu pronaći u internacionalnim bazama podataka (INRAN, 2007; DFCD, 2015; ANSES, 2010; Swiss, 2015; Health Canada, 2016; Nutridibaze, 2016; USDA, 2016), ali bez navođenja vrste svinja niti načina uzgoja.

Rezultati dobijeni u ovom radu ukazuju da je plečka mišić najbogatiji gvožđem, a zatim slede but i kare (slika 13). Statističkom obradom podataka dobijeno je da se sva tri mišića intenzivno gajenih svinja značajno razlikuju, kao i kare ekstenzivno gajenih svinja od buta i plečke. Statistički značajno veće koncentracije Fe su utvrđene u svim

mišićima ekstenzivno gajenih svinja u poređenju sa istim mišićima intenzivno gajenih svinja (tabela 9).



Slika 13. Prosečan sadržaj gvožđa i cinka u mišićima svinja

Takođe, koncentracije gvožđa u prirodno dostupnoj hrani ekstenzivnih svinja su dvostruko veće nego kod potpune smeše korišćene u ishrani intenzivnih svinja (tabela 8). Analiza mineralnog sastava zemljišta, koje ekstenzivne svinje rijući unose u organizam, pokazala je mnogo veće koncentracije gvožđa nego što su određene u hrani (tabela 8), ali i dalje u opsezima literaturnih podataka (Cabata-Pendias, 2011). Veća mišićna metabolička aktivnost usled paše i ingestije zemljišta, kao i starost svinja, mogu biti razlog za veće koncentracije gvožđa u mišićima ekstenzivnih svinja.

Meso i mesni proizvodi se smatraju jednim od najboljih izvora hem-gvožđa, putem kojih se može zadovoljiti i do 18% dnevno potrebnog unosa (Geissler i Singh, 2011). Dobijeni rezultati pokazuju dvostruko veće koncentracije gvožđa u mišićima ekstenzivno gajenih svinja u poređenju sa intenzivnim. Na osnovu prosečnog unosa svinjskog mesa u Srbiji (45,99 g dnevno – Republički zavod za statistiku Srbije, 2017) i dobijenih koncentracija gvožđa u mesu mangulica, konzumiranje ove vrste mesa može

da zadovolji i više od 10% dnevnih potreba gvožđa (na osnovu dnevnog unosa preporučenog od FAO/WHO (2002)). Stoga, ovo čini meso mangulice značajnim izvorom gvožđa.

Studije López-Alonsa *et al.* (2007, 2012) istraživale su status akumulacije esencijalnih elemenata i toksičnih metala u mišiću (vrsta mišića nije definisana) i iznutricama (jetra i bubrezi) intenzivno i ekstenzivno gajenih svinja. Autori su utvrdili veće koncentracije gvožđa u grupi ekstenzivno gajenih svinja, dok je generalno nivo gvožđa u mišiću bio veći (26,5 mg kg<sup>-1</sup> za intenzivne i 41,3 mg kg<sup>-1</sup>) u poređenju sa rezultatima dobijenim u našem ispitivanju za obe vrste svinja.

Dobijene koncentracije gvožđa u sva tri mišića intenzivnih svinja su u skladu sa rezultatima studija Lombardi-Boccia *et al.* (2005), Kim *et al.* (2008) i Bilanžić *et al.* (2013) (4,20 mg kg<sup>-1</sup>, 4,48 mg kg<sup>-1</sup> i 6,33 mg kg<sup>-1</sup>, respektivno). Koncentracije gvožđa u kareu ekstenzivnih svinja su u skladu sa koncentracijama karea slobodno uzgajanih mangulica (13,5 mg kg<sup>-1</sup>) utvrđenih u studiji Tomović *et al.* (2014), ali i približno dva puta veće u poređenju sa vrednostima mesa svinja na tržištu Južne Koreje koje su objavili Kim *et al.* (2008) (kare - 4,48 mg kg<sup>-1</sup>, but - 6,38-11,88 mg kg<sup>-1</sup>; plečka - 7,52 -11,70 mg kg<sup>-1</sup>).

Tabela 9. Koncentracije mikroelemenata u u mišićima (kare, but i plećka)  
intenzivno (I) i ekstenzivno (E) gajenih svinja\*

[mg kg <sup>-1</sup> ]	kare		but		plećka	
	I	E	I	E	I	E
Fe	4,80±0,16 <sup>Aa</sup>	10,05±0,88 <sup>Ba</sup>	7,68±0,25 <sup>Ab</sup>	17,34±0,98 <sup>Bb</sup>	10,54±0,36 <sup>Ac</sup>	19,55±0,83 <sup>Bb</sup>
Zn	17,00±0,37 <sup>Aa</sup>	22,07±0,74 <sup>Ba</sup>	25,27±0,55 <sup>Ab</sup>	35,19±0,75 <sup>Bb</sup>	36,46±1,23 <sup>Ac</sup>	44,47±1,25 <sup>Bc</sup>
Cu	0,46±0,01 <sup>Aa</sup>	0,70±0,04 <sup>Ba</sup>	0,74±0,03 <sup>Ab</sup>	1,34±0,05 <sup>Bb</sup>	1,15±0,03 <sup>Ac</sup>	1,49±0,04 <sup>Bc</sup>
Mn	0,120±0,006 <sup>Bb</sup>	0,076±0,006 <sup>Aa</sup>	0,074±0,004 <sup>Ac</sup>	0,120±0,004 <sup>Bb</sup>	0,192±0,009 <sup>Ac</sup>	0,186±0,005 <sup>Ac</sup>
Se	0,148±0,005 <sup>Bc</sup>	0,122±0,006 <sup>Aab</sup>	0,118±0,004 <sup>Ab</sup>	0,114±0,006 <sup>Aa</sup>	0,069±0,003 <sup>Aa</sup>	0,130±0,006 <sup>Bb</sup>
Cr	0,051±0,003 <sup>Aa</sup>	0,075±0,010 <sup>Bb</sup>	0,086±0,010 <sup>Bb</sup>	0,014±0,001 <sup>Aa</sup>	0,059±0,004 <sup>Ba</sup>	0,018±0,001 <sup>Aa</sup>
Co	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ni	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

\*Rezultati su predstavljeni kao srednja vrednost ± standardna greška

<sup>a-c</sup>Različita mala slova u eksponentu kod podataka prikazanih u istom redu za različite mišice iste vrste svinja su oznaka da se srednje vrednosti statistički značajno razlikuju na nivou  $p < 0,05$ , po Tukey-evom HSD testu

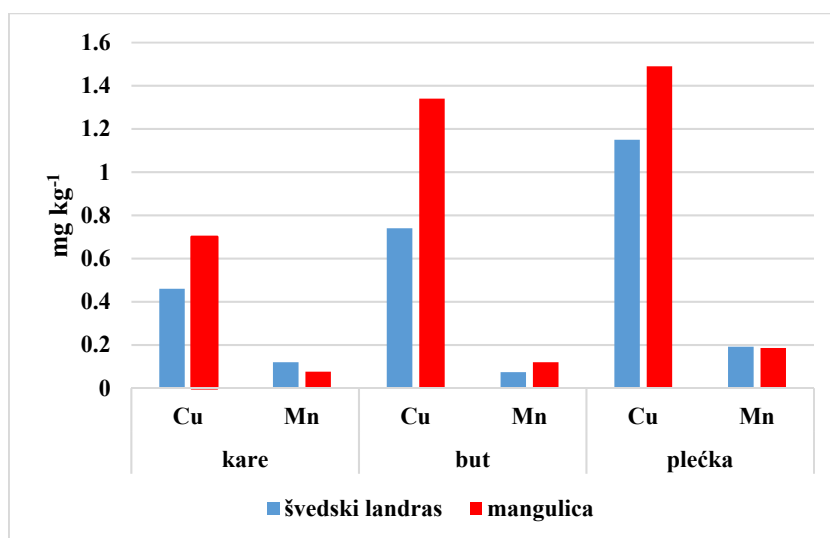
<sup>A-B</sup>Različita velika slova u eksponentu kod podataka prikazanih u istom redu zaistu vrstu mišića obe vrste svinja su oznaka da se srednje vrednosti statistički značajno razlikuju na nivou  $p < 0,05$ , po Tukey-evom HSD testu

Dobijeni rezultati ukazuju da, slično kao kod gvožđa, plećka ima najveću koncentraciju cinka, a kare najmanju (kod obe vrste svinja) (slika 13). Poređenjem koncentracija cinka između istog tipa mišića intenzivno i ekstenzivno gajenih svinja, kao i poređenjem sva tri mišića unutar obe grupe svinja utvrđene su statistički značajne razlike (tabela 9). Koncentracije cinka u sva tri mišića ekstenzivnih svinja su veće od intenzivnih, kao i od objavljenih literaturnih podataka (INRAN, 2007; ANSES, 2010; FINELI, 2015; Nutridibaze, 2016; Health Canada, 2016; USDA, 2016) koji pokazuju opsege cinka (kare – od 13 do 18,4 mg kg<sup>-1</sup>, but – od 20,6 do 22,7 mg kg<sup>-1</sup>, plećka – od 28 do 36 mg kg<sup>-1</sup>) koji odgovaraju dobijenim vrednostima u našoj studiji za intenzivno gajene svinje. Đinović-Stojanović *et al.* (2017) su ispitivali i upoređivali koncentracije cinka u mesu i proizvodima od mesa sa srpskog tržišta i došli do zaključka da su, sa nutritivnog stanovišta, svinjetina i svinjski proizvodi bolji izvori cinka nego piletina i proizvodi od pilećeg mesa. Poređenjem koncentracija cinka dobijenih u pomenutoj studiji (kare - 11,4 mg kg<sup>-1</sup>, but - 15,0 mg kg<sup>-1</sup> i plećka - 20,9 mg kg<sup>-1</sup>) sa rezultatima ovog istraživanja, uočeno je da ekstenzivno gajene mangulice imaju duplo veće koncentracije cinka (tabela 9). Takođe, kao i u slučaju gvožđa, konzumiranjem mesa mangulice može da se zadovolji i do 16% dnevnih potreba cinka. Razmatranjem dobijenih rezultata, može se zaključiti da su proučavani mišići mangulica bolji izvori cinka nego mišići intenzivno gajenih svinja.

Kao i kod cinka, koncentracije bakra u mišićima istog tipa intenzivno i ekstenzivno gajenih svinja, kao i poređenjem sva tri mišića unutar obe grupe svinja, pokazuju statističke značajne razlike (tabela 9). Utvrđeno je da kare, but i plećka ekstenzivnih svinja imaju veće koncentracije bakra nego intenzivne. I u slučaju bakra, plećka se izdvaja kao mišić sa najvećom koncentracijom, a kare sa najmanjom (slika 14).

Koncentracije bakra u sva tri mišićna tkiva intenzivno gajenih svinja je manja u odnosu na podatke baza nekih zemalja (INRAN, 2007 – kare 1,3 mg kg<sup>-1</sup>, but 1,5 mg kg<sup>-1</sup>, plećka 1,5 mg kg<sup>-1</sup>; ANSES, 2010 – kare 0,78 mg kg<sup>-1</sup>; DFCD, 2015 – but 1 mg kg<sup>-1</sup>; Health Canada, 2016 – kare 0,62 mg kg<sup>-1</sup>), dok ekstenzivne svinje sadrže manje koncentracije u kareu, ali veće u butu i plećki, u odnosu na vrednosti istih baza. Tomović *et al.* (2014) su ustanovili veće koncentracije bakra u kareu (0,98 mg kg<sup>-1</sup>) u

odnosu na koncentracije utvrđene u kareu svinja ove studije (intenzivne svinje -  $0,46 \text{ mg kg}^{-1}$  i ekstenzivne svinje -  $0,70 \text{ mg kg}^{-1}$ ). Lombardi-Boccia *et al.* (2005) su odredili u svinjskom mesu koncentracije bakra ( $0,5 \text{ mg kg}^{-1}$ ) koje su u skladu sa dobijenim vrednostima za kare intenzivnih i manje u odnosu na koncentracije ekstenzivnih svinja ove studije. Na osnovu prosečnog unosa svinjskog mesa u Srbiji ( $45,99 \text{ g}$  dnevno – Republički zavod za statistiku Srbije, 2017) i dobijenih koncentracija bakra u mesu mangulica, dobijeno je da se konzumiranjem ovog mesa može zadovoljiti 7% dnevnih potreba bakra (na osnovu dnevnog unosa preporučenog od FAO/WHO (2002)).



Slika 14. Prosečan sadržaj bakra i mangana u mišićima svinja

Upoređujući međusobno mišiće intenzivnih svinja, utvrđeno je da plečka sadrži najveću a but najmanju koncentraciju mangana (slika 14). Statističkom obradom podataka je ustanovljeno da se koncentracije mangana sva tri mišića međusobno značajno razlikuju kod intenzivnih i ekstenzivnih svinja. Takođe, poredeći iste mišiće različito gajenih svinja utvrđene su statistički značajne razlike u sadržaju mangana (tabela 9). Koncentracije mangana u kareu i butu ekstenzivno gajenih svinja su manje od podataka objavljenih u bazama podataka (DFCD, 2015 – kare  $0,130 \text{ mg kg}^{-1}$ ; Health Canada, 2016 – kare  $0,120 \text{ mg kg}^{-1}$ , but  $0,290 \text{ mg kg}^{-1}$ ; USDA, 2016 - kare  $0,120 \text{ mg kg}^{-1}$ , but

0,290 mg kg<sup>-1</sup>; ANSENS, 2010 – kare 0,120 mg kg<sup>-1</sup>), dok plećka sadrži veće koncentracije nego što je objavljeno od strane Health Canada (2016) (0,120 mg kg<sup>-1</sup>) i DFCD (2015) (0,140 mg kg<sup>-1</sup>). Jedna od retkih studija koja se bavila ispitivanjem esencijalnih elemenata u mišićima mangulice (Tomović *et al.*, 2014) je dobila dvostruko veće koncentracije mangana u kareu (0,17 mg kg<sup>-1</sup>) nego što je dobijeno u ovoj studiji (0,076 mg kg<sup>-1</sup>). Rezultati za kare intenzivnih svinja su uporedivi sa vrednostima koje su objavile ANSES (2010) – 0,120 mg kg<sup>-1</sup>, DFCD (2015) – 0,130 mg kg<sup>-1</sup> i Health Canada (2016) – 0,120 mg kg<sup>-1</sup>, za but su niži od vrednosti INRAN (2007) – 0,100 mg kg<sup>-1</sup>, USDA (2016) – 0,290 mg kg<sup>-1</sup> i Health Canada (2016) – 0,290 mg kg<sup>-1</sup>, a za plećku su značajno viši od podataka Health Canada (2016) – 0,120 mg kg<sup>-1</sup> i DFCD (2015) – 0,290 mg kg<sup>-1</sup>.

Koncentracije selena u sve tri mišićne regije intenzivno gajenih svinja su značajno različite – najveća koncentracija je utvrđena u kareu, dok je kod mišića ekstenzivno gajenih svinja nivo Se u plećki statistički značajno viši od onog u butu (tabela 9). Kada se porede sa podacima baza (INRAN, 2007; ANSES, 2010; DFCD, 2015; Swiss, 2015; FINELI, 2015; Health Canada, 2016; Nutridibaze, 2016; USDA 2016), koncentracije selena u mišićima obe vrste svinja su u okviru objavljenih koncentracionih opsega (kare – 0,069-0,361 mg kg<sup>-1</sup>, but – 0,102-0,354 mg kg<sup>-1</sup>, plećka – 0,058-0,295 mg kg<sup>-1</sup>). Koliko je poznato, ne postoje raspoložive naučne informacije o koncentracijama selena u različitim mišićima svinja, te stoga nije bilo moguće upoređivati rezultate.

Analizom hroma u mišićima intenzivno gajenih svinja, najveće koncentracije su ustanovljene u butu, a najniže u kareu. Interesantno je da je kod ekstenzivno gajenih svinja utvrđen potpuno suprotan rezultat. Statističkom obradom izmerenih koncentracija hroma utvrđeno je da se kare intenzivnih i ekstenzivnih svinja značajno razlikuje od buta i plećke iste vrste svinja. Poređenjem dobijenih koncentracija hroma između intenzivno i ekstenzivno gajenih svinja, ustanovljene su značajno veće koncentracije u butu i plećki intenzivnih svinja i u kareu ekstenzivnih (tabela 9). Dobijene koncentracije hroma u kareu svinja ove studije upoređene su sa jedino dostupnim vrednostima iz baze podataka Danske. Utvrđeno je da su koncentracije hroma u kareu intenzivnih svinja u skladu, a ekstenzivnih veće od koncentracija objavljenih u pomenutoj bazi (kare –



0,053 mg kg<sup>-1</sup>). S druge strane, koncentracije hroma u kareu svinja su značajno manje u odnosu na rezultate koje su objavili Lopez-Alonso *et al.* (2012) (intenzivne - 0,131 mg kg<sup>-1</sup> i ekstenzivne - 0,132 mg kg<sup>-1</sup>).

Kobalt i nikel nisu detektovani u uzorcima mišića svinja (Co – granica detekcije = 0,004 mg kg<sup>-1</sup>; Ni – granica detekcije = 0,050 mg kg<sup>-1</sup>) (tabela 9). Takođe, prema dosadašnjim saznanjima, ne postoje dostupni podaci o akumulaciji Ni u mesu ekstenzivno gajenih životinja.

Rezultati dobijenih koncentracija mikroelemenata iznutrica (jetra i bubrega) intenzivno i ekstenzivno gajenih svinja su prikazani u tabeli 10.

Tabela 10. Koncentracije mikroelemenata u iznutricama (jetra i bubrezi) intenzivno (I) i ekstenzivno (E) gajenih svinja\*

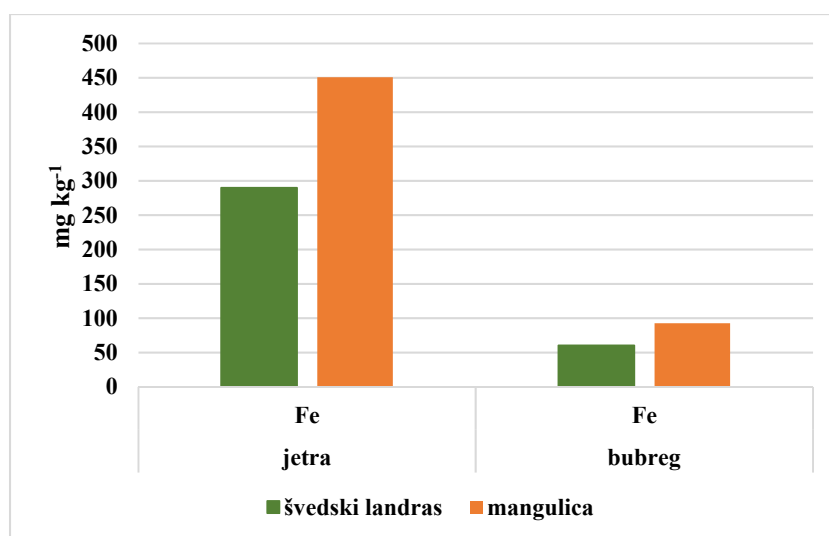
	jetra		bubreg	
	I	E	I	E
Fe	289,74±6,39 <sup>Ab</sup>	450,68±28,40 <sup>Ba</sup>	60,16±2,13 <sup>Aa</sup>	92,60±5,70 <sup>Bb</sup>
Zn	103,44±5,15 <sup>Bb</sup>	54,27±3,34 <sup>Ab</sup>	33,66±1,17 <sup>Ba</sup>	27,36±0,76 <sup>Aa</sup>
Cu	37,73±2,04 <sup>Bb</sup>	4,21±0,21 <sup>Aa</sup>	9,70±0,34 <sup>Ba</sup>	5,68±0,55 <sup>Ab</sup>
Mn	5,12±0,11 <sup>Bb</sup>	3,28±0,13 <sup>Ab</sup>	2,38±0,07 <sup>Ba</sup>	1,48±0,06 <sup>Aa</sup>
Se	0,63±0,02 <sup>Ba</sup>	0,38±0,01 <sup>Aa</sup>	2,12±0,08 <sup>Bb</sup>	1,63±0,05 <sup>Ab</sup>
Cr	0,115±0,015 <sup>Bb</sup>	0,080±0,006 <sup>Aa</sup>	0,086±0,010 <sup>Aa</sup>	0,083±0,006 <sup>Aa</sup>
Co	0,025±0,001 <sup>Aa</sup>	0,042±0,002 <sup>Ba</sup>	0,031±0,002 <sup>Aa</sup>	0,053±0,004 <sup>Ba</sup>
Ni	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

\*Rezultati su predstavljeni kao srednja vrednost ± standardna greška

<sup>a-b</sup>Različita mala slova u eksponentu kod podataka prikazanih u istom redu za organe iste vrste svinja su oznaka da se srednje vrednosti statistički značajno razlikuju na nivou  $p < 0,05$ , po Tukey-evom HSD testu

<sup>A-B</sup>Različita velika slova u eksponentu kod podataka prikazanih u istom redu za istu vrstu iznutrice obe vrste svinja su oznaka da se srednje vrednosti statistički značajno razlikuju na nivou  $p < 0,05$ , po Tukey-evom HSD testu

Koncentracije gvožđa u jetri i bubrezima ekstenzivno gajenih svinja su statistički značajno veće u odnosu na intenzivne (tabela 10), što je u saglasnosti sa dobijenim rezultatima za mišiće (tabela 9). Isti zaključak je objavljen u studiji Lopez-Alonso *et al.* (2012) koja se bavila ispitivanjem mineralnog sastava mišića i iznutrica intenzivno i ekstenzivno gajenih svinja u jugozapadnoj Španiji. Kao što je već napomenuto, veća mišićna aktivnost ekstenzivno gajenih svinja, kao i starost svinja, mogu biti razlog za veće koncentracije gvožđa u njihovim iznutricama. Jetra obe vrste svinja imaju značajno veću koncentraciju gvožđa od bubrega (slika 15). Dobijena prosečna vrednost gvožđa u jetri ekstenzivno gajenih svinja ( $450,68 \text{ mg kg}^{-1}$ ) je veća u poređenju sa podacima dostupnim u bazama podataka – od  $134 \text{ mg kg}^{-1}$  do  $314 \text{ mg kg}^{-1}$  (DFCD, 2015; FINELI, 2015; Health Canada, 2016; Nutridibaze, 2016; USDA, 2016), za koje nema odrednice o načinu uzgoja i vrsti svinja, kao i od vrednosti Tomović *et al.* (2011a) kod intenzivno gajenog švedskog landrasa ( $206,00 \text{ mg kg}^{-1}$ ).

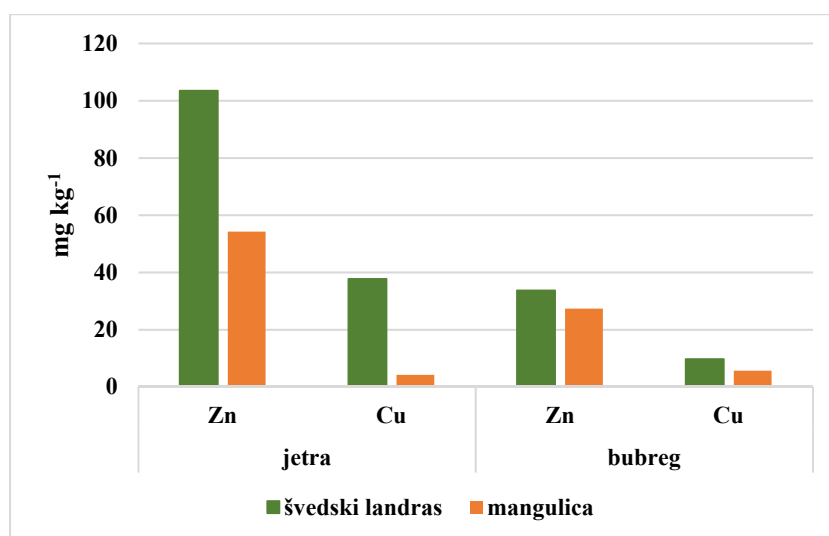


Slika 15. Prosečan sadržaj gvožđa u iznutricama svinja

U do sada objavljenim studijama, većina raspoloživih podataka odnosi se na mineralni sastav iznutrica intenzivno gajenih svinja. Izmerene koncentracije gvožđa u bubrezima intenzivnih ( $60,16 \text{ mg kg}^{-1}$ ) i ekstenzivnih svinja ( $92,60 \text{ mg kg}^{-1}$ ) su veće u poređenju sa podacima objavljenim u bazama podataka drugih zemalja (DFCD -  $33 \text{ mg kg}^{-1}$ ; Health Canada –  $48,90 \text{ mg kg}^{-1}$ ; USDA –  $48,90 \text{ mg kg}^{-1}$ ). Takođe, koncentracije gvožđa u

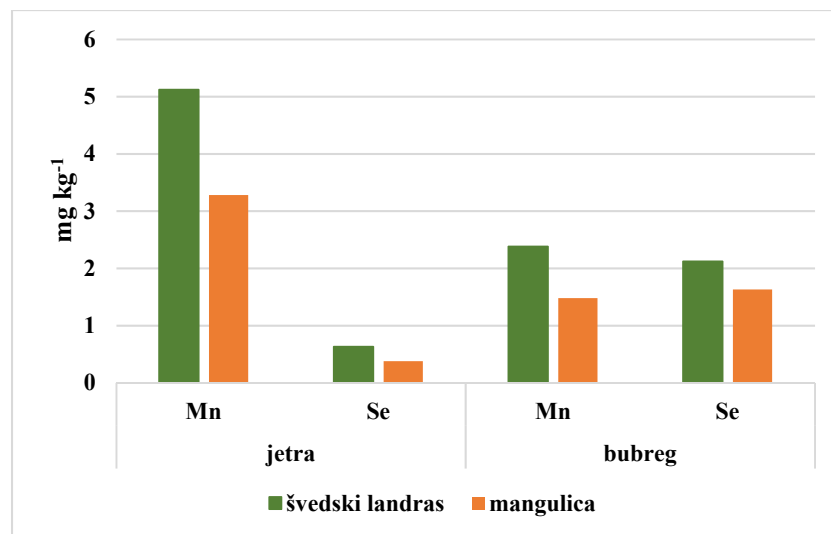
bubrezima svinja ispitivanih u ovoj studiji su veće u poređenju sa koncentracijama svinja sa hrvatskog tržišta ( $53,20 \text{ mg kg}^{-1}$ ) analiziranih u studiji Bilandžić *et al.* (2013).

Za razliku od mišića, koncentracije cinka i bakra u iznutricama intenzivnih svinja su značajno veće nego kod ekstenzivnih (tabela 10, slika 16), što je u saglasnosti sa rezultatima koje su objavili Lopez-Alonso *et al.* (2012). Ovaj rezultat se može objasniti činjenicom da su koncentracije cinka i bakra tri do sedam puta veće u potpunoj smeši kojom su hranjene intenzivne svinje, u poređenju sa nađenim koncentracijama u hrani ekstenzivnih svinja. U studiji De Smet i Vossen (2016) zaključuje se da ne postoji uticaj doziranja i hemijskog oblika cinka i bakra u ishrani na sadržaj ovih metala u mišićima životinja. Ovo može poslužiti kao objašnjenje za veće koncentracije cinka i bakra u iznutricama, a manje koncentracije u mišićima intenzivnih svinja. Koncentracioni nivoi Zn i Cu u jetri i bubrezima svinja ukazuju da ekstenzivne svinje imaju slične i/ili niže koncentracije ovih elemenata, a intenzivne veće u poređenju sa podacima objavljenim u bazama Kanade, SAD i Danske. Posebno su uočljive razlike u koncentracijama cinka i bakra u jetri intenzivnih svinja koje su za cink ( $103,41 \text{ mg kg}^{-1}$ ) skoro duplo veće, a za bakar ( $37,73 \text{ mg kg}^{-1}$ ) čak tri do pet puta veće u poređenju sa podacima Health Canada (2016) (Zn -  $57,6 \text{ mg kg}^{-1}$ ; Cu -  $6,77 \text{ mg kg}^{-1}$ ) i DFCD (2015) (Zn -  $67,8 \text{ mg kg}^{-1}$ ; Cu -  $10,1 \text{ mg kg}^{-1}$ ).



Slika 16. Prosečan sadržaj cinka i bakra u iznutricama svinja

Statističkom analizom ustanovljeno je da postoje značajne razlike u koncentracijama mangana u jetri i bubrezima između intenzivno i ekstenzivno gajenih svinja za razliku od mišića gde takav odnos nije dokazan (tabela 10). Neočekivano je da su značajno veće koncentracije mangana određene u iznutricama intenzivnih svinja, s obzirom na to da su koncentracije mangana između potpune smeše i žitarica za prihranjivanje slične, a da su mnogo više u zemljištu i hrani dostupnoj u prirodnom okruženju ekstenzivno gajenih svinja (tabela 8). Ovo se može objasniti vrlo niskim procentom apsorpcije mangana u gastrointestinalnom traktu životinja (Bao *et al.*, 2010). Takođe, zanimljivo je da jetra obe vrste svinja imaju prosečno skoro duplo više mangana nego bubrezi (slika 17). Koncentracioni nivoi Mn u iznutricama ekstenzivno gajenih svinja su uporedivi sa većinom raspoloživih podataka, dok su kod intenzivnih utvrđene skoro duplo veće koncentracije od onih objavljenih u naučnim radovima i bazama podataka (Lopez-Alonso *et al.*, 2012; DFCD, 2015; Health Canada, 2016).



Slika 17. Prosečan sadržaj mangana i selena u iznutricama svinja

Statističkom obradom podataka utvrđeno je da postoje značajne razlike u koncentraciji selena između iznutrica intenzivnih i ekstenzivnih svinja (tabela 10). Koncentracije selena određene u jetri i bubrezima intenzivnih svinja su značajno veće nego kod ekstenzivnih (tabela 10, slika 15). Ovaj rezultat je očekivan i može se objasniti

razlikama u koncentraciji selena u hrani svinja (Lopez-Alonso *et al.*, 2012; Zhao *et al.*, 2016). Lopez-Alonso *et al.* (2012) su ustanovili gotovo duplo veće koncentracije selena u jetri (intenzivne – 1,17 mg kg<sup>-1</sup>, ekstenzivne – 0,83 mg kg<sup>-1</sup>) i bubrezima (intenzivne – 2,51 mg kg<sup>-1</sup>, ekstenzivne – 2,80 mg kg<sup>-1</sup>) nego što su dobijene u ovoj studiji. Kao i kod mangana, koncentracije selena u iznutricama ekstenzivnih svinja su približnije, a kod intenzivnih veće u poređenju sa vrednostima baza podataka Danske (jetra – 0,476 mg kg<sup>-1</sup>, bubreg – 1,82 mg kg<sup>-1</sup>) i Kanade (jetra – 0,527 mg kg<sup>-1</sup>, bubreg – 1,90 mg kg<sup>-1</sup>).

Statistička analiza podataka pokazuje da su koncentracije hroma u jetri intenzivnih svinja značajno veće u odnosu na ekstenzivne, kao i duplo veće u jetri intenzivnih svinja u poređenju sa bubrezima (tabela 10). U sličnim studijama sprovedenim ranije, autori su takođe utvrdili veće koncentracije hroma u jetri intenzivnih svinja (intenzivne – 0,120 mg kg<sup>-1</sup>, ekstenzivne – 0,092 mg kg<sup>-1</sup>) (Lopez-Alonso *et al.*, 2007, 2012). Statističkom obradom nisu utvrđene značajne razlike u koncentracijama hroma između bubrega intenzivnih i ekstenzivnih svinja. Baza podataka Danske je jedina baza sa objavljenim vrednostima za koncentracije hroma u iznutricama, i to 3 do 5 puta manjim u poređenju sa rezultatima dobijenim u ovoj studiji (jetra – 0,027 mg kg<sup>-1</sup>, bubreg – 0,017 mg kg<sup>-1</sup>).

U iznutricama ekstenzivno gajenih svinja utvrđene su značajno veće koncentracije kobalta u poređenju sa jetrom i bubrezima intenzivno gajenih svinja (tabela 10), što se može dovesti u vezu sa sadržajem kobalta u zemljištu (tabela 8). Dobijeni rezultati pokazuju veće koncentracije kobalt u iznutricama u poređenju sa podacima objavljenim u istraživanju Lopez-Alonso *et al.* (2012) (intenzivne – jetra 0,023 mg kg<sup>-1</sup>, bubreg 0,027 mg kg<sup>-1</sup>; ekstenzivne – jetra 0,020 mg kg<sup>-1</sup>, bubreg 0,026 mg kg<sup>-1</sup>). Pri tome, autori pomenute studije nisu ustanovili statistički značajne razlike.

Nikl nije detektovan ni u jednoj analiziranoj svinjskoj iznutrici (granica detekcije = 0,050 mg kg<sup>-1</sup>). Kao što je već napomenuto, u do sada objavljenim studijama nisu pronađeni podaci o akumulaciji nikla povezanoj sa izloženošću životinja zemljištu prilikom ekstenzivnog uzgajanja.

#### **4.3.2. Koncentracije makroelemenata u mišićima, jetri i bubrezima**

Koncentracije makroelemenata određene u hrani za obe vrste svinja i zemljištu ekstenzivno gajenih svinja, kao i mišićima intenzivno i ekstenzivno gajenih svinja, su prikazane u tabelama 11 i 12.

Statističkom obradom podataka ustanovljeno je da se sastav makroelemenata u mišićima obe vrste svinja statistički značajno razlikuju (tabela 12). Utvrđeno je da su koncentracije natrijuma u sva tri mišića ekstenzivno gajenih svinja veće u poređenju sa koncentracijama izmerenim u mišićima intenzivno gajenih svinja (slika 18).

Poređenjem koncentracija kalcijuma u sve tri mišićne grupe obe vrste svinja utvrđeno je da su kare i plečka ekstenzivnih svinja mišići bogatiji kalcijumom u odnosu na intenzivno uzgajane svinje (tabela 12). Ovakve razlike u koncentracijama kalcijuma mogle bi se objasniti činjenicom da ekstenzivne svinje imaju slobodan pristup zemljištu i kamenčićima koji su bogati kalcijumom. Za razliku od natrijuma i kalcijuma, statističkom analizom je utvrđeno da su koncentracije kalijuma i magnezijuma značajno veće u kareu i plečki intenzivnih svinja nego kod ekstenzivnih. Najveći broj podataka o koncentracijama makroelemenata u mišićima svinja nalazi se u bazama podataka (INRAN, 2007; DFCD, 2015; FINELI, 2015; Health Canada, 2016; Nutridibaze, 2016; USDA, 2016).

Dobijene koncentracije natrijuma i kalijuma u mišićima intenzivno gajenih svinja su generalno manje u poređenju sa podacima iz velikog broja baza (ANSES, 2010; DFCD, 2015; FINELI, 2015; Health Canada, 2016; Nutridibaze, 2016; USDA, 2016), dok su kod ekstenzivnih svinja veće od onih objavljenih u bazama Češke, Danske, Kanade i SAD. Koncentracije magnezijuma u mišićima obe vrste svinja su u skladu sa vrednostima objavljenim u bazama Danske, Kanade i SAD (u opsegu od 170 mg kg<sup>-1</sup> do 270 mg kg<sup>-1</sup>). U dostupnoj literaturi uočava se veliki raspon koncentracija kalcijuma za svaki mišić posebno. Tako, za kare opseg se kreće 50-170 mg kg<sup>-1</sup>, za but 40-80 mg kg<sup>-1</sup> i plečku 50-140 mg kg<sup>-1</sup> (ANSES, 2010; DFCD, 2015; FINELI, 2015; Health Canada, 2016; Nutridibaze, 2016; USDA, 2016).

Koncentracije makroelemenata u iznutricama intenzivnih i ekstenzivnih svinja značajno se razlikuju. U jetri ekstenzivno gajenih svinja utvrđen je viši nivo natrijuma, kalijuma i magnezijuma, dok je kod bubrega veći bio sadržaj natrijuma i kalcijuma (tabela 13). Veće koncentracije kalcijuma kod ekstenzivnih svinja bi mogle biti objašnjene njihovim slobodnim pristupom zemljištu i kamenčićima koji sadrže značajne količine kalcijuma.

Tabela 11. Koncentracije makroelemenata u hrani intenzivno (I) i ekstenzivno (E) gajenih svinja i zemljištu ekstenzivno (E) gajenih svinja\*

	E			
	I potpuna smeša	zemljište	prirodno dostupna hrana <sup>a</sup>	žitarice za prihranjivanje kukuruz      pšenica
[mg kg <sup>-1</sup> ]				
Na	1550,25±127,60	311,15±37,10	174,69±25,70	30,38±3,20      40,24±3,70
K	6881,36±405,10	3903,57±350,20	3519,19±394,10	3641,41±308,10      4368,92±356,40
Mg	1618,38±105,25	3818,64±410,60	1260,16±158,20	915,11±85,60      1042,64±75,20
Ca	5066,77±310,20	5695,39±610,20	4592,37±510,30	281,20±25,40      428,30±31,30

\*Rezultati su predstavljeni kao srednja vrednost ± standardna greška

<sup>a</sup> Prirodno dostupnu hranu čine objedinjeni uzorci žireva, strjike i drugih šumskih plodova.



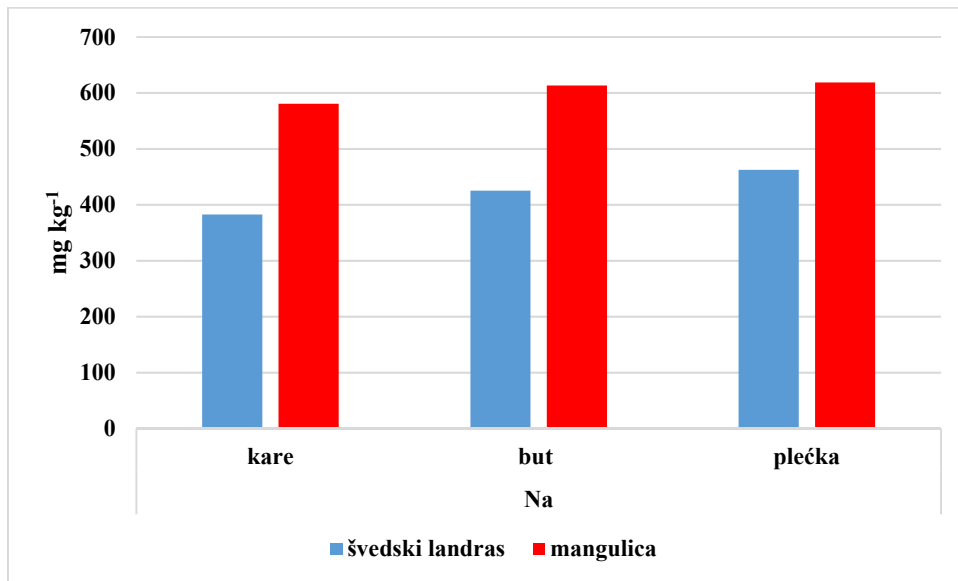
Tabela 12. Koncentracije makroelemenata u mišićima (kare, but i plečka) intenzivno (I) i ekstenzivno (E) gajenih svinja\*

[mg kg <sup>-1</sup> ]	kare		but		plečka	
	I	E	I	E	I	E
Na	382,56±12,88 <sup>Aa</sup>	580,44±18,36 <sup>Ba</sup>	425,20±32,73 <sup>Aa</sup>	613,15±72,02 <sup>Bb</sup>	462,47±7,84 <sup>Ab</sup>	618,55±17,24 <sup>Bb</sup>
K	2812,51±35,28 <sup>Bc</sup>	2365,99±32,47 <sup>Aa</sup>	2318,30±86,21 <sup>Aa</sup>	2468,27±120,69 <sup>Ab</sup>	2699,31±11,06 <sup>Bb</sup>	2369,10±23,31 <sup>Aa</sup>
Mg	262,05±2,89 <sup>Bb</sup>	227,43±4,64 <sup>Ab</sup>	220,85±15,95 <sup>Aa</sup>	226,37±13,81 <sup>Ab</sup>	236,07±0,77 <sup>Ba</sup>	207,88±2,54 <sup>Aa</sup>
Ca	47,40±3,28 <sup>Aa</sup>	65,07±2,57 <sup>Bb</sup>	45,27±7,75 <sup>Aa</sup>	42,83±16,33 <sup>Aa</sup>	63,96±2,18 <sup>Ab</sup>	73,04±2,48 <sup>Bc</sup>

\*Rezultati su predstavljeni kao srednja vrednost ± standardna greška

<sup>a-c</sup>Različita mala slova u eksponentu kod podataka prikazanih u istom redu za različite mišice iste vrste svinja su oznaka da se srednje vrednosti statistički značajno razlikuju na nivou  $p < 0,05$ , po Tukey-evom HSD testu

<sup>A-B</sup>Različita velika slova u eksponentu kod podataka prikazanih u istom redu za istu vrstu mišića obe vrste svinja su oznaka da se srednje vrednosti statistički značajno razlikuju na nivou  $p < 0,05$ , po Tukey-evom HSD testu



Slika 18. Prosečan sadržaj natrijuma u mišićima svinja

Tabela 13. Koncentracije makroelemenata u iznutricama (jetra i bubrezi) intenzivno (I) i ekstenzivno (E) gajenih svinja\*

[mg kg <sup>-1</sup> ]	jetra		bubreg	
	I	E	I	E
Na	579,14±8,94 <sup>Aa</sup>	956,18±25,77 <sup>Bb</sup>	1085,84±5,28 <sup>Ab</sup>	1636,44±38,53 <sup>Bb</sup>
K	2129,07±17,42 <sup>Ab</sup>	2256,54±20,29 <sup>Ab</sup>	1758,55±28,07 <sup>Aa</sup>	1554,63±40,33 <sup>Aa</sup>
Mg	200,35±1,80 <sup>Aa</sup>	207,59±3,62 <sup>Ab</sup>	179,38±2,74 <sup>Ba</sup>	164,30±3,37 <sup>Aa</sup>
Ca	68,34±2,84 <sup>Ab</sup>	59,05±4,94 <sup>Aa</sup>	45,27±1,37 <sup>Aa</sup>	164,79±12,26 <sup>Bb</sup>

\*Rezultati su predstavljeni kao srednja vrednost ± standardna greška

<sup>a-b</sup>Različita mala slova u eksponentu kod podataka prikazanih u istom redu za organe iste vrste svinja su oznaka da se srednje vrednosti statistički značajno razlikuju na nivou  $p < 0,05$ , po Tukey-evom HSD testu

<sup>A-B</sup>Različita velika slova u eksponentu kod podataka prikazanih u istom redu za istu vrstu iznutrice obe vrste svinja su oznaka da se srednje vrednosti statistički značajno razlikuju na nivou  $p < 0,05$ , po Tukey-evom HSD testu

Koncentracije natrijuma i kalijuma u svim iznutricama intenzivnih svinja su generalno manje u poređenju sa podacima iz literature, dok su kod ekstenzivnih svinja veće (DFCD, 2015; Health Canada, 2016; USDA, 2016).

Koncentracije magnezijuma u jetri kod obe vrste svinja su više od vrednosti objavljenih u bazama Danske, Kanade i SAD (170-180 mg kg<sup>-1</sup>), dok su Češka i Švajcarska objavile veće vrednosti (240 mg kg<sup>-1</sup> i 230 mg kg<sup>-1</sup>, respektivno). Srednja koncentracija magnezijuma u bubrezima intenzivnih svinja je u skladu sa podacima objavljenim u DFCD (2015) (180 mg kg<sup>-1</sup>) i veća od koncentracija dobijenih u studiji Bilandzic *et al.* (2013) (173 mg kg<sup>-1</sup>), Health Canada (2016) (170 mg kg<sup>-1</sup>) i USDA (2016) (170 mg kg<sup>-1</sup>), dok je koncentracija magnezijuma u bubrezima ekstenzivnih svinja manja nego u podacima prijavljenim u bazama (170-180 mg kg<sup>-1</sup>) (DFCD, 2015; Health Canada, 2016; USDA, 2016).

Prosečna koncentracija kalcijuma u jetri obe vrste svinja ove studije je manja u poređenju sa podacima Tomović *et al.* (2011a) – 225 mg kg<sup>-1</sup>, Health Canada (2016) – 90 mg kg<sup>-1</sup> i USDA (2016) – 90 mg kg<sup>-1</sup>. DFCD (2015), Health Canada (2016) i USDA (2016) objavili su veće koncentracije kalcijuma (70-90 mg kg<sup>-1</sup>) u bubrezima u poređenju sa koncentracijama dobijenih u bubrezima intenzivnih svinja, ali manje u odnosu na koncentracije utvrđene kod ekstenzivnih svinja.

#### **4.3.3. Koncentracije toksičnih elemenata u mišićima, jetri i bubrezima**

U ovoj studiji ustanovljene su velike razlike u koncentracijama toksičnih elemenata između mišića i iznutrica svinja (tabela 14, 15). Ovaj rezultat nije iznenađujući shodno tome da se ovi elementi ne akumuliraju u mišićima životinja, već u njihovim iznutricama. U mišićima, toksični elementi su određeni u veoma niskim koncentracijama ili nisu detektovani (tabela 14).

Kadmijum se prvenstveno akumulira u jetri i bubrezima jer se vezuje za slobodne proteinske grupe metalotioneina u ovim organima (Bremner 1979; García-Fernández *et*

al. 1996; Pompe-Gotal i Crnić, 2002). Kod ljudi, izloženost kadmijumu može uzrokovati oštećenje bubrega i/ili skeleta, probleme sa metabolizmom vitamina D, anemiju i oštećenje nervnog sistema (WHO, 1992; Järup *et al.* 1998). Prema važećem pravilniku Republike Srbije (Pravilnik o maksimalno dozvoljenim količinama ostataka sredstava za zaštitu bilja u hrani i hrani za životinje i o hrani za životinje za koju se utvrđuju maksimalno dozvoljene količine ostataka sredstava za zaštitu bilja) maksimalno dozvoljena količina kadmijuma u jetri i bubrezima namenjenim za ljudsku ishranu iznosi  $0,5 \text{ mg kg}^{-1}$  i  $1,0 \text{ mg kg}^{-1}$ , respektivno.

Koncentracije kadmijuma u jetri i bubrezima ekstenzivnih svinja su statistički značajno veće nego kod intenzivno gajenih svinja (tabela 15). Takođe, bubrezi obe vrste svinja sadrže veće koncentracije kadmijuma nego jetra (slika 19).

Jetra intenzivnih svinja sadrži manju koncentraciju kadmijuma ( $0,051 \text{ mg kg}^{-1}$ ) od svinja koje su analizirali López-Alonso *et al.* (2007) ( $0,073 \text{ mg kg}^{-1}$ ) i Tomović *et al.* (2011b) ( $0,412 \text{ mg kg}^{-1}$ ). Györi *et al.* (2005) nalaze manje koncentracije kadmijuma u jetri intenzivno tovljene mangulice u Mađarskoj, nego kod ekstenzivnih svinja naše studije. Koncentracija kadmijuma u bubrezima intenzivnih svinja su u opsegu mnogih objavljenih literaturnih podataka (Korsrud *et al.*, 1985; Györi *et al.*, 2005; López-Alonso *et al.*, 2007; Bilandžić *et al.*, 2010). Međutim, prosečna vrednost kadmijuma nađena u bubrezima ekstenzivnih svinja (slika 19) daleko je iznad maksimalno dozvoljene količine (MDK) i veća je od vrednosti objavljenih u dostupnim radovima i studijama (Korsrud *et al.*, 1985; Györi *et al.*, 2005; López-Alonso *et al.*, 2007, 2012; Bilandžić *et al.*, 2010).

Nasuprot našim rezultatima, Lopez-Alonso *et al.* (2012) u svom istraživanju dolaze do zaključka da intenzivno gajene svinje u iznutricama sadrže više kadmijuma. Autori su obrazložili dobijene rezultate kroz uticaj cinka i bakra, kao suplemenata u smeši za intenzivni tov, na taloženje kadmijuma u tkivu.

Tabela 14. Koncentracije toksičnih elemenata u mišićima intenzivno (I) i ekstenzivno (E) gajenih svinja\*

[mg kg <sup>-1</sup> ]	kare		but		plećka	
	I	E	I	E	I	E
Cd	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Pb	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Hg	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
As	0,005±0,001	0,005±0,0003	0,006±0,001	0,005±0,0003	0,005±0,001	0,011±0,003

\*Rezultati su predstavljeni kao srednja vrednost ± standardna greška

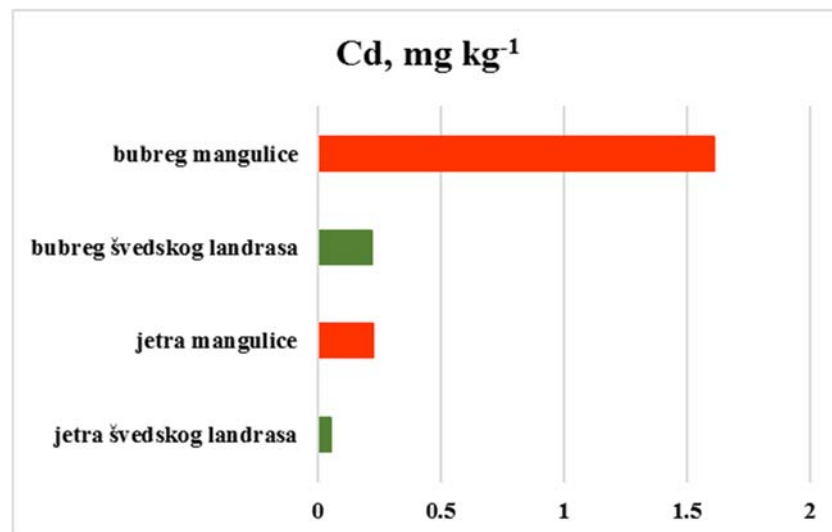
Tabela 15. Koncentracije toksičnih elemenata u iznutricama (jetra i bubrezi) intenzivno (I) i ekstenzivno (E) gajenih svinja\*

[mg kg <sup>-1</sup> ]	jetra		bubreg	
	I	E	I	E
Cd	0,051±0,002 <sup>Aa</sup>	0,225±0,030 <sup>Ba</sup>	0,220±0,008 <sup>Ab</sup>	1,612±0,229 <sup>Bb</sup>
Pb	0,008±0,001 <sup>Aa</sup>	0,019±0,001 <sup>Ba</sup>	0,006±0,001 <sup>Aa</sup>	0,016±0,001 <sup>Ba</sup>
Hg	n.d.	0,003±0,001 <sup>a</sup>	0,009±0,001 <sup>A</sup>	0,018±0,002 <sup>Bb</sup>
As	0,008±0,001 <sup>Aa</sup>	0,009±0,001 <sup>Aa</sup>	0,006±0,001 <sup>Aa</sup>	0,019±0,001 <sup>Bb</sup>

\*Rezultati su predstavljeni kao srednja vrednost ± standardna greška

<sup>a-b</sup>Različita mala slova u eksponentu kod podataka prikazanih u istom redu za organe iste vrste svinja su oznaka da se srednje vrednosti statistički značajno razlikuju na nivou  $p < 0,05$ , po Tukey-evom HSD testu

<sup>A-B</sup>Različita velika slova u eksponentu kod podataka prikazanih u istom redu za istu vrstu iznutrice obe vrste svinja su oznaka da se srednje vrednosti statistički značajno razlikuju na nivou  $p < 0,05$ , po Tukey-evom HSD testu



Slika 19. Prosečan sadržaj kadmijuma u iznutricama svinja

U ranije objavljenim studijama (Grawé *et al.*, 1997; Sapunar-Postruznik *et al.*, 2001; Andrée *et al.*, 2010) utvrđena je veza između koncentracionih nivoa kadmijuma u hrani i iznutricama životinja. Isto tako, Blanco-Penedo (2009) je u svojoj studiji ustanovio povezanost između koncentracije kadmijuma u tkivu i stepena ispaše i ingestije zemljišta kod stoke. U ovoj studiji, koncentracija kadmijuma u potpunoj smeši za intenzivne svinje je veća nego u žitaricama za prihranjivanje ekstenzivnih svinja, ali ipak značajno manja nego u prirodno dostupnoj hrani kojom se hrane ekstenzivne svinje (tabela 16).

Stoga se veće koncentracije kadmijuma u iznutricama ekstenzivnih svinja mogu objasniti kao posledica ispaše i riljanja zemljišta (Jalil *et al.*, 1994; McLaughlin *et al.*, 1996). U studiji iz 2002. godine Lindén dolazi do zaključka da svinje koje su organski gajene u otvorenom sistemu imaju veće koncentracije kadmijuma u bubrezima i fekalijama nego svinje tovljene u zatvorenom prostoru. Prema tome, zemljište predstavlja najverovatniji izvor kadmijuma kod svinja gajenih u otvorenom sistemu. Drugi razlog većih koncentracija kadmijuma detektovanih kod ekstenzivno gajenih svinja je i njihova starost tj. dužina tova. Ekstenzivne svinje su uzgajane četiri godine au intenzivne osam meseci. Ovaj zaključak je u skladu sa studijom Linden *et al.* (2002) u kojoj je ustanovljen značajan linearan odnos između koncentracije kadmijuma u bubrezima svinja i starosti pri klanju (koncentracija kadmijuma u bubregu je rasla za  $2,8 \mu\text{g kg}^{-1}$  za svaku dodatnu nedelju života).

Koncentracije olova u iznutricama svinja u ovoj studiji su ispod MDK ( $0,5 \text{ mg kg}^{-1}$ , Pravilnik o maksimalno dozvoljenim količinama ostataka sredstava za zaštitu bilja u hrani i hrani za životinje i o hrani za životinje za koju se utvrđuju maksimalno dozvoljene količine ostataka sredstava za zaštitu bilja). Statistička analiza je pokazala značajno veće koncentracije olova u jetri i bubrezima ekstenzivnih svinja (tabela 15), što je u skladu sa rezultatima objavljenim u studiji López-Alonso *et al.* (2007, 2012). U dostupnoj literaturi nailazimo na različita mišljenja o akumulaciji olova u tkivima životinja. S jedne strane, Fick *et al.* (1976) ukazuju na to da se olovo ne akumulira u tkivima, dok su s druge strane, MacLachlan *et al.* (2015) utvrdili da postoje razlike u koncentracijama olova u bubrezima i jetri uzrokovane dužinom tova. Takođe, nivo

olova u tkivima bi mogao biti povezan sa koncentracijom olova u hrani. U ovoj studiji, koncentracije olova su veće u hrani i zemljištu ekstenzivnih svinja nego u potpunoj smeši za ishranu intenzivnih svinja. Određene koncentracije olova u iznutricama obe vrste svinja su manje nego u ranije objavljenim studijama (Györi *et al.*, 2005; López-Alonso *et al.*, 2007, 2012; Bilandžić *et al.*, 2010).

Živa nije detektovana u jetri intenzivnih svinja, dok je kod ekstenzivnih svinja ispod propisane MDK ( $0,1 \text{ mg kg}^{-1}$ , Pravilnik o maksimalno dozvoljenim količinama ostataka sredstava za zaštitu bilja u hrani i hrani za životinje i o hrani za životinje za koju se utvrđuju maksimalno dozvoljene količine ostataka sredstava za zaštitu bilja) i u skladu sa koncentracijama žive utvrđenim za ekstenzivno gajene svinje u studijama López-Alonso *et al.* (2007, 2012) (intenzivne -  $0,0014 \text{ mg kg}^{-1}$ , ekstenzivne -  $0,0015 \text{ mg kg}^{-1}$ ). Bubrezi obe vrste svinja ove studije imaju veće koncentracije žive nego u studijama López-Alonso *et al.* (2007, 2012) (intenzivne -  $0,002 \text{ mg kg}^{-1}$ , ekstenzivne -  $0,006 \text{ mg kg}^{-1}$ ). Koncentracioni nivoi žive su značajno viši u bubrezima ekstenzivnih svinja, a razlog za to bi mogla biti starost svinja i koncentracija žive u zemljištu, kao i u hrani prirodnog okruženja ekstenzivnih svinja (tabele 15 i 16).

Koncentracije arsena u ovoj studiji su generalno niske, od  $0,006 \text{ mg kg}^{-1}$  do  $0,019 \text{ mg kg}^{-1}$  (tabela 15), i manje su od koncentracija koje su objavili López-Alonso *et al.* (2007, 2012) (od  $0,011 \text{ mg kg}^{-1}$  do  $0,029 \text{ mg kg}^{-1}$ ). S obzirom na to da se ne akumulira u organizmu, nije propisana MDK za arsen (osim za pirinač i proizvode na bazi pirinča) (Pravilnik o maksimalno dozvoljenim količinama ostataka sredstava za zaštitu bilja u hrani i hrani za životinje i o hrani za životinje za koju se utvrđuju maksimalno dozvoljene količine ostataka sredstava za zaštitu bilja). Dobijeni rezultati u iznutricama odražavaju nedavnu izloženost svinja arsenu iz zemljišta i/ili hrane (NRC, 2005).



Tabela 16. Koncentracije toksičnih elemenata u hrani intenzivno (I) i ekstenzivno (E) gajenih svinja i zemljištu ekstenzivno (E) gajenih svinja\*

	I	E	E	
	potpuna smeša	zemljište	prirodno dostupna hrana <sup>a</sup>	žitarice za prihranjivanje
[mg kg <sup>-1</sup> ]				kukuruz      pšenica
Cd	0,034±0,009	0,247±0,035	0,131±0,040	0,014±0,003      0,023±0,006
Pb	0,120±0,010	16,588±1,58	0,602±0,094	0,046±0,017      0,042±0,015
Hg	0,012±0,003	0,041±0,010	0,018±0,004	0,009±0,003      0,007±0,002
As	0,039±0,005	4,425±0,950	0,204±0,032	0,008±0,003      0,005±0,001

\*Rezultati su predstavljeni kao srednja vrednost ± standardna greška

<sup>a</sup> Prirodno dostupnu hranu čine objedinjeni uzorci žireva, strnjike i drugih šumskih plodova.

#### 4.4. Korelacije mineralnog i osnovnog hemijskog sastava u mišićima i iznutricama švedskog landrasa i mangulice

##### 4.4.1. Korelacije u mišićima i iznutricama švedskog landrasa

Eksperimentalno određivani parametri su testirani da bi se odredila njihova međusobna zavisnost. U tabelama 17 i 18 su prikazane sve ustanovljene korelacije na tri statistički značajna nivoa ( $p < 0,001$ ,  $p < 0,05$  i  $p < 0,10$ ) u mišićima i iznutricama švedskog landrasa.

Tabela 17. Korelacije mineralnog i osnovnog hemijskog sastava u mišićima švedskog landrasa

		kare	but	plećka
Na	Mg	0,809**		
Na	K	0,893*		
Na	Fe			-0,836*
Na	Cu	-0,866*		-0,768**
Na	Zn			-0,970 <sup>+</sup>
Na	As	0,945 <sup>+</sup>		0,786**
Mg	K	0,940 <sup>+</sup>		
Mg	Cu	-0,829*		
Mg	Zn			0,740**
Mg	As		-0,986 <sup>+</sup>	
Mg	proteini		0,929 <sup>+</sup>	
K	Fe		-0,844*	
K	Cu	-0,774**		
K	As	0,746**		
K	Se		0,852*	
Ca	As	0,814*		
Cr	Mn		0,767**	0,757**
Cr	Zn		0,801**	

Tabela 17. (nastavak)

		kare	but	plećka
Cr	proteini		-0,758**	
Cr	mast		0,850*	
Mn	Fe	0,839*	0,930 <sup>+</sup>	
Mn	Cu		0,797**	
Mn	Zn	0,771**	0,822*	
Mn	Se	-0,894*		
Mn	proteini	0,788**		
Fe	Cu		0,849*	0,965 <sup>+</sup>
Fe	Zn	0,809**	0,854*	0,915*
Fe	As			-0,947 <sup>+</sup>
Fe	Se	-0,776**	-0,744**	
Fe	proteini	0,862*		
Cu	Zn		0,857*	0,881*
Cu	As	-0,787**		-0,982 <sup>+</sup>
Cu	Se		-0,749**	
Zn	As			-0,905*
Zn	proteini	0,741	-0,762	
Zn	mast		0,894*	
As	H2O	-0,785**		
As	proteini		-0,902*	
As	mast	0,731**		
voda	mast	-0,834*		-0,934 <sup>+</sup>
proteini	mast		-0,925 <sup>+</sup>	

Statistički značajni nivoi: + $p < 0,001$ , \* $p < 0,05$  i \*\* $p < 0,10$

Tabela 18. Korelacije mineralnog i osnovnog kemijskog sastava u iznutricama švedskog landrasa

		bubreg	jetra
Na	Hg	-0,813*	
Mg	K	0,786**	0,961 <sup>+</sup>
Mg	Cr	0,900*	
Mg	Co	0,812*	
Mg	Zn	0,733**	
Mg	Se		0,944 <sup>+</sup>
K	Mn	0,926 <sup>+</sup>	
K	Fe	0,919*	
K	Zn	0,942 <sup>+</sup>	
K	Se		0,953 <sup>+</sup>
K	voda	-0,939 <sup>+</sup>	
K	proteini	0,929 <sup>+</sup>	
Ca	Mn	-0,731**	
Cr	Co	0,760**	
Cr	Cu	0,775**	
Mn	Fe	0,979 <sup>+</sup>	
Mn	Zn	0,949 <sup>+</sup>	
Mn	voda	-0,919*	-0,788**
Mn	proteini	0,804**	0,742**
Fe	Zn	0,894*	0,882*
Fe	voda	-0,920 <sup>+</sup>	0,766**
Fe	proteini	0,845*	
Co	Cu	0,753**	
Co	voda		-0,790**
Co	proteini		0,889*
Cu	Zn	0,797**	
Cu	As	0,824*	
Zn	voda	-0,889*	
Zn	proteini	0,775**	

Tabela 18. (nastavak)

		bubreg	jetra
As	Cd	-0,922 <sup>+</sup>	
As	proteini	0,733**	
Se	Pb	0,750**	
Se	proteini		0,741**
Se	mast	-0,836*	
Pb	proteini		0,758**
voda	proteini	-0,941 <sup>+</sup>	-0,842*

Statistički značajni nivoi: + $p < 0,001$ , \* $p < 0,05$  i \*\* $p < 0,10$

Pozitivna korelacija u sva tri ispitana mišića dokazana je za gvožđe i cink (kare  $r = 0,809$ ,  $p < 0,10$ ; but  $r = 0,854$ ,  $p < 0,05$ ; plećka  $r = 0,915$ ,  $p < 0,05$ ), za gvožđe/mangan (kare  $r = 0,839$ ,  $p < 0,05$ ; but  $r = 0,930$ ,  $p < 0,001$ ) i cink/mangan (kare  $r = 0,771$ ,  $p < 0,10$ ; but  $r = 0,822$ ,  $p < 0,05$ ) kod karea i buta, dok je kod buta i plećke utvrđena pozitivna korelacija za gvožđe/bakar (but  $r = 0,849$ ,  $p < 0,05$ ; plećka  $r = 0,965$ ,  $p < 0,001$ ) i cink/bakar (but  $r = 0,857$ ,  $p < 0,05$ ; plećka  $r = 0,881$ ,  $p < 0,05$ ). Kod karea i buta negativno koreliraju gvožđe i selen (kare  $r = -0,776$ ,  $p < 0,10$ ; but  $r = -0,744$ ,  $p < 0,10$ ).

Takođe, i kod jetre i kod bubrega veća koncentracija gvožđe uslovljava i veću koncentraciju cinka (bubreg  $r = 0,894$ ,  $p < 0,05$ ; jetra  $r = 0,882$ ,  $p < 0,05$ ), dok su pozitivne korelacije gvožđe/mangan (bubreg  $r = 0,979$ ,  $p < 0,001$ ), mangan/cink (bubreg  $r = 0,949$ ,  $p < 0,001$ ) i bakar/cink (bubreg  $r = 0,797$ ,  $p < 0,10$ ) karakteristične samo za bubrege. U bubregu za gvožđe, mangann i cink utvrđena je i pozitivna korelacija sa proteinima (gvožđe - proteini  $r = 0,845$ ,  $p < 0,05$ ; mangan - proteini  $r = 0,804$ ,  $p < 0,10$ ; cink - proteini  $r = 0,775$ ,  $p < 0,10$ ).

#### 4.4.2. Korelacije u mišićima i iznutricama mangulica

Kao što se može videti iz tabela 19 i 20, postoji veliki broj značajnih korelacija između mineralnog i osnovnog hemijskog sastava karea, buta, plečki i iznutrica na tri statistički značajna nivoa ( $p < 0,001$ ,  $p < 0,05$  i  $p < 0,10$ ).

Tabela 19. Korelacije mineralnog i osnovnog hemijskog sastava u mišićima mangulice

		kare	but	plečka
Na	Mg	-0,559 <sup>+</sup>	-0,569 <sup>+</sup>	
Na	Fe	0,423**		
Na	As	0,376**		
Na	voda			0,459*
Na	proteini	-0,568 <sup>+</sup>	-0,565 <sup>+</sup>	-0,596 <sup>+</sup>
Mg	K	0,666 <sup>+</sup>		0,528*
Mg	Fe		-0,549*	
Mg	Cu		0,437*	0,427**
Mg	As	-0,516*		
Mg	voda	0,623 <sup>+</sup>		0,403**
Mg	proteini	0,885 <sup>+</sup>	0,797 <sup>+</sup>	0,658 <sup>+</sup>
Mg	mast	-0,777 <sup>+</sup>	-0,373**	-0,674 <sup>+</sup>
K	Fe	-0,370**	-0,370**	
K	Cu			0,437*
K	Zn		-0,532*	
K	voda	0,596 <sup>+</sup>		0,382**
K	protein	0,481*		
K	mast	-0,614 <sup>+</sup>		
Ca	Fe		0,458*	
Ca	Cu			0,478*
Ca	Zn		0,452*	
Cr	Se	-0,484*		

Tabela 19. (nastavak)

		kare	but	plećka
Cr	mast		-0,386**	
Mn	Fe	0,587 <sup>+</sup>	0,415**	
Mn	Zn	0,590 <sup>+</sup>		
Mn	mast		-0,370**	0,384**
Fe	Zn	0,811 <sup>+</sup>	0,568 <sup>+</sup>	0,668 <sup>+</sup>
Fe	Se			-0,497*
Fe	voda		0,502*	
Cu	Zn			0,452*
Cu	As	-0,515*		
Cu	proteini		0,432**	0,493*
Cu	mast		-0,377**	
Zn	As		-0,440*	-0,469*
Zn	Se			-0,416**
Zn	voda	0,586 <sup>+</sup>	0,504*	
Zn	proteini	0,480*	0,406**	0,413**
Zn	mast	-0,592 <sup>+</sup>	-0,672 <sup>+</sup>	
voda	proteini	0,675 <sup>+</sup>		
voda	mast	-0,956 <sup>+</sup>	-0,849 <sup>+</sup>	-0,817 <sup>+</sup>
proteini	mast	-0,852 <sup>+</sup>	-0,554 <sup>+</sup>	-0,645 <sup>+</sup>

Statistički značajni nivoi: + $p < 0,001$ , \* $p < 0,05$  i \*\* $p < 0,10$

Tabela 20. Korelacije mineralnog i osnovnog kemijskog sastava u iznutricama mangulice

		bubreg	jetra
Na	Mg		0,365**
Na	Ca		0,465*
Na	Cu	0,378**	
Na	Zn	0,496*	
Na	Se	0,387**	
Na	Cd		-0,383**
Na	voda		0,803 <sup>+</sup>
Na	mast		0,583 <sup>+</sup>
Mg	K	0,885 <sup>+</sup>	
Mg	Ca		0,601 <sup>+</sup>
Mg	Mn	0,811 <sup>+</sup>	0,596 <sup>+</sup>
Mg	Fe	-0,364**	-0,478*
Mg	Co	0,372**	
Mg	Cu		0,662 <sup>+</sup>
Mg	Zn	0,633 <sup>+</sup>	0,472*
Mg	Se	0,757 <sup>+</sup>	
Mg	Cd	-0,407**	-0,587 <sup>+</sup>
Mg	Pb		-0,391**
Mg	voda		0,583 <sup>+</sup>
Mg	proteini	0,367**	0,822 <sup>+</sup>
K	Cr		0,365**
K	Mn	0,811 <sup>+</sup>	
K	Zn	0,629 <sup>+</sup>	
K	As		0,368**
K	Se	0,627 <sup>+</sup>	0,532*
K	Cd	-0,538*	
K	proteini	0,416**	
Ca	Cr	0,393**	0,393**
Ca	Co	-0,674 <sup>+</sup>	-0,674 <sup>+</sup>



Tabela 20. (nastavak)

		bubreg	jetra
Ca	Cd	-0,568 <sup>+</sup>	-0,568 <sup>+</sup>
Ca	Hg	0,587 <sup>+</sup>	0,587 <sup>+</sup>
Ca	voda	-0,390**	0,708 <sup>+</sup>
Ca	mast		0,552 <sup>+</sup>
Cr	As	0,564 <sup>+</sup>	0,564 <sup>+</sup>
Cr	Se	0,622 <sup>+</sup>	0,622 <sup>+</sup>
Cr	mast		0,522*
Mn	Se	0,367**	0,367**
Mn	Cd	-0,646 <sup>+</sup>	-0,646 <sup>+</sup>
Mn	proteini	0,407**	0,677 <sup>+</sup>
Fe	Zn	-0,525*	-0,525*
Fe	Cd	0,383**	0,383**
Fe	Pb	0,648 <sup>+</sup>	0,648 <sup>+</sup>
Fe	proteini		-0,506*
Co	As	0,419**	
Co	Cd		0,477*
Co	Hg		-0,647 <sup>+</sup>
Co	Pb	0,663 <sup>+</sup>	
Co	voda	-0,585 <sup>+</sup>	-0,498*
Co	proteini	0,479*	
Co	mast		-0,617 <sup>+</sup>
Cu	Zn	0,422**	0,648 <sup>+</sup>
Cu	proteini		0,626 <sup>+</sup>
Zn	Se	0,660 <sup>+</sup>	
Zn	Pb		-0,391**
Zn	proteini		0,514*
As	Se		0,531*
As	Hg	0,564 <sup>+</sup>	
As	Pb		0,510*
Se	mast		0,440 <sup>+</sup>

Tabela 20. (nastavak)

		bubreg	jetra
Cd	Hg	0,649 <sup>+</sup>	
Cd	voda		-0,486*
Cd	proteini		-0,563 <sup>+</sup>
Hg	Pb	0,386**	
Hg	voda		0,447*
Pb	proteini		-0,550 <sup>+</sup>
voda	proteini	-0,608 <sup>+</sup>	
voda	mast	-0,567 <sup>+</sup>	0,646 <sup>+</sup>

Statistički značajni nivoi: + $p < 0,001$ , \* $p < 0,05$  i \*\* $p < 0,10$

Slično rezultatima za švedskog landrasa, i kod mangulica je u sva tri mišića dokazano da viša koncentracija gvožđa istovremeno znači i viši nivo cinka (kare  $r = 0,811$ ,  $p < 0,001$ ; but  $r = 0,568$ ,  $p < 0,001$ ; plečka  $r = 0,668$ ,  $p < 0,001$ ). Gvožđe i mangan pozitivno koreliraju kod karea i buta (kare  $r = 0,587$ ,  $p < 0,001$ ; but  $r = 0,415$ ,  $p < 0,10$ ), dok povećanje cinka uslovljava povećanje i mangana samo kod karea (kare  $r = 0,590$ ,  $p < 0,001$ ).

Proteini pozitivno koreliraju sa magnezijumom i cinkom kod sva tri ispitana mišića (protein/magnezijum - kare  $r = 0,885$ ,  $p < 0,001$ ; but  $r = 0,797$ ,  $p < 0,001$ ; plečka  $r = 0,658$ ,  $p < 0,001$ ; protein/cink - kare  $r = 0,480$ ,  $p < 0,05$ ; but  $r = 0,406$ ,  $p < 0,05$ ; plečka  $r = 0,413$ ,  $p < 0,10$ ) i sa bakrom u butu i plečki (proteini /bakar - but  $r = 0,432$ ,  $p < 0,10$ ; plečka  $r = 0,493$ ,  $p < 0,05$ ), dok je negativna korelacija uočena u sva tri mišića za natrijum i proteine (kare  $r = -0,568$ ,  $p < 0,001$ ; but  $r = -0,565$ ,  $p < 0,001$ ; plečka  $r = -0,596$ ,  $p < 0,001$ ). Takođe, karakteristično je za sve tri mišićne regije da se sa povećanjem koncentracije magnezijuma nivo masti smanjuje (kare  $r = -0,777$ ,  $p < 0,001$ ; but  $r = -0,373$ ,  $p < 0,10$ ; plečka  $r = -0,674$ ,  $p < 0,001$ ).

Koncentracije magnezijuma u bubrezima i jetri su u pozitivnoj korelaciji sa koncentracijama mangana (bubreg  $r = 0,811$ ,  $p < 0,001$ ; jetra  $r = 0,596$ ,  $p < 0,001$ ),

cinka (bubreg  $r = 0,633$ ,  $p < 0,001$ ; jetra  $r = 0,472$ ,  $p < 0,05$ ) i proteina (bubreg  $r = 0,367$ ,  $p < 0,10$ ; jetra  $r = 0,822$ ,  $p < 0,001$ ), dok je sa gvždem u negativnoj korelaciji (bubreg  $r = -0,364$ ,  $p < 0,10$ ; jetra  $r = -0,478$ ,  $p < 0,05$ ). Pozitivna korelacija je utvrđena i za mangan/selen (bubreg  $r = 0,367$ ,  $p < 0,10$ ; jetra  $r = 0,367$ ,  $p < 0,10$ ), mangan/proteini (bubreg  $r = 0,407$ ,  $p < 0,10$ ; jetra  $r = 0,677$ ,  $p < 0,001$ ) i bakar/cink (bubreg  $r = 0,422$ ,  $p < 0,10$ ; jetra  $r = 0,648$ ,  $p < 0,001$ ). Za razliku od sva tri mišića mangulice u kojima gvožđe i cink pozitivno koreliraju, u jetri i bubrezima je utvrđena negativna korelacija ova dva elementa (bubreg  $r = -0,525$ ,  $p < 0,05$ ; jetra  $r = 0,525$ ,  $p < 0,05$ ). Značajno je istaći da povećane koncentracije magnezijuma (bubreg  $r = -0,407$ ,  $p < 0,10$ ; jetra  $r = -0,587$ ,  $p < 0,001$ ), kalcijuma (jetra  $r = -0,568$ ,  $p < 0,001$ ; bubreg  $r = -0,568$ ,  $p < 0,001$ ) i mangana (jetra  $r = -0,646$ ,  $p < 0,001$ ; bubreg  $r = -0,646$ ,  $p < 0,001$ ) u iznutricama mangulice uslovljavaju niže koncentracije kadmijuma, dok je za odnos gvožđe/kadmijum dokazana pozitivna korelacija (jetra  $r = 0,383$ ,  $p < 0,10$ ; bubreg  $r = 0,383$ ,  $p < 0,10$ ).

#### **4.5. Analiza glavnih komponenata i klsterska analiza osnovnog hemijskog i mineralnog sastava mišića i iznutrica švedskog landrasa i mangulice**

Analiza glavnih komponenata (*eng. Principal Component Analysis - PCA*) i klsterska analiza (*eng. Cluster Analysis - CA*) su korišćene za ispitivanje odnosa između posmatranih elemenata i parametara osnovnog hemijskog sastava u uzorcima svinjskog mesa i iznutrica (švedski landras i mangulica), kao i za grupisanje uzoraka prema sličnosti po posmatranim parametrima.

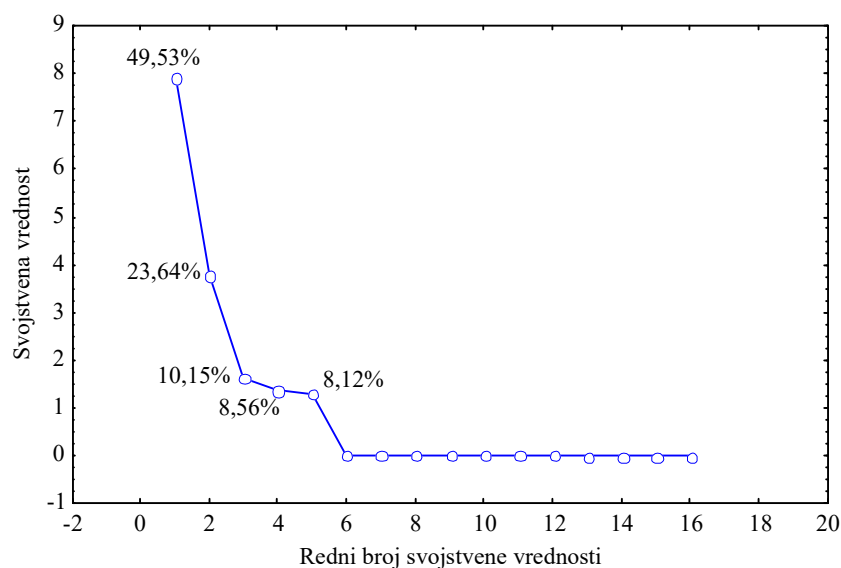
PCA analiza je uspešno primenjena da se klasifikuju i odvoje različiti uzorci u faktorskoj ravni tehnikom prepoznavanja sličnosti na osnovu eksperimentalnih vrednosti.

Klsterska analiza je primenjena da bi se razdvojili uzorci po grupama na osnovu razlika u koncentraciji elemenata i sadržaju osnovnih hemijskih parametara. Eksperimentalno izmereni podaci su poslužili kao koordinatne vrednosti za svaki

uzorak u 19-dimenzionalnom prostoru (posmatrane promenljive su bile: Fe, Zn, Cu, Mn, Se, Cr, Co, Ni, Na, Mg, K, Ca, Cd, Pb, As, Hg, sadržaj vode, proteina i masti). Na osnovu njihovog položaja u faktorskoj ravni nacrtana su dva dendograma (za uzorke karea, buta i plečke švedskog landrasa i mangulice, kao i za uzorke jetre i bubrega švedskog landrasa i mangulice). U ovim istraživanjima računate su ukupne povezanosti tačaka (*eng.* complete linkage), a rastojanja su merena korišćenjem City-block (Manhattan) udaljenosti.

#### 4.5.1. Analiza glavnih komponenti osnovnog hemijskog i mineralnog sastava mišića i iznutrica švedskog landrasa i mangulica

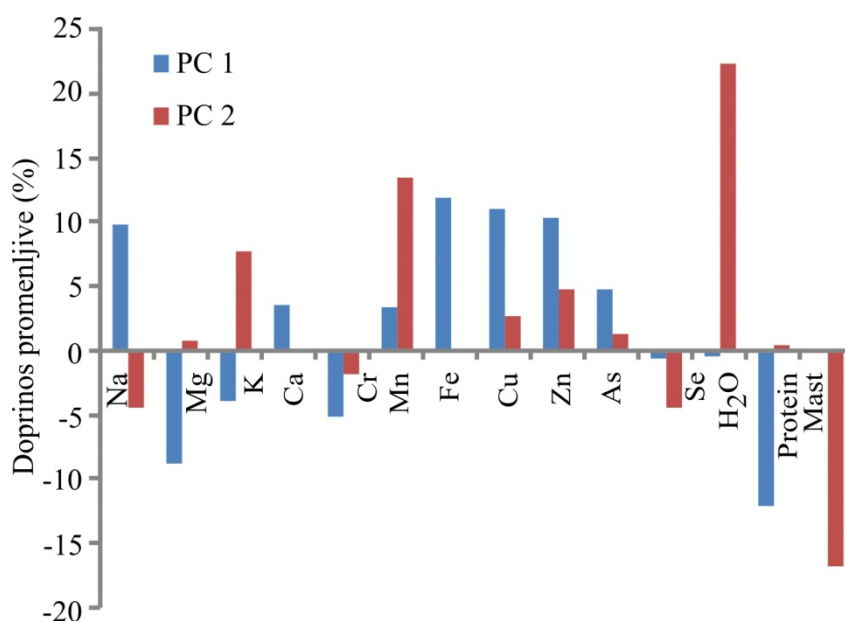
Analiza glavnih komponenti omogućava da se značajno smanji broj promenljivih koje učestvuju u analizi, a omogućava i detektovanje i analizu skrivene strukture između mernih veličina i odzivnih promenljivih koje se ispituju. Na slici 20 prikazan je tzv. "Scree" dijagram, koji na ordinatnoj osi prikazuje svojstvene vrednosti matrice, na apscisi prikazuje redne brojeve svojstvenih koordinata, a na tačkama prikazuje koliko varijanse (u procentima) je prikazano svakom svojstvenom vrednošću. Sa slike 20 se vidi da prve dve faktorske koordinate prikazuju 73,17% ukupne varijabilnosti, što je dovoljno za prikaz celokupne varijabilnosti pošto je ovaj zbir veći od 70%.



Slika 20. Varijabilnost faktorskih koordinata

Na slici 21 prikazan je doprinos promenljivih na izračunavanje prve (plava boja) i druge faktorske koordinate (crvena boja) u PCA analizi. Doprinos svake promenljive može da bude negativan ili pozitivan, što se određuje u odnosu na položaj bara u odnosu na ordinatnu osu na grafiku.

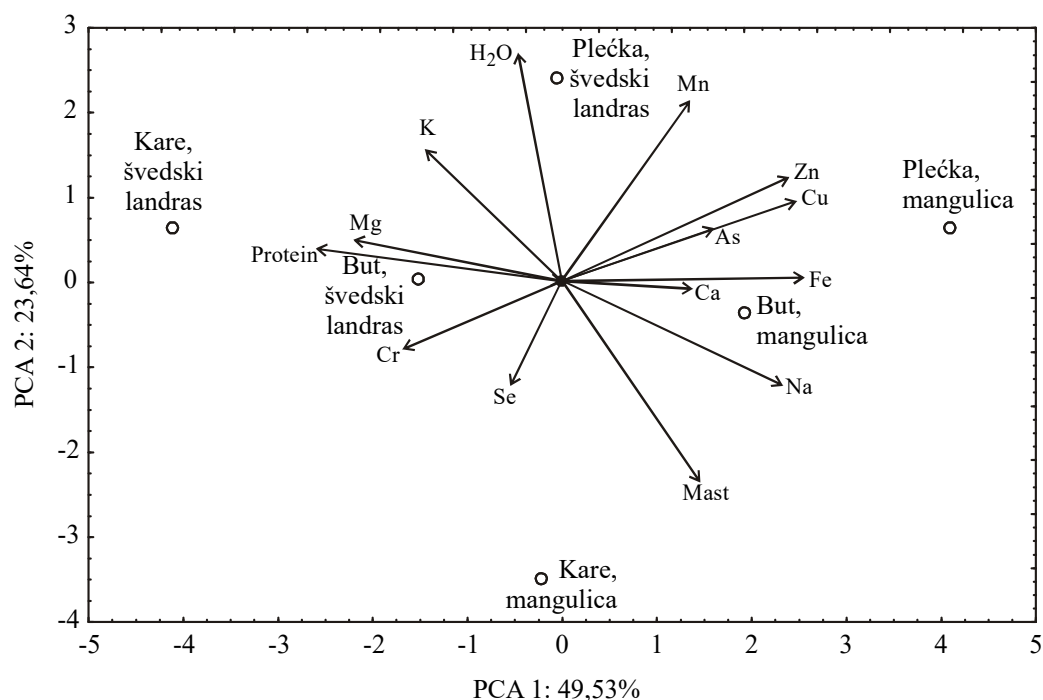
Sadržaj gvožđa (koja prikazuje 13,2% ukupne varijanse na osnovu korelacije), bakra (11,7%), cinka (11,1%) i natrijuma (11,0%) imali su najznačajniji pozitivni uticaj na računanje prve glavne komponente, dok su najznačajniji negativni doprinosi bile koncentracije proteina (13,4%), magnezijuma (9,7%) i hroma (5,8%). Najznačajniji pozitivni uticaji na izračunavanje druge glavne koordinate ostvareni su preko koncentracija - voda (24,1%), mangan (20,1%) i kalijum (11,3%) dok su najznačajniji negativni uticaj imale koncentracije masti (18,1%).



Slika 21. Doprinos promenljivih na izračunavanje prve i druge faktorske koordinate

Rezultati merenih parametara (deskriptora) su grafički prikazani na PCA grafiku za kare, but i plečku kod švedskog landrasa i mangulice (slika 22) korišćenjem prve dve

glavne komponente, koje su dobijene iz PCA analize. Na slici 22 se može videti da je izvršeno uspješno razdvajanje 6 uzoraka (kare švedskog landrasa, kare mangulice, but švedskog landrasa, but mangulice, plečka švedskog landrasa i plečka mangulice).



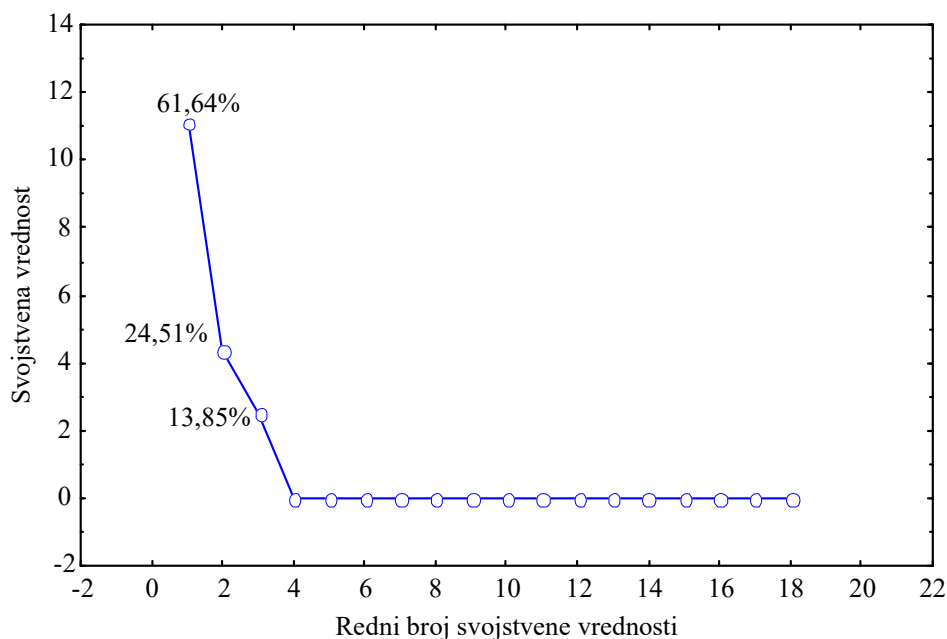
Slika 22. Biplot grafik sadržaja elemenata i parametara osnovnog hemijskog sastava za kare, but i plečku švedskog landrasa i mangulice

Plečka mangulice ima veći sadržaj cinka, bakra, gvožđa i natrijuma, i lociran je na desnoj strani grafika. Nešto manje vrednosti ovih elemenata se nalaze i u butu mangulice. Povećane vrednosti magnezijuma i hroma, kao i proteina nađene su u kareu švedskog landrasa, a nešto manje vrednosti ovih parametara su zapažene u butu švedskog landrasa. Veće koncentracije kalijuma i mangana, kao i vode zapažene su u plečki švedskog landrasa, a povećana količina masti uočena je u kareu mangulice.

Na osnovu ovih rezultata uočava se da prva glavna koordinata opisuje razlike u vrsti mišića, dok druga glavna koordinata opisuje razlike u vrstama svinja. Sa PCA grafika jasno se uočava i razlika između različitih vrsta svinja: mangulice imaju povećane

vrednosti masti, cinka, bakra, gvožđa i natrijuma, u odnosu na švedskog landrasa koje imaju više kalijuma, mangana, magnezijuma, hroma i proteina.

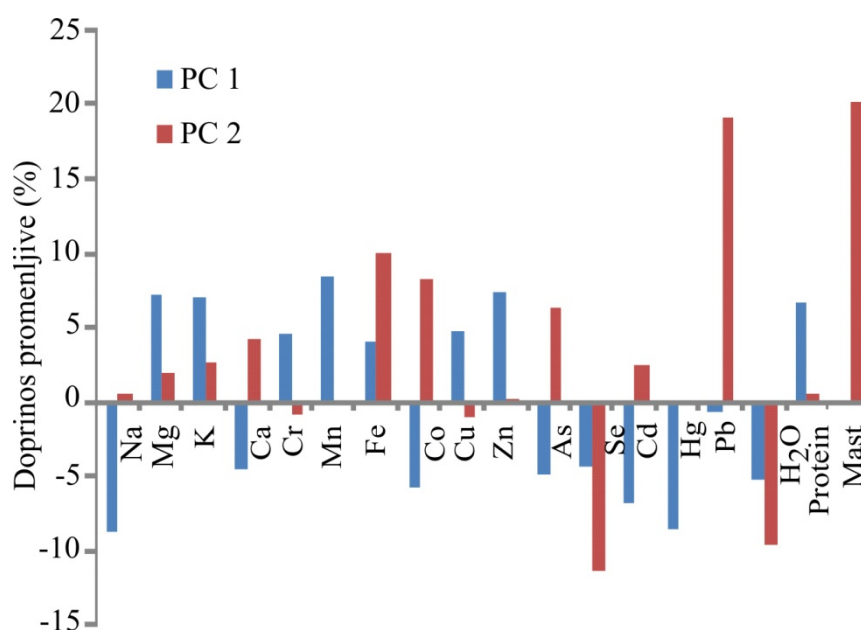
Na slici 23 prikazan je "Scree" dijagram ispitivanih iznutrica na kome se vidi da prve dve faktorske koordinate prikazuju 86,15% ukupne varijabilnosti, što je dovoljno za prikaz celokupne varijabilnosti (pošto je ovaj zbir veći od 70%).



Slika 23. Varijabilnost faktorskih koordinata

Na slici 24 prikazan je doprinos promenljivih na izračunavanje prve (plava boja) i druge faktorske koordinate (crvena boja) u PCA analizi.

Sadržaj mangana (koja prikazuje 8,5% ukupne varijanse, na osnovu korelacije), cinka (7,4%), magnezijum (7,2%), kalijum (7,0%) i proteina (6,7%) imali su najznačajniji pozitivni uticaj na računanje prve glavne komponente, dok su najznačajniji negativni doprinosi bili nivoi natrijuma (8,8%), žive (8,6%), kadmijuma (6,9%), kobalta (5,7%) i vode (5,2%). Najznačajniji pozitivni uticaji na izračunavanje druge glavne koordinate ostvareni su preko koncentracija: voda (9,7% ukupne varijanse, na osnovu korelacije) i selena (11,4%), dok su najznačajniji negativni uticaj imale koncentracije: masti (20,4%), olova (14,5%), gvožđa (10,0%), kobalta (6,5%) i arsena (5,7%).

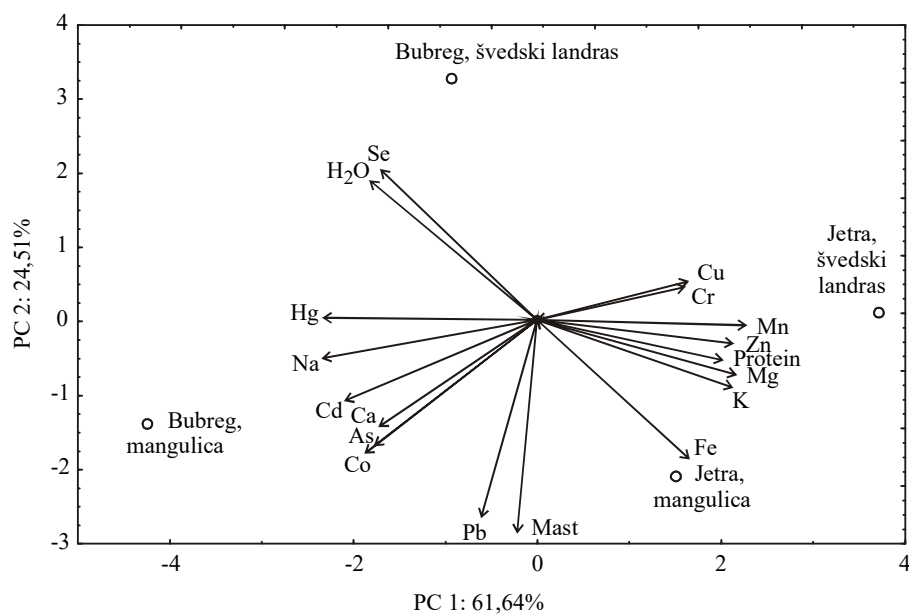


Slika 24. Doprinos promjenljivih na izračunavanje prve i druge faktorske koordinate

Rezultati merenih parametara (deskriptora) su grafički prikazani na PCA grafiku za jetru i bubrege kod švedskog landrasa i mangulice (slika 25) korišćenjem prve dve glavne komponente, koje su dobijene iz PCA analize. Na slici 25 se može videti da je izvršeno uspešno razdvajanje grupa podataka za 4 uzorka (jetra švedskog landrasa, jetra mangulice, bubrege švedskog landrasa i bubrege mangulice).

Jetra švedskog landrasa ima veći sadržaj bakra, hroma, mangana, cinka, magnezijuma, kalijuma i proteina i locirana je na desnoj strani grafika, a veće vrednosti olova, gvožđae i masti ima jetra mangulice na donjem delu PCA slike. Bubrege švedskog landrasa ima veće vrednosti vode i selena (lociran je na gornjem delu grafika), a bubrege mangulice ima veće vrednosti žive, natrijuma, kadmijuma, kalcijuma, arsena i kobalta (nalazi se na donjem levom delu grafika). Na osnovu ovih rezultata uočava se da prva glavna koordinata opisuje razlike u iznutricama, dok druga glavna koordinata opisuje razlike u vrstama svinja.



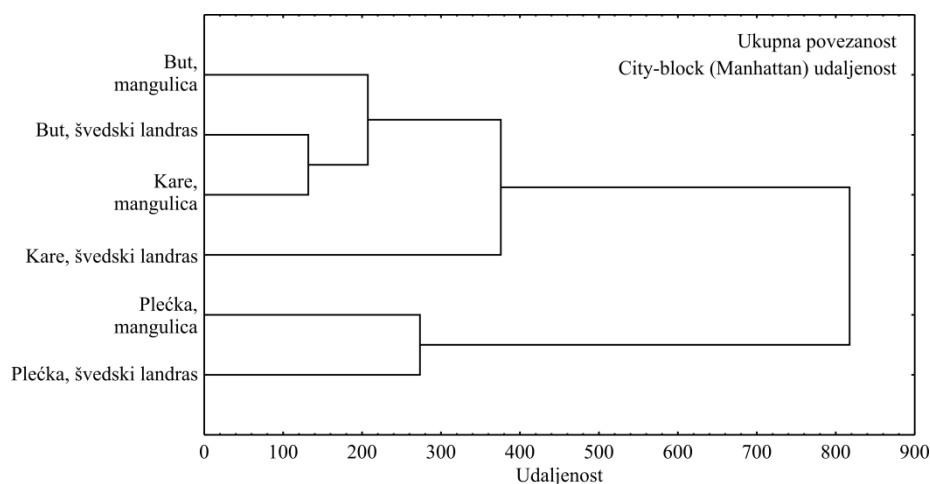


Slika 25. Biplot grafik sadržaja elemenata i parametara osnovnog hemijskog sastava za jetru i bubreg švedskog landrasa i mangulice

#### 4.5.2. Klasterska analiza osnovnog hemijskog i mineralnog sastava mišića i iznutrica švedskog landrasa i mangulice

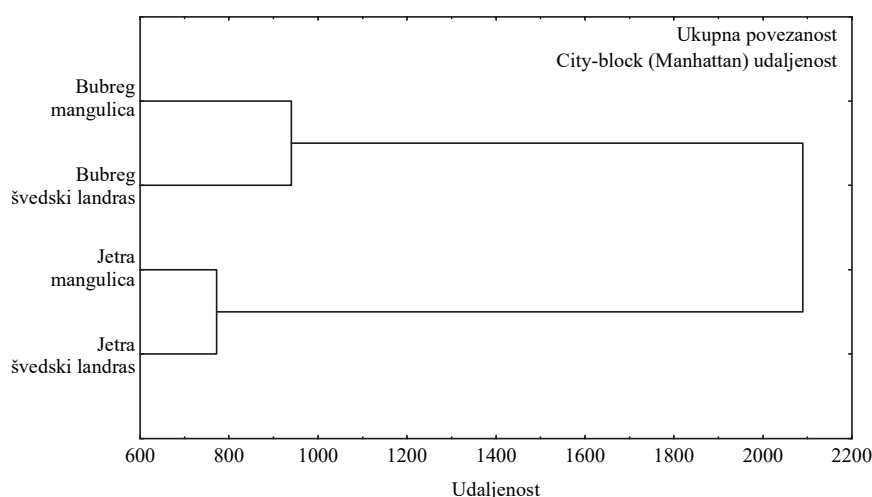
Dendogram na slici 26 prikazuje CA analizu za testirane uzorke karea, buta i plečke švedskog landrasa i mangulice. Računate su ukupne povezanosti tačaka, a rastojanja između tačaka u 19-dimenzionalnom koordinatnom prostoru su merena korišćenjem City-block (Manhattan) rastojanja. City-block rastojanja, koja se prikazuju na ordinatnoj osi grafika, su merene kao srednje razlike između dimenzija različitih uzoraka. Merenje udaljenosti City-block daje rezultate slične Euklidskom merenju, ali je to merenje pogodnije zato što je smanjen uticaj pojedinačnih velikih udaljenosti (autlajer, *eng.* outlier), pošto se ne računaju kvadrati vrednosti pojedinačnih koordinata.

Na dendogramu se primećuju dva odvojena klastera - prvi koji obuhvata uzorke buta i kare (koji su najbliži po koncentraciji elemenata i hemijskom sastavu), a drugi klaster obuhvata uzorke plečke mangulice i švedskog landrasa.



Slika 26. Dendrogram za testirane uzorke karea, buta i plečke švedskog landrasa i mangulice

Slika 27 prikazuje dendrogram za CA analizu za testirane uzorke jetre i bubrega švedskog landrasa i mangulice. Na dendrogramu se primećuju dva odvojena klastera - prvi koji obuhvata uzorke bubrega švedskog landrasa i mangulica, i drugi koji obuhvata uzorke jetre (što odgovara PCA analizi, gde prva glavna osa pokazuje razlike između jetre i bubrega). Veće razlike između dve vrste svinja uočavaju se za bubrege, a sličnije su jetre između mangulice i švedskog landrasa.



Slika 27. Dendrogram za CA analizu za testirane uzorke jetre i bubrega švedskog landrasa i mangulice

## 5. ZAKLJUČCI

Cilj ove doktorske disertacije bio je da se, na osnovu ispitivanja sadržaja 16 elemenata (natrijum, magnezijum, kalcijum, kalijum, hrom, mangan, gvožđe, kobalt, nikl, bakar, cink, arsen, selen, kadmijum, živa i olovo) u mišićima (kare, but i plećka), jetri i bubrezima intenzivno i ekstenzivno gajenih svinja u Srbiji, kao i u hrani korišćenoj u uzgoju svinja, uporedi mineralni sastav različito uzgajanih svinja kao i različitih mišićnih regija. Takođe, razmatran je uticaj različitih načina uzgoja svinja na mineralni sadržaj mišića, jetre i bubrega svinja, kao i međusobna korelacija koncentracija ispitivanih elemenata u hrani za svinje i tkivima i organima svinja. Određen je i osnovni hemijski sastav mišića, jetre i bubrega obe vrste svinja.

Na osnovu rezultata ispitivanja mogu se izvesti sledeći zaključci:

- utvrđeno je da je sadržaj mikroelemenata kod različito gajenih svinja različit: sadržaj Fe, Zn i Cu je veći kod mišića ekstenzivno gajenih svinja, dok je kod iznutrica to slučaj samo sa Fe;
- kod makroelemenata dokazano je da mišići i iznutrice ekstenzivno gajenih svinja sadrže veće koncentracije Na;
- određene dokazane razlike mineralnog sastava mišića i iznutrica mogu se dovesti u vezu sa mineralnim sastavom hrane za svinje kao i stanjem životne sredine u kojoj su gajene mangulice;
- utvrđeno je da se mineralni sastav različitih mišićnih regija obe vrste svinja razlikuje: plećka ima najviše Fe, Zn i Cu;
- dokazane su pozitivne korelacije sadržaja elemenata u mišićima kod obe ispitivane vrste svinja za Fe/Zn i Fe/Mn;
- koncentracije toksičnih elemenata, prvenstveno kadmijuma, značajno su više u iznutricama ekstenzivno gajenih svinja, što je pored razlike u ishrani rezultat i dužeg tova;
- koncentracija kadmijuma u iznutricama mangulice je u pozitivnoj korelaciji sa Fe a u negativnoj sa Ca, Mg i Mn;

- dokazana je statistički značajna razlika u osnovnom hemijskom sastavu mišića intenzivno i ekstenzivno gajenih svinja – mangulice imaju više masti, dok je kod švedskog landrasa značajno veći sadržaj vode i proteina;
- kod mišića mangulice utvrđeno je da sa povećanjem sadržaja proteina raste i koncentracija Mg i Zn, dok se koncentracija Na smanjuje.

## LITERATURA

- Abdi H, Williams LJ. 2010. Principal component analysis, *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*, 2, 433–459.
- Adei E, Forson-Adaboh K. 2008. Toxic (Pb, Cd, Hg) and essential (Fe, Cu, Zn, Mn) metal content of liver tissue of some domestic and bush animals in Ghana. *Food Additives and Contaminants*, 1:100–105.
- Adrogué HJ, Madias NE. 2007. Sodium and Potassium in the Pathogenesis of Hypertension. *The New England Journal of Medicine*, 356:1966-1978.
- Andrée S, Jira W, Schwind K-H, Wagner H, Schwagele F. 2010. Chemical safety of meat and meat products. *Meat Science*, 86:38–48.
- Anketa o potrošnji domaćinstava, 2016. Republički zavod za statistiku Srbije. Bilten. 2017; 627.
- ANSES - French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety (2010) <http://www.anses.fr/en/>. Accessed 15 February 2017
- Arsenović M. 2013. Optimizacija i predviđanje kvaliteta materijala, procesa i krajnjih osobina opekarskih proizvoda matematičkim modelovanjem karakterističnih parametara, doktorska disertacija. Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu, 14-15.
- ATSDR. 1999. Toxicological profile for mercury, U.S. Department of health and human services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry. USA, 1999.
- ATSDR. 2004. Interaction profile for: arsenic, cadmium, chromium, and lead. Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry. USA, 2004.
- ATSDR. 2007. Toxicological profile for Lead, Public Health Service. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. USA, 2007.
- ATSDR. 2008. Draft Toxicological profile for Cadmium. Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry. USA, 2008.
- ATSDR. 2016. Addendum to the toxicological profile for arsenic. Agency for Toxic Substances and Disease Registry Division of Toxicology and Human Health Sciences. USA, 2016.

- Bilandžić N, Đokić M, Sedak M. 2010. Survey of arsenic, copper, mercury and lead in kidney of cattle, horse, sheep and pigs from rural areas in Croatia. *Food Additives and Contaminants, Part B*, 3:172-177.
- Bilandžić N, Sedak M, Đokić M, Varenina I, Solomun-Kolanović B, Božić Đ, Brstilo M, Sokolić-Mihalak D, Jurković Z. 2013. Comparative study of iron, magnesium and zinc and daily intakes in certain meats and meat products. *Slovenian Veterinary Research*, 50:103-110.
- Blanco-Penedo I, Shore RF, Miranda M, Benedito JL, López-Alonso M. 2009. Factors affecting trace element status in calves in NW Spain. *Livestock Science*, 123:198-208.
- Bao YM, Choct M, Iji PA, Bruerton K. 2010. The Digestibility of Organic Trace Minerals along the Small Intestine in Broiler Chickens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 23(1):90-97.
- Bremner I. 1979. Mammalian absorption transport and excretion of cadmium. In M Webb (editor). *The chemistry, biochemistry and biology of cadmium. Topics in environmental health.* (pp. 175-193). Amsterdam: Elsevier.
- Brzóška MM, Moniuszko-Jakoniuk J. 2001. Interactions between cadmium and zinc in the organism. *Food and Chemical Toxicology*, 39:967–980.
- Butko D, Sencic D, Antunovic Z, Sperand M, Steiner Z (2007) Pork carcass composition and the meat quality of the Black Slavonian pig – the endangered breeds in the indoor and outdoor keeping system. *Poljoprivreda*, 13:167-171
- Cabata-Pendias A. 2011. *Trace elements in soils and plants*, 4th ed. Taylor & Francis Group, Boca Raton London New York.
- Cava R, Estévez M, Ruiz J, Morcuende D. 2003. Physicochemical characteristics of three muscles from free-range reared Iberian slaughter at 90 kg live weight. *Meat Science*, 63:533–541.
- Centers for disease control and prevention. 2001. <https://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/00051880.htm>.
- Clarkson TW, Magos L, Myers GJ. 2003. The Toxicology of Mercury — Current Exposures and Clinical Manifestations. *The New England Journal of Medicine*, 349:1731-7.

- Cosgrove M, Flynn A, Kiely M. 2005. Consumption of red meat, white meat and processed meat in Irish adults in relation to dietary quality. *British Journal of Nutrition*, 93(6):933–942.
- Das K.K., Das S.N., Dhundasi S.A. 2008. Nickel, its adverse health effects & oxidative stress. *Indian Journal of Medical Research*, 128:412-425.
- De Smet S, Vossen E. 2016. Meat: The balance between nutrition and health. A review. *Meat Science*, 120:145-156.
- DFCF. 2015. Danish Food Composition Databank Available from: <http://www.foodcomp.-dk/>. Accessed 15 February 2017
- DRI. 2011. Dietary Reference Intakes: Recommended Dietary Allowances and Adequate Intakes, Elements, Food and Nutrition Board, Institute of Medicine, National Academies. National Institutes of Health (NIH), Office of Dietary Supplements.  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK56068/table/summarytables.t3/?report=objectonly>
- Dinovic-Stojanovic J, Nikolic D, Vranic D, Babic J, Milijasevic M, Pezo L, Jankovic S. 2017. Zinc and magnesium in different types of meat and meat products from the Serbian market. *Journal of Food Composition and Analysis*, 59:50-54.
- Estevez M, Morcuende D, Cava Lopez R. 2003. Physico-chemical characteristics of *m. longissimus dorsi* from three lines of free-range reared Iberian pigs slaughtered at 90kg live-weight and commercial pigs: a comparative study. *Meat Science*, 64: 499-506.
- European Commission. 2006. Commission Regulation (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuff. *Off J EU*. L364:5-24.
- Falandsyz J. 1993. Some toxic and essential trace metals in swine from Northern Poland. *Science of Total Environmental*, 136:193-204.
- FAO. 2004. FAO Joint. World Health Organization. Vitamin and Mineral Requirements in Human Nutrition: Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation Bangkok, Thailand, 21.-30.9.1988.
- FAO. 2009. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). *Agribusiness handbook*. Rome, Italy: Red Meat.

- FAO. 2016. <http://www.fao.org/ag/aginfo/themes/en/meat/backgrsource.html>;  
<http://www.fao.org/ag/aginfo/themes/en/pigs/home.html>
- FAO/WHO. Human Vitamin and Mineral Requirements; Report of a joint FAO/WHO expert consultation (Bangkok, Thailand); FAO/WHO: Rome, Italy, 2002.
- Fick KR, Ammerman CB, Miller S, Simpson CF, Loggins PE. 1976. Effect of dietary lead on performance, tissue mineral composition and lead absorption in sheep. *Journal of Animal Science*, 42:515-523.
- Filipović Marijić V. 2004. Metalotioneini i tragovi metala u nekim ribama jadranskog priobalnog područja Hrvatske, magistarski rad. Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu.
- FINELI. 2015. National Food Composition Database in Finland, National Institute for Health and Welfare. <http://www.fineli.fi/fineli/en/index/>. Accessed 15 February 2017
- Forrest JC, Aberle ED, Hedrick HB, Judge MD, Merkel RA. 1975. *Principles of Meat Science*. San Francisco, CA: W.H. Freeman 1975.
- Fuks DL, Kiv AE. 2013. Correlation between the composition and the rate of ionic transport in perovskites. *Advanced Materials Letters*, 4(5):328-331.
- Gajić Z, Isakov V. 2000. Genetic and energy effects on pig meat quality. In: Wenk C, Fernandez A, Dupuis M (eds) *Quality of meat and fat in pigs as affected by genetics and nutrition. Proceedings of the joint session of the EAAP commissions on pig production, animal genetics and animal nutrition*. Zurich, Switzerland, EAAP publication no. 100, pp 115-118.
- García-Fernández AJ, Sánchez-García JA, Gómez-Zapata M, Luna A. 1996. Distribution of cadmium in blood and tissues of wild birds. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 30:252-258.
- Geissler C, Singh M. 2011. Iron, meat and health. *Nutrients*, 3(3):283-316.
- Goyer RA. 1986. Toxic effects of metals. In: Klaassen CD, Amdur M, Doull J. Casarett and Doull's *Toxicology. The basic science of poisons*. 3rd ed. – New York: Macmillan Publishing Company, 582–635.
- Goyer RA. 1997. Toxic and essential metal interactions. *Annual Review of Nutrition*, 17:37–50.



- Grawe KP, Thierfelder T, Jorhem L, Oskarsson A. 1997. Cadmium levels in kidneys from Swedish pigs in relation to environmental factors – temporal and spatial trends. *Science of Total Environmental*, 208:111–122.
- Gyori Z, Kovacs B, Daniels P, Szabo P, Phillips C. 2005. Cadmium and lead in Hungarian porcine products and tissues. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 85:1049–1054.
- Hatfield DL. In: *Selenium. Its molecular biology and role in human health*. Hatfield DL, editor. Boston: Kluwer Academic Publishers; 2001.
- Health Canada. 2016. [www.hc-sc.gc.ca](http://www.hc-sc.gc.ca). (accessed 11.11.2015).
- Higgs J. 2000. The changing nature of red meat: 20 years of improving nutritional quality. *Trends in Food Science and Technology*, 11:85–95.
- Hollo G, Seregi J, Ender K, Nurnberg K, Wegner J, Seeger J, Hollo I, Repa I. 2003. Examination of meat quality and fatty acid composition of Mangalitsa. *Acta Agraria Kaposvariensis*, 7:19-32.
- Holmes L. 2001. Determination of thorium by ICP-MS and ICP-OES. *Radiation Protection Dosimetry*, 97(2):117-122.
- IARC. 1993. International Agency on Research of Cancer. IARC Cancer Databases (Internet). Available from: <http://www.iarc.fr>
- Ibrahim D, Froberg B, Wolf A, Rusyniak DE. 2006. Heavy metal poisoning: Clinical presentations and pathophysiology. *Clinics in Laboratory Medicine*, 27(1): 67-97.
- INRAN. 2007. Istituto Nazionale di Ricerca per gli Alimenti e la Nutrizione. [http://www.inran.it/646/tabelle\\_di\\_composizione\\_degli\\_alimenti.html/](http://www.inran.it/646/tabelle_di_composizione_degli_alimenti.html/) Accessed 15 February 2017.
- Jalil A, Selles F, Clarke JM. 1994. Effect of cadmium on growth and the uptake of cadmium and other elements by durum wheat. *Journal of Plant Nutrition*, 17:1839-1895.
- Järup L, Bellander T, Hogstedt C, Spang G. 1998. Mortality and cancer incidence in Swedish battery workers exposed to cadmium and nickel. *Occupational and Environmental Medicine*, 55:755-759.
- Jokanović MR, Tomović VM, Sojić BV, Skaljac SB, Tasić TA, Ikonić PM, Kevresan ZS. 012. Cadmium in meat and edible offal of free-range reared Swallow-belly

- Mangulica pigs from Vojvodina (northern Serbia). *Food Additives and Contaminants, Part B*, 6:98-102.
- Karolyi D, Luković Z, Salapaj K. 2010. Crna slavonska svinja. *Meso*, 12(4): 222-230.
- Keil DE, Berger-Ritchie J, McMillin GA. 2011. Testing for Toxic Elements: A Focus on Arsenic, Cadmium, Lead, and Mercury. *Labmedicine*, 42(12):735-42.
- Kim DH, Seong PN, Cho SH, Kim JH, Lee JM, Jo C, Lim DG. 2009. Fatty acid composition and meat quality traits of organically reared Korean native black pigs. *Livestock Science*, 120:96-102.
- Kim JH, Seong PN, Cho SH, Park BY, Hah KH, Yu LH, Lim DG, Hwang IH, Kim DH, Lee JM, Ahn CN. 2008. Characterization of nutritional value for twenty-one pork muscles. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 21:138-143.
- Korsrud GO, Meldrum JB, Salisbury CD, Houlahan BJ, Saschenbrecker PW, Tittiger F. 1985. Trace element levels in liver and kidney from cattle, swine and poultry slaughtered in Canada. *Canadian Journal of Comparative Medicine*, 49:159-163.
- Kumaresan A, Bujarbaruah KM, Pathak KA, Das A, Ramesh T. 2009. Mineral profiling of local pig-feeds and pigs reared under resource driven production system to reduce porcine mineral deficiency in subtropical hill ecosystem of Northeastern India. *Tropical Animal Health and Production*, 41:669-675.
- Linden A. 2002. Biomonitoring of cadmium in pig production, Doctoral dissertation. Uppsala: Acta Universitatis Agriculturae Sueciae Veterinaria, 126.
- Linder MC, Hazegh-Azam M. 1996. Copper Biochemistry and Molecular Biology. *American Journal of Clinical Nutrition*, 63:797-811.
- Lombardi-Boccia G, Lanzi S, Aguzzi A. 2005. Aspects of meat quality: Trace elements and B vitamins in raw and cooked meats. *Journal of Food Composition and Analysis*, 18:39-46.
- Lombardi-Boccia G, Lanzi S, Aguzzi A. 2005. Aspects of meat quality: Trace elements and B vitamins in raw and cooked meats. *Journal of Food Composition and Analysis*, 18:39-46.
- Lombardi-Boccia G, Martínez-Domínguez B, Aguzz A, Rincón-León F. 2002. Optimization of heme iron analysis in raw and cooked red meat. *Food Chemistry*, 78(4):505-510.

- López-Alonso M, García-Vaquero M, Benedito JL, Castillo C, Miranda M. 2012. Trace mineral status and toxic metal accumulation in extensive and intensive pigs NW Spain. *Livestock Science*, 146:47–53.
- López-Alonso M, Miranda M, Castillo C, Hernández J, García-Vaquero M, Benedito JL. 2007. Toxic and essential metals in liver, kidney and muscle of pigs at slaughter in Galicia, north-west Spain. *Food Additives and Contaminants*, 24:943–954.
- MacLachlan DJ, Dixon F, Klim E, Lutze J, Matisons M, Moir D, Smith G. 2015. An investigation into exposure of pigs to lead from contaminated zinc oxide in 2007–2008. *Australian Veterinary Journal*, 93:72–78.
- Maes M, Vandoolaeghe E, Neels H, Demedts P, Wauters A, Meltzer HY, Altamura C, Desnyder R. 1997. Lower serum zinc in major depression is a sensitive marker of treatment resistance and of the immune/inflammatory response in that illness. *Biological Psychiatry*, 42:349–358.
- Marchello MJ, Slinger WD, Milene DB. 1985. Macro and micro minerals from selected muscles of pork. *Journal of Food Science*, 50:1375-1378.
- McLaughlin MJ, Tiller KG, Naidu R, Stevens DP. 1996. Review: The behaviour and environmental impact of contaminants in fertilizers. *Australian Journal of Soil Research*, 34:1-54.
- McLoughlin IJ, Hodge JS. 1990. Zinc in depressive disorder. *Acta Psychiatrica Scandinavica*, 82:451–453.
- McNeill S, Van Elswyk ME. 2012. Red meat in global nutrition. *Meat Science*, 92(3):166–173.
- NRC, 2005. *Mineral Tolerance of Animals 2nd Revised Edition*. Committee on Minerals and Toxic Substances in Diets and Water for Animals. National Research Council National Academies Press, NY.
- Nutridibaze. 2016. Czech Food Composition Database. <http://www.nutridatabase.cz/en/search-food-data/>. Accessed 15 February 2017
- Pacyna EG, Pacyna JM, Sundseth K, Munthe J, Kindbom K, Wilson S, Steenhuisen F, Maxson P. 2010. Global emission of mercury to the atmosphere from anthropogenic sources in 2005 and projections to 2020. *Atmospheric Environment*, 44:2487–2499.

- Parunović N, Petrović M, Matekalo-Sverak V, Radojković D, Vranić D, Radović C. 2012. Cholesterol and total fatty acid content in *m. longissimus dorsi* of Mangalitsa and Swedish Landrace. *Acta Alimentaria*, 41:161-171.
- Parunović N, Petrović M, Matekalo-Sverak V, Radović C, Stanišić N. 2013. Carcass properties, chemical content and fatty acid composition of the *musculus longissimus* of different pig genotypes. *South African Journal of Animal Science*, 43:123-136.
- Pereira PMDCC, Vicente AFDRB. 2013. Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet. *Meat Science*, 93(3):586–592.
- Petričević A, Kralik G, Maltar Z. 1990. Kvaliteta polovica i mesa različitih genotipova svinja. 2. Kvalitativne osobine mesa velikog jorkšira, švedskog landrasa i njihovih križanaca. *Tehnologija mesa*, (2):43-45.
- Petrović M, Radović C, Parunović N, Mijatović M, Radojković D, Aleksić S, Stanišić N, Popovac M. 2010. Quality traits of carcass sides and meat of Moravka and Mangalitsa pig breeds. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 26:21-27.
- Petrović M, Radović C, Parunović N, Radojković D, Savić R. 2012. Composition of carcass sides and quality of meat from swallow-belly Mangalitsa reared in two systems. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 28:303-311.
- Petrović M, Wähner M, Radović C, Radojković D, Parunović N, Savić R, Brkić N. 2014. Fatty acid profile of *m. longissimus dorsi* of Mangalitsa and Moravka pig breeds. *Archiv Tierzucht*, 57:1-12
- Pirrone N, Cinnirella S, Feng X, Finkelman RB, Friedli HR, Leaner J, Mason R, Mukherjee Ab, Stracher GB, Streets DG, Telmer K. 2010. Global mercury emissionstothe atmosphere from anthropogenic and natural sources. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 10:5951–5964.
- Pompe-Gotal JA, Crnic P. 2002. Cadmium in tissue of roe deer (*Capreolus*) in Croatia. *Veterinarski Arhiv*, 72:303-310.
- Potthast K. 1993. Residues in meat and meat products. *Fleischwirtsch*, 73:432-434.
- Pravilnik o deklarisanju označavanju i reklamiranju hrane, Službeni glasnik RS, 19/2017.
- Pravilnik o maksimalno dozvoljenim količinama ostataka sredstava za zaštitu bilja u hrani i hrani za životinje i o hrani za životinje za koju se utvrđuju maksimalno

- dozvoljene količine ostataka sredstava za zaštitu bilja (Sl. glasnik RS br. 29/14, 37/14, 39/14, 72/14, 80/15, 84/15, 35/16, 81/16, 21/17 i 81/17).
- Pravilnik o uslovima u pogledu gajenja i prometa autohtonih rasa domaćih životinja, kao i sadržini i načinu vođenja registra odgajivača autohtonih rasa domaćih životinja. Službeni glasnik RS br. 58, 22. juna 2016.
- Prior RL, Wu X, Schaich K. 2005. Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53:4290–4302.
- Pugliese C, Bozzi R, Campodoni G, Acciaioli A, Franci O, Gandini G. 2005. Performance of Cinta Senese pigs reared outdoors and indoors. 1. Meat and subcutaneous fat characteristics. *Meat Science*, 69(3):459-64.
- Rahelić S. 1984. Uzgoj svinje I meso. (Swine breeding and meat) Zagreb. Školska knjiga.
- Republički zavod za statistiku Srbije. Anketa o potrošnji domaćinstava, 2016. Bilten. 2017; 627.
- Risher JF, Amler SN. 2005. Mercury Exposure: Evaluation and Intervention. The inappropriate use of chelating agents in the diagnosis and treatment of putative mercury poisoning. *Neuro Toxicology*, 26:691–699.
- Ryan, M.F. 1991. The role of magnesium in clinical biochemistry: an overview. *Annals of Clinical Biochemistry*, 28:19-26.
- Sapunar-Postruznik J, Bazulic D, Grubelic M, Kubala Drincic H, Njari B. 2001. Cadmium in animal feed and in foodstuffs of animal origin. *Food Technology and Biotechnology*, 39:67–71.
- Senthilkumaran S, Balamurugan N, Vohra R, Thirumalaikolundusubramanian P. 2012. Paradise Nut Paradox: Alopecia Due to Selenosis from a Nutritional Therapy. *International Journal of Trichology*, 4(4): 283–284.
- Seregi J, Zsarnóczay G, Incze K, Kovács Á, Holló G. 2008. Organic animal breeding and production; quality assessment of raw materials and products. *Analele IBNA*, 24:56-61.
- Srebočan E, Pompe-Gotal J, Prevendar-Crnić A, Ofner E. 2007. Mercury concentrations in captive Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) farmed in the Adriatic Sea. *Veterinárni medicína*, 52:175-177.

- SRPS ISO 1442/1998. Meso i proizvodi od mesa-Određivanje sadržaja vlage (referentna metoda).
- SRPS ISO 1443/1992. Meso i proizvodi od mesa-Određivanje sadržaja ukupne masti.
- SRPS ISO 937/1992. Meso i proizvodi od mesa-Određivanje sadržaja azota (referentna metoda).
- Statistički godišnjak Republike Srbije, 2016. Republički zavod za statistiku, Beograd.
- Su YP, Tang JM, Tang Y, Gao HY. 2005. Histological and ultrastructural changes induced by selenium in early experimental gastric carcinogenesis. *World Journal of Gastroenterology*, 11(29):4457–60.
- Sun T, Tanumihardjo SA. 2007. An integrated approach to evaluate food antioxidant capacity. *Journal of Food Science*, 72(9):159–165.
- Suttle N. 2010. *Mineral Nutrition of Livestock*. 4<sup>th</sup> Ed. Commonwealth Agricultural Bureaux International, Oxfordshire, UK.
- Swaminathan, R. 2003. Magnesium metabolism and its disorders. *The Clinical Biochemist Reviews*, 24, 47-66.
- Swiss. 2015. Swiss Food Composition Database - Federal Department of Home Affairs FDHA, federal Food Safety and Veterinary Office FSVO. <http://www.naehrwertdaten.ch/request?xml=MessageData&xml=MetaData&xsl=Start&lan=en&pageKey=Start/>. Accessed 15 February 2017
- Teodorović i Radović. 2004. *Svinjarstvo*. Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad.
- Thielemans A, Massart DL. 1985. The use of component analysis as a display method in the interpretation of analytical chemical, biological, environmental and epidemiological data. *Chimia*, 39:236-242.
- Thomas RA. 2001a. Beginner's Guide to ICP-MS. Part III: The Plasma Source. *Spectroscopy*, 16(6):26-30.
- Thomas RA. 2001b. Beginner's Guide to ICP-MS. Part I. *Spectroscopy*, 6(4):38-42.
- Tomovic MV, Petrovic SLj, Tomovic SM, Kevresan SZ, Jokanovic RM, Dzinic RN, Despotovic RA. 2011b. Cadmium levels of kidney from 10 different pig genetic lines in Vojvodina (northern Serbia). *Food Chemistry*, 129:100-103.
- Tomović MV, Petrović SLj, Tomović SM, Kevrešan SZ, Džinić RN. 2011a. Determination of mineral contents of semimembranosus muscle and liver from

- pure and crossbred pigs in Vojvodina (northern Serbia). *Food Chemistry*, 124:342-348.
- Tomović V, Zlender B, Jokanović M, Tomović M, Sojić B, Skaljac S, Kevresan Z, Tasić T, Ikonić P, Soso M. 2014. Sensory, physical and chemical characteristics of meat from free- range reared Swallow-belly Mangulica pigs. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 24:704-713.
- USDA. 2016. United States Department of Agriculture. [www.usda.gov](http://www.usda.gov). (accessed 05.12.2015).
- Uzelac Z, Vasiljević T. *Osnove modernog svinjarstva*, 2011.
- Vahter M, Berglund M, Lind B, Jorhem L, Slorach S and Friberg L. 1991. Personal monitoring of lead and cadmium exposure--a Swedish study with special reference to methodological aspects. *The Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 17(1):65-74.
- Vidović V, Šević R. *Monografija Mangulica. Asocijacija proizvođača svinja i mesa, APROSIM, Novi Sad.*
- Vuković I. 1998. *Osnove tehnologije mesa. Vetereinarsska komora Srbije, AMI Beograd.*
- Webb EC, O'Neill HA. 2008. The animal fat paradox and meat quality. *Meat Science*, 80(1):28–36.
- Webb EC. 2006. Manipulating beef quality through feeding. *South African Animal Science*, 7:5–15.
- Whanger PD. 2004. Selenium and its relationship to cancer: an update. *British Journal of Nutrition*, 91(1):11–28.
- WHO, World Health Organisation. 1992. Cadmium. *Environmental Health Criteria* 134. Geneva.
- Williamson CS, Foster RK, Stanner SA, Buttriss JL. 2005. Red meat in the diet. *Nutrition Bulletin*, 30:323–355.
- Wood JD, Enser M, Fisher AV, Nute GR, Richardson RI, Sheard PR. 1999. Manipulating meat quality and composition. *Proceedings of the Nutrition Society*, 58:363–370.
- Zhao Y, Wang D, Yang S. 2016. Effects of organic and conventional system on the mineral content of pork. *Meat Science*, 118:103-107.

- Rivera-Mancia S, Rios C, Montes S. 2011. Manganese accumulation in the CNS and associated pathologies. *Biometals*, 24:811–25.
- Chappuis P, Poupon J. 1991. Le role du selenium dans la defense du stress oxidatif. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 26:295-297.
- Levander OA, Burk RF. 1994. Selenium. In: M. E. Shils, J. A. Olson, & M. Shike (Eds.), *Modern nutrition in health and disease* (242-251). Philadelphia: Lea and Febiger.
- Mertz W. 1969. Chromium occurrence and function in biological systems. *Physiological Reviews*, 49:163-239.
- Mertz W. 1993. Chromium in human nutrition: a review. *Journal of Nutrition*; 123:626-33.
- Mertz W. 1998. Interaction of chromium with insulin: a progress report. *Nutrition Reviews*, 56:174-7.
- Simonsen LO, Harbak H, Bennekou P. 2012. Cobalt metabolism and toxicology--a brief update. *Science of the Total Environment*, 432:210-215.
- Sunderman FW Jr. 1977. A review of the metabolism and toxicology of nickel. *Annals of Clinical and Laboratory Science*, 5:377-98.
- Tong S, Von Schirnding YE, Prapamontol T. 2000. Environmental lead exposure: a public health problem of global dimensions. *Bulletin of the World Health Organization*, 78 (9):1068-1077.
- Chung JY, Yu SD, Hong YS. 2014. Environmental Source of Arsenic Exposure. *Journal of Preventive Medicine and Public Health*, 47(5):253–257.



**OBJAVLJENI NAUČNI RADOVI IZ DOKTORSKE DISERTACIJE**

1. Nikolić D, Đinović-Stojanović J, Janković S, Stanišić N, Radović C, Pezo L, Laušević M. 2017. Mineral composition and toxic element levels of muscle, liver and kidney of intensive (Swedish Landrace) and extensive (Mangulica) pigs from Serbia. *Food Additives and Contaminants Part A*, DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/19440049.2017.1310397>. ISSN: 1944-0049; IF (2015): 1.878.
2. Nikolic D, Jankovic S, Parunovica N, Koricanac Vladimir, Stanisic N, Pezo L, Lausevic M. 2017. Nutrient composition of three Mangulica pork cuts from Serbia. *Biological trace element research*. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12011-017-1194-9>. ISSN:0163-4984; IF (2016): 2.399.

## BIOGRAFIJA AUTORA

Dragica Nikolić je rođena 17. aprila 1983. godine u Beogradu, gde je završila osnovnu školu i gimnaziju „Sveti Sava”, prirodno-matematički smer. Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu, smer Biohemijско inženjerstvo i biotehnologija, upisala je školske 2002/03. Diplomirala je 21. oktobra 2009. godine sa prosečnom ocenom u toku studija 8,03 i time stekla zvanje diplomiranog inženjera tehnologije. Diplomski rad pod nazivom „Imobilizacija glukoza-oksidadze iz *Aspergillus niger* na elektroprovodni polimer na bazi polianilina” odbranila je sa ocenom 10. Rad je nagrađen prvom nagradom od strane odbora Check-Marck-Ger van Meel Foundation za 2009. godinu u Srbiji.

Školske 2011/2012. godine upisala je doktorske akademske studije na Tehnološko-metalurškom fakultetu Univerziteta u Beogradu, smer Hemija, pod rukovodstvom prof. dr Mile Laušević, redovnog profesora Tehnološko-metalurškog fakulteta. Na doktorskim studijama je uspešno položila sve ispite predviđene planom i programom sa prosečnom ocenom 9,92 i odbranila je završni ispit sa temom „Multirezidualna metoda za određivanje antibiotika u tkivu životinja HPLC-MS/MS tehnikom”.

Od januara 2011. zaposlena je u Institutu za higijenu i tehnologiju mesa u Beogradu, kao pripravnik za istraživača. Januara 2012. godine izabrana je u zvanje istraživač pripravnik nakon položenog pripravnčkog ispita. Zvanje istraživač saradnik stekla je 5. decembra 2014. godine.

U Odeljenju za ispitivanje rezidua raspoređena je na poslove određivanja teških metala, mikro- i makro-elemenata u mesu i proizvodima od mesa, kao i drugim namirnicama animalnog porekla, AAS i ICP-MS tehnikama. Savladala je i LC-MS/MS tehniku za određivanje tragova veterinarskih lekova u uzorcima.

## Изјава о ауторству

Име и презиме аутора Драгица Николић

Број индекса 4021/2011

### Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

Минерални састав мишића, јетра и бубрега интензивно и екстензивно гајених свиња  
у Србији

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да дисертација у целини ни у деловима није била предложена за стицање друге дипломе према студијским програмима других високошколских установа;
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио/ла интелектуалну својину других лица.

**Потпис аутора**

У Београду, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Изјава о истоветности штампане и електронске верзије  
докторског рада**

Име и презиме аутора Драгица Николић

Број индекса 4021/2011

Студијски програм Хемија

Наслов рада Минерални састав мишића, јетра и бубрега интензивно и екстензивно  
гајених свиња у Србији

Ментори др Мила Лаушевић, редовни професор у пензији; др Саша Јанковић, научни  
сарадник

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији  
коју сам предао/ла ради похрањена у **Дигиталном репозиторијуму Универзитета у  
Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског назива  
доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у  
електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

**Потпис аутора**

У Београду, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

Минерални састав мишића, јетре и бубрега интензивно и екстензивно гајених свиња у Србији

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду и доступну у отвореном приступу могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство (CC BY)
2. Ауторство – некомерцијално (CC BY-NC)
3. Ауторство – некомерцијално – без прерада (CC BY-NC-ND)
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима (CC BY-NC-SA)
5. Ауторство – без прерада (CC BY-ND)
6. Ауторство – делити под истим условима (CC BY-SA)

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци.  
Кратак опис лиценци је саставни део ове изјаве).

**Потпис аутора**

У Београду, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

1. **Ауторство.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.

2. **Ауторство – некомерцијално.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.

3. **Ауторство – некомерцијално – без прерада.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.

4. **Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.

5. **Ауторство – без прерада.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.

6. **Ауторство – делити под истим условима.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.