

UNIVERZITET U BEOGRADU

FAKULTET VETERINARSKE MEDICINE

Katedra za higijenu i tehnologiju namirnica animalnog porekla



Vesna M. Radović

Doktor veterinarske medicine

**Uticaj dužine transporta brojlera na važnije
parametre bezbednosti i kvaliteta svežeg i
dimljenog mesa**

-Doktorska disertacija-

Beograd, 2026

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF VETERINARY MEDICINE
Department of Food Hygiene and Technology of Animal Origin



Vesna M. Radović

Doctor of veterinary medicine

**The influence of the length of transport of
broilers on the important safety and quality
parameters of fresh and smoked meat**

-Doctoral Dissertation-

Belgrade, 2026

MENTORI

Dr **Silvana Stajković**, vanredni profesor
Univerzitet u Beogradu, Fakultet veterinarske medicine

Dr **Vladimir Kurćubić**, redovni profesor
Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku

ČLANOVI KOMISIJE

Dr **Dragan Vasilev**, redovni profesor, Univerzitet u Beogradu
Fakultet veterinarske medicine

Dr **Nedeljko Karabasil**, redovni profesor, Univerzitet u Beogradu
Fakultet veterinarske medicine

Dr **Mirjana Dimitrijević**, redovni profesor, Univerzitet u Beogradu
Fakultet veterinarske medicine

Dr **Tatjana Peulić**, naučni savetnik
Naučni institut za prehrambene tehnologije, Novi Sad

Datum odbrane:

Zahvalnica

Zahvaljujem se svima koji su doprineli izradi doktorske disertacije, posebno svom mentoru prof. dr Silvani Stajković na ukazanom poverenju, neizmernoj podršci, stručnim savetima i posvećenom vremenu. Draga profesrice, čast mi je i zadovoljstvo što sam imala priliku da mi baš Vi budete mentor.

Zahvaljujem se drugom mentoru, prof. dr Vladimiru Kurćubiću na pruženoj pomoći tokom izrade doktorske disertacije.

Zahvaljujem se članovima Komisije, prof. dr Draganu Vasilevu, prof. dr Neđeljku Karabasilu, prof. dr Mirjani Dimitrijević i dr Tatjani Peulić, na dobronamernim komentarima, sugestijama i dragocenim savetima tokom eksperimentalnog rada i pisanja doktorske disertacije.

Mojim najmilijima, roditeljima, sinu i prijateljima na pruženoj podršci i razumevanju. Moj uspeh je podjednako i vaš.

UTICAJ DUŽINE TRANSPORTA BROJLERA NA VAŽNIJE PARAMETRE BEZBEDNOSTI I KVALITETA SVEŽEG I DIMLJENOG MESA

KRATAK SADRŽAJ

Cilj ovog rada bio je da se ispita uticaj dužine transporta brojlera na važnije fizičko-hemijske, hemijske i senzorne parametre, kao i da se ispita dinamika razvoja mikroorganizama, radi procene bezbednosti, kvaliteta i održivosti svežeg pilećeg mesa (m. *pectoralis major*) i dimljenog pilećeg filea. Studija je sprovedena na brojlerima (Ross 308), 38 dana starosti, uzgajanim i transportovanim od farme do industrijske klanice pod istim komercijalnim uslovima. S obzirom da transport utiče na kvalitet svežeg mesa, a samim tim i na kvalitet proizvoda, navedeni parametri su praćeni nakon kratkog (20 km) i dugog (170 km) transporta brojlera, na uzorcima svežeg mesa i dalje prerađenih dimljenih proizvoda, tokom skladištenja.

Na početku skladištenja, sveže meso brojlera iz dugo transportovane grupe imalo je značajno nižu vrednost pH, nižu sposobnost vezivanja vode, manji udeo crvene boje i mekšu teksturu, zatim značajno višu vrednost za reaktivne supstance tiobarbiturne kiseline (eng. *Thiobarbituric Acid Reactive Substances* - TBARS), svetloću i udeo žute boje u odnosu na sveže meso brojlera koji su podvrgnuti kratkom transportu. Tokom skladištenja svežeg mesa dugo transportovanih brojlera, TBARS vrednost se značajno smanjila, kao i sila presecanja, čvstoća i udeo žute boje, dok su se sposobnost vezivanja vode i udeo crvene boje značajno povećale, a meso je postalo svetlije. Tokom skladištenja mesa kratko transportovanih brojlera, pH vrednost, sila presecanja i čvstoća su se značajno smanjile, meso je postalo svetlije, a TBARS vrednost se značajno povećala. Sadržaj proteina, masti, vode, pepela i hlorigida, bio je uobičajen za svež file brojlera. Putrescin, kadaverin i tiramin detektovani su samo u uzorcima svežeg mesa dugo transportovanih brojlera 4. dana skladištenja, dok prisustvo triptamina, feniletilamina i histamina nije detektovano ni u jednoj eksperimentalnoj grupi. Rezultati mikrobiološkog ispitivanja, pokazali su da je u uzorcima svežeg mesa dugo transportovanih brojlera, na početku skladištenja detektovan značajno veći broj bakterija mlečne kiseline, enterobakterija, kao i ukupan broj mezofilnih i psihrofilnih bakterija u odnosu na kratko transportovane. Tokom skladištenja, broj svih mikroorganizama se povećao u uzorcima svežeg mesa kratko transportovanih brojlera, ali se u dugo transportovanoj grupi broj mikrokoka značajno povećao, a ukupan broj psihrofila značajno smanjio.

Na početku skladištenja dimljenog filea dobijenog od brojlera nakon dugog i kratkog transporta, samo su se instrumentalni parametri boje (L^* , a^* , b^*) značajno promenili. Tokom skladištenja, udeo crvene i žute boje, sila presecanja i čvstoća su se značajno povećale, dok su utvrđene TBARS vrednosti bile daleko ispod praga užeglosti, u obe ispitivane grupe. Značajno smanjenje pH vrednosti dimljenog filea, utvrđeno je tokom skladištenja proizvoda dobijenih od brojlera podvrgnutih kratkom transportu, dok je u dugo transportovanoj grupi, utvrđeno značajno smanjenje L^* vrednosti. Sadržaj proteina dimljenog pilećeg filea je u obe eksperimentalne grupe, tokom celokupnog perioda skladištenja, bio u okviru graničnih vrednosti definisanih propisima (najmanje 16%). Histamin, putrescin i kadaverin nisu detektovani ni u jednoj eksperimentalnoj grupi. U uzorcima dimljenog filea od dugo transportovanih brojlera, prisustvo triptamina, feniletilamina i tiramina je utvrđeno tek na kraju perioda skladištenja. U dimljenim proizvodima od kratko transportovanih brojlera, tiramin je bio prisutan tokom celokupnog perioda skladištenja, dok se sadržaj feniletiamina smanjivao tokom skladištenja, i nije detektovan 30. dana. Poprečni presek dimljenog filea bio je slabije ocenjen u dugo transportovanoj grupi u odnosu na kratko transportovanu, tokom celokupnog perioda skladištenja, spoljašnji izgled bio je slabije ocenjen 30. dana skladištenja, dok su boja i stabilnost boje, miris i ukus, tekstura i sočnost imali manje ocene 1. i 15. dana skladištenja. Broj bakterija u dimljenom fileu bio je znatno niži nego u svežem mesu.

Iako su sve vrednosti ispitivanih parametara u ovoj studiji bile unutar uobičajenih granica, značajne razlike u pogledu pH vrednosti, TBARS vrednosti, sadržaja biogenih amina i broja mikroorganizama

koje su utvrđene između eksperimentalnih grupa, ukazuju na to da bi optimizacija dužine i trajanja transporta brojlera mogla doprineti unapređenju bezbednosti, kvaliteta i održivosti svežeg mesa i proizvoda od mesa tokom skladištenja.

Ključne reči: transport brojlera, pileća prsa, sveže meso, dimljeno meso, bezbednost, kvalitet.

Naučna oblast: Veterinarska medicina

Uža naučna oblast: Higijena i tehnologija mesa

THE INFLUENCE OF THE LENGTH OF TRANSPORT OF BROILERS ON THE IMPORTANT SAFETY AND QUALITY PARAMETERS OF FRESH AND SMOKED MEAT

SUMMARY

The aim of this study was to examine the influence of broiler transport length on the important physicochemical, chemical and sensory parameters, as well as to examine the dynamics of the development of microorganisms, in order to assess the safety, quality and sustainability of raw chicken meat (*m. pectoralis major*) and smoked chicken fillet. The study was conducted on broilers (Ross 308), 38 days old, reared and transported from the farm to the industrial slaughterhouse under the same commercial conditions. Since transport affects the quality of raw meat, and therefore the quality of products, the mentioned parameters were examined after short (20 km) and long (170 km) transport of broilers, on raw meat and further processed smoked products, during storage.

At the beginning of storage, the raw chicken breasts from the long-transported broilers had a significantly lower pH value, lower water holding capacity, a lower a^* value and a softer texture, a significantly higher Thiobarbituric Acid Reactive Substances (TBARS) value, lightness and b^* value compared to the raw meat of broilers that were subjected to short transportation. During the storage of raw meat of long-transported broilers, the TBARS value decreased significantly, as well as shear force, firmness and b^* value, while water holder capacity and a^* value increased significantly, and the meat became lighter. During storage of the raw meat of short-transported broilers, the pH value, shear force and firmness decreased significantly, the meat became lighter, and the TBARS value increased significantly. The protein, fat, water, ash and chloride contents were normal for raw broiler fillets. Putrescine, cadaverine and tyramine were detected only in raw meat samples of long-transported broilers on the 4th day of storage, while the presence of tryptamine, phenylethylamine and histamine were not detected in any experimental group. The results of the microbiological examination showed that in the raw meat samples of long-transported broilers, at the beginning of storage, a significantly higher number of lactic acid bacteria, *Enterobacteriaceae*, and the total number of mesophilic and psychophilic bacteria was detected compared to short-transported ones. During storage, the number of all microorganisms increased in the raw meat samples of short-transported broilers, but in the long-transported group, the number of *Micrococci* increased significantly, and the total number of psychophiles significantly decreased.

At the beginning of storage of smoked fillet obtained from broilers after long and short transport, only the instrumental color parameters (L^* , a^* , b^*) changed significantly. During storage, the a^* and b^* value, shear force and firmness increased significantly, while the determined TBARS values were far below the rancidity threshold, in both tested groups. A significant decrease in the pH value of smoked fillet was found during the storage of products obtained from broilers subjected to short transport, while in the long-transported group, a significant decrease in L^* value was determined. The protein content of smoked chicken fillet in both experimental groups, during the entire storage period, was within the limit values defined by regulations (at least 16%). Histamine, putrescine and cadaverine were not detected in any experimental group. In the smoked fillet samples from long-transported broilers, the presence of tryptamine, phenylethylamine and tyramine were determined only at the end of the storage period. In smoked products from short-transported broilers, tyramine was present during the entire storage period, while the content of phenylethylamine decreased during storage, and was not detected on 30th day of storage. The cross-section of the smoked fillet was rated lower in the long-transported group compared to the short-transported group, during the entire storage period, the external appearance was rated lower on the 30th day of storage, while the color and color stability, odor and taste, texture and juiciness had lower ratings on the 1st and 15th days of storage. The number of bacteria in smoked fillet was significantly lower than in raw meat.

Although all the values of the examined parameters in this study were within normal limits, significant differences in terms of pH value, TBARS value, biogenic amine content and the number of microorganisms that were determined between the experimental groups indicate that the optimization of the length and duration of transport of broilers could contribute to the improvement of the safety, quality and sustainability of raw meat and meat products during storage.

Key words: broiler transport, chicken breast, raw meat, smoked meat, safety, quality.

Scientific field: Veterinary medicine

Scientific subfield: Meat hygiene and technology

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. PREGLED LITERATURE	3
2.1. Proizvodnja i potrošnja pilećeg mesa	3
2.2. Fizičko-hemijske osobine	4
2.2.1. pH vrednost	4
2.2.1.1. pH vrednost svežeg pilećeg mesa	4
2.2.1.2. pH vrednost dimljenog pilećeg filea	5
2.2.2. Sposobnost vezivanja vode	5
2.2.3. Aktivnost vode	6
2.3. Hemijski sastav	7
2.3.1. Hemijski sastav svežeg pilećeg mesa	7
2.3.2. Hemijski sastav dimljenog pilećeg filea	7
2.4. Oksidativne promene lipida	8
2.5. Senzorne osobine	8
2.5.1. Aroma mesa i proizvoda	8
2.5.1.1. Aroma svežeg pilećeg mesa	9
2.5.1.2. Aroma dimljenog pilećeg filea	9
2.5.2. Boja mesa i proizvoda	9
2.5.2.1. Boja svežeg pilećeg mesa	9
2.5.2.2. Boja dimljenog pilećeg filea	11
2.5.3. Tekstura mesa i proizvoda	12
2.5.3.1. Tekstura svežeg pilećeg mesa	12
2.5.3.2. Tekstura dimljenog pilećeg filea	13
2.6. Hlađenje	13
2.7. Salamurenje	14
2.8. Dimljenje	15
2.8.1. Efekti dima	15
2.8.2. Dimljeni proizvodi od mesa	16
2.9. Vakuumiranje	17
2.10. Skladištenje svežeg mesa i dimljenih proizvoda	18
2.11. Mikroorganizmi	18
2.11.1. Mikroorganizmi u svežem pilećem mesu	18

2.11.2. Mikroorganizmi u dimljenom pilećem mesu.....	19
2.12. Biogeni amini u mesu i proizvodima od mesa	20
2.12.1. Biogeni amini u svežem mesu	22
2.12.2. Biogeni amini u proizvodima od mesa	22
2.13. Transport životinja	23
2.13.1. Dužina transporta.....	23
2.13.2. Transport živine	25
3. CILJ I ZADACI ISTRAŽIVANJA	26
4. MATERIJAL I METODE ISTRAŽIVANJA	27
4.1. Materijal	27
4.1.1. Proizvodnja dimljenog pilećeg filea	27
4.2. Metode.....	28
4.2.1. Ispitivanje fizičko-hemijskih parametara.....	28
4.2.1.1. Određivanje pH vrednosti	28
4.2.1.2. Određivanje sposobnosti vezivanja vode.....	28
4.2.1.3. Određivanje aktivnosti vode	29
4.2.2. Hemijska ispitivanja	29
4.2.2.1. Ispitivanje hemijskog sastava.....	29
4.2.2.2. Ispitivanje oksidativnih promena masti	30
4.2.2.3. Određivanje sadržaja biogenih amina	31
4.2.3. Ispitivanje senzornih svojstava	33
4.2.3.1. Instrumentalno ispitivanje teksture	33
4.2.3.2. Instrumentalno ispitivanje boje.....	33
4.2.3.3. Kvantitativna deskriptivna analiza.....	33
4.2.4. Mikrobiološka ispitivanja	34
4.2.4.1. Određivanje broja bakterija mlečne kiseline i mikrokoka	34
4.2.4.2. Određivanje broja Enterobacteriaceae	34
4.2.4.3. Određivanje broja mezofilnih i psihrofilnih bakterija.....	34
4.2.4.4. Izolacija <i>L. monocytogenes</i>	35
4.2.4.5. Izolacija <i>Salmonella</i> spp.	35
4.2.4.6. Određivanje broja <i>Clostridium</i> spp.....	35
4.2.5. Statistička analiza podataka	35
5. REZULTATI ISPITIVANJA.....	36
5.1. Rezultati ispitivanja svežeg pilećeg mesa	36

5.1.1. Fizičko-hemijska ispitivanja	36
5.1.1.1. pH vrednost	36
5.1.1.2. Sposobnost vezivanja vode	36
5.1.2. Hemijska ispitivanja	37
5.1.2.1. Hemijski sastav	37
5.1.2.2. Oksidativne promene lipida	39
5.1.2.3. Biogeni amini	39
5.1.3. Ispitivanje senzornih svojstava	40
5.1.3.1. Instrumentalni parametri boje	40
5.1.3.2. Instrumentalni parametri teksture	41
5.1.4. Mikrobiološka ispitivanja	42
5.1.4.1. Bakterije mlečne kiseline	42
5.1.4.2. Mikrokoke	42
5.1.4.3. Enterobakterije	43
5.1.4.4. Ukupan broj mezofila	44
5.1.4.5. Ukupan broj psihrofila	44
5.2. Rezultati ispitivanja dimljenog pilećeg filea	45
5.2.1. Fizičko-hemijska ispitivanja	45
5.2.1.1. pH vrednost	45
5.2.1.2. Aktivnost vode	45
5.2.2. Hemijska ispitivanja	46
5.2.2.1. Hemijski sastav	46
5.2.2.2. Oksidativne promene lipida	48
5.2.2.3. Biogeni amini	48
5.2.3. Ispitivanje senzornih svojstava	49
5.2.3.1. Instrumentalni parametri boje	49
5.2.3.2. Instrumentalni parametri teksture	50
5.2.3.3. Kvantitativna deskriptivna analiza	52
5.2.4. Mikrobiološka ispitivanja	54
5.2.4.1. Bakterije mlečne kiseline	55
5.2.4.2. Mikrokoke	55
5.2.4.3. Enterobakterije	56
5.2.4.4. Ukupan broj mezofila	56
5.2.4.5. Ukupan broj psihrofila	57

6. DISKUSIJA	58
6.1. Parametri kvaliteta svežeg pilećeg mesa	58
6.1.1. Fizičkohemijski parametri	58
6.1.1.1. pH vrednost	58
6.1.1.2. Sposobnost vezivanja vode	58
6.1.2. Hemijski parametri	59
6.1.2.1. Hemijski sastav	59
6.1.2.2. Oksidativne promene	59
6.1.2.3. Biogeni amini	60
6.1.3. Senzorna analiza	62
6.1.3.1. Instrumentalni parametri boje	62
6.1.3.2. Instrumentalni parametri teksture	63
6.1.4. Mikroorganizmi	64
6.2. Parametri kvaliteta dimljenog pilećeg filea	64
6.2.1. Fizičkohemijski parametri	64
6.2.1.1. pH vrednost	64
6.2.1.2. Aktivnost vode	64
6.2.2. Hemijski parametri	65
6.2.2.1. Hemijski sastav	65
6.2.2.2. Oksidativne promene	65
6.2.2.3. Biogeni amini	65
6.2.3. Senzorna analiza	66
6.2.3.1. Instrumentalni parametri boje	66
6.2.3.2. Instrumentalni parametri teksture	67
6.2.3.3. Kvanitativna deskriptivna analiza	67
6.2.4. Mikroorganizmi	68
7. ZAKLJUČCI	69
8. LITERATURA	71

1. UVOD

U globalnoj proizvodnji mesa, pileće meso pokazuje značajan porast, što je posledica činjenice da je pileće meso lakše i jeftinije za proizvodnju u odnosu na druge vrste mesa (svinjtinu, govedinu ili jagnjetinu). Karakteriše ga širok dijapazon tehnoloških postupaka prerade, kao i opšta prihvaćenost od svih kultura i religija. Glavni doprinos njegovoj globalnoj popularnosti daje bogat nutritivni sastav koji se ogleda u visokom sadržaju proteina i niskom nivou masti i holesterola.

Pileće meso ima kratak rok trajanja uzrokovan prisustvom bakterija iz prirodne mikrobiote brojlera i uslovima tokom obrade mesa, što predstavlja njegov glavni nedostatak. Pored toga, visok sadržaj nezasićenih masnih kiselina čini ga sklonim oksidaciji, pri čemu proces oksidacije narušava senzorna svojstva, smanjuje nutritivnu vrednost proizvoda i negativno utiče na zdravlje potrošača.

U skorije vreme, pileće meso se sve više prerađuje. Proizvodi od pilećeg mesa zauzimaju značajno mesto u ishrani ljudi kao izvor osnovnih hranljivih materija (proteini, masti, vitamini i minerali). Dimljeni pileći file je omiljen među potrošačima zbog svog prepoznatljivog blagog dimljenog ukusa, mekoće, sočnosti i produženog roka trajanja. Proizvodi od mesa pilećih grudi, bez kostiju i kože. Tokom proizvodnje mogu se dodavati sastojci kao što su soli za salamurenje i kuhinjska so, različiti začini i njihovi ekstrakti, voda, arome dima i prirodne arome, šećeri, kao i dozvoljeni aditivi. Posle izbora i pripreme pilećih filea, meso se salamuri vlažnim postupkom, zatim se pristupa odsoljavanju, toplotnoj obradi, odnosno vrućem dimljenju sa pasterizacijom, hlađenju, pakovanju i skladištenju. Salamurenje, dimljenje i termička obrada su metode konzervisanja, koje obezbeđuju adekvatan rok trajanja i bezbednost proizvoda, dok istovremeno doprinose razvoju njegovih senzornih svojstava. Međutim, termički tretman koji je primenjen deluje prvenstveno na vegetativne oblike mezofilnih i psihrofilnih mikroorganizama, dok eventualno prisutne spore klostridija, neke nesorogene bakterije, poput enterokoka i bakterija mlečne kiseline, mogu preživeti. U toku različitih metoda konzervisanja, kao i tokom skladištenja, može nastati niz potencijalno štetnih jedinjenja (amini, N-nitrozamini, produkti oksidacije), zbog čega proizvodi od mesa postaju predmet istraživanja sa ciljem da se smanji mogućnost stvaranja štetnih jedinjenja tokom skladištenja, ali i da se produži održivost proizvoda.

Transport je suštinska komponenta živinarske industrije i može izazvati različite stepene stresa kod ptica, pri čemu uticaj transportnog stresa ne prestaje klanjem, već nastavlja da utiče na konverziju mišića u meso i posledično, na parametre kvaliteta mesa. Promene parametara kvaliteta mesa mogu imati negativne efekte na prihvatljivost od strane potrošača i funkcionalnost dalje obrade prerađenih proizvoda. Trajanje transporta je glavna briga za dobrobit životinja. Dužina transporta (transportni stres) živine, kao i skladištenje svežeg i dimljenog mesa mogu da utiču na dinamiku razvoja i sastav mikroflore svežeg mesa i dimljenog proizvoda. Povećanjem broja bakterija mlečne kiseline i enterokoka, dolazi do stvaranja organskih kiselina koje mogu biti neprijatnog mirisa i ukusa. Isto tako, razlaganjem masnih kiselina i aminokiselina, nastaju proizvodi koji dovode do pojave užeglog ili truležanog mirisa. Aminokiseline su potencijalni prekursori biogenih amina. Njihov primarni način stvaranja je dekarboksilacija slobodnih aminokiselina usled dejstva mikrobnih ili tkivnih enzima. Histamin, putrescin, tiramin, triptamin, feniletilamin i kadaverin mogu nastati tokom skladištenja mesa ili tokom prerade proizvoda. Njihov sadržaj se potencijalno može smatrati markerom svežine, odnosno pokazateljem pogoršanja kvaliteta mesa, kao alternativa za mikrobiološka i senzorna ispitivanja, jer se u svežoj hrani nalaze samo male količine biogenih amina. S obzirom da biogeni amini negativno utiču na zdravlje ljudi, veoma je važno kontrolisati ih, onemogućiti prekomerno nagomilavanje tokom obrade i skladištenja mesa i proizvoda, što podrazumeva duboko razumevanje mehanizama njihovog formiranja i praćenja. Ovakva kontrola imala bi veliki značaj za potrošače i proizvođače.

Shodno navedenom, neophodno je posvetiti posebnu pažnju ispitivanju odabranih fizičko-hemijskih, hemijskih, senzornih i mikrobioloških parametara, radi procene bezbednosti, kvaliteta i održivosti sirovog pilećeg mesa (*m. pectoralis major*) i dimljenog pilećeg filea. S obzirom da transport negativno utiče na

kvalitet sirovog mesa, samim tim i proizvoda, opravdano je navedene parametre pratiti nakon kratkog i dugog transporta, tokom sladištenja.

2. PREGLED LITERATURE

2.1. Proizvodnja i potrošnja pilećeg mesa

Pileće meso je veoma atraktivna namirnica na trpezi potrošača, biološki vredna, sa dobrom svarljivošću, povoljnim aminokiselinskim sastavom i malim sadržajem masti i holesterola (Barroeta, 2007; Cavani i sar., 2009). Pileće meso je veoma poželjno u ishrani zbog relativno niske cene u poređenju sa drugim vrstama mesa, kao što su svinjetina, govedina i jagnjetina i zbog širokog dijapazona tehnoloških postupaka prerade (Sujiwo i sar., 2018; Kim i sar., 2020). Dodatno, opšta prihvaćenost pilećeg mesa među različitim religijama i kulturama doprinosi njegovoj širokoj rasprostranjenosti i globalnoj potrošnji (Valceschini, 2017; Zhang i sar., 2009). Kada se posmatra potrošnja svih vrsta mesa, potrošnja živinskog mesa zauzima jedno od vodećih mesta u svim zemljama sveta (Cavani i sar., 2009; Wójcik i sar., 2022). U ukupnoj živinarskoj proizvodnji, brojleri su dominantno zastupljeni sa 87%, dok udeo ostalih vrsta živine iznosi približno 15% (Baltić, 2014). Mandava i Hoogenkamp (1999) smatraju da se globalni uspeh proizvodnje mesa brojlera ogleda u većoj efikasnosti gajenja pilića u poređenju sa drugim vrstama životinja. Naime, manje od 2 kg hrane za životinje se utroši za 1 kg mesa brojlera, dok se 9-10 kg hrane za životinje utroši za 1 kg svinjskog mesa, a 12-13 kg hrane za životinje se utroši za 1 kg goveđeg mesa. Isto tako, isti autori ukazuju i na povoljan zdravstveni aspekt mesa brojlera, reprezentativan izgled (svetla boja i odlična tekstura), odgovarajuće senzorne osobine poput neutralnog mirisa i ukusa, kao i širok asortiman proizvoda.

Prema podacima Food and Agriculture Organization Statistics (FAO Statistical Yearbook, 2024), globalna potrošnja živinskog i ovčijeg mesa će do 2033. godine porasti za 16%, svinjskog 8% i goveđeg 11%, dok se očekuje da će globalna potrošnja mesa porasti za 12% u odnosu na bazni period Outlook 2021-23. Potrošnja živinskog mesa će nastaviti sa porastom i dostići će 15,1 kg po potrošaču na globalnom nivou i 33 kg po glavi stanovnika u zemljama Evropske unije do 2029. godine (Wójcik i sar., 2022). U Republici Srbiji, nakon svinjskog mesa, živinsko meso predstavlja najzastupljeniju vrstu mesa u proizvodnji (Tabela 2.1.). U 2023. godini, proizvedeno je 0,128 tona živinskog mesa od ukupno 0,528 tona mesa (Statistički godišnjak Republike Srbije 2013-2023).

Tabela 2.1. Proizvodnja mesa u Srbiji u periodu od 2013. do 2023. godine (000 tona)*

Meso	period										
	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.	2020.	2021.	2022.	2023.
Živinsko meso	92	94	86	88	95	106	114	115	111	116	128
Ovčije meso	30	27	30	34	30	32	34	31	31	31	32
Svinjsko meso	249	258	278	301	307	303	298	299	307	299	289
Goveđe meso	70	73	77	77	71	76	71	75	77	79	79
ukupno	441	452	471	500	503	517	517	520	526	525	528

*prema podacima iz Statističkog godišnjaka Republike Srbije 2013-2023.

Pileće meso ima i određene nedostatke, kao što je kratak rok trajanja, uzrokovan prisustvom bakterija iz prirodne mikrobiote brojlera i uslovima tokom obrade mesa (Salinas i sar., 2012). Pored toga, visok sadržaj nezasićenih masnih kiselina čini ga sklonim oksidaciji (Sujiwo i sar., 2018). Proces oksidacije narušava senzorna svojstva, smanjuje nutritivnu vrednost proizvoda i negativno utiče na zdravlje potrošača (Esposito i sar., 2022).

Opšte je prihvaćeno da se kvalitet mesa definiše na osnovu hranljive vrednosti (sadržaj masti, proteina, ugljenih hidrata, minerala i svarljivosti); kvaliteta obrade (pH vrednost, sposobnost vezivanja vode, sila presecanja, dužina sarkomera); bezbednosti (kontaminanti, rezidue, aditivi, mikrobiološki status) i kvaliteta senzorne ocene (boja, aroma, tekstura). Veliki broj faktora utiče na parametre kvaliteta mesa: mikrobiološki status, rasa, hemijski sastav, interakcija hemijskih komponenti, struktura mišića, stres i postupanje sa životinjama pre klanja, postmortalne promene tkiva mišića, kao i uslovi prerade, skladištenja, rukovanje sa proizvodom, itd. (Zhang i sar., 2009). Dobijanje proizvoda od mesa dobrog kvaliteta u velikoj meri zavisi od pravilanog izbora sirovine, ali i od adekvatnog postupanja sa sirovinom u toku primarne obrade i procesa proizvodnje, uz doslednu primenu dobre proizvođačke i dobre higijenske prakse.

2.2. Fizičko-hemijske osobine

2.2.1. pH vrednost

2.2.1.1. pH vrednost svežeg pilećeg mesa

Još su Allen i sar. (1998) ukazali na značaj pH vrednosti kao ključnog pokazatelja osnovnog kvaliteta mesa, kao i njenog uticaja na procenu stanja mesa tokom skladištenja. Vrednost pH se smatra glavnim faktorom koji utiče na sve parametre kvaliteta, uključujući boju, sposobnost vezivanja vode, teksturu i rast mikroorganizama (Sujiwo i sar., 2018). Vrednost pH živinskog mesa zavisi od količine glikogena u mišićima pre klanja, kao i od brzine konverzije glikogena u mlečnu kiselinu nakon klanja. Mišići se još neko vreme nakon klanja kontrahuju, pri čemu stvaraju toplotu i troše energiju; međutim, usled prekida krvotoka i prestanka snabdevanja kiseonikom i hranljivim materijama, kao izvor energije koristi se ćelijski glikogen, koji se u anaerobnim uslovima razgrađuje uz stvaranje mlečne kiseline (Baltić, 2014). U ovakvim uslovima, pH vrednost mesa se snižava i njen pad u toku zrenja dovodi do narušavanja strukture proteina i preobražaja mišića u meso. Brzina pada pH vrednosti tokom postmortalnog perioda, kao i obim pada pH vrednosti zavise od aktivnosti glikolitičkih enzima pri klanju, odnosno od rezervi mišićnog glikogena (Zheng i sar., 2020; Hussnain i sar., 2020). Različiti mišići iste životinje mogu imati različite pH vrednosti, zbog čega je neophodno standardizovati izbor mišića i anatomsku regiju u kojoj se vrši merenje. Najbolje je u tu svrhu koristiti grudni mišić (*m. pectoralis major*) (Saláková i sar., 2009; Petracci i Baeza, 2009; Džinić i sar., 2011). Kod pilića, *rigor mortis* nastupa veoma brzo, već oko 1 sat *post mortem*, što je znatno kraće u poređenju sa svinjama, kod kojih traje nekoliko sati, ili govedima, gde može trajati i do jednog dana (Dransfield i Sosnicki, 1999). Honikel (2006) navodi da anaerobna glikoliza u grudnom mišiću pilića traje približno 1,5 sat, kada pH vrednost opada na 5,5–5,7. Zbog bržeg pada pH vrednosti kod živine u odnosu na druge vrste životinja, inicijalna (početna) kiselost mesa najčešće se određuje merenjem pH vrednosti već 15 minuta *post mortem*. Belo meso uobičajenog kvaliteta karakteriše pH vrednost u opsegu od 5,8 do 6,5 izmerena 15-30 minuta *post mortem* (Taylor i Jones, 2004). El Rammouz i sar. (2004) navode da pH vrednost belog mesa već 3 minuta *post mortem*, ima prosečnu vrednost 6,48. Merenje pH vrednosti može se vršiti u različitim vremenskim intervalima nakon klanja, najčešće nakon 5, 30, 60 i 120 minuta, i kasnije. Krajnja kiselost grudnog mišića najčešće se određuje 24 sata *post mortem*, ali se pouzdani rezultati mogu dobiti i nakon 6 do 8 sati *post mortem* (Petracci i Baeza, 2009). Prema navodima Liu i sar. (2004), prosečna pH vrednost belog mesa iznosi 6,06 nakon 2 sata, odnosno 6,02 nakon 4 sata *post mortem*. Nakon 6 sati, pH vrednost iznosi oko 5,98 (Liu i sar., 2004), odnosno 5,84–6,04 (Gardzielewska i sar., 2005). Nakon 24 sata, zabeležene su vrednosti od 5,98 (Liu i sar., 2004) i 5,52–5,60 (Gardzielewska i sar., 2005). Optimalna krajnja pH vrednost belog mesa pilića iznosi 5,5 (Ordóñez i sar., 1998). Ohlađeno belo meso ima prosečnu pH vrednost 5,72 (Silva

i Glória 2002), 5,77 (Ristić i Dame, 2010), 5,86 (Madruga i Mottram, 1995) i 5,93 (Wattanachant i sar., 2004),

Transport koji traje kraće od 4 sata nema značajan uticaj na krajnju pH vrednost merenu 24 sata nakon klanja, pod uslovom da su tokom transporta obezbeđeni odgovarajući uslovi (Grandin, 2000). Rezultati pokazuju da se pH vrednosti povećavaju kada transport traje duže vreme, ali to su rezultati u opsegu koji je uobičajen za vrstu mesa (pH između 5,2 – 6,6) (Lengkey i sar., 2013).

Siguran pokazatelj kvaliteta mesa može biti pH vrednost izmerena 15-30 minuta nakon klanja. Vrednosti pH belog mesa niže od 5,7 ukazuju na pojavu bledog, mekog i vodnjikavog (BMV) mesa, dok vrednosti više od 6,5 upućuju na tamno, čvrsto i suvo (TČS) meso. U tabeli 2.2 prikazane su granične vrednosti koje su različiti autori predložili za ocenu kvaliteta mesa na osnovu pH vrednosti (Ristić i Dame, 2010).

Tabela 2.2. Granične vrednosti koje su različiti autori predložili za ocenu kvaliteta mesa na osnovu pH vrednosti, preuzeto od Ristić i Dame (2010).

Vreme testiranja mesa grudi (min <i>post mortem</i>)	Vrsta	pH vrednost			Autor
		Kvalitet mesa			
		BMV	Normalno	TČS	
15	Brojler	<5.8		>6.3	Trojan i Niewiarowicz, 1971
15	Brojler	<5.8	>6.0	>6.2	Ristić i Schön, 1977
15	Brojler	5.4-5.7			Niewiarowicz, 1978
15	Brojler	≤5.7	5.8-6.3	≥6.4	Niewiarowiczand Pikol, 1979
15	Brojler	5.63	5.7	5.81	Fletcher, 1999
90	Ćurka	5.72	6.09		Owens i sar., 2000
15	Brojler	5.77	5.89	6.04	Petracci i sar., 2004
15	Brojler	<5.7	>6.0		Ristić i sar. 2004
15	Brojler	5.54	5.91	6.23	Zhang and Barbut, 2005
180	Brojler	<5.7	5.7-6.1	>6.1	Lesiow i sar., 2009

2.2.1.2. pH vrednost dimljenog pilećeg filea

Dimljeni pileći file je pasterizovani proizvod od mesa grudi živine koji je lako podložan kvaru zbog visokih vrednosti pH (> 6,4) i a_w (> 0,95), što pogoduje rastu mikroorganizama, pri čemu stvaranje baznih isparljivih jedinjenja tokom dimljenja, kao što su amonijak i trimetilamin, može doprineti višem pH (Fu i Kerr, 2020). Porast pH vrednosti može biti i u vezi sa oksidacijom lipida i oslobađanjem aminokiselina putem razgradnje proteina (Huang i sar., 2014). Visoka pH vrednost sirovog mesa uslovljava i viši pH gotovog proizvoda, zbog čega se u preradi preporučuje upotreba mesa sa pH vrednošću nižom od 6,0. Niži pH doprinosi bržem otpuštanju vode, olakšava difuziju soli, omogućava stvaranje stabilne boje, a istovremeno ograničava razvoj nepoželjnih mikrobioloških procesa (Vuković, 2012).

2.2.2. Sposobnost vezivanja vode

Sposobnost vezivanja vode (SVV) se definiše kao sposobnost svežeg mesa da zadrži sopstvenu vodu tokom sečenja, zagrevanja, mlevenja i pritiskanja, kao i tokom transporta, skladištenja i kuvanja (Hughes i sar., 2014). Slaba SVV dovodi do povećanog gubitka tečnosti, a samim tim i do smanjenja mase trupa, što negativno utiče na prinos i kvalitet mesa. Ovi faktori mogu značajno uticati i na odluku potrošača prilikom kupovine takvog proizvoda (Stajković, 2016). Kada nastupi *rigor mortis*, mišić sadrži oko 75% vode, od čega se većina drži kapilarnim silama unutar miofibrila, a oni zauzimaju oko 82-87% zapremine mišićne ćelije (Huff-Lonergan i Lonergan, 2005). U mišićnoj ćeliji, 85% vode se nalazi u miofibrilima. Brzina i količina gubitka tečnosti svežeg mesa zavisi od pritiska koji vrši sopstvena težina isečka mesa,

kao i od spoljašnjeg pritiska. Na gubitak tečnosti uglavnom utiču stepen lateralnog i poprečnog skupljanja miofibrila tokom *rigor mortis*-a, kao i prostor između miofilamenata, propustljivost ćelijske membrane za vodu, formiranje kanala koji omogućava prolaz tečnosti iz ekstraćelijskog prostora, kao i postmortalna denaturacija citoskeletnih proteina (Hughes i sar., 2014). Niz faktora koji obuhvataju postupanje sa životinjama pre i nakon klanja utiču na SVV, i svaki od njih može da utiče na dinamiku pada pH vrednosti, pri čemu su ubrzan pad pH i niska krajnja pH vrednost u vezi sa smanjenom SVV i sa povećanim gubitkom tečnosti (Pearce i sar., 2011). Stres neposredno pre klanja životinja dodatno pogoršava ovaj efekat, jer stres dovodi do smanjenja pH vrednosti i povećanja temperature rano *post mortem*, što ima za posledicu denaturaciju proteina miofibrila i sarkoplazme (Zhang i sar., 2009; Zhang i sar., 2012). SVV se ispoljava tokom različitih procesa i shodno tome, opisuje se različitim terminima. Terminologija koja se odnosi na različite fenomene SVV prikazana je u tabeli 2.3. (Stajković, 2016). Za određivanje SVV koriste se mnoge metode, koje se mogu podeliti na različite načine. Ukoliko se dele prema sili koja se primenjuje, one mogu biti gravimetrijske: metoda sa vrećama ili kontejnerima, EZ-Drip Loss; metode zasnovane na apsorpciji/dejstvu kapilarnih sila: metoda koja koristi pamuk, veštačku svilu i filter papir; metode sa primenom spoljašnjeg pritiska na meso, poput metode kompresije filter papira i metode centrifugiranja (Stajković, 2016). Upoređivanje podataka iz literature koji se odnose na SVV otežano je zbog razlika u metodama koje se koriste za njeno određivanje (Honikel, 1998).

Tabela 2.3. Terminologija za sposobnost vezivanja vode koja se ispoljava tokom različitih procesa, preuzeto od Stajković, (2016).

Termin	Proces
Gubitak tečnosti	Otpuštanje tečnosti iz mesa (ne računajući gubitke pri odležavanju) bez primene spoljašnje sile.
Gubitak tečnosti za vreme odležavanja	Otpuštanje tečnosti iz mesa nakon zaleđivanja i odležavanja bez primene spoljašnje sile.
Gubitak tečnosti za vreme kuvanja	Otpuštanje tečnosti nakon zagrevanja mesa sa ili bez primene spoljašnje sile (npr. centrifugiranje ili pritiskanje).
Ubrzan gubitak tečnosti	Otpuštanje tečnosti iz nekuvanog mesa (takođe nakon zamrzavanja ili odmrzavanja) za vreme primene spoljašnje sile kao što je pritiskanje (npr. metoda kompresije filter papirom), metoda centrifugiranja ili metode usisavanja (npr. kapilarna volumetrijska metoda).

2.2.3. Aktivnost vode

Aktivnost vode (a_w) predstavlja važan parametar za procenu mikrobiološke bezbednosti proizvoda, budući da označava količinu slobodne vode dostupne mikroorganizmima. Dostupnost vode za mikrobne, enzimske i hemijske reakcije je ono što određuje rok trajanja hrane (Fellows, 2000). Svaki mikroorganizam ima graničnu a_w vrednost ispod koje nije u mogućnosti da raste, formira spore ili da proizvodi toksične metabolite, pa je sa aspekta održivosti i bezbednosti hrane, poznavanje te vrednosti od velikog značaja (Tortora i sar., 2013). Snižavanjem a_w vrednosti, prvo se usporava, a zatim zaustavlja rast i stvaranje toksina mikroorganizama, javljaju se promene u izgledu i građi njihovih ćelija, i na kraju, dolazi do delimičnog smanjenja broja u populaciji, ali ne i do potpunog odumiranja mikroorganizma (Vuković, 2020). Niske a_w vrednosti ukazuju na mikrobiološku stabilnost proizvoda. Minimalna a_w vrednost za razmnožavanje mikroorganizama zavisi od temperature, pH vrednosti, antimikrobnih

supstanci dima i metabolita konkurentne mikrobiote, i ukoliko je antimikrobni efekat ovih parametara jači, mikroorganizmi će se inhibirati pri i pri višim a_w vrednostima. Aktivnost vode proizvoda od mesa zavisi od vrste i količine u vodi rastvorljivih materija (šećeri, neproteinska azotna jedinjenja, soli), sadržaja vode i načina njenog vezivanja u hrani (za protein, ugljene hidrate, dispergovanja vode u emulzijama masti i vode (Vuković, 2020).

Voda u hrani može biti prisutna u dva oblika, kao "slobodna" i "vezana", pri čemu je za mikrobiološku aktivnost značajna samo količina "slobodne" vode. Hemijskim sastavom hrane je određeno koji će deo ukupne vode biti u vezanom stanju, budući da različita jedinjenja nemaju istu mogućnost vezivanja vode, npr. proteini vezuju najviše vode, od 0,15 do 0,35 g vode/1 g proteina (Koprivica, 2008). U hrani je moguće dodatno smanjiti a_w vrednost kada se uz NaCl dodaju druge soli, proteini, šećeri i aditivi (Doyle i Glass, 2010). Konačna a_w vrednost je rezultat ravnoteže između količine vode zadržane unutar proteinske matrice, jačine veze voda-protein i prisustva jedinjenja koja mogu privući molekule vode, smanjujući njenu dostupnost (Patarata i sar., 2022).

Aktivnost vode mesa i proizvoda od mesa je između 0,60 i 0,99, a bakterije prestaju da se razmnožavaju u proizvodima od mesa pri a_w vrednostima ispod 0,90 (Vuković, 2020).

2.3. Hemijski sastav

2.3.1. Hemijski sastav svežeg pilećeg mesa

U utvrđivanju kvaliteta mesa osnovu predstavlja određivanje njegovog hemijskog sastava. Zahvaljujući izuzetno povoljnom hemijskom sastavu sa aspekta ljudske ishrane, pileće belo meso se smatra nutritivno vrednom namirnicom i predstavlja važan deo ishrane potrošača. Hemijski sastav mesa brojlera zavisi od više faktora uključujući ishranu i stepen uhranjenosti, starost i pol jedinke, genetiku (provenijenciju), anatomske deo trupa koji se posmatra, način gajenja (npr. organska proizvodnja), itd. (Ristić i sar., 2008; Krischek i sar., 2011). Hemijski sastav mesa brojlera u proseku iznosi: voda 74,6%, proteini 12,1%, masti 11,1%, ugljeni hidrati 1,2% i mineralne materije 1,0% (Baltić, 2014). Količina masti u mesu brojlera je promenljiva, za razliku od količine proteina, vode i pepela koja je relativno stalna (Ristić, 2007). Pileće meso sadrži visokovredne proteine bogate esencijalnim amino kiselinama, kao i značajne količine polinezasićenih masnih kiselina. Ono predstavlja dobar izvor linolne (omega-6) masne kiseline (16–24%), arahidonske (omega-6) (1,5–5,6%) i linolenske (omega-3) masne kiseline (1,15–2,51%) (Jahan i sar., 2004), kojih ima više nego kod drugih vrsta mesa. Polinezasićene masne kiseline imaju značajnu ulogu u ishrani ljudi i zato je data preporuka da one čine 7% od ukupnih energetske potrebe organizma (Ralph, 2000). Kod starije živine, ukupan sadržaj masti u mesu je veći. Pileće belo meso karakteriše i nizak sadržaj holesterola, koji se kreće od 245 do 627 mg/kg (Jahan i sar., 2004). Pileće meso takođe predstavlja i značajan izvor vitamina B2, B6 i B12, kao i minerala kao što su cink, fosfor, gvožđe. Ristić (2007) je utvrdio prosečno 74,9% vode, 23,6% proteina, 0,6% masti i 1,2% pepela u mesu grudi brojlera, dok su Van Heerden i sar. (2002) utvrdili sledeći sastav: 74,01% vode, 23,29% proteina, 2,91% masti, i 1,11% pepela. Prema podacima Wattanachant i sar. (2004), meso grudi brojlera prosečno sadrži 74,87% vode i 1,10% pepela, dok prema Lonergan i sar. (2003), meso grudi brojlera (komercijalnih) sadrži prosečno 73,42% vode, 24,02% proteina i 1,08% masti. S druge strane, Baltić (2014) navodi nešto viši sadržaj vode (77- 78%) i niži sadržaj proteina (16-17%) u odnosu na pomenute podatke, kao i nizak sadržaj masti (oko 2%).

2.3.2. Hemijski sastav dimljenog pilećeg filea

Tokom različitih postupaka termičke obrade, ukupan sastav pilećeg mesa se menja usled gubitka vode. Dimljenje dovodi do koncentrisanja hranljivih materija u dimljenom fileu (Akakpo i sar., 2022). Kao

posledica navedenog, primećen je veći sadržaj pepela, proteina i masti u dimljenim proizvodima u poređenju sa uzorcima svežeg mesa (Doe i Olley, 1990; Kumolu-Johnson i sar., 2010; Duchène i Gandemer, 2017). Najveći gubitak vode zabeležen je tehnikom dimljenja, gde je prosečan sadržaj vode u dimljenom pilećem mesu bio $58,43 \pm 3,81$ g/100 g (Akakpo i sar., 2022). Povećan sadržaj proteina u dimljenim proizvodima Tornberg (2005) objašnjava denaturacijom proteina pod dejstvom toplote, što dovodi do otpuštanja vode i koncentrisanja ostalih sastojaka, uključujući i nakupljanje slobodnih amino kiselina u proizvodu. Neželjeni efekti termičke obrade pilećeg mesa uključuju gubitak nekih hranljivih i mineralnih komponenti (Akakpo i sar., 2022).

2.4. Oksidativne promene lipida

Postoji mnogo faktora povezanih sa oksidacijom lipida u mesu, uključujući toplotu, svetlost, sadržaj i reaktivne vrste prisutnog kiseonika, katalizatore, fosfolipide, nezasićene masne kiseline, procese koji uništavaju mišićne membrane, uslove pre klanja i pH vrednost (Cheng, 2016). Fosfolipidi ćelijskih membrana čine približno 1% ukupnih lipida u tkivu, dok je količina triglicerida oko pet puta veća. S obzirom da su bogati polinezasićenim masnim kiselinama koje su podložne oksidativnim promenama, fosfolipidi su znatno važniji od triglicerida, iako su prisutni u manjem procentu (Fuentes i sar., 2014). Oksidacija masti predstavlja neizbežnu vrstu hemijskog kvara skladištenog mesa koja dovodi do nepovoljnih promena ukusa, boje i nutritivnih karakteristika (Alonso i sar., 2016). Oksidacija lipida uključuje višestruke složene mehanizme, gde nezasićene masne kiseline stupaju u reakciju sa molekularnim kiseonikom, stvarajući hidroperokside (Domínguez i sar., 2019). Hidroperoksidi su bez mirisa i ukusa (Lillard, 1987), nestabilni su i brzo se razlažu u različita sekundarna jedinjenja kao što su heksanal, pentanal, malondialdehid, aldehidi, ketoni i kiseline (Fernández i sar., 1997). U zavisnosti od njihove koncentracije i olfaktornog praga, ova sekundarna jedinjenja nemaju podjednak uticaj na ukupnu percepciju arome (Ross i Smith, 2006). Među njima, aldehidi su ti koji daju užegle neprijatne mirise, što je povezano sa činjenicom da imaju nizak prag mirisa i da su prisutni u značajnim količinama u proizvodima koji su pretrpeli procese oksidacije (Domínguez i sar., 2019; Ho i Chen, 1993). Oksidisana mast gubi hranljivu vrednost, jer prvo dolazi do oksidacije esencijalnih masnih kiselina (Teodorović i sar., 2015). Step en oksidacije masti izražava se peroksidnim brojem, dok se nastajanje produkata peroksidne razgradnje prati određivanjem sadržaja malondialdehida, odnosno TBARS vrednosti. Metoda je jednostavna i pokazuje visok step en korelacije sa senzornom ocenom kvaliteta, a zasniva se na spektrofotometrijskom određivanju ekstrahovanog malondialdehida (Ross i Smith, 2006; Papastergiadis i sar., 2012).

2.5. Senzorne osobine

2.5.1. Aroma mesa i proizvoda

Kontinuirano konzumiranje mesa i proizvoda od mesa može se osigurati snabdevanjem potrošača ukusnim, hranljivim i bezbednim mesom, pri čemu izgled, miris, ukus i tekstura mesa mogu najviše da utiču na odluku potrošača pri kupovini mesa (Jayasena i sar., 2013). Na miris i ukus mesa i proizvoda utiče veliki broj premortalnih i postmortalnih faktora kao što su pol, rasa/soj pilića, starost, ishrana, kvalitet sirovog mesa, tehnika obrade, uključujući način salamurenja, proces dimljenja, termičku obradu, hlađenje i skladištenje (Jayasena i sar., 2013; Fu i Kerr, 2020).

2.5.1.1. Aroma svežeg pilećeg mesa

Brojne su varijacije u ukusu mesa u odnosu na rasu, odnosno soj. Na primer, kokoške Hinai-jidori iz Japana (Kiyohara i sar., 2011), domaće kokoške iz Koreje (Jung i sar., 2011) i Kadaknath rasa iz Indije, ocenjuju se kao rase znatno boljeg ukusa od brojlera (Mir i sar., 2017). Tang i sar. (2009) ističu da uzrok varijacije ukusa koji je u vezi sa rasom leži u sadržaju prekursora ukusa kao što je inozin-5'-monofosfat (IMP). Masne kiseline imaju značajan uticaj na formiranje ukusa, a mogu ga i menjati kroz reakcije sa drugim jedinjenjima (Elmore i sar., 1999). Ribozna i tiamin se smatraju jednim od najvažnijih faktora koji utiču na miris i ukus mesa živine (Aliani i Farmer, 2005). Ishrana takođe igra važnu ulogu u pogledu ukusa pilećeg mesa (Pérez-Álvarez i sar., 2010). Živina hranjena kukuruzom kao i smešama obogaćenim arahidonskom kiselinom imala je ukusnije meso (Lyon i sar., 2004; Kiyohara i sar., 2011; Takahashi i sar., 2012), dok je ishrana dopunjena ribljim brašnom negativno uticala na ukus piletine (Poste, 1990). Po Meltonu (1999), osnovni modaliteti ukusa mesa su slatko, kiselo, slano, gorko i "umami". Krvav, metalno-slankast miris i ukus karakterišu sveže meso. Njegova aroma podseća na krvni serum (Wasserman, 1972; Joo i Kim, 2011). Sirovo meso ima blag ukus, dok se toplotnom obradom (pečenje, kuvanje, prženje, dimljenje i dr.) razvijaju specifične karakteristike. Karakteristike ukusa kuvanog mesa se direktno zapažaju čulom mirisa i ukusa pre i tokom žvakanja. Termička obrada igra važnu ulogu u razvoju ukusa i utiče na isparljive komponente živinskog mesa i njegovu prihvatljivost (Sañudo i sar., 2000). Tokom termičke obrade nastaje nekoliko stotina isparljivih jedinjenja usled degradacije lipida, pre svega oksidacije masno-kiselinskih komponenti. Među njima su alifatični ugljovodonici, aldehidi, alkoholi, ketoni, estri, karboksilne kiseline, pojedini aromatični ugljovodonici, kao i oksigenovana heterociklična jedinjenja, laktoni i alkilfurani. Glavne reakcije tokom kuvanja koje su odgovorne za razvoj ukusa su Maillardova reakcija, oksidacija i razgradnja lipida, razgradnja tiamina i „lipid-Maillard“ interakcija (Brunton i sar., 2002; Van Ba i sar., 2012; Jayasena i sar., 2013). Očekuje se da će ukus mesa različitih vrsta nakon termičke obrade biti sličan zbog sličnosti slobodnih aminokiselina i ugljenih hidrata u njihovom mesu (Shahidi, 2002). Pérez-Álvarez i sar. (2010) su ovo osporili činjenicom da je ukus specifičan za vrstu i potiče uglavnom od intramuskularnih lipida.

2.5.1.2. Aroma dimljenog pilećeg filea

Na aromu dimljenih proizvoda utiče taloženje sastojaka dima sa sopstvenom aromom, kao što su fenoli. Jedinjenja koja doprinose formiranju željenog ukusa su uglavnom siringol, 4-metilsiringol, 4-alilsiringol, gvajakol, 4-metilgvajakol i trans-izoeugenol. Karbonilna jedinjenja, furani i drugi sastojci dima takođe igraju važnu ulogu, iako tačne proporcije koncentracija različitih komponenti dima u stvaranju različitih nota ukusa nisu utvrđene (Sikorski i sar., 2014). Fenoli, aldehidi i kiseline dima interaguju sa različitim komponentama proizvoda, delujući na njegove senzorne atribute. Temperatura pirolize takođe utiče na postojanje aromatičnih materija u dimu, dim je aromatičniji ako je dobijen pri temperaturama pirolize oko 300 °C (Teodorović i sar., 2015).

2.5.2. Boja mesa i proizvoda

2.5.2.1. Boja svežeg pilećeg mesa

Boja živinskog mesa je ključni senzorni atribut kvaliteta, a važna je kako za početni odabir sirovog mesa na tržištu, tako i za konačnu procenu potrošača i konačno prihvatanje gotovog proizvoda nakon konzumiranja (Fletcher, 1999). Potrošači boju povezuju sa svežinom proizvoda, a da li da kupe proizvod ili ne, odlučuju na osnovu njegove atraktivnosti (Mir i sar., 2017). Previše blede ili previše tamno meso biva odbačeno u odnosu na meso normalne boje (Warriss, 2000; Qiao, 2001). Na boju mesa živine utiču

brojni faktori koji uključuju stanje i strukturu pigmenta hema, faktore pre klanja (genetika, ishrana, postupanje, stres), uslove klanja, hlađenja i obrade (tehnike omamljivanja, prisustvo nitrita, aditivi i pH i dr.) (Froning, 1995).

Sveže meso grudi brojlera ima uglavnom bledo-ružičastu boju, i poznato je kao belo ili svetlo, dok sveže meso bataka i karabataka ima tamno-crvenu boju i poznato je kao crveno ili tamno (Mir i sar., 2017). Ukupne pigmente mesa predstavljaju hemoglobin, mioglobin i obojeni tkivni enzimi kao što su katalaza i citohromi (Froning, 1995; Northcutt, 1997). Mioglobin je najvažniji pigment mesa i njegov sadržaj u mišićima je prilično konstantan, za razliku od hemoglobina, čiji sadržaj zavisi od stepena iskrvarenja životinje tokom klanja. Hemoglobin može činiti 5–15% ukupnih pigmenata, dok kod prinudno zaklanih životinja može dostići i do 40%, a kod uginulih životinja čak do 60%. Mioglobin čini 90% pigmentacije kada mišićno tkivo pravilno iskrvari (Branković, 2015). Boja mesa pretežno zavisi od količine mioglobina i njegovog hemijskog oblika zato što u mišićima zaostane mala količina krvi posle iskrvarenja životinje (Brewer, 2004). Meso starijih životinja je tamnije i sadrži više mioglobina, a meso mladih životinja je svetlije i ima manje mioglobina. Meso živine ima značajno nižu koncentraciju mioglobina (0,1-0,4 g/kg), nego meso drugih vrsta životinja (Feiner, 2006).

Prema oksidativnom statusu, mioglobina se javlja u tri oblika: oksimioglobin, nastaje vezivanjem kiseonika za mioglobin i on je ružičastocrvene boje, dok otpuštanjem kiseonika nastaje redukovani mioglobin koji je purpurno crvene boje, a svaka denaturacija proteina mesa (zamrzavanje, sušenje, toplotna obrada, snižavanje pH vrednosti), dovodi do pojave metmioglobina, koji je smeđe ili sivocrvene boje. Oksimioglobin preovladava u momentu klanja životinje. Postmortalno, kada se kiseonik potroši, stvara se redukovani mioglobin. Oksimioglobin nastaje kada mioglobin koji je na površini mesa vezuje kiseonik iz vazduha, pa je površina mesa svetlija, a dubina tamnija (Škaljac, 2014).

Svetlije meso imaju morka, ćurka i kokoška za razliku od guske, patke i goluba, čije je meso znatno tamnije. Živina je jedina vrsta za koju se zna da ima mišiće ekstremno različitih boja u zavisnosti od regije trupa (belo i tamno meso) (Northcutt, 2009). Svetlije i tamnije meso se razlikuju po sastavu. Tamnije meso ima više sarkoplazme i aktivnije oksidaze, dok svetlije meso ima aktivnije glikogenaze. Svetlije meso živine čine bela mišićna vlakna, a tamnije crvena (Teodorović i sar., 2015). Ako je meso veoma tamno, imaće visok pH, a ako je veoma svetlo, imaće nizak pH (Anadón, 2002).

Boja mesa i pH vrednost su usko povezani, što se ogleda kroz promene sposobnosti proteina mesa da vezuju vodu, a to direktno utiče na strukturu i, posledično, na sposobnost refleksije svetlosti (Allen i sar., 1998; Fletcher, 1999). Rasejanje svetlosti od površine mišića je direktno proporcionalno stepenu denaturacije proteina, koju *post mortem* određuju temperatura i pH vrednost, utičući na količinu svetlosti koja se reflektuje od unutrašnje i spoljašnje površine mesa (Mir i sar., 2017). Mišići sa $\text{pH} \leq 6,0$ podležu većoj denaturaciji proteina, što dovodi do izdvajanja vode na površini i povećane refleksije svetlosti (Anadón, 2002). Rasejanje svetlosti utiče na svetloću (L^*) mesa, ali vrlo malo na udeo crvene (a^*) i udeo žute (b^*) boje.

Bledo, meko i vodnjikavo (BMV) meso ima bledoružičastu boju, meku teksturu i smanjenu SVV. Tamno, čvrsto i suvo (TČS) se odlikuje tamno-crvenom bojom i čvrstom teksturom. Obe mane kvaliteta mesa poseduju slabija funkcionalna svojstva, a samim tim su podložnije kvaru. Zbog loših funkcionalnih svojstava i izmenjenog izgleda, obe ove pojave su nepoželjne (Viljoen i sar., 2002) i mogu prouzrokovati značajne gubitke u industriji mesa. Za razliku od svinjskog i goveđeg mesa, BMV se javlja u pilećem i ćurećem mesu znatno ređe. Pri preradi, ovakvo meso gubi dosta mesnog soka i podložno je oksidativnim promenama. Veliki problem kod ovakvog mesa je ubrzana postmortalna glikoliza, koja dovodi do nagle razgradnje glikogena i oslobađanja toplote, usled čega se nakuplja mlečna kiselina, a pH vrednost pada ispod 6 već 45 minuta nakon klanja i *rigor mortis* nastupa ranije (jedan sat nakon klanja kod brojlera). Povišena temperatura i nizak pH dovode do denaturacije proteina, što rezultira smanjenom SVV, oslobođena voda odlazi u međucelijske prostore, a dolazi i do denaturacije mioglobina zbog čega meso postaje bledo i mekano, dok je njegova površina vlažna. Fletcher (1999) ističe da u neuobičajenim

slučajevima, kao što je kratkotrajni stres, pH vrednost naglo opada i dolazi do pojave BMV mesa, dok se kod dugotrajnog stresa pH vrednost povećava i dolazi do formiranja TČS mesa. I u jednom i u drugom slučaju, primetna je promena u boji. Postupak sa životinjama pre klanja, uključujući transport, temperatura hlađenja i dr., utiču na pojavu BMV mesa, koje se može formirati već nakon 5 minuta *post mortem* (Kralik i sar., 2008). Belo meso živine (*m. pectoralis*), ima tendenciju da se brzo zakišeljava nakon klanja. Kod brojlera, trup se brzo hladi i stoga se retko javlja kombinacija niske pH vrednosti i visoke temperature potrebne za stvaranje BMV stanja. Međutim, zbog svoje veće zapremine, ćureći mišići se sporije hlade i temperatura i dalje može biti 40 °C ili više kada se dostignu pH vrednosti oko 6. Ovo predstavlja predispoziciju za karakteristike slične BMV (Warriss, 2000). Prema boji, Bianchi i sar. (2005) razvrstali su pileća prsa u dve grupe: svetlije od normalnog, vrednost $L^* \geq 58,9$ i normalno, vrednost $L^* < 58,9$, odnosno $L^* \geq 50,9$.

2.5.2.2. Boja dimljenog pilećeg filea

Proizvodnja dimljenog filea uključuje salamurenje, dimljenje i termičku obradu kao metode konzervisanja, koje obezbeđuju adekvatan rok trajanja i bezbednost proizvoda, istovremeno doprinoseći razvoju njegovih senzornih svojstava. Salamurenje obično uključuje dodavanje nitrita, koji imaju ključnu ulogu u formiranju karakteristične crvene boje salamurenog mesa. Ta boja nastaje vezivanjem veoma reaktivnog azot-monoksida (NO), koji potiče iz nitrita, za gvožđe u hem grupi porfirinskog prstena mioglobina (Honikel, 2008). S druge strane, pošto dimljenje ostvaruje izraženiji efekat samo na površini proizvoda, potrebna je dodatna termička obrada (pasterizacija) kako bi se osigurala bezbednost proizvoda, tako da se kod ove vrste proizvoda od mesa primenjuje vrući postupak dimljenja. Dimljenje daje prepoznatljive senzorne karakteristike mesu, poboljšavajući njegovu prihvatljivost među potrošačima (Samant i sar., 2016; Coroian i sar., 2023). Boja dimljenih proizvoda zavisi od obojenih materija dima, kao što su čađ, katran, fenoli i materija koje nastaju polimerizacijom pirola i pirazina, kao i od proizvoda Maillardove reakcije između slobodnih amino grupa proteina ili drugih azotnih jedinjenja i karbonilnih jedinjenja dima (Sams i sar., 2001). Nijanse boja koje se dobijaju dimljenjem su od svetlo žute do tamno braon boje, u zavisnosti od vrste drveta koje se koristi za stvaranje dima, kao i vremenskog i temperaturnog režima samog procesa. Dim dobijen sagorevanjem bukovog drveta obojiće proizvod svetlo žuto-smeđom bojom, a dim javora, jasena, platana ili lipe zlatno žutom bojom, žuto-smeđa boja dimljenog proizvoda potiče od dima hrasta i oraha, a limun žuta od dima bagrema, proizvodi tretirani dimom od četinarskog drveta imaju tamnu boju, crnomrku, dok od drveta trešnje proizvodi imaju crvenkastu boju (Teodorović i sar., 2015). Viša temperatura dima daje tamniju boju proizvoda. Količina deponovanih komponenti dima je važna, jer proizvodi koji se dugo izlažu gustom dimu postaju tamno smeđi.

Za procenu boje mesa i dimljenih proizvoda možemo koristiti subjektivnu i objektivnu procenu. Upoređivanje boje mesa sa referentnim skalama za boju predstavlja subjektivan način procene boje (Warriss, 2000). Za objektivno, odnosno instrumentalno određivanje boje u upotrebi su različiti aparati koji koriste tehnike kolorimetrije i spektrofotometrije. Commission Internationale de l'Eclairage sistem (CIE sistem) definiše boju pomoću tri parametra: L^* , koji označava svetloću boje, a^* , koji predstavlja udeo crvene, i b^* , koji označava udeo žute boje. Za utvrđivanje boje potrebno je tačno odrediti vreme i mesto merenja nakon klanja, kao i uslove pod kojima se vrši hlađenje i rasecanje. Oba načina merenja boje, sprovode se 24 sata nakon klanja, kada se stabilizuje SVV, odnosno kada se više ne gubi pigment sa eksudatom, pri čemu je meso ohlađeno na 4 °C (Stajković, 2016). Vrednosti boje su različite za različite mišiće iste životinje, zato je neophodno precizirati mišić i regiju. Najčešće mesto za merenje boje živinskog mesa je unutrašnja površina *m. pectoralis major (superficialis)*, koja je okrenuta prema kosti, jer na suprotnoj strani mogu nastati promene nakon neadekvatnog postupanja. Treba odabrati mesto merenja bez vidljivih nedostataka (hemoragije, diskoloracije, modrice...) kao i drugih stanja koja

mogu uticati na pouzdano određivanje boje, potrebno je obratiti pažnju i na standardizaciju debljine uzorka, kao i podloge na kojoj se uzorak postavlja tokom merenja.

2.5.3. Tekstura mesa i proizvoda

2.5.3.1. Tekstura svežeg pilećeg mesa

Tekstura mesa je jedna od najvažnijih senzornih karakteristika, koja se opaža čulima sluha, vida i dodira i predstavlja fizička svojstva mesa (Baltić, 1993). Vizuelna predstava teksture je građa mesa, a taktilna, konzistencija mesa. Pokazatelji teksture su i jačina zvuka, koji se emituje prilikom grizeња i žvakanja mesa i dužina žvakanja, pa meso koje ima čvršću teksturu duže se žvaće, pri čemu se i jači zvuk emituje (Vuković, 2020). Mekoća i sočnost su osobine kvaliteta mesa koje su u bliskoj korelaciji. Kod mekšeg mesa, sok se brže oslobađa tokom žvakanju, čime se povećava njegova sočnost. Mekoća i sočnost imaju značajan efekat na prihvatljivost mesa, jer sa povećanjem mekoće povećava se i ukupna prihvatljivost hrane (Cavitt i sar., 2004). Neki potrošači više preferiraju tvrđe, dok drugi mekše meso, tako da važnost teksturalnih svojstava ne zavisi samo od hrane. Od različitih atributa (mekoća, sočnost i žvkljivost) koji doprinose teksturi živinskog mesa, čvrstoća najviše privlači pažnju potrošača (Lengkey i sar., 2013). Kod brojlera, tekstura retko predstavlja problem, jer su jedinke mlade kada se kolju. Na teksturu mesa utiču sledeći faktori: rasa, vrsta, starost, pol i uhranjenost, građa mišićnog tkiva, razvijenost i osobine vezivnog tkiva, količina intramuskularnog i intermuskularnog masnog tkiva, stresori okoline, uslovi klanja i tehnike obrade trupa nakon smrti (elektrostimulacija, brzina hlađenja i interval između klanja i odvajanja kostiju), koji će uticati na pH vrednost, kao i na jačinu postmortalnog rigora (Vuković, 2020; Baéza i sar., 2022). Baéza i sar. (2022) navode da ishrana ima zanemarljiv efekat na teksturu, dok Lyon i sar. (2004) navode da je meso živine hranjene pšenicom mekše za žvakanje za razliku od mesa živine koja je hranjena kukuruzom.

Brzina i obim hemijskih i fizičkih promena koje se dešavaju u mišiću, tokom konverzije u meso takođe određuju njegovu mekoću. Klanjem živine zaustavlja se cirkulacija krvi, blokira se dovod kiseonika ili hranljivih materija do mišića, usled čega im ponestaje energija, kontrahuju se i postaju čvrsti. *Rigor mortis*, prati ponovno omekšavanje, što meso čini mekim kada se kuva (Northcutt 2009). Svaki prekid u normalnoj konverziji mišića u meso, uticaće na njegovu mekoću.

Bilgili i sar. (1989) su ukazali na nepovoljan uticaj veće kontrakcije sarkomera tokom *rigor mortis*-a, odnosno, većeg skraćenja mišića na teksturu mesa. Pun *rigor mortis* u muskulaturi grudi nastaje nakon 2-4 sata, ali može da se javi i nakon 15 minuta *post mortem* (Kijowski i sar., 1982). Mišići sastavljeni od belih, anaerobnih vlakana (*m. pectoralis*), ostaju metabolički aktivni i do osam sati *post mortem* (Sams i Janky, 1991). Vreme proteklo *post mortem* do otkoštavanja, veoma utiče na mekoću otkoštenog mesa živine, jer mišići otkošteni u ranom postmortalnom periodu i dalje raspoložu energijom za kontrakciju, usled čega postaju tvrdi. Štaviše, mišići kao što je *m. pectoralis major* koji su otkošteni u stanju pre rigora mogu pretrpeti veći stepen kontrakcije, jer kada se belo meso ukloni sa trupa, skeletna ograničenja koja bi uticala na kontrakciju, više nisu prisutna (Owens i sar., 2004). Kako bi se sprečila pojava previše čvrstog mesa, ono se pre otkoštavanja određeno vreme zadržava na trupu, odnosno ostavlja se dovoljno vremena za razvoj *rigor mortis*-a u mišićima (Fremery i Pool, 1960). Između klanja i otkoštavanja trupova treba da prođe najmanje 24 sata ili duže. Fabrike za preradu mesa su ovo vreme skratile na minimum, tako da se preporučuje da se sačeka najmanje 4 h pre nego što se fileti otkoste, kako bi se izbeglo meso koje potrošač ne prihvata. Pileći file otkošten 45 minuta ili 2 h nakon klanja je znatno tvrdi nakon kuvanja od pilećeg filea otkoštenog 24 h posle klanja (Zhuang i Savage, 2011).

Toplotna obrada mesa pre *rigor mortis*-a može dovesti do pojave tvrdog mesa. *Post mortem* temperatura je implicirana kao najvažniji faktor obrade koji utiče na *rigor mortis* i biohemijske promene u mišićima (Lee i sar., 1979). Kada je temperatura hlađenja trupova oko 0 °C, mišić se podvrgava fenomenu

kontrakcije hlađenja, posebno tokom prvog sata *post mortem*, nakon čega ne dolazi do opuštanja i promene mekoće mesa (Dunn i sar., 1993). Na teksturu mesa istovetno utiču kako postupci sa živinom pre klanja tako i uslovi tokom obrade mesa (Liu i sar., 2004).

Tekstura mesa neposredno je uslovljena i građom tkiva. Meso će imati grublju strukturu i čvršću konzistenciju ukoliko potiče od mišića sa vlaknima većeg prečnika, većim mišićnim snopovima i većim udelom vezivnog tkiva. Mekoća mesa varira u zavisnosti od anatomske regije, jer se količina vezivnog tkiva razlikuje među pojedinim mišićima trupa. Tekstura mesa zavisi od količine i stepena umrežavanja kolagena u okolnim ekstracelularnim vezivnim tkivima (Li i sar., 2012). Stanje mesa u velikoj meri zavisi od stanja proteina, što se ogleda kroz različite faze: toplo meso neposredno nakon klanja, meso u fazi *rigor mortis*-a, kao i meso u različitim stadijumima zrenja. Što je veći stepen razgradnje proteina mišića pod dejstvom endogenih proteolitičkih enzima, i što je sadržaj intramuskularne masti veći, meso je mekše (Verbeke i sar., 1999). Da bi se razvila željena tekstura mesa, mora da postoji ravnoteža između procesa koji doprinose većoj čvrstoći (sušenje), i onih koji dovode do omekšavanja, razgradnje proteina (zrenje) (Barbut, 2007; Kaur i sar., 2021). Tekstura mesa dobrog kvaliteta značajno se razlikuje od teksture TČS mesa i BMV mesa. Do pojave BMV mesa, koja se odražava na boju i na teksturu mesa, dovode faktori stresa, uskraćivanje hrane i transport pre klanja (Zhang i Barbut, 2005).

2.5.3.2. Tekstura dimljenog pilećeg filea

Faktori koji determinišu teksturu proizvoda od mesa su hemijski sastav proizvoda (odnos proteini:masti:voda), fizičko-hemijski procesi koji se odvijaju tokom procesa zrenja, kao i trajanje zrenja (Selgas i sar., 2005; Vasilev i sar., 2010). Boju i aromu tipičnu za dimljeno meso formiraju jedinjenja dima, dok tekstura i sočnost proističu iz svojstava sirovine i uslova obrade (Sikorski i sar., 2014). Kod termički obrađenih proizvoda od mesa, karakteristična tekstura se formira usled denaturacije proteina, agregacije i formiranja gela, kao i skupljanja i rastvaranja vezivnog tkiva (Tornberg, 2005). Usled reakcije aldehida dima sa slobodnim amino grupama proteina mišićnog i vezivnog tkiva, dolazi do koagulacije proteina na površini mesa, pa je konzistencija dimljenog proizvoda na površini čvršća (Teodorović i sar., 2015).

Meso živine se pre ocene teksture podvrgava termičkoj obradi, a procena se spovodi na celom komadu. Preporučena temperatura pripreme pilećeg mesa za ovu svrhu iznosi 75–80 °C, nakon čega se meso hladi na 24–28 °C ili se ostavlja preko noći pri temperaturi 2–5 °C (Petracci i Baeza, 2009). Instrumentalno ispitivanje teksture svežeg i dimljenog mesa brojlara, radi se pomoću Texture Profile Analysis (TPA) testa.

2.6. Hlađenje

Hlađenjem živinskog mesa povećava se bezbednost proizvoda za potrošače i produžava rok trajanja za uspešan plasman na tržište (Sams, 2000). Sveže meso živine, kada je ohlađeno i skladišteno pod idealnim uslovima može da ima rok od 2 do 3 nedelje (Pippen i Klose, 1955). Ukoliko se „hladni lanac“ dosledno održava, rok trajanja mesa se produžava (Smolander i sar., 2004). Postupci hlađenja mesa, u zavisnosti od medijuma kojim se meso hladi mogu biti:

- hlađenje hladnim vazduhom (air chilling),
- hlađenje hladnom vodom (wet chilling) ili
- prskanjem sa smešom vazduha i kapljica vode (spray chilling) (Teodorović i sar., 2015).

Sams (2000), ukazuje da je hlađenje potapanjem popularniji metod hlađenja u poređenju sa hlađenjem hladnim vazduhom, iako je metoda potapanjem osporavana faktorima kao što su unakrsna kontaminacija i upravljanje otpadnim vodama. Posmatrano prema broju mikroorganizama, hlađenje mesa živine hladnim vazduhom povoljnije je od hlađenja potapanjem u vodi (Tuncer i Sireli, 2008). Optimalna

temperatura za razmnožavanje mikroorganizama i za aktivnost tkivnih enzima iznosi 38–40 °C. To je ujedno i temperatura u dubini mesa nakon klanja životinje, pa shodno tome, pri konzervisanju mesa, ovu temperaturu treba sniziti postupcima hlađenja ili zamrzavanja. Meso živine treba da se ohladi na temperaturu koja je niža od + 4 °C (Vuković, 2020). Na brzinu opadanja temperature utiče više faktora, među kojima su veličina i težina životinje, količina potkožnog masnog tkiva, kao i oprema, kapacitet i metod hlađenja (Barbut, 2002). Na mesu koje je ohlađeno pri temperaturi ispod 7 °C ne mogu da se umnožavaju mezofilne bakterije, kojima pripadaju patogene i toksogene bakterije, kao što su *Salmonella* spp., međutim, mogu se razmnožavati psihrotolerantne i psihofilne bakterije koje izazivaju kvar (Vuković, 2020). Mikroorganizmi, kao kontaminanti, na meso dospevaju sa kože životinje, iz vode, vazduha, sa ruku radnika, noževa i slično (Rouger i sar., 2017). Zato je neophodno posvetiti pažnju higijeni pogona, opreme i radnika. Brzina hlađenja utiče na mikroorganizme, tako što, ukoliko su naglo izloženi dejstvu niskih temperatura dok su u ekspanzionalnoj fazi rasta, dolazi do „hladnog šoka“ i opadanja njihovog broja. Stoga je temperaturu potrebno u najkraćem mogućem roku spustiti do nivoa koji usporava ili onemogućava razmnožavanje mikroorganizama, kao i nepoželjne biohemijske procese u mesu (Pisula i Florowski, 2006). Niske temperature, smanjuju brzinu hemijskih reakcija (oksidacija masti i mioglobina) i isparavanja vlage iz mesa, čime povoljno utiču na održivost i kvalitet mesa (Vuković, 2020).

Prekomernim hlađenjem može doći do rigora hlađenja (skraćivanja), što negativno utiče na mekoću mesa (James, 2002; Barbut i sar., 2008). Najčešće promene na mesu tokom hlađenja odnose se na boju i kalo. U toku procesa hlađenja, meso poprima svetlocrvenu boju, koja je posledica stvaranja oksimioglobina pri reakciji mioglobina mesa i kiseonika iz vazduha. Sivosmeđa boja, koja se nepovoljno odražava na kvalitet mesa, nastaje kada gvožđe u mioglobinu oksidiše do metmioglobina. Tu su i bakterije na mesu koje doprinose stvaranju metmioglobina, jer svojim enzimima razgrađuju proteinski deo mioglobina (Teodorović i sar., 2015).

Hlađenje utiče i na druge parametre kvaliteta mesa kao što su izgled, tekstura i aroma mesa, od čega zavisi njegova ukupna prihvatljivost (James i sar., 2006). Sa druge strane, ističe se da na boju, pH, SVV (Zhuang i Savage, 2009), svojstva mariniranja, senzorni kvalitet i teksturu (Perumalla i sar., 2011) mesa brojlera ne utiču različite metode hlađenja. Sadržaj mineralnih materija u mesu je najbolje očuvan pri metodi ultrabrzog hlađenja, a zadržavanje vitamina i proteina u mesu se ne razlikuje u zavisnosti od metode hlađenja (Ang i sar., 1982).

2.7. Salamurenje

Salamurenje je obrada mesa solima za salamurenje. Prva faza u procesu proizvodnje dimljenog pilećeg filea je salamurenje. Soli za salamurenje predstavljaju homogene mešavine nitrita i nitrata i kuhinjske soli, pri čemu je upotreba nitrita i nitrata regulisana zakonskim propisima (Vuković, 2020). Nitriti su toksični, pa se koriste samo u vidu nitritne soli za salamurenje. To su jedinjenja koja imaju baktericidno, bakteriostatsko i antioksidativno dejstvo, utiču na miris i ukus mesa i proizvoda od mesa, a u reakciji sa mioglobinom formiraju specifičnu crvenu boju salamurenog mesa. Kod proizvoda od mesa koji se termički obrađuju dozvoljena je isključivo upotreba nitritne soli za salamurenje (Honikel, 2008; Vuković, 2020). Boja proizvoda od mesa zavisi od formiranja nitrozil-mioglobina (Bajčić i sar., 2023; Han i sar., 2024). Nitriti se stvaraju redukovanjem nitrata pod dejstvom enzima bakterija (*Lactobacillus*, *Staphylococcus*, *Micrococcus*) i enzima tkiva, i na taj način se održava njihova koncentracija koja je neophodna za izvođenje postupka salamurenja (Rahelić i sar., 1980; Honikel, 2007; Honikel, 2010).

Soljenje i salamurenje mesa može da se vrši po suvom i vlažnom postupku. Suvi postupak soljenja i salamurenja mesa primenjuje se u proizvodnji suvomesnatih proizvoda i suve slanine, tako što se so utrlja na površini mesa i oko kostiju. Vlažni postupak salamurenja (potapanje u salamuru ili ubrizgavanje salamure u meso) primenjuje se na mesu namenjenom za izradu toplotom obrađenih proizvoda (dimljeni

proizvodi od mesa, barene kobasice). Meso se potapa u salamuru koja je 1,5 - 2 puta veća od količine mesa sve dok se procesom difuzije u mesu ne postigne oko 2% količine soli.

2.8. Dimljenje

Prema odredbama Pravilnika koji propisuje parametre kvaliteta proizvoda od mesa (Sl. glasnik RS, broj 31/2012), "dimljenje" predstavlja proces konzervisanja proizvoda pomoću dima ili aroma dima pri odgovarajućoj temperaturi. Pri temperaturama do 25 °C, reč je o hladnom dimljenju, do 60 °C, o toplom dimljenju, a pri temperaturama iznad 60 °C, o vrućem dimljenju. Dimljeni živinski file je proizvod od mesa grudi živine bez kosti i kože, uz dodatak soli za salamurenje, kuhinjske soli, šećera, vode, ekstrakata začina, začina, prirodnih aroma, aroma dima i aditiva. Šimko (2002) definiše dimljenje kao postupak tokom kojeg isparljive komponente nastale toplotnom razgradnjom drveta prodiru u meso i proizvode od mesa, čime se formiraju specifičan miris, ukus i boja, uz istovremeno povećanje njihove održivosti. U industrijskoj proizvodnji koristi se dim koji nastaje nepotpunim sagorevanjem (pirolizom) drveta i strugotina (piljevina i iverje) (Feiner, 2006). Dim se sastoji od nekoliko desetina hiljada hemijskih supstanci, pri čemu su za boju, miris, ukus, konzistenciju i održivost dimljenih proizvoda od mesa najznačajniji fenoli, ketoni, aldehidi, alkoholi i organske kiseline (Vuković, 2012). Za dimljenje mesa koristi se drvo kao što je bukva, hrast, jasen, grab, orah, cer i dr. (Vuković, 1998).

Razlikuje se klasičan (tradicionalan) i automatski (moderan) način dimljenja. Dimljenje na otvorenom ložištu (direktno dimljenje) je najstariji način dimljenja, i koristi se u manjim zanatskim objektima i domaćinstvima, pri čemu temperatura i vlažnost vazduha zavise od spoljašnjih klimatskih uslova. Dobijanje dima u generatorima, pri čemu se za dimljenje koriste komore opremljene agregatima za kondicioniranje vazduha koji obezbeđuju konstantnu temperaturu, optimalnu relativnu vlažnost i cirkulaciju vazduha (indirektno dimljenje) predstavlja savremen način prerade mesa (Vuković, 2012). Takav dim je ujednačenog kvaliteta i hemijskog sastava, pa su i proizvodi standardniji. U zavisnosti od temperature koja se postiže u pušnicama, dimljenje može biti toplo i hladno, ali pojedini autori, ukazuju i na vruće dimljenje. Tokom hladnog dimljenja, temperatura se kreće u rasponu 12 °C - 25 °C (suvomesnati proizvodi), dok se kod toplog dimljenja kreće od 40 °C do 50 °C i primenjuje se samo kod proizvoda koji poseduju odgovarajuću održivost (neophodno je obezbediti proizvodu drugi antimikrobni faktor poput $a_w < 0,95$ ili 150 mg/kg nitrita). Kod vrućeg dimljenja temperatura dima se kreće u rasponu 40 °C - 100 °C, dok se u dubini proizvoda postiže temperatura i do 85 °C (Stołyhwo i Sikorski, 2005). Kod hladnog dimljenja, so ima presudnu konzervišuću ulogu, dok se kod toplog načina dimljenja, konzervišući efekat ostvaruje gubitkom vode, kao i dejstvom povišenih temperatura i dima (Teodorović i sar., 2015).

2.8.1. Efekti dima

Efekat konzervisanja mesa dimljenjem ogleda se u promenama osnovnih sastojaka mesa koje nastaju delovanjem toplote dima i njegovih komponenti na mikroorganizme, zatim u smanjenju sadržaja vode u mesu, pri čemu se ukupni efekat odražava na kvalitet gotovog proizvoda (Kolodziejska i sar., 2002). Dimljenje, pored toga što poboljšava održivost i stabilnost proizvoda zahvaljujući antimikrobnom i antioksidativnom delovanju sastojaka dima, utiče na izgled, aromu i boju, kao i konzistenciju proizvoda (Vuković, 2012; Fu i Kerr, 2020). Smatra se da proces formiranja karakteristične boje dimljenog mesa započinje stvaranjem karbonilnih jedinjenja koje imaju duge lance (Vuković, 2012). Tokom dimljenja, oni se adsorbuju u tanki vlažni površinski sloj proizvoda, reaguju sa amino grupama proteina mesa, a dalji tok reakcije je sličan Maillard-ovim reakcijama potamnjenja (Hui i sar., 2001). Fenoli takođe pogoduju stvaranju poželjne boje, ali u manjoj meri, što zavisi od vrste drveta (Stumpe-Viksna i sar., 2008). Na aromu proizvoda utiču različite komponente dima kao što su fenoli, furfural,

hidroksimetilfurfurol, karbonilna jedinjenja, organske kiseline (uglavnom kiseline srednjih lanaca), oksikiseline, hidrokiseline i dikarbonske kiseline (Vuković, 2012). U formiranju arome proizvoda pomažu reakcije dima sa proteinima mesa. Fenoli su najkoncentrovaniji u površinskom sloju proizvoda, dok ih u središtu ima znatno manje, a s obzirom na to da je slična raspodela i kod intenziteta arome, aroma dima se može povezati sa prisutnom koncentracijom fenola (Hui i sar., 2001). Aldehidi dima koagulišu proteine mesa u velike agregate, čime konzistencija proizvoda postaje čvršća. Dimljenje samo po sebi nije dovoljno, pa se kombinuje sa drugim metodama konzervisanja, kao što su salamurenje, soljenje, sušenje, fermentacija, toplotna obrada, dodavanje začina, tehnike pakovanja, hladno skladištenje, čime se sinergistički deluje na uništavanje mikroorganizama i produžava održivost proizvoda (Muratore i Licciardello, 2005; Vuković, 2012). Na primer, u proizvodnji dimljenih proizvoda, meso prvo treba salamuriti vlažnim postupkom, pa onda podvrgnuti tzv. vrućem dimljenju pri temperaturi od 60 °C do 80 °C (Teodorović i sar., 2015).

Na hemijsku i mikrobiološku stabilnost proizvoda od mesa utiču antioksidativne i antimikrobne komponente dima. U dimljenom mesu, procesi oksidacije se odvijaju znatno sporije nego u proizvodima koji se ne dime, pri čemu na intenzitet tih procesa utiče i temperatura (Guillén i Cabo, 2004). Smatra se da fenoli i organske kiseline pokazuju najizraženiji antioksidativni efekat, dok prooksidativno deluju aldehidi, ketoni, alkoholi i organske baze (Kjällstrand i Petersson, 2001; Vuković, 2012). Baktericidno i fungicidno dejstvo dima potiče od karbonilnih jedinjenja (aldehidi i ketoni), fenola (krezol, katehin, pirogalol), organskih kiselina (sirćetna, mravlja, buterna, propionska) (Vuković, 2012). Međutim, antimikrobni efekat je uglavnom ograničen na površinski sloj proizvoda, gde se ovi elementi dima najviše talože, dok se ka unutrašnjosti proizvoda njihova koncentracija smanjuje, kao i intenzitet antimikrobnog dejstva (Milly, 2003). Mikroorganizme ne mogu u potpunosti da inaktiviraju antimikrobne supstance dima (Ciecierska i Obiedziński, 2007). Održivost proizvoda zavisi i od drugih antimikrobnih faktora kao što su a_w vrednost, pH vrednost, toplotna obrada, sadržaj nitrita. Jedinjenja dima sa antimikrobnim svojstvima u kombinaciji sa termičkom obradom mogu smanjiti ukupan broj aerobnih bakterija do 2 logaritamska ciklusa (Sikorski, 2016). Gram-pozitivne bakterije su otpornije, dok su gram-negativne bakterije najosetljivije i obuhvataju najveći broj patogenih vrsta i uzročnike kvara.

2.8.2. Dimljeni proizvodi od mesa

Oko 40-60% od ukupne količine proizvoda od mesa predstavljaju dimljeni proizvodi od mesa (Sikorski i Kolakowski, 2010). Proizvodi koji se dobijaju od mesa u komadima, sa ili bez pripadajućih kostiju, masnog tkiva i kože, a koji se konzerviraju vrućim dimljenjem (postize se mikrobiološka stabilnost i odgovarajuća senzorna svojstva) i toplotom (pri temperaturi pasterizacije koja je primarna za održivost), nazivaju se dimljeni proizvodi od mesa, a u zavisnosti od kojih komada mesa živine se izrađuju, razlikuje se dimljeni file, koji se izrađuje od mesa grudi, bez kosti i kože i dimljeni batac i karabatak, koji se izrađuju od bataka i/ili karabataka, pri čemu se kao sirovina najčešće koristi ohlađeno meso čija je pH vrednost od 5,8 do 6,4 (Teodorović i sar., 2015). Senzorni parametri dimljenog živinskog filea definisani su Pravilnikom o kvalitetu usitnjenog mesa, poluproizvoda od mesa i proizvoda od mesa ("Sl. glasnik RS", br. 50/2019 i 34/2023). U pogledu senzornih karakteristika, dimljeni pileći file nakon proizvodnje bi trebalo da ispunjava sledeće uslove: da je površina proizvoda čista i suva, da je pravilnog oblika, uredno obrađenih rubova i bez zaseka, da je boja stabilna i karakteristična, te da ima prijatan i svojstven miris i ukus na dim i vrstu mesa.

Prvi utisak o kvalitetu dimljenih proizvoda od mesa potrošač formira prema vizuelnoj proceni (spoljašnji izgled), kao i prema izgledu njegovog poprečnog preseka. Površina proizvoda ne sme biti sluzava i vlažna. Boja na preseku treba da bude karakteristična i stabilna, što zavisi od kvaliteta sirovine, kontaminacije mikroorganizmima, dužine mehaničke obrade, temperature toplotne obrade (načina i intenziteta dimljenja), hlađenja, skladištenja. Nitriti igraju ključnu ulogu u razvoju karakteristične

ružičaste boje proizvoda i izrazite arome (Choi i sar., 2017). Nestabilna boja je posledica nedovoljne količine nitrita u solima za salamurenje, više pH vrednosti mesa, nedovoljno dugog zrenja. Znaci nedovoljnog zrenja proizvoda su meka konzistencija, žilava tekstura i slabo izražena aroma (Vuković, 2020). Sočnost i tekstura zavise od sposobnosti mesa da zadrži vodu tokom skladištenja i termičke obrade (Glamočlija, 2013). Tokom dimljenja proizvod se i suši, čime njegova konzistencija postaje čvršća, tekstura muskulature postaje mekša i proizvod se lakše žvaće, kao posledica razlaganja proteina mesa tokom zrenja. U formiranju mekše teksture i karakterističnog mirisa i ukusa važnu ulogu igraju enzimi kalpaini, katepsini i lipaze (Toldrá, 2006). Kalpaini u prisustvu jona kalcijuma razgrađuju gradivne proteine aktomiozina, katepsini razlažu proteine miofibrila i sarkoplazme do peptida i slobodnih aminokiselina, koje mikroorganizmi transformišu do različitih aromatičnih jedinjenja. Lipaze hidrolizuju neutralne masti i lipoide ćelijskih membrana, pri čemu se iz triglicerida i fosfolipida oslobađaju slobodne masne kiseline. Na aromu proizvoda utiču niže masne kiseline. Nezasićene masne kiseline su podložne procesu oksidacije, pri čemu nastaju aldehidi, ketoni i aromatična jedinjenja (Toldrá, 2006). Za stvaranje karakteristične arome dimljenog proizvoda neophodna je ravnoteža između isparljivih jedinjenja kao što su furani, aldehidi, ketoni i alkohol, i neisparljivih jedinjenja, kao što su peptidi, aminokiseline i nukleotidi, koja potiču od mesa i aditiva (sirovine) ili se stvaraju tokom biohemijskih reakcija prilikom zrenja (Toldrá, 1998). Nedostaci dimljenih proizvoda su greške u izgledu (sluz na površini, otpuštanje vlage na površini, nedovoljno formirana crvena boja, sivozelene diskoloracije, pore na preseku), aromi (nedovoljno formirana aroma, užegla aroma) i konzistenciji (trošna konzistencija) (Teodorović i sar., 2015). Veliki broj međusobno povezanih činilaca utiče na održivost dimljenih proizvoda od pilećeg mesa: odabir sirovine i odgovarajuće postupanje sa sirovinom tokom primarne obrade i proizvodnje (način soljenja i dimljenja, dužina dimljenja i količina soli), postupanje sa proizvodom nakon proizvodnog procesa, način pakovanja kao i temperatura skladištenja, poštovanje principa dobre proizvođačke i dobre higijenske prakse (Fu i Kerr, 2020).

2.9. Vakuumiranje

Uloga pakovanja je da što duže održi originalna svojstva hrane tokom čuvanja, da obezbedi njen integritet u procesu proizvodnje, distribucije i prodaje, kao i da potrošačima pruži informacije o hrani i olakša njeno rukovanje (Cutter, 2002). Savremene metode pakovanja mesa i proizvoda od mesa, kao što su vakuumsko pakovanje, modifikovana atmosfera i aktivno pakovanje, su tehnike koje su produžile rok trajanja ovih proizvoda, inhibiranjem rasta mikroorganizama kvara i patogenih mikroorganizama (Balamatsia i sar., 2006; Pereira i sar., 2015).

U slučaju aerobnog skladištenja mesa živine i proizvoda, kao dominantni mikroorganizmi preovlađuju *Pseudomonadae* i kvasci, dok u vakuum pakovanju i modifikovanoj atmosferi preovlađuju bakterije mlečne kiseline (BMK) i *Brochothrix thermosphacta* (Nychas i Skandamis, 2005; Ntzimani i sar., 2008). Glavni konkurenti bakterijama kvara u vakuumu ili modifikovanoj atmosferi su BMK. One su slabi proteoliti, i proizvode male količine amina i sulfita, a promene u mesu koje nastaju njihovim rastom nisu naročito izražene (Nychas i Skandamis, 2005). Pri vakuumskom pakovanju, meso se stavlja u plastičnu foliju sa niskom propustljivošću za kiseonik, u kojoj se vazduh uklanja pre zatvaranja, pakovanje se skuplja, obezbeđujući čvrst kontakt folije sa mesom (Amaral i sar., 2018). Kada je meso pakovano u folije sa niskom propustljivošću, ostavljajući malo prostora za akumulaciju bilo kakvog tečnog eksudata, rezidualni kiseonik (O₂) će se brzo pretvoriti u ugljen-dioksid respiratornom aktivnošću mesa i bakterijskom aktivnošću (Mills i sar., 2014). Na taj način nastaju uslovi kojima se suzbija rast aerobnih bakterija, a omogućava rast fakultativnih anaeroba. Muller (1990) ukazuje koliko je važna preostala količina kiseonika u pakovanju neposredno nakon zatvaranja za sprečavanje diskoloracije upakovanog salamurenog mesa, i koliko ga je teško odžati na dovoljno niskom nivou. Møller i sar. (2003) takođe ističu da i minimalne količine kiseonika u pakovanju u kombinaciji sa svetlošću, dovode do značajne

promene boje proizvoda. Proizvodi od mesa kojima su dodati nitriti, treba pakovati u vakuum pakovanju ili u modifikovanoj atmosferi kako bi se izbegao kontakt proizvoda sa kiseonikom i na taj način rešio problem svetle boje proizvoda (Møller i Skibsted, 2007). Kako bi se ovakvi nedostaci izbegli, u upotrebi su termoskupljajuće barijerne folije. Da bi se osigurala stabilna boja proizvoda za vreme skladištenja, materijal ambalaže treba da poseduje adekvatna barijerna i fizičko-mehanička svojstva, čime se omogućava niska propustljivost kiseonika, na koju utiču i temperatura i relativna vlažnost (Šakota i sar., 2002; Robertson, 2006). Pakovanje proizvoda od mesa u vakuum pakovanju pogodno je za njihovo čuvanje duži vremenski period, ali njegova uspešnost zavisi od početnog kvaliteta i tehnoloških svojstava proizvoda, njegovog mikrobiološkog statusa, kao i od primene odgovarajućih temperatura skladištenja. Vakuumsko pakovanje ima široku primenu jer je isplativo, lako primenljivo, ali ova metoda ima i nedostatke, kao što su deformacija proizvoda i stvaranje eksudata, zbog čega je pakovanje u modifikovanoj atmosferi postalo vodeća tehnologija pakovanja, kojom se održava kvalitet proizvoda od proizvođača do potrošača (Cutter, 2002; Pereira i sar., 2015). Pakovanjem proizvoda u vakuum pakovanju ili modifikovanoj atmosferi, zahtevi potrošača za hranom visokog kvaliteta sa očuvanim senzornim karakteristikama i nutritivnom vrednošću sirovine, u velikoj meri mogu biti ostvareni. Isto tako, i proizvođači su na dobitku, zadržavaju postojeće tržište, uz mogućnost i da ga prošire.

2.10. Skladištenje svežeg mesa i dimljenih proizvoda

Potražnja potrošača za svežim ili ohlađenim mesom je veća u odnosu na zamrznuto meso (Shin i sar., 2006). Da bi se zadovoljila ova potreba, primenjuje se skladištenje mesa u frižideru, što se pokazalo uspešnim, obzirom na njegovu univerzalnu upotrebu za konzervisanje mesa (Kim i sar., 2022). Živinsko meso je kvarljivo, tako da za relativno kratko vreme neodgovarajući uslovi skladištenja dovode do fizičkih, hemijskih i mikrobioloških promena koje negativno utiču na kvalitet. Piletina se brzo kvari u roku od nedelju dana od klanja, bez obzira na uslove skladištenja (Kim i sar., 2017; Balamatsia i sar., 2007). Da bi se odložio kvar i produžio rok trajanja, živinsko meso se najčešće skladišti pri temperaturi od 0 °C do 4 °C, čime se ograničava razvoj mikroorganizama i usporava intenzitet hemijskih promena (Augustyńska-Prejsnar i sar., 2023). Ukupan broj mikroorganizama u uzorcima pilećeg belog mesa postepeno se povećavao tokom skladištenja pri 4 °C od 1. do 12. dana i doprineo pogoršanju fizičko-hemijskih svojstava mesa (Nowak i Krysiak, 2005; Sujiwo i sar., 2018). Povećanje pH vrednosti tokom skladištenja je posledica brzog razmnožavanja specifičnih mikroorganizama (Marcinkowska-Lesiak i sar., 2016). Azlin-Hasim i sar. (2015) su izvestili da vrednosti L^* i a^* pilećeg belog mesa nisu bile pogođene skladištenjem tokom 12 dana pri 4 °C. Young i Lyon (1997), su zaključili da se vrednosti *shear force* belog mesa smanjuju sa produženjem vremena skladištenja.

Dimljeni proizvodi od mesa se skladište pri temperaturama 0 °C - 4 °C ("Sl. glasnik RS", br. 50/2019 i 34/2023). Na formiranje biogenih amina utiče temperatura skladištenja gotovog proizvoda. Skladištenje na višim temperaturama frižidera kao i loša regulacija temperature, doprinose povećanju broja mikroorganizama u proizvodima, kao i intenziviranju proteolize u mišićnom tkivu i aktivnosti dekarboksilaznih enzima (Ruiz-Capillas i Herrero, 2019).

2.11. Mikroorganizmi

2.11.1. Mikroorganizmi u svežem pilećem mesu

Sa aspekta bezbednosti hrane, opasnosti koje potiču od mesa i proizvoda od mesa i mogu ugroziti zdravlje ljudi, poznate su kao mikrobiološke, hemijske (antibiotici, pesticidi, teški metali) i fizičke (drvo, staklo, plastika, metal), pri čemu najveći rizik predstavljaju mikrobiološki hazardi (Pointon i sar., 2006). Mikrobiološka bezbednost pilećeg mesa i proizvoda ima veliki značaj kako za proizvođače, tako i za

potrošače. Uprkos svojim nutritivnim prednostima, sveže pileće meso je lako kvarljivo i podložno je mikrobiološkoj kontaminaciji iz različitih izvora na svom putu “od njive do trpeze“ (Rouger i sar. 2017). Kontaminacijom mesa narušava se njegov kvalitet, a zdravstveni rizici po potrošače su veći. Dublji slojevi mesa zdravih životinja po pravilu su sterilni, ali u praksi je nemoguće održavati ga u takvom stanju tokom klanja, rasecanja i u toku dalje obrade (Petäjä-Kanninen i Puolanne, 2007). Tokom procesa prerade, verovatnoća kontaminacije iz okoline se smanjuje, ali se povećava rizik od lošeg postupanja, što posledično dovodi do veće bakterijske kontaminacije u prerađenim proizvodima od piletine u poređenju sa svežim pilećim mesom (Al-Maaqar i sar., 2024). Meso trupova živine u toku obrade i rasecanja kontaminiraju mikroorganizmi koji potiču iz digestivnog trakta, sa kože ili perja zaklane živine i/ili iz objekta za klanje i preradu mesa, gde se bakterije prenose sa opreme i radnika na trupove i komade mesa (Rouger i sar., 2017; Dourou i sar., 2021). Živina može biti rezervoar za mnoge bakterije, i dok su jedne bezopasne po zdravlje ljudi, ali mogu da izazovu kvar mesa jer su psihrotrofne i razmnožavaju se pri niskim temperaturama, druge su patogene, kao što su *Salmonella* spp., *Campylobacter jejuni*, *Listeria monocytogenes*, *Clostridium perfringens*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* (Davis i sar., 2010; Mead, 2004). Na trupovima živine najčešće se javljaju mikroorganizmi iz rodovima *Acinetobacter*, *Pseudomonas* i familije *Enterobacteriaceae*, dok su *Aeromonas* spp., *Micrococcaceae* i *Lactobacillaceae* ređi (Augustyńska-Prejsnar *at al.*, 2023). Poznato je da neke bakterije (*Pseudomonas* spp., *Micrococcus* spp.), zahvaljujući svojim proteolitičkim i lipolitičkim enzimima, deluju na proteolitičke i lipolitičke procese (Demeyer, 2004; Odeyemi i sar., 2020). Povećan broj enterobakterija na trupovima živine obično se povezuje sa lošim postupanjem, nepravilnim i nehigijenskim tehnikama obrade i/ili uslova skladištenja. Fekalna kontaminacija pilećeg mesa sa *Enterobacteriaceae*, uključujući *Salmonella* spp., *E. coli*, *Proteus* spp. i *Klebsiella* spp., predstavlja značajan problem higijene hrane (Augustyńska-Prejsnar *at al.*, 2023). Transportni stres takođe može povećati endogenu mikrobnu kontaminaciju mesa brojlera (Zheng i sar., 2020). U mesu, brzina razmnožavanja mikroorganizama zavisi brojnih faktora koji uključuju vrstu mikroorganizma, količinu vode i dostupnost hranljivih materija, pH vrednost sredine, temperaturu i vrstu pakovanja (vakuum, MAP) (Cervený i sar., 2009).

2.11.2. Mikroorganizmi u dimljenom pilećem mesu

Proizvodi od pilećeg mesa, iako prolaze kroz različite metode obrade radi ukusa, bezbednosti, roka trajanja i prihvatljivosti za potrošače, nisu sterilni, jer komensalni i patogeni mikroorganizmi mogu da prežive obradu (Al-Maaqar i sar., 2024). Efekat konzervisanja postiže se kao rezultat istovremenog delovanja nekoliko faktora: termička inaktivacija mikroorganizama kvara, a_w vrednost, pH vrednost, antibakterijska aktivnost aditiva koji se koriste pre dimljenja, koncentracija antimikrobnih i antioksidativnih komponenti dima u proizvodu, barijerna svojstva pakovanja i temperatura skladištenja (Sikorski i sar., 2014). Proizvodnja dimljenog pilećeg filea se zasniva na salamurenju, dimljenju i termičkoj obradi, pri čemu svaka od ovih metoda obrade utiče na mikrobiološki status krajnjeg proizvoda.

U fazi salamurenja, meso apsorbuje potrebnu količinu soli, koja doprinosi formiranju ukusa, dok se proteini delimično denaturišu, usled čega meso postaje čvršće. Kod dimljenih proizvoda od mesa dozvoljena je upotreba iskuljučivo nitritne soli za salamurenje, jer se radi o proizvodima koji se obrađuju toplotom. Nitriti igraju značajnu antimikrobnu ulogu jer sprečavaju razmnožavanje mikroorganizama štetnih po ljudsko zdravlje, od kojih se posebna pažnja pridaje sporogenoj toksogenoj bakteriji *Clostridium botulinum* čime se značajno doprinosi prevenciji pojave botulizma. Pored toga, nitriti deluju inhibitorno i na druge bakterije štetne po zdravlje ljudi, kao što su *Enterobacteriaceae*, *Clostridium perfringens* i *Staphylococcus aureus* (Honikel, 2008; Honikel, 2010). Visoke koncentracije NaCl mogu da produže generacijsko vreme određenih patogenih mikroorganizama kao što su *E. coli*, *Salmonella* vrste i neproteolitičke *C. botulinum*, dok su dobro podnošenje visokih koncentracija kuhinjske soli pokazali *L.*

Monocytogenes, *S. aureus* i neki mikroorganizmi kvara (*Pseudomonas*, *Brochothrix*) (Doyle i Glass, 2010). Konzervišući efekat soli ogleđa se u smanjenju a_w vrednosti u mesu, tako što smanjuje količinu vode dostupnu mikroorganizmima. Kao što je već pomenuto, svaki mikroorganizam ima graničnu a_w vrednost ispod koje nije u mogućnosti da raste, formira spore ili da proizvodi toksične metabolite (Tortora i sar., 2013).

Dim inhibira rast nekih mikroorganizama u zavisnosti od profila fenolnih sastojaka u dimljenom proizvodu (Fu i Kerr, 2020). *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, *Staphylococcus aureus* i *Escherichia coli* su među bakterijama koje mogu biti inhibirane fenolnim jedinjenjima i sirćetnom kiselinom koje se nalaze u dimu (Farag i ElShehawy, 2024). Antimikrobne komponente dima ne mogu u potpunosti da inhibiraju i inaktiviraju neke patogene mikroorganizme, kao što su salmonele, klostridije, šta više, dim na indirektan način može da doprinese razmnožavanju klostridija u proizvodima od mesa, tako što otežava prodiranje kiseonika u dubinu proizvoda. Streptokoke i laktobacili su otporniji na dim u odnosu na mikrokoke (Vuković, 2020).

Mikroorganizmi su različito otporni i na toplotu. Sama termička obrada obezbeđuje značajno smanjenje broja mikroorganizama, posebno kada temperatura u centru proizvoda pređe 60 °C (Akakpo i sar., 2022). Bakterije rodova *Lactobacillus*, *Micrococcus* i *Enterococcus*, kao i spore *Bacillus* i *Clostridium* vrsta mogu da prežive temperature pasterizacije (Mendonca, 2010).

Vakuumsko pakovanje može biti prepoznato kao efikasna metoda za sprečavanje kvarenja, održavanje kvaliteta i produženje roka trajanja proizvoda od mesa (Wang i sar., 2025). BMK su grupa mikroaerofilnih mikroorganizama koji prevlađuju u vakuumski upakovanom mesu i proizvodima od mesa (Odeyemi i sar., 2020; Bintsis, 2018).

Hlađenje i održavanje stabilne temperature hlađenja tokom perioda skladištenja, takođe smanjuje rast i razmnožavanje mikroorganizama (Augustyńska-Prejsnar *at al.*, 2023). Proizvodi se skladište pri temperaturama do +4 °C kako bi se sprečilo umnožavanje bakterija koje mogu da prežive pasterizaciju. Mikrofloru proizvoda od mesa čuvanih u uslovima hlađenja (pri temperaturi frižidera) čine *Moraxella* spp., *Pseudomonas* spp., *Psychrobacter* spp., *Acinetobacter* spp. i psihrotrofne enterobakterije (Cerveny i sar., 2009).

Biogeni amini prisutni u hrani životinjskog porekla, nastaju delovanjem enzima različitih mikroorganizama, ali se dekarboksilazna aktivnost uglavnom pripisuje familijama: *Enterobacteriaceae*, *Micrococcaceae* i *Pseudomonadaceae*, kao i BMK (Gardini i sar., 2016; Ruiz-Capillas i Herrero, 2019; Liu i sar., 2024).

2.12. Biogeni amini u mesu i proizvodima od mesa

Procena kvaliteta pilećeg mesa se uglavnom zasniva na njegovim senzornim i mikrobiološkim karakteristikama (Balamatsia i sar., 2006, 2007). Senzorne metode su brze, dobro prihvaćene, ali u velikoj meri zavise od obučenosti panelista i ne otkrivaju specifičnu kontaminaciju hrane. Sa druge strane, tradicionalne metode za identifikaciju određenih mikroorganizama kvara su spore, i za rezultate je potrebno nekoliko dana (Ntzimani i sar., 2008). Zato su potrebne nove, alternativne metode, kao što je određivanje biogenih amina (BA), kao hemijskih indikatora za bezbednost i procenu kvaliteta hrane (Ruiz-Capillas i Herrero, 2019; Chmiel i sar., 2022).

BA su jedinjenja male molekulske mase. U hrani se uglavnom formiraju dekarboksilacijom slobodnih aminokiselina pod uticajem endogenih ili bakterijskih enzima ili aminacijom i transaminacijom aldehida i ketona (Jaguey-Hernandez i sar., 2021). Poznato je da su spermin (SPM) i spermidin (SPD), prirodno prisutni u svežem mesu, dok putrescin (PUT), kadaverin (CAD), triptamin (TRP), feniletilamin (PHE), histamin (HIS) i tiramin (TYR) mogu biti prisutni u mesu i proizvodima od mesa, i mogu da se akumuliraju, posebno tokom kvara (Stajković i sar., 2025). Količina biogenih amina u hrani zavisi od dostupnosti slobodnih aminokiselina, prisustva i aktivnosti aminokiselinskih dekarboksilaza,

mikroorganizama sposobnih za dekarboksilaciju, kao i od uslova koji omogućavaju njihov rast (Paleologos i sar., 2003; Balamatsia i sar., 2006; Liu i sar., 2024). Pojedine dekarboksilaze mogu zadržati aktivnost i nakon raspada bakterijske ćelije, pa tako i dalje doprinose stvaranju biogenih amina (Gardini i sar., 2016). Na proteolizu utiču mnogi faktori kao što su povećana kiselost, dehidratacija, temperatura i dejstvo NaCl u nekim proizvodima od mesa, kao i mikroba aktivnost tokom fermentacije i/ili drugih procesa proizvodnje hrane i tokom skladištenja (Stajković i sar., 2025). U formiranju BA učestvuju podjednako i gram-pozitivne, i gram-negativne bakterije (Marcobal i sar., 2012; Wunderlichová i sar., 2014; Gardini i sar., 2016). U slučaju živinskog mesa, smatra se da su sojevi *Enterobacteriaceae* najčešće odgovorni za povećanje nivoa BA (Wójcik i sar., 2022). Povećan sadržaj nekih BA u hrani ukazuje na loš mikrobiološki kvalitet (Chmiel i sar., 2022).

Faktori kao što su hemijski sastav, pH vrednost, temperatura, zatim neke operacije rukovanja i proizvodnje (npr. fermentacija, zrenje, salamurenje) i trajanje skladištenja, utiču na sadržaj BA u hrani (Stajković i sar., 2025). Vrednost pH sa jedne strane može da ograniči aktivnost mikroorganizama, a sa druge strane da poveća stvaranje enzima dekarboksilaze, kao fiziološku reakciju mikroorganizama na kiselo okruženje (Schirone i sar., 2022). Dekarboksilaze aminokiselina imaju optimalnu aktivnost pri pH vrednosti 4,0 - 5,5 (Gökoglu, 2003), zbog čega se najveće količine BA formiraju u proizvodima sa nižim pH vrednostima (Santos, 1996). Dodatno, kisela sredina čini tkivne katepsine aktivnijim, što ima za posledicu razgradnju mišićnih proteina na peptide i aminokiseline, prekursore amina (Gökoglu, 2003). Temperatura utiče na formiranje BA u mesu i mesnim proizvodima (Liu i sar., 2024). Upravljanje temperaturom je od ključnog značaja za stvaranje najboljih uslova za rast mezofilnih bakterija i za podsticanje katabolizama proteina. Visoka temperatura tokom skladištenja ili fermentacije ubrzava razgradnju proteina i rast mikroorganizama, povećava aktivnost dekarboksilaza i proteolitičkih enzima, ubrzavajući stvaranje BA (Stajković i sar., 2025). Pakovanje mesa i proizvoda od mesa može uticati na količinu i vrstu BA, pri čemu MAP i vakuumsko pakovanje (VP) igraju važnu ulogu u selekciji mikroorganizama koji izazivaju kvar, posebno dekarboksilirajućih bakterija (Gardini i sar., 2016). Sastav mesa (proizvoda) takođe utiče na stvaranje BA. Pileće meso zbog jedinstvenog sastava proteina i mekše teksture, ima veći sadržaj BA nego goveđe i svinjsko meso, skladišteni pod istim uslovima (Liu i sar., 2024; Balamatsia i sar., 2006; Ntzimani i sar., 2008; Fraqueza i sar., 2012; Rodriguez i sar., 2015; Chmiel i sar., 2022).

BA se mogu naći u različitim količinama u velikom broju namirnica (riba, sir, meso, vino, povrće, itd.) i mogu štetno delovati na zdravlje potrošača, i izazvati mučninu, glavobolju, želudačne i crevne probleme i pseudoalergijske reakcije (Shashank i sar., 2021). Najtoksičniji amini među BA su HIS i TYR (Gardini i sar., 2016; Ruiz-Capillas i Herrero, 2019). HIS je prisutan u većini namirnica, najviše u ribi i ribljim proizvodima. HIS u organizmu ima ulogu neurotransmitera i vazodilatatora. Usled povećanja njegove koncentracije u krvi, javljaju se mnogobrojni klinički simptomi: hipotenzija, glavobolja, svrab, palpitacije, dijareja, mučnina, povraćanje, osip, edem, urtikarija (Dimitrijević i sar., 2016; Ruiz-Capillas i Herrero, 2019). Trovanje HIS se naziva „Skombroidno trovanje” jer se dovodi u vezu sa konzumiranjem mesa riba iz familija *Scombridae* i *Scomberesocidae* (tunjevina, skuša, plava riba), koje sadrže visok nivo HIS (Hungerford, 2010; Knope i sar., 2014; Ruiz-Capillas i Herrero, 2019). S obzirom da PUT i CAD inhibiraju aktivnost histamin-oksidaza, njihovo prisustvo može da pojača toksičnost HIS (Mohedano i sar., 2015; Ruiz-Capillas i Herrero, 2019). Još jedan važan BA povezan sa trovanjem hranom je TYR. TYR, zajedno sa TRP i PHE, svrstava se u vazokonstriktivne amine, jer u većim količinama mogu da dovedu do hipertenzivne krize (Ruiz-Capillas i Herrero, 2019). Smatra se da neuobičajeno visoka količina TYR u mozgu, može da dovede do depresije, šizofrenije, Parkinsonove bolesti i Rejevog sindroma (Ladero i sar., 2010). „Cheese reaction” predstavlja intoksikaciju TYR, jer je prvobitno uočena nakon konzumiranja sireva sa visokim sadržajem ovog BA, koja se odlikuje sličnim simptomima trovanju HIS (Shalaby, 1996). Visoki nivoi TYR primećeni su u mesu i proizvodima od mesa (Ruiz-Capillas i Colmenero, 2004). Visoke koncentracije PUT i CAD utiču na stvaranje neprijatnog

ukusa proizvoda. Potrošači takav proizvod ne žele da konzumiraju, pa se navedeni diamini smatraju manje opasnim. Sa druge strane, uključeni su u stvaranje nitrozamina koji su izuzetno kancerogeni (Ruiz-Capillas i Herrero, 2019), a postoje i dokazi koji idu u prilog tezi da PUT može učestvovati u indukciji maligniteta (Gerner i Meyskens, 2004). BA koji se prirodno nalaze u svežem mesu, kao što su SPM i SPD, takođe su povezani sa alergijama na hranu (Shalaby, 1996).

BA su značajni za bezbednost i kvalitet hrane (Gardini i sar., 2016), i njihov sadržaj se potencijalno može smatrati markerom svežine ili pokazateljem pogoršanja kvaliteta mesa, jer se u svežoj hrani nalaze samo male koncentracije BA, dok se koncentracija većine BA obično povećava tokom skladištenja (Rokka i sar., 2004). Stoga je predložen indeks biogenih amina (engl. Biogenic amine index, BAI), koji se računa iz zbira HIS, TYR, PUT i CAD (mg/kg) (Wójcik i sar., 2022; Silva i Gloria, 2002; Triki i sar., 2018). BAI u svežem mesu ne bi trebalo da prelazi 5 mg/kg (dobro, kvalitetno, sveže meso), u slučaju kada je BAI između 5 i 20 mg/kg, meso je prihvatljivo ali sa početnim simptomima kvara. Meso niskog higijenskog kvaliteta svrstava se u opsegu 20–50 mg/kg, a pokvareno meso ima BAI iznad 50 mg/kg (Ruiz-Capillas i Herrero, 2019). Zakonodavstvom su utvrđeni samo kriterijumi za HIS u ribi i proizvodima od ribe, ali ne i za druge BA ili drugu hranu, kao što je meso (Schirone i sar., 2022). Evropska agencija za bezbednost hrane (EFSA), Američka agencija za hranu i lekove (FDA), Japanska komisija za bezbednost hrane (FSCJ) i Svetska zdravstvena organizacija (WHO), se bave ovim problemom i preporučile su maksimalne količine različitih BA koje se mogu naći u hrani (Danchuk i sar. 2020; Stajković i sar., 2025). Zbog visokog sadržaja proteina i aminokiselina, meso i proizvodi od mesa su posebno podložni stvaranju BA (Stajković i sar., 2025).

2.12.1. Biogeni amini u svežem mesu

Na prisustvo BA u svežem mesu utiču sledeći faktori: poreklo mesa, specifična mikroflora, uslovi skladištenja i rok trajanja mesa (Schirone i sar., 2022). Sveže meso uglavnom zadrži PUT, SPD i SPM, i s obzirom na njihovu veliku prisutnost, mnogi istraživači su predložili upotrebu odnosa SPD i SPM za procenu kvaliteta mesa (Jastrzębska i sar., 2015). Ovaj odnos je nezavisan od mikrobiološke aktivnosti i relativno stabilan tokom vremena (Schirone i sar., 2022). Zbir CAD i PUT je predložen za procenu kvara svežeg mesa, nezavisno od vrste životinje (Schirone i sar., 2022). Sadržaj HIS i TYR u svežem mesu počinje da se povećava nakon nekoliko dana skladištenja, u slučaju da početna kontaminacija mikroorganizmima nije visoka (Schirone i sar., 2022).

2.12.2. Biogeni amini u proizvodima od mesa

BA se mogu naći u različitim proizvodima od mesa, pri čemu su fermentisani proizvodi od mesa njihov primarni izvor, zbog proizvodnog procesa, aktivnosti bakterija i plesni (Schirone i sar., 2022), dok dimljeni proizvodi imaju nizak sadržaj BA (Stajković i sar., 2025). Martuscelli i sar. (2009) su utvrdili da različiti procesi dimljenja smanjuju količinu slobodnih aminokiselina u sušenim šunkama, što dovodi i do smanjenja nivoa BA. U salamurenim mesnim proizvodima, najzastupljeniji je TYR (Schirone i sar., 2022). Različiti termički tretmani pilećeg mesa ne utiču na gubitak poliamina, dok goveđe i svinjsko meso nakon kuvanja, pokazuje samo neznatno smanjenje BA (Muñoz Esparza i sar., 2021). Termička obrada takođe ne utiče na koncentraciju BA u proizvodima od mesa, tako da je prisustvo BA u kuvanom mesu posledica neadekvatnog postupanja pre i posle pripreme proizvoda (Schirone i sar., 2022). Kod proizvoda od mesa, soli koje se često dodaju tokom fermentacije, salamurenja ili skladištenja, doprinose smanjenju akumulacije BA, zbog smanjenja metaboličkih aktivnosti mikroorganizama koji poseduju dekarboksilaznu aktivnost (Stajković i sar., 2025). Povećanjem koncentracije soli, inhibiraju se pre svega gram-negativne bakterije.

2.13. Transport životinja

Lanac proizvodnje mesa sačinjen je od više faza koje uključuju uzgoj životinja na farmi, transport životinja (farma - klanica), njihov boravak u klanici i operacije klanja, kao i međufaza kojih treba imati što manje, jer mogu dodatno da zakomplikuju uslove dobrobiti (Karabasil i sar., 2011). Životinje su emocionalna bića, pa mogu da osećaju patnju, stres, bol, strah i paniku (Karabasil i sar., 2011). Transport životinja od farme do klanice sve više privlači pažnju stručne, naučne i šire javnosti. Transport predstavlja stresnu epizodu u životu životinja (Schwartzkopf-Genswein i sar., 2012). Pošto su životinje živele u relativno uniformnom okruženju, iznenada su izložene višestrukim promenama koje uključuju: manipulaciju i kontakt sa čovekom, transport, promenu ambijentalnih uslova, uskraćivanje hrane i vode, odvajanje i mešanje jedinki, narušavanje socijalne strukture, nepoznate stimuluse kao što su vibracije i udarci, dnevna svetlost, buka, koji su većeg intenziteta, ograničen prostor i ekstremne temperature (Costa, 2009). Svi navedeni faktori kod životinja mogu dovesti do straha, dehidracije i gladi, pojačane fizičke aktivnosti i napetosti, kao i do povreda i zamora (Weeks Clair, 2014).

Aktivnost životinje, uključujući transport, zahteva trošenje glikogena mišića, odnosno, trošenje energije. Veliki uticaj na parametre kvaliteta mesa ima depo glikogena u muskulaturi *pre mortem*. Pojava TČS mesa povezana je sa niskim sadržajem glikogena u trenutku klanja, koji nastaje kao posledica stresa, dok se BMV meso formira usled denaturacije proteina izazvane kombinovanim delovanjem povišene temperature mišića i niske pH vrednosti, koja je rezultat intenzivne glikolize izazvane akutnim stresom (Stajković, 2016). Uticaj transportnog stresa ne prestaje klanjem, već nastavlja da utiče na konverziju mišića u meso i na parametre kvaliteta mesa kao što su boja, tekstura i povezana funkcionalnost proteina (Fu i sar., 2022). Ove promene parametara kvaliteta mesa mogu imati negativne efekte na prihvatljivost od strane potrošača i funkcionalnost dalje obrade prerađenih proizvoda (Schwartzkopf-Genswein i sar., 2012).

Shodno navedenom, transport životinja treba posmatrati kao jedan multifaktorski problem, kroz kombinaciju stresora koji su odgovorni za dobrobit životinja i kvalitet mesa nakon transporta.

2.13.1. Dužina transporta

Transport životinja može biti kratak ili dug. U Evropskoj uniji, u kratak transport spada onaj koji traje maksimalno 8 h, a u dug transport spada onaj koji traje 8 h i više (Brandt i Aaslyng, 2015). Postupci kao što su transport životinja koji traje svega nekoliko sati do dva-tri dana, i klanje koje se obavlja ubrzo nakon prispeća životinja u klanicu, izazivaju akutni stres. Nasuprot tome, transport koji traje nekoliko nedelja može izazvati hronični stres (Costa, 2009). Stvarni uticaj trajanja transporta na dobrobit i kvalitet mesa teško je odrediti, obzirom na istovremeni uticaj velikog broja faktora (Warriss i sar., 1993). Uskraćivanje vode, hrane i odmora, kao i ambijentalna temperatura, u kombinaciji sa dužinom transporta, znatno utiču na dobrobit životinja, dok samo trajanje transporta ne mora biti presudan faktor (Nielsen i sar., 2011). Cockram (2007) ističe da veći značaj od trajanja transporta imaju faktori kao što su odabir životinja sposobnih za transport, kvalitet transporta, uslovi na putu, upravljanje vozilom, dizajn prevoznog sredstva, raspoloživi prostor, ventilacija i temperatura.

2.13.2. Transport živine

U živinarskoj industriji, transport je značajna komponenta, jer može dovesti do različitog stepena stresa, u rasponu od blage nelagode, pa sve do smrti. Kako će živina reagovati na transport, zavisi od gore navedenih faktora, kao i od stanja živine još na farmi (zdravstveno stanje pre transporta). Farme sa većim kumulativnim mortalitetom tokom primarne proizvodnje su pokazale i veći mortalitet tokom transporta (Whiting i sar., 2007).

Transport počinje smeštanjem živine u kontejnere ili kaveze koji mogu biti fiksni ili pokretni, i obavlja se manuelno ili automatski, pri čemu se životinje ne smeju uznemiriti, kako ne bi došlo do povreda i slabijeg kvaliteta mesa. Postupanje sa životinjama u stočnom depou, zatim prebacivanje životinja iz depoa do dela gde se sprovode operacije klanja, kao i primena određene metode omamljivanja, spadaju u postupanje sa životinjama pre klanja. Za razliku od klanica za druge vrste životinja, klanice za živinu najčešće nemaju depo u klasičnom smislu, već se odmor živine, oporavak od stresa izazvanog transportom, sprovodi u prostoru za prijem, gde borave od 1 do 3 sata. Zbog kvaliteta mesa, preporučuje se minimum boravka u trajanju od 2 sata (Teodorović i sar., 2015).

Povrede brojlera, usled nepažljivog postupanja i hvatanja, uključuju modrice na grudima, krilima i nogama, kao i prelome i dislokacije, posebno nogu težih ptica koje su nošene za jednu nogu (Nicol i Scott, 1990). Ove pojave su posledica neadekvatnog postupanja radnika sa životinjama i mogu nastati pri bilo kojoj fazi pre klanja, obuhvatajući i postupanje sa životinjama na farmi, tokom utovara i istovara, transporta i boravka životinja u stočnom depou. Ozlede trupova, a samim tim i gubitak jestivih delova, dovode do ekonomskih gubitaka u industriji mesa. Evropsko zakonodavstvo (EU 2005) ne definiše najjasnije zaštitu životinja tokom transporta. Jedinke koje su teško povređene, mogle bi se smatrati nesposobnim za putovanje, a sa druge strane, životinje se smatraju sposobnim za putovanje ako su „lakše povređene ili bolesne i transport ne bi prouzrokovao dodatnu patnju“. Hvatanje i utovar živine može biti najvažniji proces od svih, obzirom da bi svaka povreda ptica u toj fazi imala veliki uticaj na ostatak njihovog putovanja do klanice (Whiting i sar., 2007). Ove operacije izazivaju veći stres za živinu nego sam transport (Ritz i sar., 2005; Voslarova i sar., 2011; Vosmerova i sar., 2010). Nijdam i sar. (2005) ukazuju da ne bi trebalo naglasak stavljati na metode hvatanja, već na druge procese (vezivanje, omamljivanje). Kada se govori koji metod hvatanja dovodi do manjeg stresa kod ptica, a shodno tome i koji metod treba preferirati sa stanovišta dobrobiti životinja (manuelno ili mehaničko), izveštaji nisu jednoznačni. Hvatanje i transport živine, od primarne proizvodnje do prerade, mogu biti značajani i u širenju crevnih patogena, putem kontaminacije i naknadne unakrsne kontaminacije, zbog upotrebe prljavih gajbi, kamiona i ekipa za hvatanje/preuzimanje (Cox i Pavic, 2010).

Na nivo stresa kod živine za vreme transporta utiču mnogi faktori od kojih su najvažniji kvalitet prevoznog sredstva, gustina smeštaja životinja, razdaljina i ventilacija (Schwartzkopf-Genswein i sar., 2012).

Visoka ambijentalna temperatura predstavlja veći rizik za živinu tokom utovara nego tokom transporta, kada kretanje vozila omogućava strujanje vazduha unutar prikolice (Ritz i sar., 2005). Mikroklimatski uslovi u transportnom vozilu su veoma važan faktor koji utiče na dobrobit brojlera tokom transporta, jer toplotni stres znatno utiče, kako na ukupni transportni stres kod brojlera, tako i na njihovu smrtnost (Weeks i Nicol, 2000; Vieira i sar., 2011). Čak do 40% jedinki može da uginu od toplotnog stresa zbog neujednačene ventilacije kamiona i poremećaja u termoregulaciji živine (Kettlewell i sar., 2000). Na dobrobit životinja i na kvalitet mesa utiče i lokacija životinje u transportnom sredstvu (Bench i sar., 2008). Veća smrtnost je prijavljena u središtu transportnog vozila, gde su temperatura i vlažnost bile najveće, ali isto tako, kombinacija hladnog vazduha i vlažnosti dovodi do stresa ptica od hladnoće, a posledično, i smrti (Hunter i sar., 1999). U optimalnim uslovima, održavanje telesne temperature živine bez značajnih promena u metabolizmu, trebalo bi da omogući ambijentalna temperatura u prevoznom sredstvu. Nicol i Scott (1990) su predložili vrednosti u rasponu 19 °C - 22 °C, kao donju granicu za ambijentalnu temperaturu u objektu za tov brojlera, dok prema Meltzeru (1983), ambijentalna temperatura treba da bude u rasponu 23 °C - 29 °C. U ovom opsegu, jedinke proizvode malo dodatne energije ili vlage (Meltzer, 1983). Ovakvi uslovi doveli bi do opšteg očuvanja energije, omogućavajući jedinkama da stignu na krajnje odredište u boljem stanju i sa manjim gubitkom telesne mase. Mogućnost brojlera da se skuplja i čuva energiju tela, povećava njihovu sposobnost da izdrže niske temperature tokom transporta (Strawford i sar., 2011). U slučaju kada temperatura okoline poraste iznad gornje kritične tačke, stvaranje toplote se ne može efikasno smanjiti u kratkom vremenskom roku, pa može doći

do hipertermije (Webster i sar., 1993). U slučaju kada je temperatura ispod donje kritične tačke, proizvodnja toplote se povećava termogenezom i na taj način održava osnovna telesna temperatura. Živina na toplotni stres reaguju dahtanjem, ali na taj način se stvara toplota i povećava vlaga u vozilu, čime ovakav termoregulacioni mehanizam postaje neefikasan, jer vazduh postaje zasićen. Zato, kao važan faktor u dizajnu prikolica za prevoz brojlera, je i uključivanje aktivne ventilacije kako bi se smanjili veliki temperaturni gradijenti i visoki nivoi vlažnosti unutar prikolice (Schwartzkopf-Genswein i sar., 2012). Visoke ambijentalne temperature tokom transporta živine dovode do nižih vrednosti pH i pojave svetlije boje belog mesa, dok se tamnija boja, povezana sa višim pH vrednostima i SVV, javlja pri nižim temperaturama tokom transporta (Dadgar i sar. 2010).

Da ne bi došlo do narušavanja dobrobiti, kao i mogućeg gušenja živine, kavezi i kontejneri se ne smeju pretovariti. Optimalna gustina treba da omogući očuvanje toplote, uz minimalnu potrošnju energije. Pored mnogobrojnih radova (Nijdam i sar., 2004; Whiting i sar., 2007; Watts i sar., 2011), još uvek se ne zna koja je to optimalna gustina brojlera tokom transporta, jer mnogi faktori, posebno temperatura okoline, veličina jedinke i dizajn prikolice, mogu uticati na efekat gustine, posledično na dobrobit živine i na kvalitet mesa (Schwartzkopf-Genswein i sar., 2012). Whiting i sar. (2007), ukazuju da je gustinu teško odrediti, jer zahteva postepeno smanjenje broja jedinki po kavezu, a da pri tom tačan broj i težina brojlera mogu biti nepoznati pre utovara. Smanjenje broja jedinki može dovesti do većih troškova transporta.

Trajanje transporta je glavna briga za dobrobit životinja i većina objavljenih studija, potvrđuje negativan uticaj transporta živine od farme do klanice na dobrobit i kvalitet mesa, ali rezultati nisu jednoznačni. Sa jedne strane, sa povećanjem dužine transporta, utvrđeno je da dolazi do pogoršanja kvaliteta mesa i povećanja mortaliteta živine (Schwartzkopf-Genswein i sar., 2012), dok istraživanja Vosmerova i sar. (2010) ukazuju da kraći transport može dovesti do promena kvaliteta mesa, zbog nedovoljno vremena da živina prevaziđe stres. Gou i sar. (2021) su pokazali da transport brojlera tokom 0, 0,5, 1, 2 ili 3 sata, ima samo zanemarljiv uticaj na kvalitet mesa, jer se boja mesa i tekstura nisu značajno menjali. Zhang i sar. (2009) su takođe izvestili da transport (do 3 sata) nije uticao na osobine kvaliteta mesa brojlera. Sa druge strane, Fu i sar. (2022) su utvrdili da posle određenog perioda transporta (3h), šteta od stresa prevazilazi sposobnost brojlera da se oporave, što dovodi do značajnog povećanja gubitka težine i pogoršanja kvaliteta mesa. Stres izazvan transportom utiče na parametre kvaliteta mesa kao što su boja, tekstura, funkcionalnost proteina, dok ubrzani pad pH vrednosti nakon klanja, izazvan stresom, dovodi do denaturacije proteina i gubitka sposobnosti mišića da vezuje vodu (Schwartzkopf-Genswein i sar., 2012). Owens i Sams (2000) su utvrdili da je belo meso transportovanih ćurki imalo značajno višu pH mišića 0, 2 h i 24 h nakon klanja, i značajno niže vrednosti L^* 2h i 24h nakon klanja, u poređenju sa belim mesom ćuraka koje nisu transportovane. Bianchi i sar. (2006) su ukazali na značajno smanjenje a^* vrednosti belog mesa brojlera sa povećanjem vremena i dužine transporta. Debut i sar. (2003) su naveli da promene u belom mesu nisu utvrđene kod živine podvrgnute transportu u trajanju od 2 sata, dok je meso bataka imalo tamniju boju, veći kalo pri termičkoj obradi, višu pH vrednost. Transportni stres može povećati endogenu mikrobnu kontaminaciju brojlera, što pogoršava mikrobni rizik (Zheng i sar., 2020).

3. CILJ I ZADACI ISTRAŽIVANJA

Cilj istraživanja ove doktorske disertacije je bio da se ispituju odabrani parametri od značaja za bezbednost, kvalitet i održivost svežeg pilećeg mesa (*musculus pectoralis major*) i dimljenog pilećeg mesa dobijenih od brojlera nakon kratkog i dugog transporta, tokom skladištenja.

Za ostvarenje ovog cilja, postavljeni su sledeći zadaci:

- Uzorkovati meso grudi brojlera koji su bili podvrgnuti kratkom i dugom transportu, u komercijalnoj klanici za živinu, nakon završenog procesa hlađenja.
- Iz obe grupe (kratko i dugo transportovane), jednu polovinu uzoraka upakovati u vakuum pakovanje i skladištiti u ohlađenom stanju (sveže meso), a od druge polovine uzoraka proizvesti dimljeni pileći file, upakovati ga u vakuum pakovanje i skladištiti u propisanim uslovima.
- Tokom skladištenja izvršiti sledeća ispitivanja:
 1. Pratiti fizičko-hemijske parametre
 - a) sveže meso:
 - pH vrednost i sposobnost vezivanja vode
 - b) dimljeno meso:
 - pH vrednost i a_w vrednost
 2. Izvršiti hemijska ispitivanja
 - Utvrditi hemijski sastav svežeg i dimljenog mesa:
 - sadržaj vlage, masti, proteina, pepela i hlorida
 - Ispitati oksidativne promene na mastima svežeg i dimljenog mesa:
 - TBARS vrednost
 - Pratiti sadržaj biogenih amina od značaja za kvalitet i održivost svežeg i dimljenog mesa:
 - histamin, tiramin, feniletilamin, triptamin, putrescin, kadaverin
 3. Izvršiti ispitivanja senzornih svojstava svežeg i dimljenog mesa
 - a) sveže i dimljeno meso:
 - instrumentalno ispitivanje boje i teksture
 - b) dimljeno meso:
 - oceniti senzorna svojstva kvantitativnom deskriptivnom analizom,
 4. Izvršiti mikrobiološka ispitivanja:
 - Pratiti dinamiku razvoja mikroorganizama svežeg i dimljenog mesa:
 - utvrditi broj BMK, broj mikrokoeka, broj Enterobakterija, ukupan broj mezofila, ukupan broj psihrofila, prisustvo *Salmonella* spp., prisustvo *Listeria monocytogenes*, prisustvo klostridija

4. MATERIJAL I METODE ISTRAŽIVANJA

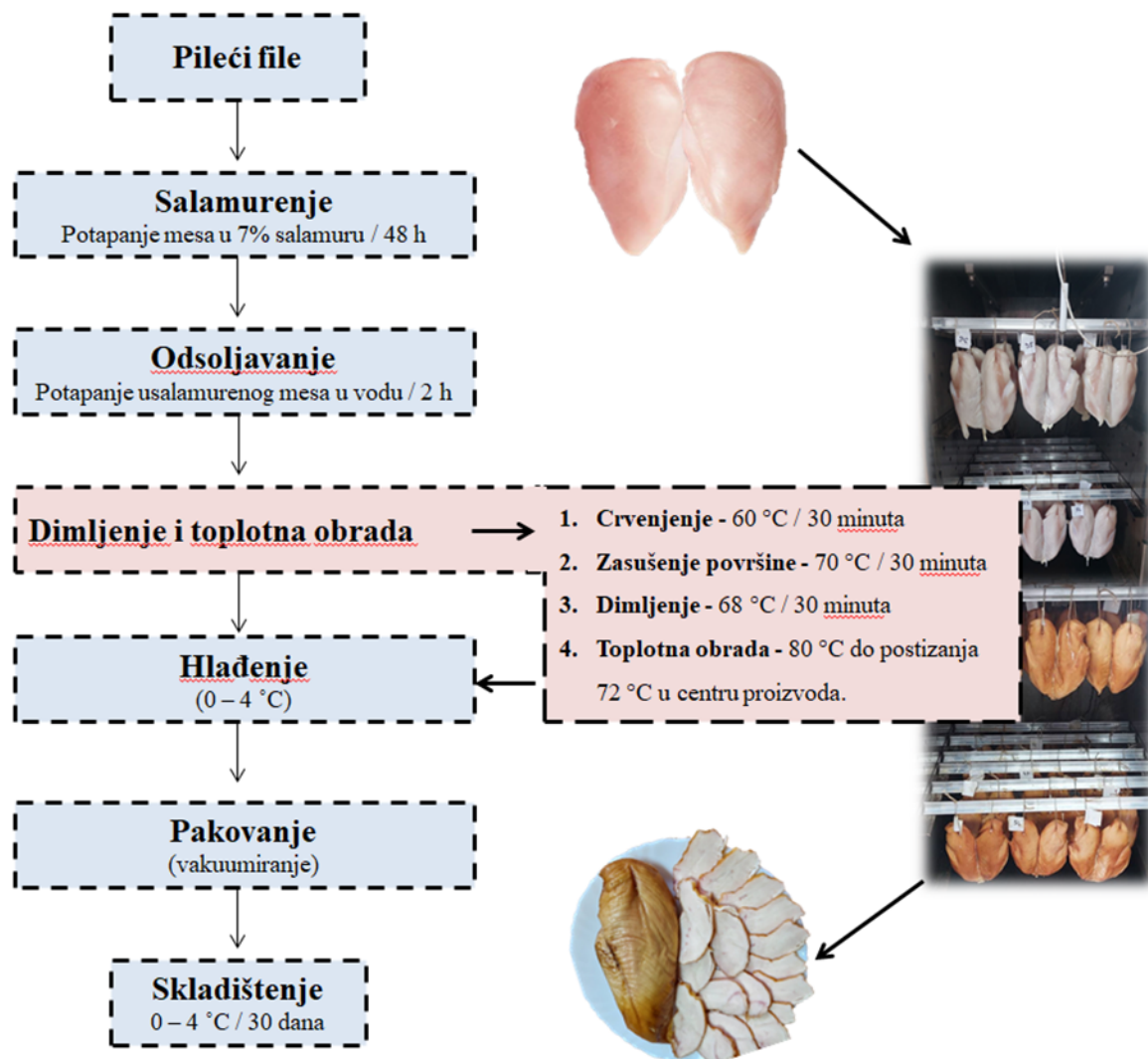
4.1. Materijal

Materijal ovog istraživanja su bili uzorci svežeg i dimljenog mesa grudi (*m. pectoralis major*) brojlera (ROSS-308), 38 dana starosti, koji su podvrgnuti kratkom transportu (KT) i dugom transportu (DT) do industrijske klanice, u specijalizovanim vozilima za prevoz živine, u identičnim uslovima.

Prva grupa brojlera je podvrgnuta kratkom transportu do klanice u dužini od 20 km u februaru 2024. godine, dok je druga grupa brojlera podvrgnuta dugom transportu do klanice u dužini od 170 km u aprilu 2024. godine. Klanje i obrada trupova sprovedeni su u ranim jutarnjim časovima, odmah po prispeću brojlera u klanicu. Nakon otkoštavanja, uzorci pilećeg belog mesa su nasumično prikupljeni (54 po transportnoj grupi, mase od 550 g do 980 g), stavljeni u sterilne plastične kese za uzorkovanje, obeleženi i odmah transportovani u laboratoriju, u zatvorenom mobilnom frižideru od polistirena sa ledenim blokovima (pri 4 °C), u aerobnim uslovima. Uzorci pilećeg belog mesa dobijeni od brojlera koji su kratko i dugo transportovani do klanice, dalje su podeljeni u dve grupe. Prva grupa se sastojala od KT i DT uzoraka svežeg mesa, upakovanih u vakuumu i čuvanih u frižideru pri temperaturi od 4 °C, u mraku, tokom perioda od četiri dana za dalja ispitivanja, koja su sprovedena nakon 1., 2. i 4. dana skladištenja. Druga grupa, takođe sastavljena od KT i DT uzoraka, korišćena je za proizvodnju dimljenog pilećeg filea.

4.1.1. Proizvodnja dimljenog pilećeg filea

Shodno cilju i zadacima rada, izrađene su dve grupe dimljenog pilećeg filea. Za pravljenje prve grupe proizvoda, korišćeno je meso poreklom od brojlera koji su pre klanja bili izloženi kratkom transportu, dok je za drugu grupu proizvoda upotrebljeno meso poreklom od brojlera čiji je transport od farme porekla do klanice bio dugačak. Obe grupe proizvoda izrađene su u Eksperimentalnoj radionici za preradu mesa Katedre za higijenu i tehnologiju namirnica animalnog porekla na Fakultetu veterinarske medicine Univerziteta u Beogradu, u identičnim uslovima proizvodnje i uz primenu istih tehnoloških postupaka. Dijagram toka proizvodnje dimljenog filea prikazan je na Slici 4.1. Nakon izbora i pripreme pilećih filea, usledilo je salamurenje mesa vlažnim postupkom, potapanjem pilećih filea u 7% rastvor nitritne soli za salamurenje (NaCl + 0,5% NaNO₂). Postupak salamurenja pilećih filea trajao je 48 h, a zatim je izvršeno odsoljavanje (2 h), odnosno potapanje usalamurenog mesa u vodu sa ciljem da se odstrani višak soli. Nakon toga, usalamureni pileći filei su propisno obeleženi i okačeni o štapove komore za dimljenje i toplotnu obradu mesa (UKM JUNIOR 04, MAUTING, Valtice, Czechia). Za dobijanje dima, korišćena je strugotina bukovog drveta. Primenjeno je vruće dimljenje sa pasterizacijom, kao postupkom toplotne obrade, koja je trajala dok u centru proizvoda nije postignuta temperatura od 72 °C. Po završetku toplotne obrade, dimljeni pileći filei su ohlađeni (0 – 4 °C), a zatim upakovani u vakuum. U vakuum pakovanju, dimljeni pileći filei su skladišteni u mraku narednih 30 dana pri temperaturi od 0 °C do 4 °C, a ispitivani su 1., 15. i 30. dana skladištenja.



Slika 4.1. Dijagram toka proizvodnje dimljenog filea.

4.2. Metode

Prispeli uzorci sirovog mesa, dobijenih od brojlera nakon kratkog i dugog transporta, podvrgnuti su fizičko-hemijskom (pH, SVV), hemijskom (sadržaj vlage, proteina, masti, pepela, NaCl, biogenih amina), uključujući ispitivanja oksidativnih promena lipida (TBARS vrednost), mikrobiološkom ispitivanju (BMK, UB mezofili, UB psihrofili, *Enterobacteriaceae*, *Micrococcaceae*, *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*, *Clostridium* spp.), kao i instrumentalnom ispitivanju boje i teksture.

Uzorci dimljenog mesa su podvrgnuti istim hemijskim, i analizama koje se odnose na oksidativne promene lipida, mikrobiološkim analizama, kao i instrumentalnom ispitivanju boje i teksture. Od fizičko-hemijskih parametara, pored pH vrednosti, određena je i a_w vrednost. Ispitivanje senzornih svojstava obuhvatilo je i kvantitativnu deskriptivnu analizu.

Pri svakom uzorkovanju, uzeto je po šest uzoraka iz svake eksperimentalne grupe za navedene analize.

4.2.1. Ispitivanje fizičko-hemijskih parametara

U cilju praćenja pH vrednosti svežeg i dimljenog mesa, vrednosti SVV svežeg mesa i a_w vrednosti

dimljenog mesa brojlera, nakon kratkog i dugog transporta, tokom skladištenja, izvršena su fizičko-hemijska ispitivanja primenom metoda opisanih u nastavku teksta.

4.2.1.1. *Određivanje pH vrednosti*

Određivanje pH vrednosti svežeg i dimljenog mesa sprovedeno je prema referentnoj metodi SRPS ISO 2917:2004, pomoću ubodnog pH metra Testo 205 (Testo AG, Lenzkirch, Germany). Pre svakog merenja, izvršena je kalibracija pH metra standardnim fosfatnim puferima (Reagecon), pH 7,00 i 4,00 pri temperaturi od 20 °C. pH vrednost očitavana je sa displeja pH metra, nakon direktnog uboda elektrode u meso.

4.2.1.2. *Određivanje sposobnosti vezivanja vode*

Za određivanje SVV uzorka svežeg mesa korišćena je “metoda kompresije” (Grau i Hamm, 1952). Metoda je zasnovana na primeni sile pritiska, pri čemu deo vode koji se istisne iz mesa je “slobodna”, a deo vode koji je zadržan u mesu je “vezana” voda.

Uzorci mesa za planimetriju, veličine zrna graska, mase oko 0,3 g su mereni, stavljeni na filter-papir (Whatman No. 2, 7×7 cm) i presovani između dve pleksiglas ploče, tokom 5 minuta. Nakon 5 minuta stajanja pri sobnoj temperaturi, na gornjoj ploči kompresorijuma ostaje prilepljen filter-papir sa presovanim mesom, oko kojeg je istisnuti sok. Granica površine presovanog mesa je iscrtavana olovkom, zatim je filter papir odvojen od kompresione ploče i ostavljen da se osuši. Pomoću planimetra (Robotron, Reiss Precision, Germany), prvo je merena ukupna površina, merenjem spoljašnjeg kruga, pa površina presovanog mesa, merenjem unutrašnjeg kruga na filter-papiru. Površina slobodne vode dobijena je kao razlika između ukupne površine i površine presovanog mesa. Izražava se u “planimetarskim jedinicama”, a preračunava se na kvadratne centimetre (cm²) množenjem sa faktorom planimetra, koji iznosi 5 za naš planimeter. Količina slobodne vode izražena je u miligramima (mg), a dobijena je tako što je vrednost površine slobodne vode (cm²) pomnožena sa 10 (1 cm² filter-papira može da upije oko 10 mg vode). Sadržaj vezane vode izražen je u procentima (%).

$$SVV (\%) = \frac{\text{Površina presovanog uzorka}}{\text{Površina iscedene vode}} \cdot 100$$

4.2.1.3. *Određivanje aktivnosti vode*

Aktivnost vode dimljenih pilećih filea određena je a_w-metrom (LabMaster-aw, Novasina, Switzerland), prema standardnoj metodi ISO 18787:2017.

Prvo je uzorak grubo usitnjen, zatim je merna posudica napunjena sa uzorkom do 2/3 njene visine, nakon čega je ista stavljena u merni deo aparata. Sam proces merenja rađen je pri konstantnoj temperaturi od 20 °C.

4.2.2. Hemijska ispitivanja

4.2.2.1. *Ispitivanje hemijskog sastava*

Ispitivanje hemijskog sastava sirovog i dimljenog mesa brojlera nakon kratkog i dugog transporta tokom skladištenja, rađeno je prema sledećim standardnim metodama:

Određivanje sadržaja vlage

Određivanje sadržaja vlage rađeno je prema referentnoj metodi SRPS ISO 1442:1998. Oko 3g uzorka ($\pm 0,001$ g) je odmereno na analitičkoj vagi (Precisa, XT 220A, Switzerland) u aluminijumske posude sa poklopcem i staklenim štapićem, u kojima je prethodno sipan izžareni pesak. Tako pripremljen uzorak sušen je u sušnici (Sutjeska) pri temperaturi od 102 ± 2 °C do konstantne mase, sve dok razlika dve uzastopne merne vrednosti nije spala ispod 0,1% mase uzorka. Sadržaj vlage je izražen u g/100g, odnosno u procentima (%).

Određivanje sadržaja ukupnih masti

Određivanje sadržaja ukupnih masti rađeno je prema metodi po Soxhletu, SRPS ISO 1443:1992, gravimetrijski, ekstrakcijom petroletrom (aparatus za ekstrakciju Gerhardt, Soxtherm Multistat/SX PC). Sadržaj ukupne masti izražen je u g/100 g, odnosno u procentima (%).

Određivanje sadržaja azota (proteina)

Određivanje sadržaja azota je sprovedeno u skladu sa referentnom metodom SRPS ISO 937:1992, volumetrijski. Iz sadržaja azota, množenjem sa faktorom 6,25, dobijen je sadržaj proteina (%).

Određivanje sadržaja pepela

Određivanje sadržaja pepela rađeno je prema referentnoj metodi SRPS ISO 936:1999. Uzorak je žaren u peći za žarenje (Sutjeska) pri temperaturi od 550 ± 20 °C, do pojave sivobeke boje pepela (6-8h). Sadržaj pepela izražen je u procentima (%), odnosno u g/100g.

Određivanje sadržaja hlorida

Sadržaj hlorida određen je volumetrijski, standardnom metodom po Volhardu, SRPS ISO 1841-1:1999. Nakon ekstrakcije dela uzorka za ispitivanje vrućom vodom i taloženja proteina, zakišljenom ekstraktu je dodat rastvor srebro-nitrata u višku, koji je titrovan standardnim rastvorom kalijum-tiocijanata. Sadržaj hlorida u uzorku je izražen kao NaCl u procentima mase (%).

4.2.2.2. Ispitivanje oksidativnih promena masti

U cilju ispitivanja oksidativnih promena masti sirovog i dimljenog mesa brojlera, nakon kratkog i dugog transporta, tokom skladištenja, utvrđena je TBARS-vrednost, primenom kombinovane metode Tarladgis i sar. (1964) i Holland (1971). Metoda se zasniva na izdvajanju malondialdehida (MDA) procesom destilacije vodenom parom. Dodavanjem tiobarbiturne kiseline i njenom reakcijom sa MDA, dolazi do prebojavanja rastvora u crveno. Intenzitet boje izmeren je pomoću spektrofotomera (Perkin Elmer Lambda 365 UV-Vis, SAD) na talasnoj dužini 532 nm. TBARS vrednost je određena pomoću očitane koncentracije MDA sa kalibracione krive, i izražena kao broj mg MDA po kilogramu uzorka (mg MDA/kg).

4.2.2.3. Određivanje sadržaja biogenih amina

Određivanje sadržaja biogenih amina sprovedeno je tečnom hromatografijom visoke rezolucije (*High Performance Liquid Chromatography, HPLC*) prema Tasić i sar. (2012). Za ovu metodu, korišćeni su sledeći rastvori:

- standardni rastvori biogenih amina (osnovni standardi)

Svaki od šest standarda biogenih amina (60 mg tiramin hidrohlorida, 60 mg triptamin hidrohlorida, 70 mg β -feniletilamin hidrohlorida, 80 mg histamin dihidrohlorida, 90 mg putrescin dihidrohlorida i 90 mg kadaverin dihidrohlorida), posebno je rastvoren u 50 mL destilovane vode i čuvan najduže mesec dana pri temperaturi od 4 °C;

- radni rastvori standarda

Osnovni standardni rastvori biogenih amina razblaženi su vodom do koncentracije od 100 μ g/mL i čuvani najduže nedelju dana pri temperaturi od 4 °C;

- rastvor internog standarda

50 mg 1,7-diaminoheptana rastvoreno je u 50 mL vode i čuvano najduže nedelju dana pri temperaturi od 4 °C;

- rastvor danzilhlorida

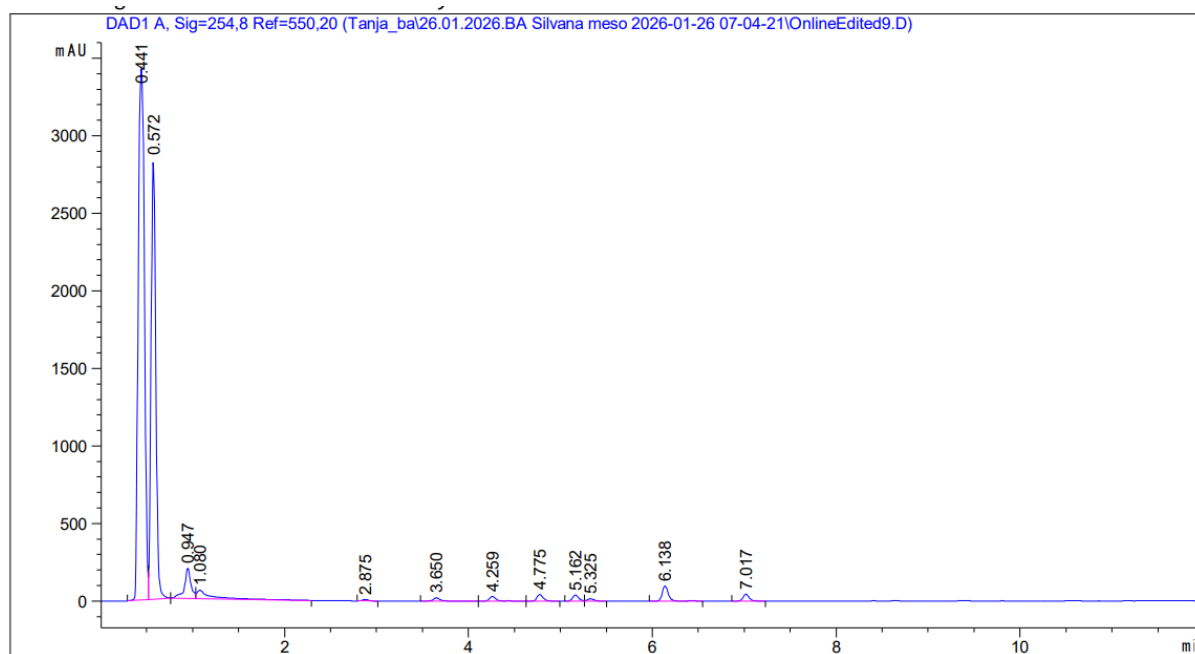
20 mg danzilhlorida, reagensa za derivatizaciju, rastvoreno je u 2 mL acetona, neposredno pre upotrebe. Uzorci su pripremljeni i ekstrahovani prema metodi Eerola i sar. (1993). Oko 2 g uzorka je odmereno (Precisa, XT 220A, Switzerland) u epruvetu uz dodavanje odgovarajuće količine internog standarda i 10 mL 0,4M perhlorne kiseline. Uzorak je homogenizovan 1 minut na ultratoraksu (T 25 digital ULTRA-TURRAX, IKA Dispersers, China), nakon čega je homogenat centrifugiran (Tehtnica LC-300, Železniki) 10 minuta na 3000 obrtaja, a supernatant je, nakon filtriranja, prenet u normalni sud od 25 mL. Dodatkom još 10 mL 0,4M rastvora perhlorne kiseline, ekstrakcija je ponavljena, supernatanti su spojeni u normalnom sudu, koji je zatim dopunjen do 25 mL sa 0,4M perhlornom kiselinom. 200 μ L 2M rastvora natrijum hidroksida, 300 μ L zasićenog natrijum bikarbonata, kao i 2 mL rastvora danzil hlorida dodato je u 1 mL ekstrakta uzorka, a reakciona smeša je zatim inkubirana u vodenom kupatilu pri temperaturi od 40 °C tokom 45 min. Dodavanjem 100 μ L amonijaka (25%), uklonjen je preostali danzilhlorid. Reakciona smeša je razblažena acetonitrilom do zapremine od 5 mL nakon 30 minuta i filtrirana kroz membranske filtre veličine pora od 0,45 μ m (*MCE, mixed cellulose esters*).

Za HPLC analizu korišćen je aparat Agilent 1200 series, koji se sastoji od binarne pumpe, vakumskog degazera, termostata, kolone Eclipse XDB-C18, 1,8 μ m 4,6 \times 50 mm, autosemplera i detektora sa serijom dioda (DAD). Kao mobilna faza, korišćen je sistem rastvarača A (acetonitril) i B (ultračista voda). Primenjen je sledeći gradijent: u početku 50% B; linearni gradijent do 10% B za 7,6 minuta, 10% B za 10 minuta; linearni gradijent do 50% B za 2 minuta. 3 mintu pre sledeće analize, sistem je stabilizovan na početne uslove, pri čemu je brzina protoka bila 1,5 mL/min, a temperatura kolone 40 °C. Injektovana količina uzorka iznosila je 5 μ L. Spektri su snimljeni u opsegu 190-400 nm, dok su razdvojene komponente identifikovane na 254 nm. Utvrđene su i granice detekcije za ispitivane biogene amine, koje su prikazane u tabeli 4.1.

Tabela 4.1. Limiti detekcije biogenih amina

Limiti detekcije (μ g/g)	Biogeni amini
0,100	putrescin
0,167	kadaverin, tiramin
0,250	histamin, triptamin, feniletilamin

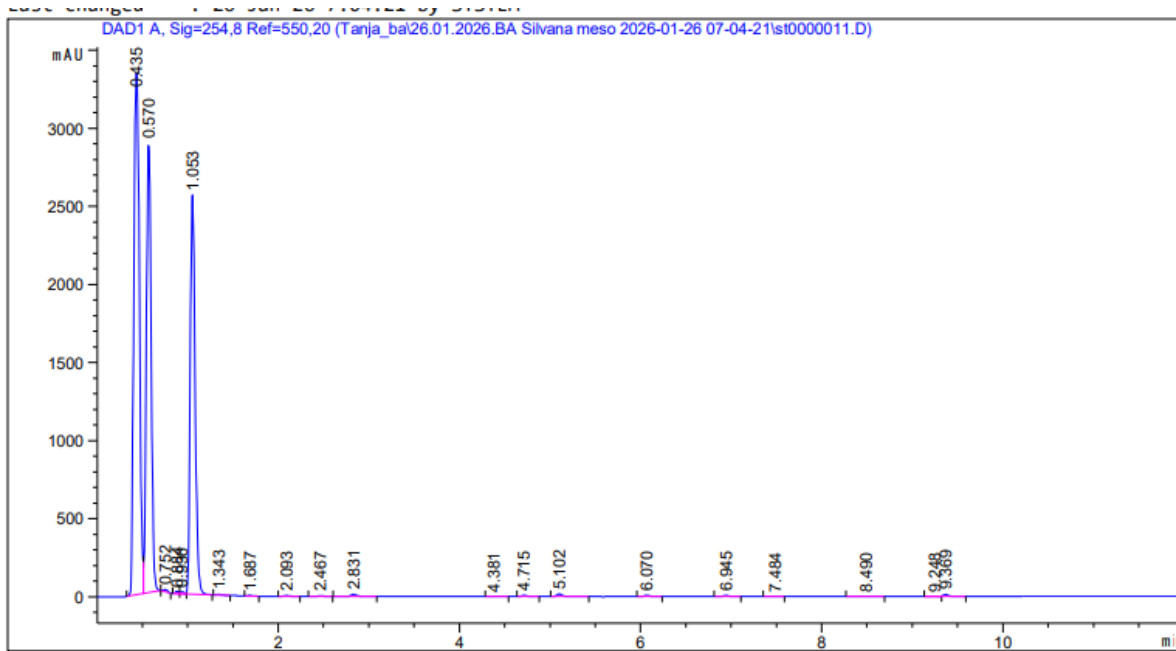
Hromatogram standardne smeše biogenih amina je prikazan na slici 4.2., dok su hromatogrami uzoraka bez detektovanih i sa detektovanim biogenim aminima prikazani na slici 4.3., odnosno 4.4.



Slika 4.2. HPLC profil standardne smeše biogenih amina



Slika 4.3. HPLC profil uzorka u kome nisu detektovani biogeni amini.



Slika 4.4. HPLC profil uzorka sa detektovanim biogenim aminima.

4.2.3. Ispitivanje senzornih svojstava

Ispitivanje senzornih svojstava obuhatilo je instrumentalno ispitivanje teksture i boje svežeg i dimljenog mesa, kao i kvantitativnu deskriptivnu analizu uzoraka dimljenog mesa brojlera nakon kratkog i dugog transporta, tokom skladištenja.

4.2.3.1. Instrumentalno ispitivanje teksture

Instrumentalno ispitivanje teksture sirovog i dimljenog mesa brojlera, rađeno je pomoću TPA (*Texture Profile Analysis*) testa na aparatu Instron 4301. Ispitani uzorak bio je debljine 2 cm i promera 2,54 cm, pri 50% kompresije i brzini od 1 mm/s. Od parametara teksture, određeni su: čvrstoća i sila presecanja (*Shear force*).

4.2.3.2. Instrumentalno ispitivanje boje

Za instrumentalno opisivanje boje mesa korišćena je kolorimetrijska metoda CIE (*Commission Internationale de l'Eclairage*, International Commission on Illumination) $L^*a^*b^*$, koja se zasniva na kolorimetrijskom kvantifikovanju vrednosti svetloće (L^*), udela crvene (a^*) i udela žute boje (b^*). Instrumentalno određivanje boje uzoraka svežih i dimljenih pilećih prsa mereno je pomoću kolorimetra (Chroma Meter CR-400, Minolta Co., Osaka, Japan), kalibrisanog prema standardnim uputstvima proizvođača. L^* , a^* i b^* vrednosti su po šest puta merene korišćenjem iste metode i postupka.

4.2.3.3. Kvantitativna deskriptivna analiza

Deskriptivnu senzornu analizu (spoljni izgled, izgled preseka, boja i stabilnost boje, miris i ukus, tekstura i sočnost) svih uzoraka dimljenih pilećih filea sprovedo je šest obučanih i iskusnih panelista u prostoriji

za senzornu analizu, u skladu sa ISO 6658:2017. Svim panelistima je bilo dozvoljeno da uđu u prostoriju zajedno i imali su neograničeno vreme za završetak testiranja. Senzorne evaluacije su sprovedene korišćenjem skale od 5 poena (0–5), gde je ocena 5 definisana kao odlična, dok je 0 definisana kao veoma loša.

4.2.4. Mikrobiološka ispitivanja

U cilju ispitivanja dinamike razvoja i sastava mikroflore svežeg mesa i dimljenog proizvoda nakon kratkog i dugačkog transporta brojlera, sprovedena su mikrobiološka ispitivanja, koja su obuhvatila ispitivanje broja BMK, *Micrococcaceae*, *Enterobacteriaceae*, UB mezofila, UB psihrofila, zatim prisustvo *Salmonella* spp., prisustvo *Listeria monocytogenes* i prisustvo klostridija, tokom skladištenja.

4.2.4.1. Određivanje broja bakterija mlečne kiseline i mikrokoka

Za potrebe ovog mikrobiološkog ispitivanja pripremano je osnovno razblaženje od svakog uzorka, tako što je u Stomacher kesi odmereno 25 g uzorka i naliveno sa 225 mL puferisane peptonske vode (Himedia), nakon čega je uzorak homogenizovan 30 sekundi u Stomacher-u. Zatim je pripremana serija decimalnih razblaženja iz osnovnog razblaženja svakog uzorka. Potom su sa inicijalnom suspenzijom zasejavane ploče sa različitim hranljivim podlogama kako bi se odredio broj BMK i mikrokoka. Za inkubaciju hranljive podloge de Man, Rogosa, and Sharpe agar (Merck, Darmstadt, Germany) za BMK, bili su neophodni sledeći uslovi: 72h pri temperaturi od 30 °C, anaerobno, dok za inkubaciju hranljive podloge Mannitol Salt Agar (Merck, Darmstadt, Germany) za *Micrococcus* spp., 48 h pri temperaturi od 37 °C, aerobno. Po završetku inkubacije utvrđen je broj izraslih kolonija i iskazan kao log cfu/g.

4.2.4.2. Određivanje broja *Enterobacteriaceae*

Za određivanje broja *Enterobacteriaceae* korišćena je standardna metoda SRPS EN ISO 21528-2:2017. U odmerenih 10 g uzorka svežeg i dimljenog pilećeg mesa, dodato je 90 mL puferisane peptonske vode (BPW, Oxoid, UK), nakon čega je uzorak homogenizovan 60 sekundi u Stomacher-u da bi se formiralo primarno razblaživanje. Od primarnog razblaženja pravljena je serija decimalnih razblaženja, dodavanjem 1 mL suspenzije u 9 mL maximum recovery diluent (MRD, Oxoid). Iz svakog decimalnog razblaženja, pipetiran je 1 mL suspenzije u sterilne petri ploče, koje su nalivane sa Violet Red Bile Glucose agarom (VRBGA, Oxoid). Ploče su inkubirane pri temperaturi od 37 °C tokom 24 sata, nakon čega su izbrojane tipične kolonije *Enterobacteriaceae* (ružičaste ili crvene, sa ili bez precipitacijskog prstena). Kolonije su potvrđene oksidaza testom (koristeći oksidazne identifikacione štapiće, Oxoid) i testom fermentacije (koristeći glukozni agar, Oxoid).

4.2.4.3. Određivanje broja mezofilnih i psihrofilnih bakterija

Da bi odredili broj psihotrofnih i mezofilnih bakterija, korišćena je standardna metoda SRPS EN ISO 4833–2:2017. Od inicijalne suspenzije (10^{-1}), napravljena je serija decimalnih razblaženja sa 9 mL MRD (10^{-2} , 10^{-3} itd.). Nakon toga, zasejane su po dve sterilne petri ploče, tako što je iz svakog decimalnog razblaženja uzet po 1 mL suspenzije, a zatim su nalivene sa oko 15 mL Plate Count agarom (PCA, Oxoid), koji je prethodno ohlađen u vodenom kupatilu pri temperaturi od 44 °C do 47 °C. Zasejane ploče ostavljene su na hladnoj površini da bi se podloga stegla, nakon čega je naliven i drugi sloj PCA u količini od 4 mL. Kada se i ovaj sloj stegao, Petri ploče su inkubirane aerobno pri temperaturi od 30 °C tokom 48-72 h za određivanje broja mezofilnih bakterija i pri temperaturi od 7 °C, tokom 7 dana, za određivanje broja psihotrofnih bakterija.

4.2.4.4. Izolacija *L. monocytogenes*

Za izolaciju *L. monocytogenes*, u uzorcima svežeg i dimljenog mesa brojlera, korišćena je referentna metoda SRPS EN ISO 11290-1:2017, tako što je 25 g uzorka homogenizovano sa 225 mL Half Fraser bujona (Oxoid), a zatim inkubirano 24 h pri temperaturi od 30 °C, čime je dobijeno primarno obogaćenje. Iz primarnog obogaćenja 0,1 mL kulture zasejano je u 10 mL Fraser bujona (Oxoid), koji je inkubiran 48 h pri temperaturi od 37 °C, dobijeno je sekundarno obogaćenje. Nakon toga, 0,1 mL sekundarnog obogaćenja zasejavano je na selektivne podloge ALOA agar (Agar Listeria according to Ottaviani and Agosti, Oxoid) i PALCAM (Polymyxin-Acriflavin Lithium Chloride-Ceftazidime- Aesculin-Mannitol Agar; Oxoid). Ploče su inkubirane 24–48 h pri temperaturi od 37 °C. Tipične kolonije *L. monocytogenes* na ALOA agaru su zeleno-plave boje, okružene zonom prosvetljenosti, a za potvrdu korišćeni su sledeći testovi: katalaza testk, test pokretljivosti i CAMP test.

4.2.4.5. Izolacija *Salmonella* spp.

Za izolaciju *Salmonella* spp., korišćena je standardna metoda ISO 6579-1:2017. 25 g mesa (sveže i dimljeno pileće meso) je odmereno i homogenizovano sa 225 mL puferisane peptonske vode (BPW, Merck, Nemačka) u Stomacher blenderu (Stomacher 400 Circulator, Seward, UK) 60 sekundi, a zatim je inkubirano pri temperaturi od 37 °C tokom 18-20 h (neselektivno obogaćenje). Nakon inkubacije inokulisano je 0,1 mL kulture iz BPW u epruvetu sa 10 mL Rappaport Vassialidis medium with soya (RVS bujon, Oxoid, Basingstoke, Ujedinjeno Kraljevstvo) i 1 mL kulture iz BPW u epruvetu sa 10 mL Muller Kauffmann tetratonat-novobiocin (MKTTn) bujona (Oxoid) (selektivno obogaćenje). Nakon inkubacije od 24 h pri temperaturi od 37 °C za MKTTn bujon i pri temperaturi od 42 °C za RVS bujon, kulture su zasejane na selektivne podloge Xylose Lysine Desoxyscholate (XLD, Oxoid) i Brilliant green Agar (BGA, Oxoid). Tipične kolonije *Salmonella* spp. su ružičaste ili crvene sa crnim centrom potvrđene biohemijskim i serološkim ispitivanjima

4.2.4.6. Određivanje broja *Clostridium* spp.

Za određivanje broja kolonija *Clostridium* spp. korišćena je standardna metoda SRPS EN ISO 15213-2:2023.

4.2.5. Statistička analiza podataka

Za statističku analizu rezultata korišćen je softver GraphPad Prism verzije 7.00 za Windows (GraphPad Software, San Diego, CA, USA, www.graphpad.com). Podaci dobijeni iz eksperimenata, testirani su na normalnost korišćenjem Shapiro-Wilktesta ($P > 0,05$). Korišćen je opšti linearni model sa dužinom transporta i vremenom skladištenja kao fiksnim faktorima. Za procenu razlika između definisanih grupa unutar faktora primenjen je Bonferroni post hoc test. Razlike su smatrane značajnim pri $P < 0,05$. Za biogene amine, korišćen je neparametrijski pristup uz definisanje medijalnih vrednosti sa minimalnim i maksimalnim opsegom.

5. REZULTATI ISPITIVANJA

5.1. Rezultati ispitivanja svežeg pilećeg mesa

5.1.1. Fizičko-hemijska ispitivanja

5.1.1.1. pH vrednost

Rezultati pH vrednosti svežeg mesa, dobijenog od brojlera podrgnutih kratkom i dugom transportu, tokom 1., 2. i 4. dana skladištenja, prikazani su u tabeli 5.1.

Tabela 5.1. Uticaj dužine transporta na pH vrednost svežeg mesa (*m. pectoralis major*) tokom skladištenja u vakuum pakovanju.

Dan skladištenja (vreme merenja pH vrednosti)	pH vrednost		P vrednost		
	KT	DT	Transport	Skladištenje	Transport x Skladištenje
1. (pH60min)	6,13±0,08aA	5,93±0,08bA	0,4326	0,7702	0,0892
2. (pH24h)	6,01±0,15aAB	5,94±0,10aA			
4. (pH4dan)	5,93±0,08aB	6,06±0,38aA			

a, b - Različita mala slova u istom redu ukazuju na značajnost razlika između kratkog i dugog transporta istog dana skladištenja ($P < 0,05$); A, B - Različita velika slova u okviru iste kolone ukazuju na značajnost razlika u okviru iste grupe za različite dane skladištenja ($P < 0,05$); pH60min – pH 60 minuta *post mortem*, pH24h – 24 h *post mortem*, pH4 dan – 4 dana *post mortem*; KT- kratak transport, DT-dug transport.

Transport, period skladištenja i interakcija ova dva faktora nisu uticali na pH vrednost sirovog mesa. Na početku skladištenja, pH vrednost svežeg mesa kratko transportovanih brojlera (6,13±0,08), bila je statistički značajno veća ($P < 0,05$) u odnosu na dugo transportovane brojlere (5,93±0,08), kao i u odnosu na 4. dan skladištenja (5,93±0,08) kratko transportovanih brojlera.

5.1.1.2. Sposobnost vezivanja vode

Rezultati SVV svežeg mesa kratko i dugo transportovanih brojlera, tokom 1. i 4. dana skladištenja prikazani su u tabeli 5.2.

Tabela 5.2. Uticaj dužine transporta brojlera na SVV svežeg mesa (*m. pectoralis major*) tokom skladištenja u vakuum pakovanju.

Dan skladištenja	SVV (%)		P vrednost		
	KT	DT	Transport	Skladištenje	Transport x Skladištenje
1. dan	67,92±1,47aA	64,34±2,87bA	0,0212	0,0435	0,1304
4. dan	68,81±2,14aA	68,25±2,68aB			

a, b - Različita mala slova u istom redu ukazuju na značajnost razlika između kratkog i dugog transporta istog dana skladištenja ($P < 0,05$); A, B - Različita velika slova u okviru iste kolone ukazuju na značajnost razlika u okviru iste grupe za različite dane skladištenja ($P < 0,05$); KT- kratak transport, DT-dug transport.

Transport i period skladištenja značajno su uticali na SVV sirovog mesa ($P < 0,05$), dok interakcija ova dva faktora nije ($P > 0,05$).

Na početku skladištenja, SVV svežeg mesa brojlera koji su imali kratak transport, iznosila je $67,92 \pm 1,47\%$, i bila je značajno veća u odnosu na grupu sa dugim transportom, gde je SVV sirovog mesa iznosila $64,34 \pm 2,87\%$, dok su nakon 4 dana skladištenja vrednosti za SVV sirovog mesa kratko transportovanih i dugo transportovanih brojlera bile približno iste ($P > 0,05$).

Kod svežeg mesa kratko transportovanih brojlera SVV je bila približno ista 1. i 4. dana skladištenja ($P > 0,05$), s druge strane, vrednost SVV svežeg mesa dobijenog od brojlera koji su imali dugi transport je bila značajno veća 4. dana skladištenja ($68,25 \pm 2,68\%$), u odnosu na početak skladištenja ($64,34 \pm 2,87\%$).

5.1.2. Hemijska ispitivanja

5.1.2.1. Hemijski sastav

Rezultati ispitivanja hemijskog sastava svežeg pilećeg mesa, koje je dobijeno od kratko i dugo transportovanih brojlera, ispitanog 1. i 4. dana skladištenja, prikazani su u tabeli 5.3.

Na početku skladištenja, u svežem mesu brojlera koji su imali dugi transport utvrđen je značajno veći ($P < 0,05$) sadržaj vlage ($76,04 \pm 0,28\%$), u odnosu na sveže meso kratko transportovanih brojlera ($74,51 \pm 0,33\%$). Sa druge strane, nakon 4. dana skladištenja, sadržaj vlage bio je približno isti, i iznosio je $74,91 \pm 1,07\%$ za sveže meso brojlera koji su imali kratak transport, odnosno $74,43 \pm 1,77\%$ za sveže meso dugo transportovanih brojlera ($P > 0,05$). Sadržaj vlage se nije statistički značajno menjao ni tokom skladištenja u obe ispitivane grupe ($P > 0,05$).

Sadržaj masti i proteina bio je približno isti, u obe ispitivane grupe, kako na početku, tako i na kraju skladištenja ($P > 0,05$).

Sadržaj pepela, nakon 1. dana skladištenja, u svežem mesu, kratko transportovanih brojlera iznosio je $1,21 \pm 0,38\%$, dok je u svežem mesu brojlera koji su imali dugi transport bio $1,07 \pm 0,02\%$, što je značajno manje ($P < 0,05$). Sa druge strane, nakon 4 dana skladištenja, sadržaj pepela u ispitivanim uzorcima bio je približno isti, i iznosio je $1,11 \pm 0,01\%$ za sveže meso brojlera koji su imali kratak transport, odnosno $1,12 \pm 0,03\%$ za sveže meso dugo transportovanih brojlera ($P > 0,05$). Tokom skladištenja svežeg pilećeg mesa brojlera podvrgnutih kratkom transportu, sadržaj pepela se značajno smanjio ($P < 0,05$), dok se u grupi dugo transportovanih brojlera njegov sadržaj značajno povećao ($P < 0,05$).

Sadržaj NaCL četvrtog dana skladištenja u svežem mesu brojlera koji su imali kratak transport, iznosio je $0,05 \pm 0,01\%$, dok je sveže meso dugo transportovanih brojlera imalo $0,19 \pm 0,07\%$ NaCL, što je značajno više ($P < 0,05$). Sa druge strane, sveže meso kratko transportovanih brojlera, 1. dana skladištenja je imalo značajno veći sadržaj NaCL ($0,16 \pm 0,01\%$), u odnosu na 4. dan ($0,05 \pm 0,01\%$) ($P < 0,05$).

Tabela 5.3. Uticaj dužine transporta brojlera na hemijske parametre svežeg mesa (*m. pectoralis major*) tokom skladištenja u vakuum pakovanju.

Dan skladištenja	Parametar ($\bar{X} \pm SD$)									
	Vlaga (%)		Masti (%)		Proteini (%)		Pepeo (%)		NaCL (%)	
	KT	DT	KT	DT	KT	DT	KT	DT	KT	DT
1.	74,51±0,33a	76,04±0,28b	0,46±0,38	0,68±0,43	22,82±0,07	22,18±0,33	1,21±0,38aA	1,07±0,02bA	0,16±0,01A	0,12±0,05
4.	74,91±1,07	74,43±1,77	0,27±0,11	0,32±0,14	22,05±1,70	21,98±1,48	1,11±0,01B	1,12±0,03 B	0,05±0,01aB	0,19±0,07b

a, b - Različita mala slova u istom redu ukazuju na značajnost razlika između kratkog i dugog transporta istog dana skladištenja ($P < 0,05$); A, B - Različita velika slova u okviru iste kolone ukazuju na značajnost razlika u okviru iste grupe za različite dane skladištenja ($P < 0,05$); KT- kratak transport, DT-dug transport.

5.1.2.2. Oksidativne promene lipida

U cilju ispitivanja oksidativnih promena masti svežeg mesa koje je dobijeno od kratko i dugo transportovanih brojlera, tokom 1. i 4. dana skladištenja, utvrđena je TBARS vrednost, izražena kao broj mg malondialdehida po kilogramu uzorka (mg MDA/kg) i prikazana u tabeli 5.4.

Tabela 5.4. Uticaj dužine transporta brojlera na TBARS vrednost svežeg mesa (*m. pectoralis major*) tokom skladištenja u vakuum pakovanju.

Dan skladištenja	MDA (mg MDA/kg)		P vrednost		
	KT	DT	Transport	Skladištenje	Transport x Skladištenje
1. dan	0,01±0,01aA	0,04±0,01bA	0,3776	0,2467	< 0,0001
4. dan	0,04±0,02aB	0,02±0,01aB			

a, b - Različita mala slova u istom redu ukazuju na značajnost razlika između kratkog i dugog transporta istog dana skladištenja ($P < 0,05$); A, B - Različita velika slova u okviru iste kolone ukazuju na značajnost razlika u okviru iste grupe za različite dane skladištenja ($P < 0,05$); KT- kratak transport, DT-dug transport

Interakcija transporta i perioda skladištenja značajno je uticala na TBARS vrednosti svežeg mesa ($P < 0,05$).

Na početku skladištenja, značajno veća TBARS vrednost utvrđena je u fileima dobijenim od brojlera koji su imali dugi transport ($0,04 \pm 0,01$ mg MDA/kg), u odnosu na grupu sa kratkim transportom ($0,01 \pm 0,01$ mg MDA/kg), dok su nakon 4 dana skladištenja, TBARS vrednosti u obe eksperimentalne grupe bile približno iste ($P > 0,05$).

TBARS vrednost uzoraka svežeg mesa kratko transportovanih brojlera bila je značajno veća ($P < 0,05$) nakon 4 dana skladištenja ($0,04 \pm 0,02$ mg MDA/kg) u odnosu na prvi dan ($0,01 \pm 0,01$ mg MDA /kg), za razliku od TBARS vrednosti uzoraka dugo transportovanih brojlera, koja je bila značajno veća ($P < 0,05$) 1. dana skladištenja ($0,04 \pm 0,01$ mg MDA/kg) u odnosu na 4. dan ($0,02 \pm 0,01$ mg MDA/kg).

5.1.2.3. Biogeni amini

Količina biogenih amina u svežem mesu koje je dobijeno od kratko i dugo transportovanih brojlera, tokom skladištenja u vakuum pakovanju, prikazana je u tabeli 5.5.

Triptamin, feniletilamin i histamin nisu detektovani ni u jednoj eksperimentalnoj grupi, dok su putrescin, kadaverin i tiramin detektovani u uzorcima dugo transportovanih brojlera 4. dana skladištenja.

Tabela 5.5. Uticaj dužine transporta brojlera na sadržaj biogenih amina svežeg mesa (*m. pectoralis major*) tokom skladištenja u vakuum pakovanju.

Biogeni amini (mg/kg)	Dan skladištenja	Sadržaj biogenih amina Mediana (minimum-maksimum)		P vrednost	
		KT	DT	Transport	Skladištenje
Tryptamin	1. dan	n.d	n.d.		
	4. dan	n.d.	n.d.	/	/
Feniletilamin	1. dan	n.d.	n.d.		
	4. dan	n.d.	n.d.	/	/
Putrescin	1. dan	n.d.	n.d.A		
	4. dan	n.d.a	42,17 (30,25-74,87)bB	/	/
Kadaverin	1. dan	n.d.	n.d.A		
	4. dan	n.d.a	114 (47,68-148,7)bB	/	/
Histamin	1. dan	n.d.	n.d.		
	4. dan	n.d	n.d.	/	/
Tiramin	1. dan	n.d.	n.d.A		
	4. dan	n.d.a	37,11 (18,78-71,74)bB	/	/

a, b - Različita mala slova u istom redu ukazuju na značajnost razlika između kratkog i dugog transporta istog dana skladištenja ($P < 0,05$); A, B - Različita velika slova u okviru iste kolone ukazuju na značajnost razlika u okviru iste grupe za različite dane skladištenja ($P < 0,05$); KT- kratak transport, DT-dug transport. n.d. nije detektovano; Rezultati su prikazani kao Mediana (minimum-maksimum).

5.1.3. Ispitivanje senzornih svojstava

5.1.3.1. Instrumentalni parametri boje

Tokom instrumentalnog ispitivanja boje svežeg mesa koje je dobijeno od kratko i dugo transportovanih brojlera, praćeni su sledeći parametri: svetloća boje, odnosno L^* vrednost, udeo crvene boje (a^*) i udeo žute boje (b^*), 1. i 4. dana skladištenja, koji su prikazani u tabeli 5.6.

Tabela 5.6. Uticaj dužine transporta brojlera na instrumentalne parametre boje svežeg mesa (*m. pectoralis major*) tokom skladištenja u vakuum pakovanju.

Instrumentalni parametri boje	Dan skladištenja	$(\bar{X} \pm SD)$		P vrednost		
		KT	DT	Transport	Skladištenje	Transport \times Skladištenje
L^*	1. dan	52,59 \pm 2,70aA	54,15 \pm 3,06bA	< 0,0001	0,1369	0,0010
	4. dan	56,25 \pm 3,76aB	55,63 \pm 2,68aB			
a^*	1. dan	1,49 \pm 0,80aA	1,26 \pm 0,96aA	< 0,0001	0,0073	< 0,0001
	4. dan	1,40 \pm 0,79aA	2,17 \pm 1,11bB			
b^*	1. dan	7,34 \pm 1,59aA	7,41 \pm 1,57aA	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
	4. dan	7,57 \pm 1,55aA	5,61 \pm 1,51bB			

a, b - Različita mala slova u istom redu ukazuju na značajnost razlika između kratkog i dugog transporta istog dana skladištenja ($P < 0,05$); A, B - Različita velika slova u okviru iste kolone ukazuju na značajnost razlika u okviru iste grupe za različite dane skladištenja ($P < 0,05$); KT- kratak transport, DT-dug transport.

Utvrđeno je da su transport i interakcija transporta i skladištenja značajno uticali na svetloću boje, odnosno L^* vrednost svežeg mesa ($P < 0,05$).

L* vrednost svežeg mesa dugo transportovanih brojlera od $54,15 \pm 3,06$ bila je značajno veća ($P < 0,05$) od L* vrednosti svežeg mesa kratko transportovanih brojlera koja je iznosila $52,59 \pm 2,70$, prvog dana skladištenja. Statistički značajne razlike nisu utvrđene kod pomenutih grupa 4. dana skladištenja ($P > 0,05$).

L* vrednost od $56,25 \pm 3,76$ svežeg mesa brojlera koji su imali kratak transport, bila je značajno veća 4. dana skladištenja, od L* vrednosti 1. dana skladištenja, koja je iznosila $52,59 \pm 2,70$. Isto tako, L* vrednost od $55,63 \pm 2,68$ svežeg mesa brojlera koji su imali dugi transport bila je značajno veća ($P < 0,05$) 4. dana skladištenja u odnosu na početak, kada je L* vrednost iznosila $54,15 \pm 3,06$.

Transport, skladištenje i interakcija transporta i skladištenja su značajno uticali na udeo crvene boje (a*), kao i na udeo žute boje (b*) svežeg mesa ($P < 0,05$).

Značajno veći udeo crvene boje (a*) svežeg mesa dugo transportovanih brojlera ($2,17 \pm 1,11$), u odnosu na udeo crvene boje svežeg mesa kratko transportovanih brojlera ($1,40 \pm 0,79$), utvrđen je 4. dana skladištenja. Sa druge strane, 4. dana skladištenja, udeo žute boje (b*) u svežem mesu dugo transportovanih brojlera ($5,61 \pm 1,51$), bio je značajno manji ($P < 0,05$) od b* vrednosti kratko transportovanih brojlera ($7,57 \pm 1,55$). U svežem mesu brojlera koji su imali dugi transport, udeo crvene boje ($2,17 \pm 1,11$) bio je veći ($P < 0,05$) 4. dana skladištenja u odnosu na 1. dan ($1,26 \pm 0,96$), ali je zato udeo žute boje ($7,41 \pm 1,57$) bio veći 1. nego 4. dana ($5,61 \pm 1,51$). Međutim, statistički značajna razlika 1. i 4. dana skladištenja svežeg mesa kratko transportovanih brojlera nije utvrđena u pogledu a* i b* vrednosti ($P > 0,05$).

5.1.3.2. Instrumentalni parametri teksture

Rezultati instrumentalnog ispitivanja teksture svežeg mesa dobijenog od brojlera koji su podvrgnuti kratkom i dugom transportu do klanice, 1. i 4. dana skladištenja, prikazani su u tabeli 5.7. Od parametara teksture, određeni su čvrstoća i Shear force (sila presecanja).

Tabela 5.7. Uticaj dužine transporta brojlera na instrumentalne parametre teksture svežeg mesa (*m. pectoralis major*) tokom skladištenja u vakuum pakovanju.

Instrumentalni parametri teksture	Dan skladištenja	$(\bar{X} \pm SD)$		P vrednost		
		KT	DT	Transport	Skladištenje	Transport × Skladištenje
Čvrstoća (g)	1. dan	$27,37 \pm 7,40$ aA	$21,34 \pm 5,26$ bA	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
	4. dan	$14,39 \pm 3,74$ aB	$13,80 \pm 3,13$ aB			
Shear force (N)	1. dan	$189,7 \pm 43,83$ aA	$142,3 \pm 37,30$ bA	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
	4. dan	$99,40 \pm 26,14$ aB	$90,56 \pm 17,84$ bB			

a, b - Različita mala slova u istom redu ukazuju na značajnost razlika između kratkog i dugog transporta istog dana skladištenja ($P < 0,05$); A, B - Različita velika slova u okviru iste kolone ukazuju na značajnost razlika u okviru iste grupe za različite dane skladištenja ($P < 0,05$); KT- kratak transport, DT-dug transport.

U tabeli 5.7. je prikazano da su transport, skladištenje i interakcija ova dva faktora značajno uticali na instrumentalne parametre teksture svežeg mesa ($P < 0,05$).

Čvrstoća, odnosno maksimalna sila potrebna za kompresiju svežeg mesa, 1. dana skladištenja, bila je značajno veća kod uzorka svežeg mesa kratko transportovanih brojlera, gde je utvrđena prosečna vrednost za čvrstoću $27,37 \pm 7,40$ g, nego kod uzorka sirovog mesa dugo transportovanih brojlera sa prosečnom vrednošću od $21,34 \pm 5,26$ g ($P < 0,05$). Sa druge strane, 4. dana skladištenja, statistički značajna razlika između navedenih grupa nije utvrđena ($P > 0,05$). U svežem mesu brojlera koji su imali kratak transport, čvrstoća je bila značajno veća ($P < 0,05$) 1. dana skladištenja ($27,37 \pm 7,40$ g) u odnosu na 4. dan ($14,39 \pm 3,74$ g), kao i kod uzorka dugo transportovanih brojlera, gde je 1. dana skladištenja

maksimalna sila potrebna za kompresiju svežeg mesa ($21,34 \pm 5,26$ g), bila značajno veća u odnosu na 4. dan ($13,80 \pm 3,13$ g).

Rezultati ove studije pokazuju da je sila presecanja svežeg mesa kratko transportovanih brojlera, na početku skladištenja bila značajno veća, sa vrednošću od $189,7 \pm 43,83$ N u odnosu na vrednost sile presecanja utvrđene na uzorcima dugo transportovanih brojlera, koja je iznosila $142,3 \pm 37,30$ N ($P < 0,05$). Isto tako, i 4. dana skladištenja utvrđeno je da je vrednost sile presecanja od $99,40 \pm 26,14$ N bila značajno veća kod uzoraka kratko transportovanih brojlera u odnosu na vrednost sile presecanja od $90,56 \pm 17,84$ N, kod uzoraka dugo transportovanih brojlera. Vrednost sile presecanja se statistički značajno smanjila ($P < 0,05$) tokom skladištenja kod obe ispitivane grupe.

5.1.4. Mikrobiološka ispitivanja

U cilju ispitivanja dinamike razvoja i sastava mikroflore svežeg mesa dobijenog od kratko i dugo transportovanih brojlera, sprovedena su mikrobiološka ispitivanja, koja su obuhvatila ispitivanje broja BMK, *Micrococcaceae*, *Enterobacteriaceae*, UB mezofila, UB psihrofila, zatim prisustvo *Salmonella* spp., prisustvo *Listeria monocytogenes* i prisustvo klostridija, tokom skladištenja.

5.1.4.1. Bakterije mlečne kiseline

Broj BMK svežeg mesa koje je dobijeno od kratko i dugo transportovanih brojlera, tokom skladištenja 1. i 4. dana, prikazan je u tabeli 5.8.

Tabela 5.8. Uticaj dužine transporta brojlera na broj BMK svežeg mesa (*m. pectoralis major*) tokom skladištenja u vakuum pakovanju.

Dan skladištenja	BMK (log cfu/g)		P vrednost		
	KT	DT	Transport	Skladištenje	Transport × Skladištenje
1. dan	$2,91 \pm 0,07$ aA	$3,89 \pm 0,22$ bA	$< 0,0001$	$< 0,0001$	$0,0001$
4. dan	$4,15 \pm 0,29$ aB	$4,18 \pm 0,33$ aA			

a, b - Različita mala slova u istom redu ukazuju na značajnost razlika između kratkog i dugog transporta istog dana skladištenja ($P < 0,05$); A, B - Različita velika slova u okviru iste kolone ukazuju na značajnost razlika u okviru iste grupe za različite dane skladištenja ($P < 0,05$); KT- kratak transport, DT-dug transport.

Transport, period skladištenja, kao i interakcija ova dva faktora, značajno su uticali na broj BMK svežeg mesa ($P < 0,05$).

Prvog dana skladištenja, utvrđen je značajno manji broj bakterija u svežem mesu ($2,91 \pm 0,07$ log CFU/g) dobijenom od brojlera koji su imali kratak transport do klanice u odnosu na grupu sa dugim transportom ($3,89 \pm 0,22$ log CFU/g), dok 4. dana skladištenja nije uočena statistički značajna razlika u broju bakterija u svežem mesu u obe ispitivane grupe ($P > 0,05$). Broj bakterija u fileima kratko transportovanih brojlera povećavao se značajno od 1. do 4. dana ($2,91$ i $4,15$ log CFU/g, $P < 0,05$), dok u fileima dugo transportovanih brojlera nije bilo statistički značajne razlike ($P > 0,05$).

5.1.4.2. Mikrokoke

Broj mikrokoka svežeg mesa koje je dobijeno od kratko i dugo transportovanih brojlera, tokom skladištenja 1. i 4. dana, prikazan je u tabeli 5.9.

Tabela 5.9. Uticaj dužine transporta brojlera na broj mikrokoka svežeg mesa (*m. pectoralis major*) tokom skladištenja u vakuum pakovanju.

Dan skladištenja	Mikrokoke (log cfu/g)		P vrednost		
	KT	DT	Transport	Skladištenje	Transport × Skladištenje
1. dan	3,50±0,18aA	3,40±0,18aA	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
4. dan	4,58±0,33aB	4,01±0,27bB			

a, b Različita mala slova u istom redu ukazuju na značajnost razlika između kratkog i dugog transporta istog dana skladištenja ($P < 0,05$); A, B - Različita velika slova u okviru iste kolone ukazuju na značajnost razlika u okviru iste grupe za različite dane skladištenja ($P < 0,05$); KT- kratak transport, DT-dug transport.

U tabeli 5.9. prikazano je da su transport, period skladištenja, kao i interakcija ova dva faktora značajno uticali na broj mikrokoka svežeg mesa ($P < 0,05$).

Prvog dana skladištenja nije bilo statistički značajne razlike ($P > 0,05$) u broju bakterija u svežem mesu brojlera koji su kratko transportovani do klanice, u odnosu na broj bakterija u svežem mesu dugo transportovanih brojlera, dok je 4. dana broj bakterija ($4,58 \pm 0,33$ log CFU/g) u svežem mesu kratko transportovanih brojlera bio veći ($P < 0,05$) u odnosu na broj bakterija ($4,01 \pm 0,27$ log CFU/g) u svežem mesu dugo transportovanih brojlera. Broj bakterija 1. dana skladištenja ($3,50 \pm 0,18$ log CFU/g) u fileima kratko transportovanih brojlera je bio značajno manji ($P < 0,05$) u odnosu na 4. dan skladištenja ($4,58 \pm 0,33$ log CFU/g), isto tako je i kod dugo transportovanih brojlera, broj bakterija ($3,40 \pm 0,18$ log CFU/g) u svežem mesu bio manji ($P < 0,05$) 1. dana skladištenja u odnosu na 4. dan ($4,01 \pm 0,27$ log CFU/g).

5.1.4.3. Enterobakterije

Broj enterobakterija svežeg mesa koje je dobijeno od kratko i dugo transportovanih brojlera, tokom skladištenja 1. i 4. dana, prikazan je u tabeli 5.10.

Tabela 5.10. Uticaj dužine transporta brojlera na broj enterobakterija svežeg mesa (*m. pectoralis major*) tokom skladištenja u vakuum pakovanju.

Dan skladištenja	Enterobakterije (log cfu/g)		P vrednost		
	KT	DT	Transport	Skladištenje	Transport × Skladištenje
1. dan	2,26±0,36aA	4,04±0,19bA	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
4. dan	3,86±0,31aB	3,97±0,46aA			

a, b - Različita mala slova u istom redu ukazuju na značajnost razlika između kratkog i dugog transporta istog dana skladištenja ($P < 0,05$); A, B - Različita velika slova u okviru iste kolone ukazuju na značajnost razlika u okviru iste grupe za različite dane skladištenja ($P < 0,05$); KT- kratak transport, DT-dug transport.

U tabeli 5.10. prikazano je da su transport, period skladištenja, kao i interakcija ova dva faktora značajno uticali na broj enterobakterija svežeg mesa ($P < 0,05$).

Prvog dana skladištenja, značajno veći broj bakterija ($4,04 \pm 0,19$ log CFU/g) je utvrđen u svežem mesu brojlera koji su imali dugi transport do klanice u odnosu na grupu sa kratkim transportom ($2,26 \pm 0,36$ log CFU/g), dok nakon 4. dana nije uočena statistički značajna razlika u broju bakterija svežeg mesa između navedenih grupa ($P > 0,05$). Sa druge strane, broj bakterija je bio znatno veći 4. dana u odnosu na početak skladištenja, kod kratko transportovanih brojlera ($3,86$ log CFU/g; $2,26$ log CFU/g), dok kod onih koji su podvrgnuti dugom transportu, statistički značajne razlike nije bilo ($P > 0,05$).

5.1.4.4. Ukupan broj mezofila

Ukupan broj mezofila svežeg mesa koje je dobijeno od kratko i dugo transportovanih brojlera, tokom skladištenja 1. i 4. dana, prikazan je u tabeli 5.11.

Tabela 5.11. Uticaj dužine transporta brojlera na UB mezofila svežeg mesa (*m. pectoralis major*) tokom skladištenja u vakuum pakovanju.

Dan skladištenja	UB mezofili (log cfu/g)		P vrednost		
	KT	DT	Transport	Skladištenje	Transport × Skladištenje
1. dan	3,63±0,13aA	5,72±0,10bA	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
4. dan	6,55±0,08aB	6,04±0,40bA			

a, b - Različita mala slova u istom redu ukazuju na značajnost razlika između kratkog i dugog transporta istog dana skladištenja ($P < 0,05$); A, B - Različita velika slova u okviru iste kolone ukazuju na značajnost razlika u okviru iste grupe za različite dane skladištenja ($P < 0,05$); KT- kratak transport, DT-dug transport.

Transport, period skladištenja, kao i interakcija ova dva faktora značajno ($P < 0,05$) su uticali na ukupan broj mezofilnih bakterija svežeg mesa (Tabela 5.11.).

Na početku skladištenja, značajno veći broj bakterija ($P < 0,05$) je utvrđen u svežim fileima dobijenim od brojlera koji su imali dugi transport ($5,72 \pm 0,10$ log CFU/g), u odnosu na grupu sa kratkim transportom ($3,63 \pm 0,13$ log CFU/g), dok 4. dana skladištenja značajno veći ($P < 0,05$) broj bakterija je utvrđen u svežem mesu brojlera koji su kraće transportovani ($6,55 \pm 0,08$ log CFU/g), nego kod onih koji su duže transportovani do klanice ($6,04 \pm 0,40$ log CFU/g). Niži broj bakterija je utvrđen 1. dana skladištenja ($3,63 \pm 0,13$ log CFU/g) u odnosu na 4. dan ($6,55 \pm 0,08$ log CFU/g) kod kratko transportovanih brojlera ($P < 0,05$), dok kod dugo transportovanih brojlera nije uočena statistički značajna razlika u broju bakterija tokom skladištenja ($P > 0,05$).

5.1.4.5. Ukupan broj psihrofila

Ukupan broj psihrofila svežeg mesa koje je dobijeno od kratko i dugo transportovanih brojlera, tokom skladištenja 1. i 4. dana, prikazan je u tabeli 5.12.

Transport i interakcija transporta i perioda skladištenja značajno su uticali na UB psihrofilnih bakterija u svežem mesu ($P < 0,05$), ali ne i period skladištenja ($P > 0,05$).

Na početku skladištenja, značajno veći broj bakterija ($6,01 \pm 0,17$ log CFU/g) je utvrđen u svežem mesu brojlera koji su imali dugi transport u odnosu na grupu sa kratkim transportom ($4,43 \pm 0,14$ log CFU/g), dok 4. dana skladištenja, veći broj ($P < 0,05$) bakterija ($6,43 \pm 0,20$ log CFU/g) je utvrđen u svežem mesu brojlera koji su kraće transportovani do klanice.

Sveže meso kratko transportovanih brojlera imalo je manji broj bakterija ($4,43 \pm 0,14$ log CFU/g) na početku skladištenja nego 4. dana ($6,43 \pm 0,20$ log CFU/g). Obrnuta situacija je uočena u svežem mesu dugo transportovanih brojlera, gde je broj bakterija prvog dana skladištenja ($6,01 \pm 0,17$ log CFU/g) bio značajno veći, nego 4. dana ($P < 0,05$).

Tabela 5.12. Uticaj dužine transporta brojlera na UB psihrofila svežeg mesa (*m. pectoralis major*) tokom skladištenja u vakuum pakovanju.

Dan skladištenja	UB psihrofili (log cfu/g)		P vrednost		
	KT	DT	Transport	Skladištenje	Transport × Skladištenje
1. dan	4,43±0,14aA	6,01±0,17bA	0,0009	0,7970	< 0,0001
4. dan	6,43±0,20aB	4,79±0,38bB			

a, b Različita mala slova u istom redu ukazuju na značajnost razlika između kratkog i dugog transporta istog dana skladištenja ($P < 0,05$); A, B - Različita velika slova u okviru iste kolone ukazuju na značajnost razlika u okviru iste grupe za različite dane skladištenja ($P < 0,05$); KT- kratak transport, DT-dug transport.

5.2. Rezultati ispitivanja dimljenog pilećeg filea

5.2.1. Fizičko-hemijska ispitivanja

5.2.1.1. pH vrednost

Rezultati pH vrednosti dimljenog filea, tokom 1., 15. i 30. dana skladištenja, dobijenog od mesa kratko i dugo transportovanih brojlera, prikazani su u tabeli 5.13.

Tabela 5.13. Uticaj dužine transporta brojlera na pH vrednost dimljenog filea tokom skladištenja u vakuum pakovanju.

Dan skladištenja	pH vrednost		P vrednost		
	KT	DT	Transport	Skladištenje	Transport × Skladištenje
1. dan	6,24±0,01aA	6,18±0,07aA	< 0,0001	0,0616	0,3660
15. dan	6,08±0,04aB	6,09±0,06aA			
30. dan	6,15±0,07aB	6,08±0,08aA			

a, b - Različita mala slova u istom redu ukazuju na značajnost razlika između kratkog i dugog transporta istog dana skladištenja ($P < 0,05$); A, B - Različita velika slova u superskriptu u okviru iste kolone ukazuju na značajnost razlika u okviru iste grupe za različite dane skladištenja ($P < 0,05$); KT- kratak transport, DT-dug transport.

Transport je značajno uticao na pH vrednost dimljenih filea ($P < 0,05$), za razliku od perioda skladištenja i interakcije ova dva faktora, gde nije utvrđena statistički značajna razlika ($P > 0,05$).

Jedina statistički značajna razlika u pH vrednosti ($P < 0,05$) je utvrđena kod dimljenih filea dobijenih od brojlera koji su imali kratak transport 1. dana skladištenja (6,24±0,01) u odnosu na 15. i 30. dan (6,08±0,04 i 6,15±0,07, pojedinačno).

5.2.1.2. Aktivnost vode

Rezultati a_w vrednosti dimljenog filea dobijenog od mesa kratko i dugo transportovanih brojlera, 1., 15. i 30. dana skladištenja, prikazani su u tabeli 5.14.

Tabela 5.14. Uticaj dužine transpiriranih brojlera na a_w vrednost dimljenog filea tokom skladištenja u vakuum pakovanju.

Dan skladištenja	a_w vrednost		P vrednost		
	KT	DT	Transport	Skladištenje	Transport × Skladištenje
1. dan	0,969±0,001aA	0,964±0,001aB	0,0041	< 0,0001	0,6879
15. dan	0,972±0,00aA	0,966±0,002bB			
30. dan	0,970±0,001aA	0,965±0,005bB			

a, b - Različita mala slova u istom redu ukazuju na značajnost razlika između kratkog i dugog transporta istog dana skladištenja ($P < 0,05$); A, B - Različita velika slova u okviru iste kolone ukazuju na značajnost razlika u okviru iste grupe za različite dane skladištenja ($P < 0,05$); KT- kratak transport, DT-dug transport.

Transport i period skladištenja značajno su uticali na a_w vrednost dimljenih filea ($P < 0,05$), za razliku od interakcija ova dva faktora, gde nije utvrđena statistički značajna razlika ($P > 0,05$).

Nakon 15 i 30 dana skladištenja, a_w vrednost je bila značajno veća ($P < 0,05$) u dimljenim fileima dobijenim od mesa kratko transportovanih brojlera (0,972±0,00 i 0,970±0,001, pojedinačno) u odnosu na dugo transportovane (0,966±0,002 i 0,965±0,005, pojedinačno).

5.2.2. Hemijska ispitivanja

5.2.2.1. Hemijski sastav

Rezultati hemijskog sastava dimljenog filea dobijenog od mesa kratko i dugo transportovanih brojlera, ispitanih 1., 15. i 30. dana skladištenja, prikazani su u tabeli 5.15.

Na početku skladištenja, značajno veći sadržaj vlage (68,84±0,19%) je utvrđen u dimljenim fileima dobijenih od mesa brojlera koji su imali kratak transport, u odnosu na 15. i 30 dan skladištenja (67,60±0,40 i 67,26±0,19%, pojedinačno) ($P < 0,05$). Sa druge strane, značajno manji sadržaj proteina (23,88±0,90%) je utvrđen na početku skladištenja u dimljenim fileima dobijenih od mesa brojlera koji su imali kratak transport, u odnosu na 15. i 30. dan skladištenja (27,70±0,43 i 27,76±0,36%, $P < 0,05$, pojedinačno). Sadržaj masti dimljenog filea u grupi kratko transportovanih brojlera, nakon 15. dana skladištenja je bio značajno niži (0,29±0,09%) u odnosu na 1. i 30. dan eksperimenta (0,88±0,33 i 0,77±0,10, pojedinačno) ($P < 0,05$). U sadržaju pepela i NaCl u dimljenim fileima dobijenim od mesa kratko transportovanih brojlera, statistički značajna razlika je utvrđena između 15. i 30. dana skladištenja ($P < 0,05$).

Tabela 5.15. Uticaj dužine transporta brojlera na hemijske parametre dimljenog filea tokom skladištenja u vakuum pakovanju.

Dan skladištenja	Parametar ($\bar{X} \pm SD$)									
	Vlaga (%)		Masti (%)		Proteini (%)		Pepeo (%)		NaCL (%)	
	KT	DT	KT	DT	KT	DT	KT	DT	KT	DT
1.	68,84±0,19A	64,72±0,26	0,88±0,33A	1,04±0,18	23,88±0,90A	28,84±1,15	3,88±0,30AB	4,77±0,25	3,25±0,23AB	4,05±0,18
15.	67,60±0,40B	65,86±0,12	0,29±0,09B	0,75±0,12	27,70±0,43B	28,82±1,04	3,97±0,08A	3,62±0,02	3,33±0,25A	2,83±0,18
30.	67,26±0,19B	65,83±0,28	0,77±0,10A	0,95±0,20	27,76±0,36B	27,01±1,86	3,82±0,08B	3,46±0,50	3,01±0,23B	2,80±0,51

a, b - Različita mala slova u istom redu ukazuju na značajnost razlika između kratkog i dugog transporta istog dana skladištenja ($P < 0,05$); A, B - Različita velika slova u okviru iste kolone ukazuju na značajnost razlika u okviru iste grupe za različite dane skladištenja ($P < 0,05$); KT- kratak transport, DT-dug transport.

5.2.2.2. Oksidativne promene lipida

Uticaj kratkog i dugog transporta brojlera i perioda skladištenja (1., 15. i 30. dan), na TBARS vrednost u dimljenom pilećem fileu, prikazan je u tabeli 5.16.

Tabela 5.16. Uticaj dužine transporta brojlera na TBARS vrednost dimljenog filea tokom skladištenja u vakuum pakovanju.

Dan skladištenja	TBARS (mg MDA/kg)		P vrednost		
	KT	DT	Transport	Skladištenje	Transport × Skladištenje
1. dan	0,06±0,01aA	0,05±0,01aA	0,0001	0,4754	0,1242
15. dan	0,06±0,02aA	0,07±0,01aB			
30. dan	0,05±0,01aA	0,05±0,01aA			

a, b - Različita mala slova u istom redu ukazuju na značajnost razlika između kratkog i dugog transporta istog dana skladištenja ($P < 0,05$); A, B - Različita velika slova u okviru iste kolone ukazuju na značajnost razlika u okviru iste grupe za različite dane skladištenja ($P < 0,05$); KT- kratak transport, DT-dug transport.

Transport je značajno uticao na TBARS vrednost dimljenih filea ($P < 0,05$), dok period skladištenja i interakcija ova dva faktora nisu ($P > 0,05$).

Dimljeni filei dobijeni od mesa brojlera koji su imali kratak transport, u odnosu na dugo transportovane brojlere, kako na početku skladištenja, tako i 15. i 30. dana skladištenja, imali su približno iste TBARS vrednosti ($P > 0,05$). Isto tako, TBARS vrednost dimljenih filea, iz kratko transportovane grupe brojlera, bila je približno ista nakon tokom celog perioda skladištenja ($P > 0,05$). Nekonzistentnost rezultata je utvrđena tokom skladištenja dimljenih filea dugo transportovanih brojlera, gde je nakon 15 dana skladištenja, utvrđena značajno veća TBARS vrednost ($0,07 \pm 0,01$ mg MDA/kg), u odnosu na 1. i 30. dan eksperimenta ($P < 0,05$).

5.2.2.3. Biogeni amini

Količine biogenih amina u dimljenim fileima, dobijenih od mesa kratko i dugo transportovanih brojlera, tokom skladištenja u vakuumu, su prikazane u tabeli broj 5.17.

Putrescin, kadaverin i histamin nisu detektovani u ispitanim uzorcima. U uzorcima dimljenog filea od dugo transportovanih brojlera, prisustvo triptamina, feniletilamina i tiramina je utvrđeno tek 30. dana skladištenja. U dimljenim proizvodima od kratko transportovanih brojlera, tiramin je bio prisutan tokom celokupnog perioda skladištenja, dok se sadržaj fenieltiamina smanjivao tokom skladištenja, i nije detektovan 30. dana.

Tabela 5.17. Uticaj dužine transporta brojlera na sadržaj biogenih amina u dimljenom fileu tokom skladištenja u vakuum pakovanju.

Biogeni amini (mg/kg)	Dan skladištenja	Sadržaj biogenih amina Mediana (minimum-maksimum)		P vrednost	
		KT	DT	Transport	Skladištenje
Triptamin	1. dan	n.d.aA	n.d.aA	0,3798	0,3253
	15. dan	n.d.aA	n.d.aA		
	30. dan	n.d.aA	0,0 (0,0-15,29)aA		
Feniletilamin	1. dan	22,36 (0,0-56,63)aA	n.d.bA	0.2551	0.0196
	15. dan	13,85 (7,27-19,39)aB	n.d.bA		
	30. dan	n.d.aA	0,0 (0,0-32,27)aA		
Putrescin	1. dan	n.d.	n.d.	/	/
	15. dan	n.d.	n.d.		
	30. dan	n.d.	n.d.		
Kadaverin	1. dan	n.d.	n.d.	/	/
	15. dan	n.d.	n.d.		
	30. dan	n.d.	n.d.		
Histamin	1. dan	n.d.	n.d.	/	/
	15. dan	n.d.	n.d.		
	30. dan	n.d.	n.d.		
Tiramin	1. dan	112,0 (33,85-126,4)aA	n.d.bA	< 0.0001	0.0007
	15. dan	0,0 (0,0-2,63)aB	n.d.aA		
	30. dan	42,49 (0,0-73,26)aB	43,52 (32,02-59,44)aB		

a, b - Različita mala slova u istom redu ukazuju na značajnost razlika između kratkog i dugog transporta istog dana skladištenja ($P < 0,05$); A, B - Različita velika slova u okviru iste kolone ukazuju na značajnost razlika u okviru iste grupe za različite dane skladištenja ($P < 0,05$); KT- kratak transport, DT-dug transport. n.d. nije detektovano; Rezultati su prikazani kao Mediana (minimum-maksimum).

5.2.3. Ispitivanje senzornih svojstava

5.2.3.1. Instrumentalni parametri boje

Tokom instrumentalnog ispitivanja boje dimljenog filea, dobijenog od mesa brojlera koji su imali kratak i dugi transport do klanice, praćeni su sledeći parametri: svetloća boje, odnosno L^* vrednost, udeo crvene boje (a^*) i udeo žute boje (b^*), 1., 15. i 30. dana skladištenja.

Transport, period skladištenja, kao i interakcija ova dva faktora, značajno su uticali na L^* vrednost i udeo žute boje (b^*) u dimljenom mesu ($P < 0,05$), ali interakcija transporta i perioda skladištenja bila je bez statistički značajne razlike, kada je udeo crvene boje u pitanju ($P > 0,05$).

Na početku skladištenja, dimljeni file dugo transportovanih brojlera imao je veću L^* vrednost od $80,34 \pm 1,80$, u odnosu na L^* vrednost dimljenog mesa kratko transportovanih brojlera koja je iznosila $79,52 \pm 2,30$, isto tako i 15. dana skladištenja L^* vrednost od $78,81 \pm 1,67$, dimljenog mesa brojlera koji su imali dugi transport, bila je veća nego kod grupe sa kratkim transportom, gde je iznosila $77,96 \pm 2,22$ ($P < 0,05$). Međutim, 30. dana statistički značajna razlika ($P > 0,05$) nije utvrđena između navedenih grupa u pogledu svetloće boje. L^* vrednost dimljenog filea dugo transportovanih brojlera imala je značajno veću vrednost ($80,34 \pm 1,80$) 1. dana skladištenja u odnosu na 15. i 30. dan ($78,81 \pm 1,67$ i $78,95 \pm 1,87$, pojedinačno). Nekonzistentnost rezultata je

utvrđena tokom skladištenja dimljenog filea kratko transportovanih brojlera, gde je nakon 15 dana skladištenja utvrđena značajno niža L* vrednost ($77,96 \pm 2,22$) u odnosu na 1. i 30. dan eksperimenta ($79,52 \pm 2,30$ i $79,30 \pm 1,67$, pojedinačno).

Udeo crvene boje, kako 1., tako i 15. i 30. dana skladištenja je bio značajno veći u dimljenim fileima brojlera koji su imali dugi transport, u odnosu na kratko transportovane brojlere, za razliku od udela žute boje, koji je bio značajno veći u proizvodima od brojlera koji su kratko transportovani, u odnosu na dugo transportovane brojlere, tokom celokupnog perioda skladištenja ($P < 0,05$). Udeo crvene boje tokom skladištenja je bio najmanji ($P < 0,05$) prvog dana ($5,34 \pm 1,08$) u KT grupi. Neusklađenost rezultata utvrđena je kod dimljenih filea brojlera koji su imali dugi transport, 15. dana skladištenja, gde je udeo crvene boje od $6,82 \pm 1,03$ bio veći ($P < 0,05$), u odnosu na 1. i 30. dan, kada je a* vrednost iznosila $6,06 \pm 1,25$, odnosno $6,34 \pm 0,87$. Udeo žute boje od $10,96 \pm 1,12$ u dimljenom mesu kratko transportovanih brojlera, 1. dana skladištenja bio je značajno niži u odnosu na 15. i 30. dan, kada je b* vrednost iznosila $12,03 \pm 0,75$ odnosno $11,63 \pm 0,94$ ($P < 0,05$). Najviša b* vrednost utvrđena je 15. dana skladištenja. Isto tako, u dimljenim fileima brojlera koji su imali dugi transport, najviša b* vrednost od $11,67 \pm 1,03$ utvrđena je 15. dana skladištenja u odnosu na 1. i 30. dan, kada je udeo žute boje iznosio $10,02 \pm 0,62$, odnosno $11,35 \pm 0,50$ ($P < 0,05$).

Tabela 5.18. Uticaj dužine transporta brojlera na instrumentalne parametre boje dimljenog filea tokom skladištenja u vakuum pakovanju.

Parametri boje	Dan skladištenja	(X̄ ± SD)		P vrednost		
		KT	DT	Transport	Skladištenje	Transport × Skladištenje
L*	1. dan	$79,52 \pm 2,30$ aA	$80,34 \pm 1,80$ bA	< 0,0001	0,0085	0,0040
	15. dan	$77,96 \pm 2,22$ aB	$78,81 \pm 1,67$ bB			
	30. dan	$79,30 \pm 1,67$ aA	$78,95 \pm 1,87$ aB			
a*	1. dan	$5,34 \pm 1,08$ aA	$6,06 \pm 1,25$ Ab	< 0,0001	< 0,0001	0,4505
	15. dan	$6,21 \pm 0,90$ aB	$6,82 \pm 1,03$ Bb			
	30. dan	$5,96 \pm 1,22$ aB	$6,34 \pm 0,87$ Ab			
b*	1. dan	$10,96 \pm 1,12$ aA	$10,02 \pm 0,62$ bA	< 0,0001	< 0,0001	0,0003
	15. dan	$12,03 \pm 0,75$ aB	$11,67 \pm 1,03$ bB			
	30. dan	$11,63 \pm 0,94$ aC	$11,35 \pm 0,50$ bC			

a, b - Različita mala slova u istom redu ukazuju na značajnost razlika između kratkog i dugog transporta istog dana skladištenja ($P < 0,05$); A, B, C - Različita velika slova u okviru iste kolone ukazuju na značajnost razlika u okviru iste grupe za različite dane skladištenja ($P < 0,05$); KT- kratak transport, DT-dug transport.

5.2.3.2. Instrumentalni parametri teksture

Rezultati instrumentalnog ispitivanja teksture dimljenog filea dobijenog od mesa kratko i dugo transportovanih brojlera, 1., 15. i 30. dana skladištenja, prikazani su u tabeli 5.19. Od parametara teksture, određeni su čvrstoća i Shear force (sila presecanja).

Tabela 5.19. Uticaj dužine transporta brojlera na instrumentalne parametre teksture dimljenog filea tokom skladištenja u vakuum pakovanju.

Parametri teksture	Dan skladištenja	(X± SD)		P vrednost		
		KT	DT	Transport	Skladištenje	Transport × Skladištenje
Čvrstoća (g)	1. dan	18,13±3,48aA	19,09±3,59aA	< 0,0001	0,0481	< 0,0001
	15. dan	21,64±6,12aB	18,98±3,30bA			
	30. dan	20,35±4,53aB	25,17±10,20bB			
Shear force (N)	1. dan	89,02±24,78aA	90,95±22,77aA	0,0001	0,7513	< 0,0001
	15. dan	112,9±47,93aB	82,93±17,44bA			
	30. dan	94,96±29,72aA	125,8±76,73bB			

a, b - Različita mala slova u istom redu ukazuju na značajnost razlika između kratkog i dugog transporta istog dana skladištenja (P<0,05); A, B - Različita velika slova u okviru iste kolone ukazuju na značajnost razlika u okviru iste grupe za različite dane skladištenja (P<0,05); KT- kratak transport, DT-dug transport.

Transport, skladištenje i interakcija ova dva faktora značajno su uticali na čvrstoću dimljenog filea (P<0,05), dok uticaj skladištenja na silu presecanja nije utvrđen (P>0,05) (Tabela 5.19).

Rezultati ove studije pokazuju da 1. dana skladištenja, statistički značajna razlika između uzoraka dimljenog filea dobijenog od mesa kratko transportovanih i dugo transportovanih brojlera u čvrstoći nije utvrđena (P>0,05), dok 15. dana skladištenja, maksimalna sila potrebna za kompresiju uzorka dimljenog filea kratko transportovanih brojlera, sa prosečnom vrednošću od 21,64±6,12 g, bila je značajno veća od prosečne vrednosti dimljenog mesa brojlera koji su imali dugi transport, a koja je iznosila 18,98±3,30 g (P<0,05). Nasuprot tome, 30. dana skladištenja, prosečna vrednost za čvrstoću od 25,17±10,20 g kod uzoraka dimljenog filea dugo transportovanih brojlera, bila je značajno veća (P<0,05) u odnosu na uzorke dimljenog mesa brojlera koji su imali kratak transport, a koja je iznosila 20,35±4,53 g. Tokom skladištenja dimljenog filea kratko transportovanih brojlera, utvrđena je statistički najniža vrednost (P<0,05) za čvrstoću 1. dana (18,13±3,48 g) u odnosu na 15. i 30. dan (21,64±6,12 g i 20,35±4,53 g, pojedinačno), dok je kod dugo transportovanih brojlera, ova vrednost bila niža 1. i 15. dana (19,09±3,59 g i 18,98±3,30 g, po) u odnosu na 30. dan skladištenja (25,17±10,20 g) (P<0,05).

Na početku skladištenja, statistički značajna razlika između uzoraka dimljenog filea, dobijenog od mesa kratko transportovanih i dugo transportovanih brojlera, u vrednosti sile presecanja, nije utvrđena (P>0,05), dok 15. dana, prosečna vrednost sile presecanja od 112,9±47,93 N, kod uzoraka dimljenog mesa kratko transportovanih brojlera, bila je značajno veća u odnosu na njenu prosečnu vrednost kod uzorka dimljenog filea brojlera sa dugim transportom, koja je iznosila 82,93±17,44 N (P<0,05). Na kraju perioda skladištenja, sila presecanja od 125,8±76,73 N bila je značajno veća kod uzoraka dimljenog filea dugo transportovanih brojlera u odnosu na utvrđenu vrednost u dimljenom mesu kratko transportovanih brojlera, koja je iznosila 94,96±29,72 N (P<0,05).

Tokom skladištenja dimljenih filea kratko transportovanih brojlera, 15. dana skladištenja utvrđena je značajno veća prosečna vrednost Shear force u odnosu na 1. i 30. dan eksperimenta (P<0,05). Sa druge strane, najveća vrednost sile presecanja (125,8±76,73 N) utvrđena je 30. dana skladištenja, u grupi dimljenih proizvoda od dugo transportovanih brojlera.

5.2.3.3. Kvantitativna deskriptivna analiza

Rezultati senzornog ispitivanja dimljenog filea (spoljašnji izgled, izgled i sastav preseka, boja i održivost boje, miris i ukus, tekstura i sočnost) dobijenog od mesa kratko i dugo transportovanih brojlera, praćeni tokom skladištenja (1., 15. i 30. dan), dobijeni primenom kvantitativne deskriptivne analize, prikazani su u tabeli 5.20.

Tabela 5.20. Uticaj dužine transporta brojlera na senzorna svojstva dimljenog filea tokom skladištenja u vakuum pakovanju.

Senzorna svojstva	Dan skladištenja	Senzorne ocene		P vrednost		
		KT	DT	Transport	Skladištenje	Transport × Skladištenje
Spoljašnji izgled	1. dan	4,9±0,2aA	4,9±0,2aA	< 0,0001	0,1802	< 0,0001
	15. dan	4,5±0,5aB	5,0±0,0bA			
	30. dan	4,6±0,2aAB	4,4±0,4bB			
Izgled i sastav preseka	1. dan	4,8±0,3aA	4,4±0,2bA	0,0084	0,0001	0,0183
	15. dan	4,7±0,4aA	3,8±0,6bB			
	30. dan	4,6±0,4aA	4,3±0,5bA			
Boja i održivost boje	1. dan	4,9±0,2aA	4,7±0,2bA	0,0001	0,0067	0,1606
	15. dan	4,7±0,4aAB	4,4±0,3bB			
	30. dan	4,5±0,4aB	4,4±0,2aB			
Miris i ukus	1. dan	4,9±0,2aA	4,5±0,2bAB	0,0078	0,1252	0,0052
	15. dan	4,7±0,4aAB	4,4±0,2bA			
	30. dan	4,5±0,5aB	4,6±0,2aB			
Tekstura i sočnost	1. dan	4,7±0,3aA	4,2±0,6bA	0,0002	0,0001	0,0077
	15. dan	4,4±0,3aB	3,7±0,5bB			
	30. dan	4,4±0,4aB	4,3±0,4aA			

a, b - Različita mala slova u istom redu ukazuju na značajnost razlika između kratkog i dugog transporta istog dana skladištenja ($P < 0,05$); A, B - Različita velika slova u okviru iste kolone ukazuju na značajnost razlika u okviru iste grupe za različite dane skladištenja ($P < 0,05$); KT- kratak transport, DT-dug transport.

Spoljašnji izgled

U tabeli 5.20. prikazano je da su transport brojlera i interakcija transporta i perioda skladištenja značajno uticali na spoljašnji izgled dimljenih pilećih filea ($P < 0,05$), dok period skladištenja nije ($P > 0,05$).

Na početku skladištenja, prosečna senzorna ocena za spoljašnji izgled dimljenog filea brojlera koji su podvrgnuti kratkom i dugom transportu je bila ista i iznosila je $4,9 \pm 0,2$. Nakon 15 i 30 dana skladištenja, između oceana za spoljašnji izgled, utvrđena je statistički značajna razlika ($P < 0,05$). Naime, 15. dana, prosečna senzorna ocena za spoljašnji izgled dimljenog filea brojlera koji su imali dugi transport ($5,0 \pm 0,0$) bila značajno veća u odnosu na uzorke proizvoda od mesa brojlera koji su imali kratak transport ($4,5 \pm 0,5$), dok je 30. dana skladištenja, utvrđena obrnuta situacija, pa je prosečna senzorna ocena za spoljašnji izgled dimljenog filea brojlera koji su imali kratak transport ($4,6 \pm 0,2$) bila značajno veća ($P < 0,05$) u odnosu na uzorke dimljenog filea brojlera koji su imali dugi transport ($4,4 \pm 0,4$).

Prosečna senzorna ocena za spoljašnji izgled 1. dana skladištenja dimljenog filea kratko transportovanih brojlera ($4,9 \pm 0,2$) je bila značajno veća od ocene utvrđene 15. dana ($4,5 \pm 0,5$) ($P < 0,05$) i bila je približna oceni nakon 30. dana skladištenja ($P > 0,05$). Sa druge strane, prosečne senzorne ocene za spoljašnji izgled dimljenog filea dugo transportovanih brojlera, bile su slične 1. ($4,9 \pm 0,2$) i 15. dana skladištenja ($5,00 \pm 0,0$), što je bilo značajno više u odnosu na 30. dan skladištenja ($4,4 \pm 0,4$) ($P < 0,05$).

Izgled i sastav preseka

U tabeli 5.20. pokazano je da su transport brojlera i period skladištenja proizvoda, kao i interakcija ova dva faktora, značajno uticali na prosečnu senzornu ocenu za izgled i sastav preseka dimljenog pilećeg filea ($P < 0,05$).

Prosečna senzorna ocena izgleda i sastava preseka dimljenog filea brojlera koji su imali kratak transport, 1. dana skladištenja, iznosila je $4,8 \pm 0,3$ i bila značajno veća u odnosu na prosečnu senzornu ocenu uzoraka dimljenog filea brojlera koji su imali dugi transport, koja je istog dana skladištenja iznosila $4,4 \pm 0,2$. Isto tako, 15. i 30. dana skladištenja dimljeno meso brojlera koji su imali kratak transport do klanice, imali su značajno veću prosečnu senzornu ocenu za izgled i sastav preseka ($4,7 \pm 0,4$ i $4,6 \pm 0,4$, pojedinačno) u odnosu na drugu analiziranu grupu ($3,8 \pm 0,6$ i $4,3 \pm 0,5$, pojedinačno) ($P < 0,05$).

Utvrđeno je da je prosečna senzorna ocena izgleda i sastava preseka dimljenog filea brojlera koji su imali kratak transport bila slična tokom celokupnog perioda skladištenja ($P > 0,05$), dok se kod uzoraka dimljenog filea dugo transportovanih životinja, razlikovala samo 15. dana ($P < 0,05$), kada je i utvrđena najniža ocena ($3,8 \pm 0,6$).

Boja i održivost boje

U tabeli 5.20. prikazano je da su transport brojlera i period skladištenja značajno uticali na prosečnu senzornu ocenu za boju i održivost boje dimljenog pilećeg filea ($P < 0,05$), dok interakcija ova dva faktora nije ($P > 0,05$).

Prosečna senzorna ocena za boju i održivost boje dimljenog filea brojlera koji su imali kratak transport, bila je bolja od ocene uzoraka dimljenog filea brojlera koji su podvrgnuti dugačkom transportu, 1. i 15. dana skladištenja ($P < 0,05$). Naime, ocene boje i održivosti boje dimljenog filea brojlera koji su podvrgnuti kratkom transportu 1. i 15. dana skladištenja su iznosile $4,9 \pm 0,2$ i $4,7 \pm 0,4$, dok su kod uzoraka dimljenog mesa dugo transportovanih životinja 1. i 15. dana skladištenja iznosile $4,7 \pm 0,2$ i $4,4 \pm 0,3$. Poslednjeg dana skladištenja, vrednosti su bile približne u obe ispitivane grupe ($P > 0,05$).

Nakon kratkog transporta brojlera, u uzorcima dimljenog filea, utvrđen je pad prosečne ocene boje i održivosti boje tokom skladištenja, ali statistički značajne razlike u oceni nisu utvrđene nakon 1. i 15., niti između 15. i 30. dana skladištenja ($P > 0,05$). Najveća vrednost je iznosila $4,9 \pm 0,2$ i utvrđena je 1. dana skladištenja. Tendencija pada prosečne senzorne ocene za boju i održivost boje tokom skladištenja, utvrđen je i kod dimljenog filea brojlera podvrgnutih dugom transportu, sa najvišom vrednošću 1. dana skladištenja ($4,7 \pm 0,2$) ($P < 0,05$).

Miris i ukus

Transport brojlera i interakcija transporta i perioda skladištenja značajno uticali na prosečnu senzornu ocenu za miris i ukus dimljenih pilećih filea ($P < 0,05$), dok period skladištenja nije ($P > 0,05$).

Prvog dana skladištenja, prosečna senzorna ocena za miris i ukus dimljenih filea brojlera koji su imali kratak transport, bila je $4,9 \pm 0,2$ i značajno je bila veća od prosečne senzorne ocene za miris i ukus dimljenog filea brojlera koji su imali dugi transport, koji je iznosio $4,5 \pm 0,2$ ($P < 0,05$). Takođe i nakon 15 dana skladištenja, prosečna senzorna ocena za miris i ukus dimljenog filea brojlera koji su imali kratak transport, koja je iznosila $4,7 \pm 0,4$, bila je značajno veća od prosečne senzorne ocene za miris i ukus dimljenog mesa brojlera koji su imali dugi transport, koja je iznosila $4,4 \pm 0,2$ ($P < 0,05$). Međutim, nakon 30 dana skladištenja, prosečna senzorna ocena za miris i ukus, između navedenih grupa je bila slična ($P < 0,05$).

Unutar grupe koja se odnosi na kratak transport, utvrđena je tendencija pada prosečne senzorne ocene za miris i ukus, ali 1. dana skladištenja, prosečna senzorna ocena ($4,9 \pm 0,2$), bila je značajno veća u odnosu na 30. dan skladištenja ($4,5 \pm 0,5$, $P < 0,05$), dok između 1. i 15. dana, kao i 15. i 30. dana skladištenja, statistički značajna razlika nije utvrđena ($P > 0,05$).

Kod dugo transportovanih brojlera, najbolja prosečna ocena dimljenog filea je utvrđena nakon 30 dana skladištenja ($4,6 \pm 0,2$), ali se nije statistički značajno razlikovala od ocene utvrđene 30. dana ($4,5 \pm 0,2$) ($P < 0,05$).

Tekstura i sočnost

U tabeli 5.20. prikazano je da su transport brojlera i period skladištenja, kao i interakcija ova dva faktora, značajno uticali na prosečnu senzornu ocenu za teksturu i sočnost dimljenog pilećeg filea ($P < 0,05$).

Nakon 1 i 15 dana skladištenja, prosečne senzorne ocene za teksturu i sočnost uzoraka dimljenog filea kratko transportovanih brojlera, bile su značajno veće ($4,7 \pm 0,3$ i $4,4 \pm 0,3$, pojedinačno) u odnosu na grupu sa dugim transportom ($4,2 \pm 0,6$ i $3,7 \pm 0,5$, pojedinačno) ($P < 0,05$), što nije bio slučaj 30. dana ($P > 0,05$).

Kod kratko transportovanih brojlera, najbolja prosečna ocena za teksturu i sočnost je utvrđena na početku skladištenja ($4,7 \pm 0,3$), dok je kod brojlera podvrgnutih dugom transportu, najbolja ocena za teksturu i sočnost utvrđena u dimljenom fileu 1. i 30. dana skladištenja ($4,2 \pm 0,6$ i $4,3 \pm 0,4$, pojedinačno).

5.2.4. Mikrobiološka ispitivanja

U cilju ispitivanja dinamike razvoja i sastava mikroflore dimljenih filea dobijenih od brojlera podvrgnutih kratkom i dugačkom transportu, sprovedena su mikrobiološka ispitivanja, koja su obuhvatila ispitivanje broja sledećih mikroorganizama: BMK, enterobakterije, mikrokoke, UB mezofili, UB psihrofili. Ispitivano je i prisustvo *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes* i klostridija, tokom skladištenja.

5.2.4.1. Bakterije mlečne kiseline

Broj BMK dimljenog filea, dobijenog od brojlera podvrgnutih kratkom i dugom transportu, tokom skladištenja 1., 15. i 30. dana, prikazan je u tabeli 5.21.

U tabeli 5.21. prikazano je da su period skladištenja i interakcija transporta i skladištenja značajno uticali na broj BMK u dimljenom pilećem fileu ($P < 0,05$), za razliku od transporta ($P > 0,05$).

Na početku skladištenja, broj BMK u dimljenom fileu kratko transportovanih i dugo transportovanih brojlera, bio je ispod granice detekcije ($< 1,00 \log \text{ cfu/g}$).

Statistički značajna razlika u broju BMK, nije uočena između grupe kratko transportovanih i dugo transportovanih brojlera, kako 15., tako ni 30. dana skladištenja.

Tridesetog dana skladištenja dimljenih filea kratko transportovanih brojlera, utvrđeno je da je broj bakterija ($3,91 \pm 1,58 \log \text{ CFU/g}$), značajno viši u odnosu na 1. ($< 1,00 \log \text{ CFU/g}$) i 15. dan ($1,78 \pm 0,65 \log \text{ CFU/g}$), dok kod dugo transportovanih brojlera statistički značajna razlika nije utvrđena 15. i 30. dana skladištenja ($P > 0,05$).

Tabela 5.21. Uticaj dužine transporta brojlera na broj BMK dimljenog filea tokom skladištenja u vakuum pakovanju.

Dan skladištenja	BMK (log cfu/g)		P vrednost		
	KT	DT	Transport	Skladištenje	Transport × Skladištenje
1. dan	<1	<1	0,160	0,0011	< 0,0001
15. dan	1,78±0,65aA	1,77±1,00aA			
30. dan	3,91±1,58aBa	2,69±1,96aA			

a, b - Različita mala slova u istom redu ukazuju na značajnost razlika između kratkog i dugog transporta istog dana skladištenja ($P < 0,05$); A, B - Različita velika slova u okviru iste kolone ukazuju na značajnost razlika u okviru iste grupe za različite dane skladištenja ($P < 0,05$); KT- kratak transport, DT-dug transport.

5.2.4.2. Mikrokoke

Broj mikrokoke dimljenog filea, dobijenog od brojlera podvrgnutih kratkom i dugom transportu, tokom skladištenja 1., 15. i 30. dana, prikazan je u tabeli 5.22.

Tabela 5.22. Uticaj dužine transporta brojlera na broj mikrokoke dimljenog filea tokom skladištenja u vakuum pakovanju.

Dan skladištenja	Mikrokoke (log cfu/g)		P vrednost		
	KT	DT	Transport	Skladištenje	Transport × Skladištenje
1. dan	2,96±0,34aA	1,54±0,48bA	0,0125	0,1217	0,0012
15. dan	1,38±0,40aB	1,61±0,42aA			
30. dan	1,75±0,73aB	2,03±0,88aA			

a, b - Različita mala slova u istom redu ukazuju na značajnost razlika između kratkog i dugog transporta istog dana skladištenja ($P < 0,05$); A, B - Različita velika slova u okviru iste kolone ukazuju na značajnost razlika u okviru iste grupe za različite dane skladištenja ($P < 0,05$); KT- kratak transport, DT-dug transport.

U tabeli 5.22. prikazano je da su transport i interakcija transporta i perioda skladištenja značajno uticali na broj mikrokoka dimljenog filea ($P < 0,05$), za razliku od perioda skladištenja ($P > 0,05$). Statistički značajna razlika ($P < 0,05$) u broju bakterija u dimljenom fileu brojlera kratko transportovanih i dugo transportovanih je jedino uočena na početku skladištenja, gde je značajno veći broj bakterija ($2,96 \pm 0,34$ log CFU/g) utvrđen u dimljenom mesu dobijenom od brojlera koji su imali kratak transport u odnosu na grupu sa dugim transportom ($1,54 \pm 0,48$ log CFU/g). Na početku skladištenja, takođe je utvrđen značajno veći broj bakterija u odnosu na 15. ($1,38 \pm 0,40$ log CFU/g) i 30. ($1,75 \pm 0,73$ log CFU/g) dan skladištenja dimljenog filea kratko transportovanih brojlera ($P < 0,05$), dok kod dugo transportovanih brojlera nije bilo statistički značajne razlike u broju bakterija tokom skladištenja ($P > 0,05$).

5.2.4.3. Enterobakterije

Broj enterobakterija dimljenog filea, dobijenog od mesa brojlera podvrgnutih kratkom i dugačkom transportu, tokom skladištenja 1., 15. i 30. dana, prikazan je u tabeli 5.23.

Tabela 5.23. Uticaj dužine transporta brojlera na broj enterobakterija dimljenog filea tokom skladištenja u vakuum pakovanju.

Dan skladištenja	Enterobakterije (log cfu/g)		P vrednost		
	KT	DT	Transport	Skladištenje	Transport × Skladištenje
1. dan	$3,20 \pm 0,34$	<1	/	/	/
15. dan	<1	<1			
30. dan	<1	<1			

a, b - Različita mala slova u istom redu ukazuju na značajnost razlika između kratkog i dugog transporta istog dana skladištenja ($P < 0,05$); A, B - Različita velika slova u okviru iste kolone ukazuju na značajnost razlika u okviru iste grupe za različite dane skladištenja ($P < 0,05$); KT- kratak transport, DT-dug transport.

Enterobakterije su detektovane jedino prvog dana skladištenja kod dimljenih filea kratko transportovanih brojlera ($3,20 \pm 0,34$ log CFU/g).

5.2.4.4. Ukupan broj mezofila

UB mezofila dimljenog filea dobijenog od mesa brojlera podvrgnutih kratkom i dugačkom transportu, tokom skladištenja 1., 15. i 30. dana, prikazan je u tabeli 5.24.

U tabeli 5.24. pokazano je da su transport i period skladištenja, kao i interakcija ova dva faktora, značajno uticali na ukupan broj mezofilnih bakterija dimljenih filea ($P < 0,05$).

Na početku skladištenja, značajno veći broj bakterija ($P < 0,05$) je utvrđen u dimljenom fileu brojlera koji su imali kratak transport u odnosu na grupu s dugim transportom ($3,25 \pm 0,24$ i $2,10 \pm 0,24$), dok je obrnuta situacija utvrđena 15. i 30. dana skladištenja, gde je veći broj bakterija ($P < 0,05$) bio u dimljenom mesu brojlera koji su duže transportovani do klanice ($2,86 \pm 0,91$ i $4,62 \pm 0,46$ log CFU/g, pojedinačno). Tokom skladištenja kratko transportovanih brojlera, 15. dana skladištenja je utvrđen značajno niži broj bakterija u odnosu na 1. i 30. dan eksperimenta ($P < 0,05$). S druge strane, kontinuiran rast u broju mezofilnih bakterija tokom skladištenja, sa statistički

najvišom vrednošću 30. dana ($4,62 \pm 0,46$ log CFU/g, $P < 0,05$) bio je kod dimljenih filea nakon dugog transporta brojlera.

Tabela 5.24. Uticaj dužine transporta brojlera na UB mezofila dimljenog filea tokom skladištenja u vakuum pakovanju.

Dan skladištenja	UB mezofila (log cfu/g)		P vrednost		
	KT	DT	Transport	Skladištenje	Transport × Skladištenje
1. dan	$3,25 \pm 0,24$ aA	$2,10 \pm 0,24$ bA	$< 0,0001$	0,0064	$< 0,0001$
15. dan	$1,23 \pm 0,35$ aB	$2,86 \pm 0,91$ bA			
30. dan	$2,96 \pm 1,40$ aA	$4,62 \pm 0,46$ bB			

a, b - Različita mala slova u istom redu ukazuju na značajnost razlika između kratkog i dugog transporta istog dana skladištenja ($P < 0,05$); A, B - Različita velika slova u okviru iste kolone ukazuju na značajnost razlika u okviru iste grupe za različite dane skladištenja ($P < 0,05$); KT- kratak transport, DT-dug transport.

5.2.4.5. Ukupan broj psihrofila

UB psihrofila dimljenog filea dobijenog od mesa brojlera podvrgnutih kratkom i dugačkom transportu, tokom skladištenja 1., 15. i 30. dana, prikazan je u tabeli 5.25.

Tabela 5.25. Uticaj dužine transporta brojlera na UB psihrofila dimljenog filea tokom skladištenja u vakuum pakovanju.

Dan skladištenja	UB Psihrofila (log cfu/g)		P vrednost		
	KT	DT	Transport	Skladištenje	Transport × Skladištenje
1. dan	$1,61 \pm 0,53$ aA	$4,16 \pm 0,26$ bA	$< 0,0001$	$< 0,0001$	$< 0,0001$
15. dan	< 1	$1,00 \pm 0,00$ aB			
30. dan	< 1	$4,18 \pm 1,25$ bA			

a, b - Različita mala slova u istom redu ukazuju na značajnost razlika između kratkog i dugog transporta istog dana skladištenja ($P < 0,05$); A, B - Različita velika slova u okviru iste kolone ukazuju na značajnost razlika u okviru iste grupe za različite dane skladištenja ($P < 0,05$); KT- kratak transport, DT-dug transport.

U tabeli 5.25. je prikazano da su transport, period skladištenja, kao i interakcija ova dva faktora značajno uticali na ukupan broj psihrofilnih bakterija dimljenog pilećeg filea ($P < 0,05$).

Prvog dana skladištenja, utvrđen je značajno veći ($P < 0,05$) broj bakterija u dimljenom fileu brojlera koji su imali dugi transport ($4,16 \pm 0,26$ log CFU/g) u odnosu na grupu sa kratkim transportom ($1,61 \pm 0,53$ log CFU/g). Nekonzištenost rezultata utvrđena je tokom skladištenja dimljenih filea dugo transportovanih brojlera, gde je 15. dana skladištenja uočen značajno niži ($P < 0,05$) broj bakterija ($1,00 \pm 0,00$ log CFU/g) u odnosu na 1. i 30. dan eksperimenta ($4,16 \pm 0,26$ i $4,18 \pm 1,25$ log CFU/g, pojedinačno). Broj psihrofilnih bakterija u dimljenom mesu kratko transportovanih brojlera 15. i 30. dana skladištenja bio je ispod granice detekcije ($< 1,00$ log cfu/g).

6. DISKUSIJA

6.1. Parametri kvaliteta svežeg pilećeg mesa

6.1.1. Fizičko-hemijski parametri

6.1.1.1. pH vrednost

Stres izazvan transportom menja psihološko stanje i metabolizam životinja, što može dovesti do neželjenih promena u kvalitetu mesa (Zhang i sar., 2009). Pad pH vrednosti *post mortem* jedan je od najvažnijih faktora koji utiču na attribute kvaliteta mesa, zbog njegovog uticaja na boju mesa, SVV, teksturu i rast mikroorganizama (Sujiwo i sar., 2018). Tokom razvoja *rigor mortis*-a, supstrati poput glikogena i glukoze se pretvaraju u laktat, koji se akumulira i zakiseljava meso. Brzina pada pH vrednosti tokom postmortalnog perioda zavisi od aktivnosti glikolitičkih enzima pri klanju, dok obim pada pH vrednosti zavisi od rezervi mišićnog glikogena (Zheng i sar., 2020; Hussnain i sar., 2020). U ovom istraživanju, na pH60min, pH24h i pH4dan nisu uticali dužina transporta, vreme skladištenja ili njihova interakcija (Tabela 5.1.). Utvrđene vrednosti pH60min kretale su se od 5,93 (DT) do 6,13 (KT), vrednosti uobičajene za meso grudi brojlera, koje se obično nalaze u rasponu od 5,8 do 6,3 (Liu i sar., 2004; Lesiow i sar. 2009; Sampaio i sar., 2012). Međutim, pH60min je bio značajno viši ($P < 0,05$) u uzorcima iz KT grupe nego pH60min iz DT grupe. Kraći transport može biti stresniji za živinu, jer životinje nemaju dovoljno vremena da se adaptiraju na novonastalu situaciju (smeštanje u kaveze i utovar, transport i dr.) i oporave od stresa (Vosmerova i sar., 2010). Kratkoročni, iznenadni stres neposredno pre klanja, mogao je ubrzati glikolizu i iscrpljivanje zaliha glikogena *pre mortem*, što je dovelo do viših vrednosti pH60min u mišićima nakon klanja. Tokom skladištenja, pH vrednosti su takođe bile u opsegu uobičajenom za meso grudi brojlera, ali su primećene suprotne promene između KT i DT grupe 4. dana. Naime, uzorci iz KT grupe pokazali su smanjenje, a uzorci iz DT grupe povećanje pH vrednosti. Kako je glikoliza završena na početku skladištenja, dalje smanjenje pH vrednosti u KT grupi može se pripisati aktivnosti BMK (Augustyńska-Prejsnar i sar., 2023), čiji je broj bio značajno povišen 4. dana skladištenja (Tabela 5.8.). Upravo suprotno, povećanje pH vrednosti tokom skladištenja DT uzoraka, može biti posledica aktivnosti tkivnih enzima kao i proteolitičkih mikroorganizama, koji dovode do akumulacije alkalnih jedinjenja (Augustyńska-Prejsnar i sar., 2023). Veći broj *Enterobacteriaceae*, mezofilnih i psihrofilnih bakterija, utvrđen u DT grupi na početku skladištenja (Tabele 5.10., 5.11. i 5.12.), takođe bi mogao objasniti povećanje pH vrednosti u ovoj grupi. Dodatno, meso grudi brojlera sa nižim početnim pH vrednostima, kao što je bio slučaj u DT grupi, pokazuje intenzivniju aktivnost tkivnih proteolitičkih enzima, koja takođe dovodi do povećanja pH vrednosti (Li i sar., 2012).

6.1.1.2. Sposobnost vezivanja vode

Važan atribut kvaliteta mesa je SVV, jer utiče na prinos i kvalitet svežih i prerađenih proizvoda od mesa. Postmortalne promene, uključujući brzinu i opseg pada pH vrednosti, kao i proteolizu, značajno utiču na SVV (Huff-Lonergan i Lonergan, 2005). Brz pad pH vrednosti, zajedno sa visokom temperaturom mišića u ranom postmortalnom periodu, uzrokuje denaturaciju mišićnih proteina (Huff-Lonergan i Lonergan, 2005), što dovodi do smanjenja hidrofилnosti proteina i posledično, smanjenja SVV mesa (Fu i sar., 2022). Shodno tome, uzorci iz DT grupe u našoj

studiji, pokazali su značajno nižu SVV prvog dana skladištenja od KT grupe (Tabela 5.2.), s obzirom da je niža pH vrednost utvrđena u DT grupi na početku skladištenja. Yue i sar. (2010) su kod dugo transportovanih (3h) brojlera takođe utvrdili manju SVV u odnosu na kratko transportovane (45 min). Do kraja skladištenja, SVV se značajno povećala samo u DT grupi, što se može pripisati povećanju pH vrednosti u ovoj grupi, što je već opisano u prethodnom delu. Ovakvi rezultati su u skladu sa nalazima Zhang i sar. (2009), koji navode da je povećanje pH vrednosti mesa grudi brojlera povezano sa povećanjem SVV. Huff-Lonergan i Lonergan, (2005) su opisali da je povećanje pH vrednosti, kao rezultat proteolize, povezano sa mobilizacijom vode u mesu.

6.1.2. Hemijski parametri

6.1.2.1. Hemijski sastav

Podaci o osnovnom hemijskom sastavu mesa i proizvoda od mesa predstavljaju važnu informaciju za potrošače i proizvođače o njihovom kvalitetu. Hemijski sastav mesa određuje njegovu nutritivnu vrednost, koja zavisi od sadržaja i sastava masti i njihove otpornosti na oksidativne promene, sadržaja proteina, minerala i vitamina. Veći broj međusobno zavisnih faktora utiče na hemijski sastav mesa brojlera, koji uključuju, pored genotipa, i način gajenja životinja i ishranu, postupanje sa životinjama pre klanja, operacije klanja životinja, hlađenje i skladištenje mesa (Dalmau i sar., 2009).

Dobijeni rezultati koji se odnose na hemijski sastav (Tabela 5.3.), potvrđuju da belo meso brojlera karakteriše visok sadržaj proteina ($21,98 \pm 1,48\%$ - $22,82 \pm 0,07\%$) i vode ($74,43 \pm 1,77\%$ - $76,04 \pm 0,28\%$), kao i nizak sadržaj masti ($0,27 \pm 0,11\%$ - $0,68 \pm 0,43\%$) i pepela ($1,07 \pm 0,02\%$ - $1,21 \pm 0,38\%$). Bez obzira što je u našem ispitivanju, kod dugo transportovanih brojlera, utvrđen veći sadržaj vode na početku skladištenja i manji sadržaj pepela u odnosu na kratko transportovane, svi dobijeni rezultati se mogu svrstati u uobičajene vrednosti za meso grudi brojlera. Slične rezultate našima, a koji se odnose na hemijski sastav grudi brojlera su dobili i Van Heerden i sar. (2002), koji su za proteine iznosili 23,29%, za vodu 74,01%, masti 2,91%, i za pepeo 1,11%; zatim Ristić i sar. (2007) koji su utvrdili 23,6% proteina, 74,9% vode, 0,6% masti i 1,2% pepela, i Lonergan i sar. (2003), koji su dobili sledeće vrednosti za proteine 24,02%, vodu 73,42% i za masti 1,08%.

6.1.2.2. Oksidativne promene

Pojačani procesi oksidacije lipida u mesu doprinose pogoršanju kvaliteta mesa, pa se oksidacija lipida može koristiti kao još jedan indikator pogoršanja kvaliteta pilećeg mesa (Sujiwo i sar., 2018). Na oksidaciju lipida u mesu utiču mnogi faktori, kao što su sadržaj i vrste kiseonika, toplota i svetlost, katalizatori, nezasićene masne kiseline, fosfolipidi, procesi koji uništavaju mišićne membrane, pH vrednost i uslovi pre klanja, uključujući transport, koji može izazvati stres kod brojlera i posledično osloboditi reaktivne vrste kiseonika i dovesti do pojačane lipidne peroksidacije (Cheng, 2016).

MDA je proizvod koji se formira tokom lipidne peroksidacije i indirektno odražava stepen oštećenja ćelija i tkiva. Fizička aktivnost može da poremeti strukturni integritet ćelijske membrane i ošteti mišićno tkivo, čime je katalizatorima (kiseonik, mioglobin) omogućen lak pristup lipidnim supstratima (Min i Ahn, 2005). Imajući ovo u vidu, očekuje se da će oštećenje ćelija i količina

MDA biti veći ukoliko je transport, a samim tim i fizička aktivnost, duži, što je bio slučaj i u našem ispitivanju, gde je utvrđen značajno veći sadržaj MDA nakon dugačkog, u odnosu na kraći transport prvog dana skladištenja (Tabela 5.4.). Dodatno, mioglobin (Mb) kao prooksidant, može da reaguje sa vodonik-peroksidom (H_2O_2) ili lipidnim hidroperoksidima (LOOH), pri čemu nastaje ferimioglobin, koji je pokretač lančane reakcije slobodnih radikala. Mb je i izvor slobodnog jonskog gvožđa i hematina, koji mogu da katalizuju oksidaciju lipida u mesu, dovodeći do stvaranja MDA (Min i sar., 2009). Naši nalazi su u skladu sa nalazima Zhang i sar. (2017), koji su utvrdili da se sadržaj MDA u mišićima povećava kod brojlera rase Cobb sa povećanjem dužine transporta (do 3 sata), kao i sa nalazima Zheng i sar. (2020), koji ukazuju da je sadržaj MDA znatno povećan u mesu grudī brojlera nakon dužeg transporta. Tokom skladištenja, u našem ispitivanju, TBARS vrednost se značajno povećala u KT grupi, a u DT grupi smanjila. Takođe, interakcija transporta i perioda skladištenja značajno je uticala na TBARS vrednosti svežeg mesa ($P < 0,05$). Abdullah i sar. (2017) su istakli da vakuum pakovanje ne sprečava oksidaciju, što ukazuje da je veća verovatnoća da su oksidativni procesi povezani sa dužinom skladištenja, nego sa atmosferom pakovanja. Sa druge strane, neke studije (Przysięzna, 2005) ukazuju na smanjenje TBARS vrednosti tokom skladištenja. Dobijene TBARS vrednosti u našem eksperimentu bile su u skladu sa onima koje su izvestili Sujiwo i sar. (2018), 1. dana i 5. dana skladištenja pri 4 °C (0,01 mg MDA/kg, 0,04 mg MDA/kg), i bile su niže od onih koje su izvestili Kruk i sar. (2011) (0,28 mg MDA/kg, 1. dana i 0,47 mg MDA/kg, 7. dana skladištenja). Vrednosti TBARS-a prikazane u ovoj studiji ukazuju na to da je meso prihvatljivo za potrošače 4. dana skladištenja, jer su Chandra Mohan i sar. (2017) izvestili da neiskusni potrošači mogu da otkriju neprijatne mirise i ukuse pri vrednostima TBARS-a u rasponu od 0,6 do 2,0 mg MDA/kg, a O'Neill i sar. (1998) su izvestili da vrednosti TBARS-a $\geq 0,8$ mg MDA/kg ukazuju na primetnu užeglost. Takođe, Brewer i sar. (1992) su utvrdili da su vrednosti TBARS-a ispod 0,2 mg MDA/kg prihvatljive za potrošače i da ukazuju na sveže meso.

Pri određivanju svežine mesa, trebalo bi da se uzmu u obzir vrednost TBARS-a zajedno sa drugim osobinama, kao što su ukupan broj mikroorganizama i senzorna ocena (Sujiwo i sar., 2018).

6.1.2.3. Biogeni amini

U svežem mesu, prisustvo BA zavisi od različitih faktora, kao što su poreklo mesa, specifična mikrobiota, uslovi skladištenja i rok trajanja (Schirone i sar., 2022). Stoga, neadekvatna higijena i uslovi skladištenja mogu dovesti do povećanja njihove učestalosti. Konzumiranje mesa sa visokim sadržajem BA može dovesti do pojave glavobolja (TYR), alergijskih reakcija praćenih neurološkim i gastrointestinalnim simptomima (HIS), vazokonstriktornog efekta (TYR, TRP i 2-PHE), poremećaja krvnog pritiska i disanja (TYR, HIS), osipa, kancerogenog efekta (PUT i CAD) i dr. (Suvajdžić i sar. 2020; Liu i sar., 2024). Formiraju se dekarboksilacijom aminokiselina kao posledica aktivnosti mikroorganizama, reduktivnom aminacijom i transaminacijom aldehida i ketona, i aktivnošću telesnih tkiva (Liu i sar., 2024). Biogeni amini kao što su PUT, CAD, HIS i TYR, prirodno se nalaze u veoma niskim nivoima u sirovom mesu, a njihovo formiranje je povezano sa bakterijskim kvarom (Chmiel i sar., 2022).

U našem ispitivanju, BA nisu detektovani u uzorcima svežeg mesa brojlera koji su podvrgnuti kratkom transportu (Tabela 5.5.). Silva i Gloria (2002) nisu utvrdili PUT, CAD i HIS u sirovim pilećim fileima tokom 10 dana skladištenja pri temperaturi od 4 °C, što je u skladu sa našim rezultatima u KT grupi i na početku perioda skladištenja u DT grupi. Balamatsia i sar. (2006) su utvrdili da je formiranje HIS primećeno samo kada su *Enterobacteriaceae* dostigle populaciju od

oko 7 log cfu/g nakon 11 dana skladištenja mesa. U našem ispitivanju, njihov maksimalan broj iznosio je 4,04 log cfu/g (Tabela 5.9). Odsustvo PHE i TRP sugerise da mikrobiota prisutna u svežem mesu brojlera koji su kratko transportovani, pokazuje manji kapacitet dekarboksilacije fenilalanina i triptofana (Triki i sar., 2018). Bez obzira što je na početku skladištenja DT grupe utvrđen rast svih ispitivanih MO, BA u tom periodu nisu detektovani. Primećeno je kašnjenje u formiranju BA u odnosu na povećanje broja mikroorganizama. Takvo kašnjenje su takođe prijavili i drugi autori (Triki i sar., 2018). Odsustvo BA u KT grupi u našem ispitivanju, koje ukazuje na dobar kvalitet svežeg mesa, moglo bi biti posledica i njihove enzimske razgradnje od strane mikroorganizama koji proizvode amin oksidazu, kao što su mikrokoke (Zeng i sar., 2021), koje su detektovane u većem broju u KT uzorcima (Tabela 5.9.).

Sa druge strane, u uzorcima svežeg mesa brojlera koji su podvrgnuti dugačkom transportu, detektovane su povećane količine PUT, CAD i TYR 4. dana skladištenja.

Poznato je da stresori iz okoline, poput manipulacije živinom, uključujući transport, mogu dovesti do promena u mišićima, gde trošenje energije može uticati na osobine mesa (Lazaro i sar., 2019). Kao što je ranije pomenuto, pileći file sa nižim početnim pH vrednostima, što je bio slučaj u DT grupi (Tabela 5.1.), pokazuje intenzivniju aktivnost proteolitičkih enzima tkiva, što je moglo da doprinese stvaranju slobodnih amino kiselina i posledično, BA tokom skladištenja (Li i sar., 2012). Dodatno, utvrđena niža početna pH vrednost mogla je da stimuliše aktivnost bakterija koje stvaraju dekarboksilazu, kao zaštitni mehanizam od kisele sredine (Gardini i sar., 2016). Cruz-Monterrosas i sar. (2017) sugerisali su da oštećena područja mesa podstiču njegovo brzo razlaganje i rast bakterija. Prema studiji Kranen i sar. (2000), povrede se češće javljaju tokom dužeg transporta usled udaraca zbog vozila u pokretu, istezanja mišića usled održavanja ravnoteže tokom vožnje, pregrevanja i dr., pa je i u tom smislu duži transport mogao da doprinese pojavi određenih BA u našem ispitivanju.

Tokom skladištenja mesa, dešavaju se mnoge fizičko-hemijske promene, koje utiču i na sadržaj biološki aktivnih supstanci, uključujući BA (Wójcik i sar., 2022).

U našem ispitivanju, povišen nivo PUT 42,17 (30,25-74,87) mg/kg je utvrđen 4. dana skladištenja u DT grupi. Povećanje koncentracije PUT je primećeno i u ispitivanjima koja opisuju drugi autori tokom skladištenja (od 3. dana) pilećeg mesa bez obzira na pakovanje (AP, Hi-O₂-MAP, vakuum pakovanje) i uslove skladištenja (Barbieri i sar., 2019; Chmiel i sar., 2022). PUT se može akumulirati jednostepenom dekarboksilacijom pomoću ornitin dekarboksilaze, uobičajene kod gram-negativnih bakterija (kao što su *Enterbacteriaceae* i *Pseudomonas* spp.) ili BMK, koje su bile povišene u DT grupi u našem ispitivanju (Tabela 5.8.).

U istraživanju Chmiel i sar. (2022), sadržaj CAD od 117,14 mg/kg utvrđen je poslednjeg dana skladištenja (9. dan) u vakuum pakovanju, dok je u našem ispitivanju sadržaj ovog diamina na kraju skladištenja bio 114 (47,68-148,7) mg/kg. Balamatsia i sar. (2006) pokazali su takođe linearno povećanje nivoa CAD sa vremenom skladištenja od 19,8 do 252,8 mg/kg u pilećem mesu skladištenom pri 4 °C tokom 17 dana, gde je vrednost od 43,1 mg/kg utvrđena tek 8. dana. Brojne enterobakterije, BMK i druge gram-pozitivne i gram-negativne bakterije su putem dekarboksilacije lizina, najzastupljenije amino kiseline u mišićima pilećih grudí, uključene u stvaranje CAD (Chmiel i sar., 2022; Alfaig i sar., 2014). Povećanje koncentracije CAD i njegovo praćenje u cilju procene kvaliteta sirovog pilećeg mesa opisali su Wojnowski i sar. (2019).

PUT i CAD nam ukazuju na neželjenu mikrobnu aktivnost i identifikovani su kao toksični BA, jer favorizuju crevnu apsorpciju HIS i TYR i doprinose smanjenju njihove prirodne razgradnje, povećavajući njihovu toksičnost (Triki i sar., 2018). EFSA izveštaj ukazuje da su podaci koji se odnose na preporučene limite nedovoljni. Mnogi istraživači su preporučili korišćenje zbiru CAD i

PUT za procenu kvara mesa, nezavisno od životinjske vrste od koje meso potiče (Schirone i sar., 2022).

Sadržaj TYR počinje da se povećava nakon nekoliko dana skladištenja, osim ako početni broj MO nije veliki (Schirone i sar., 2022). TYR se uglavnom povezuje sa povećanim brojem BMK (Kim i sar., 2005; Silva i Gloria, 2002), čiji je broj u našem ispitivanju bio najveći 4. dana skladištenja DT grupe uzoraka (Tabela 5.8.). Rokka i sar. (2004) izvestili su o visokim vrednostima TYR (130 mg/kg) za pileće meso nakon 12 dana skladištenja. Autori su takve rezultate pripisali visokom broju TPC (6-7 log cfu/g). U našem istraživanju, na početku skladištenja nije utvrđeno prisustvo TYR, dok je njegov sadržaj 4. dana skladištenja iznosio 37,11 (18,78-71,74) mg/kg, pri čemu je broj TCP i TCM u našem ispitivanju bio nešto niži (4,79±0,38 log cfu/g i 6,04±0,40 log cfu/g). Slično našim rezultatima, u istraživanju Rokka i sar. (2018), TYR nije detektovan u pilećem fileu na početku, dok je na kraju perioda skladištenja (10. dan) iznosio 35,16 mg/kg.

Utvrđeni nivoi BA u našem istraživanju su veoma niski, ukoliko se posmatraju toksikološki limiti za TYR koji iznosi 800 mg/kg (Brink i sar., 1990), ili koje preporučuje EFSA (100 mg/kg). Prema izveštaju EFSA, preporučuje se da dnevni unos HIS bude ispod 50 mg/kg za zdrave ljude, dok nivo iznad 200 mg/kg pokazuje toksične efekte. Toksične efekte pokazuje i PHE u koncentracijama iznad 30 mg/kg (Feddern i sar., 2019). Kao što je ranije naglašeno, u našem ispitivanju, HIS i PHE nisu detektovani u uzorcima sirovog mesa.

Rezultati istraživanja ukazuju na to da je praćenje stvaranja slobodnih amino kiselina, BA, kao i rasta mikroorganizama u sirovom mesu, od velikog značaja za razumevanje i kontrolu procesa u sirovom mesu, kao faktora od značaja za kvalitet proizvoda od mesa. Ovaj pristup bi mogao da doprinese unapređenju bezbednosti i kvaliteta mesa, bilo da se koristi za izradu proizvoda od mesa ili tokom skladištenja mesa namenjenog za kulinarsku obradu.

6.1.3. Senzorna analiza

6.1.3.1. Instrumentalni parametri boje

Boja se smatra najvažnijim senzornim atributom koji utiče na prihvatljivost ili odbijanje mesa od strane potrošača, kao i korisnim alatom za procenu kvaliteta mesa namenjenog za dalju preradu. Faktori koji utiču na boju, kao što su količina i distribucija različitih vrsta Mb, zajedno sa unutrašnjom refleksijom, blisko su povezani sa proizvodima stresa izazvanog transportom. Ti proizvodi (kao što su reaktivne vrste kiseonika i mlečna kiselina) mogu oštetiti membrane mišićnih ćelija, što dovodi do infiltracije Mb u krv i povećanja L* vrednosti (Fu i sar., 2022). U našem ispitivanju, na vrednosti L*, a* i b*, interakcija dužine transporta i skladištenja je bila statistički značajna (Tabela 5.6.).

Prvog dana skladištenja, uzorci iz DT grupe pokazali su značajno veću L* vrednost ($P < 0,05$), u odnosu na uzorke iz KT grupe. Veća L* vrednost u DT grupi može se pripisati većem odbijanju svetlosti od vlažne površine mesa zbog niže vrednosti SVV i pH. Hussnain i sar. (2020) takođe opisuju da krajnja pH vrednost niža od 6,0 dovodi do svetlije boje mesa zbog povećanog rasejanja svetlosti od površine mesa. Fu i sar. (2022) su takođe utvrdili da se L* vrednost značajno povećava sa dužinom transporta. Tokom skladištenja, vrednosti L* su se povećale u obe eksperimentalne grupe. Takvo povećanje je izazvalo sumnju na pojavu BMV mesa, jer podaci iz literature ukazuju da L* vrednost koja je veća od 50 ukazuje na pojavu ove mane kvaliteta mesa (Fu i sar., 2022). Uprkos tome, drugi važan indikator pojave BMV mesa, kao što je pH vrednost, koja je bila u uobičajenom opsegu u obe grupe (Liu i sar., 2004; Lesiow i sar. 2009; Sampaio i sar., 2012), još

uvek nije ukazivala na ovaj nepoželjan problem sa kvalitetom. Pored toga, Boulianne i King (1995) su izvestili da je L* vrednost za BMV meso grudi brojlera bila 59,2, a za normalno meso 52,3 u proseku.

Što se tiče vrednosti a* i b* prvog dana skladištenja, nije bilo značajnih razlika između KT i DT grupe, a takvi rezultati su u skladu sa nalazima Debut i sar. (2003), koji nisu registrovali razlike u boji grudi mesa između transportovanih i netransportovanih brojlera. U poređenju sa nalazima Boulianne i King (1995), koji su izvestili da je kod normalnih pilećih grudi a* vrednost u proseku 3,2, a vrednost b* 8,4, rezultati u našoj studiji bili su znatno niži za udeo crvene i slični za udeo žute boje. Tokom skladištenja, vrednost a* se značajno povećala, a vrednost b* smanjila kod uzoraka iz DT grupe, dok su ove vrednosti u KT grupi ostale nepromenjene. Na a* vrednost mesa obično utiče stanje i struktura pigmenta, ali i varijacija količine vlage na površini mesa može dovesti do razblaživanja ili koncentrisanja pigmenta na površini, što uzrokuje smanjenje ili intenziviranje crvene boje tokom skladištenja (Boulianne i King, 1995). Fu i sar. (2022) navode da boja svežeg mesa koju preferiraju potrošači, uglavnom potiče od crvenog oksimioglobina, koji se može reverzibilno pretvoriti u smeđi metmioglobin, a na ovaj proces utiču temperatura, pH, ali i ćelijski oksidativni stres izazvan transportom i emocionalnim stresom. Žuta komponenta (b*) u većini radova uglavnom nije pokazala značajne razlike između tretmana i tokom skladištenja. Naši rezultati za b* vrednost bili su slični onima Qiao i sar. (2002) koji su izvestili da se b* vrednosti kreću od 6 do 9. Formiranje žutog pigmenta u mesu može biti povezano i sa neenzimskom reakcijom pri kojoj se pojavljuje braon boja usled reakcije proizvoda oksidacije lipida sa aminima u proteinima ili fosfolipidima (Han i sar., 2024). U našem ispitivanju, udeo žute boje je pratio nivo produkata lipidne oksidacije (Tabela 5.4.).

Varijacije u boji mesa mogu biti povezane sa različitim faktorima kao što su rase pilića, postupanje, smeštaj, ishrana, kalibracija kolorimetra, lokacija merenja itd.

6.1.3.2. Instrumentalni parametri teksture

Sila presecanja je kritični faktor u određivanju čvrstoće mesa brojlera, što je važna senzorna karakteristika koja najviše utiče na prihvatanje od strane potrošača (Sujiwo i sar., 2018). U našoj studiji, na parametre teksture svežeg pilećeg mesa, čvrstoću i silu presecanja, uticala je interakcija transporta i vremena skladištenja (Tabela 5.7.). Takođe, u našem ispitivanju čvrstoća je 1. dana skladištenja bila značajno manja kod uzoraka svežeg mesa dugo transportovanih brojlera, što je u saglasnosti sa Lengkey i sar. (2013). Usled grubog i dugog transporta, brojleri stižu u klanicu u iscrpljenom stanju (Çobanbaşı i Teke, 2022). Stres koji su tim putem doživeli značajno menja kvalitet mesa. Generalno, stres dovodi do meke teksture zbog brzog pada pH vrednosti (Jung i sar., 2022), međutim, u našem istraživanju, stresni uslovi tokom dugog transporta i iscrpljenosti životinja, imali su veći uticaj od pH vrednosti (Tabela 5.1.). Isto tako, manja sila presecanja je primećena kod DT u poređenju sa KT grupom, 1. dana i nakon 4. dana skladištenja. Hussnain i sar. (2020) su takođe izvestili o značajnom smanjenju sile presecanja sa povećanjem dužine transporta brojlera. Tokom 4 dana skladištenja, sila presecanja se značajno smanjila u obe grupe, a takvi nalazi su takođe bili u skladu sa rezultatima koje su objavili Young i Lyon (1997), koji su otkrili da se vrednosti sile presecanja mesa pilećih prsa smanjuju sa produženim vremenom skladištenja. Tokom skladištenja, i čvrstoća se značajno smanjila u obe ispitivane grupe. Ovo smanjenje se može pripisati razgradnji proteina mesa tokom skladištenja, što može biti uzrokovano enzimskim ili bakterijskim procesima (Kruk i sar., 2011; Li i sar., 2012).

6.1.4. Mikroorganizmi

Sveže pileće meso je odličan supstrat za rast mikroorganizama jer je bogato vrednim hranljivim materijama i sadrži visok procenat vode. Iako je meso koje potiče od zdravih pilića sterilno u dubini, mikrobiološka kontaminacija je neizbežna zbog postupanja nakon klanja, kada se bakterije prenose sa opreme i radnika na trupove i komade mesa (Rouger i sar., 2017).

U našem istraživanju, na ukupan broj svih bakterija uticala je dužina transporta, vreme skladištenja i njihova interakcija, osim na ukupan broj psihrofilnih bakterija, na koje vreme skladištenja nije uticalo (Tabela 5.12.). Rezultati našeg istraživanja pokazali su da su prvog dana uzorci iz DT grupe sadržali značajno veći broj BMK, enterobakterija, kao i ukupan broj mezofilnih i psihrofilnih bakterija, dok je broj mikrokoka bio sličan. Nasuprot tome, nakon 4 dana skladištenja, uzorci iz KT grupe sadržali su veći broj mikrokoka i ukupan broj mezofilnih i psihrofilnih bakterija, dok je broj BMK i enterobakterija bio sličan. Nijedan od ispitanih uzoraka iz obe grupe nije sadržao klostridije, *Salmonella* spp., niti *Listeria monocytogenes*. Svi izolovani mikroorganizmi predstavljali su uobičajenu mikrofloru svežeg pilećeg mesa (Dourou i sar., 2021). Veći broj bakterija u DT grupi može se pripisati dužem izlaganju živine sopstvenom izmetu u kavezima tokom dužeg transporta, kao i stresnom okruženju (Cox i Pavic, 2010), što je opisano kao važan izvor mikrobiološke kontaminacije kod brojlera (Rouger i sar., 2017). Tokom skladištenja, broj svih bakterija se značajno povećao u KT grupi, dok je u DT grupi broj ostao uglavnom nepromenjen (BMK, enterobakterije, ukupan broj mezofilnih bakterija) ili čak smanjen (ukupan broj psihrofilnih bakterija). Veći broj svih bakterija u KT grupi, može se pripisati višoj pH vrednosti mesa (Tabela 5.1.), koja je pogodna za rast bakterija u mesu. Broj bakterija u obe grupe, KT i DT, bio je u opsegu uobičajenom za sveže pileće meso skladišteno pri 4 °C, kako su izvestili drugi autori (Rouger i sar., 2017; Dourou i sar., 2021).

6.2. Parametri kvaliteta dimljenog pilećeg filea

6.2.1. Fizičko-hemijski parametri

6.2.1.1. pH vrednost

Dimljena pileći file predstavlja pasterizovani proizvod od mesa koji je lako podložan kvaru zbog visokih vrednosti pH ($> 6,4$) i a_w ($> 0,95$), što pogoduje rastu mikroorganizama (Fu i Kerr, 2020). U našoj studiji, pH vrednost uzoraka iz KT grupe bila je nešto viša od DT grupe na početku skladištenja (Tabela 5.13.), što bi mogla biti posledica viših pH vrednosti u sirovom mesu iz KT grupe (Tabela 5.1.), ali razlika nije bila statistički značajna. Tokom skladištenja, pH vrednost u obe grupe se smanjila, što bi se moglo pripisati rastu BMK (Tabela 5.21.), ali je i dalje bila u opsegu uobičajenom za tu vrstu proizvoda.

6.2.1.2. Aktivnost vode

Vrednosti a_w u obe eksperimentalne grupe, KT i DT, bile su u opsegu uobičajenom za dimljeni pileći file (Fu i Kerr, 2020), ali su bile više u uzorcima iz KT grupe u poređenju sa DT grupom (Tabela 5.14.), što bi moglo biti posledica veće SVV, koja je zabeležena u svežem mesu iz KT grupe (Tabela 5.2.).

6.2.2. Hemijski parametri

6.2.2.1. Hemijski sastav

Od svežeg pilećeg mesa do dimljenog proizvoda spremnog za jelo, na varijabilnost hemijskih karakteristika utiče nekoliko međusobno zavisnih faktora, koji uključuju veličinu, pol, fiziološko stanje, uslove uzgoja, postupanja i klanja, kao i uslove nakon klanja, tretmana obrade i uslove skladištenja (Akakpo i sar., 2020).

Iz prikazanih rezultata hemijskog sastava dimljenog filea (Tabela 5.15.), promene su uočene na proizvodima od mesa brojlera koji su imali kratak transport. Sadržaj vlage bio je značajno veći na početku skladištenja u odnosu na 15. i 30 dan skladištenja ($P < 0,05$). Na osnovu ovog nalaza, može se pretpostaviti da se tokom skladištenja vlaga prenosila između mišića unutar filea, s obzirom na činjenicu da je površinsko isparavanje sprečeno vakuum pakovanjem (Škrlep i sar., 2024). Proteolitička aktivnost može nastati kao posledica povećanja kiselosti, dehidracije, temperature i dejstva NaCl u nekim proizvodima od mesa, ali i aktivnošću mikroorganizama tokom fermentacije i/ili drugih procesa proizvodnje hrane, kao i tokom skladištenja (Dabadé i sar., 2021). Značajno manji sadržaj proteina je utvrđen na početku skladištenja u uzorcima dimljenog mesa dobijenih od brojlera koji su imali kratak transport u odnosu na 15. i 30. dan skladištenja ($P < 0,05$), što se može povezati sa sadržajem vlage sa kojom je u negativnoj korelaciji. Ipak, sadržaj proteina je u obe eksperimentalne grupe, tokom celokupnog perioda skladištenja, bio u okviru graničnih vrednosti definisanih propisima (Sl. glasnik RS, broj 31/2012), koji iznosi najmanje 16%. Za NaCl u dimljenom pilećem fileu dobijenom od mesa kratko transportovanih brojlera, statistički značajna razlika je utvrđena nakon 15. i 30. dana skladištenja ($P < 0,05$). Sadržaj soli je obično negativno povezan sa vlagom (Čandek-Potokar i sar., 2002; Ramos i sar., 2007). To nije uočeno u našem istraživanju, s obzirom da je došlo do procesa izjednačavanja soli, odnosno, veća količina vlage je omogućila rastvaranje više soli (Arnau i sar., 1995; Monin i sar., 1997).

6.2.2.2. Oksidativne promene

Vrednosti TBARS bile su slične u obe eksperimentalne grupe i nisu se značajno menjale tokom skladištenja (Tabela 5.16.). Utvrđene vrednosti su se kretale od 0,05 do 0,07, što je bilo daleko ispod praga užglosti od 0,6 mg MDA/kg (Chandra Mohan i sar., 2017).

6.2.2.3. Biogeni amini

Biogeni amini se mogu naći u širokom spektru proizvoda od mesa. Različite tehnike obrade mesa utiču na formiranje BA u gotovom proizvodu na različite načine. Iako se prethodno formirani BA ne mogu eliminisati termičkom obradom (Liu i sar., 2024), dimljenje, soljenje i gubitak vlage (sušenje), faktori koji dovode do smanjene aktivnosti vode, mogu inhibirati aktivnost aminopeptidaze i oslobađanje slobodnih aminokiselina (Martuscelli i sar., 2009), kao i suzbiti rast mikroorganizama i aktivnost dekarboksilaze (Liu i sar., 2024).

U našem ispitivanju, u dimljenom pilećem fileu, PUT, CAD i HIS nisu detektovani. Prvog dana skladištenja, samo su uzorci iz KT grupe sadržali BA i to PHE i TYR, čiji se nivo tokom skladištenja smanjio (Tabela 5.17.). Nasuprot tome, na kraju skladištenja u DT grupi, utvrđena je povećana količina TRP, PHE i TYR. Povećana količina PHE i TYR prvog dana skladištenja KT grupe u odnosu na DT grupu može se pripisati većem broju bakterija, uključujući

Enterobacteriaceae i ukupnom broju mezofilnih bakterija (Tabele 5.23. i 5.24.) (Liu i sar., 2024). Dodatno, pošto su enzimi dekarboksilaze mikroorganizama otporni na toplotu, formiranje BA može se nastaviti, čak i ako se bakterije iz sirovog mesa eliminišu tolotnom obradom (Gardini i sar., 2016). Smanjenje količine BA u KT grupi do 30. dana skladištenja, može se pripisati i mikrokokama koje su bile prisutne tokom celog perioda skladištenja i za koje je poznato da proizvode aminooksidazu, enzim koji razgrađuje BA (Cooper, 1997). Još jedan faktor koji utiče na smanjenje nivoa BA u proizvodima od mesa je prisustvo soli (Liu i sar., 2024). Wojnowski i sar. (2019) su izvestili da su koncentracije od 0,25% do 0,30% dovoljne za smanjenje stvaranja HIS. U našem ispitivanju, u KT grupi, sadržaj NaCl je bio veći od 3,1% (Tabela 5.15.). Pojava BA u uzorcima proizvoda iz DT grupe na kraju skladištenja može se pripisati povećanom broju bakterija, posebno BMK (Tabela 5.21.), kao i ukupnom broju mezofilnih (Tabela 5.24.) i psihofilnih bakterija (Tabela 5.25.), kao što je ranije opisano. TYR je i u KT i u DT grupi utvrđen u sličnim koncentracijama na kraju skladištenja, što se može pripisati aktivnosti BMK koje su poznate kao bakterije koje proizvode tirozin dekarboksilazu i sposobne su da rastu u vakuum pakovanju (Gardini i sar., 2016). TYR je najzastupljeniji amin u salamurenim proizvodima od mesa (Schirone i sar., 2022). U radu Ntzimani i sar. (2008), sadržaj TYR u dimljenim ćurećim fileima 30. dana skladištenja u vakuum pakovanju iznosio je 12,5 mg/kg. Za razliku od našeg istraživanja, u njihovom radu je utvrđen niži sadržaj HIS, PUT i CAD. Vrsta i količina BA koji se mogu naći u mesu i proizvodima, zavisi od specifične mikroflore i njihovog broja (Ntzimani i sar., 2008).

Međunarodno dozvoljeni nivoi biogenih amina nisu definisani, izuzev HIS u ribi i proizvodima. Pošto je konzumiranje hrane koja sadrži visoke koncentracije BA povezana sa zdravstvenim rizicima, preporučuje se ograničavanje konzumiranja proizvoda bogatih BA (Wójcik i sar., 2022). Utvrđene količine BA uzorcima dimljenog pilećeg mesa iz naše studije nisu prelazili preporučene nivoe, sem u jednom slučaju, gde je utvrđeno blago povećanje sadržaja PHE (56,63 mg/kg). Nizak sadržaj BA obično ukazuje na visok kvalitet sirovine, dobru higijensku praksu kao i odgovarajuće uslove sušenja/fermentacije/dimljenja (Stajković i sar., 2025).

6.2.3. Senzorna analiza

6.2.3.1. Instrumentalni parametri boje

Instrumentalna analiza boje pokazala je da su uzorci iz KT grupe imali manji udeo crvene boje, ali izraženiji udeo žute boje, dok je L^* vrednost bila slična u obe grupe na kraju perioda skladištenja (Tabela 5.18.). Na vrednosti L^* i b^* uticala je interakcija transporta i vremena skladištenja (Tabela 5.18.). Poznato je da boja salamurenog mesa zavisi od formiranja nitrozil-mioglobina, pigmenta koji nastaje reakcijom nitrita iz soli za salamurenje sa mioglobinom iz mesa (Bajčić i sar., 2023; Han i sar., 2024). Pošto na ove reakcije utiče pH vrednost mesa (Soltanizadeh i sar., 2012), razlike u pH vrednosti između eksperimentalnih grupa mogle bi biti objašnjenje za razlike u udelu crvene boje. Tokom skladištenja, udeo crvene boje se povećavao u obe grupe, što se može pripisati nastavku formiranja nitrozil-mioglobina kroz reakciju rezidualnog nitrita sa mioglobinom, kao i činjenici da se tokom zagrevanja NO-mioglobina, proteinski deo denaturišu, ali crveni NO-porfirinski sistem (često nazvan nitrozo-miohromogen) i dalje postoji i nalazi se u proizvodima od mesa (Honikel, 2008). Udeo žute boje salamurenog mesa može se povećati zbog mikrobnog razlaganja jedinjenja kao što su H_2O_2 ili H_2S , koji reaguju sa mioglobinom dajući bilirubin ili sumpor-mioglobin (Han i sar., 2024). Pošto su uzorci iz KT grupe sadržali veći broj

mikroorganizama, to bi mogao biti potencijalni uzrok većeg udela žute boje. Uprkos svim razlikama, vrednosti L^* , a^* i b^* bile su uobičajene za dimljeni pileći file (Fu i Kerr, 2020).

6.2.3.2. Instrumentalni parametri teksture

Vrednosti sile presecanja i čvrstoće u KT i DT grupama bile su slične prvog dana skladištenja (Tabela 5.19.), ali se situacija promenila tokom skladištenja. Uzorci iz KT grupe dobili su tvrđu teksturu nakon 15 dana, dok je DT grupa ostala nepromenjena. Kod termički obrađenih proizvoda od mesa, karakteristična tekstura se formira usled denaturacije proteina, agregacije i formiranja gela, kao i skupljanja i rastvaranja vezivnog tkiva. Pored toga, na ove promene utiču i SVV i pH vrednost mesa (Tornberg, 2005). Shodno tome, kako je sveže meso u KT grupi imalo višu pH vrednost, veću SVV, veću silu presecanja (Tabele 5.1., 5.2. i 5.7.), kao i niži pH i višu a_w u dimljenom proizvodu (Tabele 5.13. i 5.14.), svi ovi faktori mogli su doprineti većoj sili presecanja i čvrstoći u KT grupi nakon 15 dana. Nasuprot tome, nakon 30 dana, uzorci iz KT grupe su postali mekši, dok je DT grupa dobila tvrđu teksturu. Omekšavanje teksture se dešava tokom zrenja proizvoda od mesa, gde dolazi do promena na proteinima, uključujući proteolizu (Kaur i sar., 2021). Očigledno je da su se takve promene ranije razvile kod uzoraka iz KT nego kod DT grupe.

6.2.3.3. Kvanitativna deskriptivna analiza

Na senzorna svojstva dimljenog pilećeg filea utiču različiti faktori, počev od kvaliteta svežeg mesa, tehnika obrade, uključujući način salamurenja, proces dimljenja, termičku obradu, hlađenje i skladištenje (Fu i Kerr, 2020). U našem ispitivanju, samo na boju i održivost boje nije uticala interakcija transporta i vremena skladištenja (Tabela 5.20.). Rezultati senzorne analize pokazali su da su uzorci iz KT i DT grupe visoko ocenjeni, jer je većina svojstava dobila najmanju ocenu 4,4, a u DT grupi najniže ocene dodeljene su samo za izgled poprečnog preseka (3,8), i teksturu i sočnost (3,7), nakon 15. dana skladištenja.

Spoljašnji izgled je bio skoro isti u obe grupe prvog dana skladištenja, bez ikakvih nedostataka, dok su nakon 15 dana uzorci iz KT grupe dobili za 0,5 nižu ocenu, zbog blagih nabora na površini (Tabela 5.20). Ovo bi moglo biti posledica skupljanja proteina (Tornberg, 2005), što je rezultiralo većom silom presecanja kod proizvoda u KT grupi 15. dana skladištenja (Tabela 5.19.). Nakon 30. dana, nabori su primećeni i kod uzoraka iz DT grupe, koji su imali veću silu presecanja u ovom periodu skladištenja, što je rezultiralo još nižom ocenom (4,4) u poređenju sa KT grupom (4,6). Izgled poprečnog preseka uzoraka KT grupe je značajno bolje ocenjen nego DT grupe tokom celog perioda skladištenja (Tabela 5.20.), budući da je bio kompaktniji i sa homogenijom bojom.

Boja i održivost boje dimljenog filea je takođe bolje ocenjena u KT grupi, s obzirom da su proizvodi bili ujednačeniji i stabilniji, ali tek nakon 1. i 15. dana, dok nije bilo razlike između grupa nakon 30. dana skladištenja. Kao što je već diskutovano u prethodnom poglavlju, instrumentalna analiza boje (Tabela 5.18.) je pokazala da su uzorci iz KT grupe bili nešto tamniji, sa manjim udelom crvene boje i većim udelom žute boje. Prema Fu i Kerr (2020), ružičasta boja kod kuvanog belog živinskog mesa nije poželjna i obično se smatra indikatorom mesa koje je nedovoljno kuvano i koje nije bezbedno, što se opisuje kao „ružičasti defekt“.

Miris i ukus su bolje ocenjeni u KT grupi, takođe nakon 1. i 15. dana, dok nije bilo razlike između grupa nakon 30. dana skladištenja (Tabela 5.20.). Iako su neki BA (PHE i TYR, Tabela 5.17.) registrovani u ovim fazama u KT grupi, to nije uticalo na miris i ukus. Drugi autori su takođe izvestili da nije bilo neprijatnog mirisa u dimljenom pilećem fileu sa brojem bakterija ispod 4,5

log cfu/g i niskim koncentracijama BA (Balamatsia i sar., 2006), što je slično vrednostima dobijenim u našem istraživanju (Tabele 5.21-5.25). Štaviše, takvi nalazi su uobičajeni jer je aroma dimljenog mesa mnogo složenija i zasnovana je na različitim isparljivim aromatičnim jedinjenjima, u koja uglavnom spadaju fenoli, aldehidi i azotne grupe (Gao i sar., 2024).

Tekstura i sočnost su bolje ocenjeni u KT grupi, takođe tek nakon 1. i 15. dana (Tabela 5.20.). Bolja tekstura može biti posledica veće sile presecanja kod proizvoda iz KT grupe (Tabela 5.19.) 15. dana skladištenja, a bolja sočnost se može pripisati većoj SVV mesa iz KT grupe (Tabela 5.2.). Nakon 30. dana, nije bilo značajne razlike u teksturi i sočnosti između eksperimentalnih grupa.

6.2.4. Mikroorganizmi

U zavisnosti od korišćenih tehnika, različite metode obrade utiču na različite načine na mikrobiotu pilećeg mesa (Al-maaqar i sar., 2024). Proizvodnja dimljenog pilećeg mesa zasniva se na salamurenju, dimljenju i termičkoj obradi, gde sama termička obrada dovodi do značajnog smanjenja broja mikroorganizama, posebno kada temperatura u središtu pređe 60 °C (Akakpo i sar., 2022).

U našem istraživanju, na broj svih bakterija u dimljenom pilećem fileu uticala je interakcija dužine transporta i vremena skladištenja (Tabele 5.21-5.25). Broj bakterija u dimljenom pilećem fileu (Tabele 5.21-5.25) bio je očito niži nego u svežem mesu (Tabele 5.8-5.12), što se može pripisati primenjenoj termičkoj obradi pri 72 °C. Na početku skladištenja, BMK u obe eksperimentalne grupe, kao i enterobakterije u DT grupi tokom celokupnog perioda skladištenja, bile su ispod granice detekcije (< 1,00 log cfu/g), što je uobičajeno, jer ove bakterije nisu otporne na toplotnu obradu (Tabela 5.21 i Tabela 5.23). Prisustvo enterobakterija prvog dana skladištenja u KT grupi može se pripisati uobičajenoj površinskoj kontaminaciji dimljenih proizvoda (Akakpo i sar., 2022), a njihov broj je ipak bio ispod granice detekcije nakon 15 i 30 dana skladištenja. Iako je broj BMK bio ispod granice detekcije, njihov broj se postepeno povećavao tokom skladištenja, što je uobičajeno za vakuumski pakovane proizvode, jer su BMK mikroaerofilni mikroorganizmi i mogu se naći i u pasterizovanoj hrani (Bintsis, 2018). Mikrokoke i ukupan broj mezofilnih bakterija su detektovani tokom celog perioda skladištenja, a njihov broj je bio značajno veći u KT grupi (Tabela 5.22 i Tabela 5.24). Mikrokoke su poznate kao termorezistentne bakterije koje su sposobne da prežive 63 °C tokom 30 minuta (Cortez i sar., 2022), tako da su mogle da prežive termičku obradu korišćenu u našem eksperimentu, ali pošto su aerobni mikroorganizmi, njihov broj se smanjio tokom skladištenja u vakuumskom pakovanju. Psihrofilne bakterije su detektovane u obe eksperimentalne grupe, ali u KT grupi njihov broj je bio značajno manji nego u DT grupi na početku i bio je ispod granice detekcije do kraja skladištenja, dok su u DT grupi opstale do 30. dana (Tabela 5.25).

7. ZAKLJUČCI

Na osnovu sprovedenih ispitivanja i dobijenih rezultata, mogu se izvesti sledeći zaključci:

1. Dužina transporta uticala je na pH vrednost svežeg mesa samo na početku skladištenja, kada su značajno manje pH vrednosti utvrđene u svežem mesu brojlera koji su podvrgnuti dugom transportu u odnosu na grupu podvrgnutu kratkom transportu. Tokom skladištenja, pH vrednost se značajno smanjila u svežem mesu brojlera nakon kratkog transporta. Kod dimljenog filea, značajno smanjenje pH vrednosti utvrđeno je tokom skladištenja proizvoda dobijenih od brojlera nakon kratkog transporta.
2. Sposobnost vezivanja vode svežeg mesa bila je značajno manja u grupi brojlera nakon dugog transporta u odnosu na grupu nakon kratkog transporta samo na početku skladištenja, dok se do kraja skladištenja značajno povećala. Kod dimljenog filea dobijenog od mesa brojlera nakon dugog u odnosu na kratki transport, utvrđeno je značajno smanjenje aktivnosti vode nakon 15. dana skladištenja.
3. Sadržaj proteina, masti, vode, pepela i hlorida, bio je uobičajen za svež pileći file. Kod dimljenog pilećeg filea, sadržaj proteina je u obe eksperimentalne grupe, tokom celokupnog perioda skladištenja, bio u okviru graničnih vrednosti definisanih propisima (najmanje 16%).
4. TBARS vrednost svežeg mesa bila je značajno veća u grupi brojlera nakon dugog transporta u odnosu na grupu nakon kratkog transporta, na početku skladištenja. Tokom skladištenja mesa kratko transportovanih brojlera, TBARS vrednost se značajno povećala, dok se kod dugo transportovanih brojlera značajno smanjila. Kod dimljenog pilećeg filea, TBARS vrednosti su bile slične u obe eksperimentalne grupe i nisu se značajno menjale tokom skladištenja. Utvrđene vrednosti su se kretale od 0,05 do 0,07, što je bilo daleko ispod praga užeglosti.
5. Putrescin, kadaverin i tiramin detektovani su samo u uzorcima svežeg mesa dobijenog od dugo transportovanih brojlera 4. dana skladištenja, dok prisustvo triptamina, feniletilamina i histamina nije detektovano ni u jednoj eksperimentalnoj grupi. Utvrđene količine biogenih amina bile su veoma niske, ukoliko se posmatraju preporučeni limiti sa aspekta bezbednosti hrane. U uzorcima dimljenog filea dobijenog od mesa dugo transportovanih brojlera, prisustvo triptamina, feniletilamina i tiramina je utvrđeno tek na kraju perioda skladištenja. U dimljenim proizvodima od kratko transportovanih brojlera, tiramin je bio prisutan tokom celokupnog perioda skladištenja, dok se sadržaj feniletilamina smanjivao tokom skladištenja, i nije detektovan 30. dana. Histamin, putrescin i kadaverin nisu detektovani ni u jednoj eksperimentalnoj grupi. Utvrđene količine biogenih amina u uzorcima dimljenog filea nisu prelazile maksimalno preporučene količine, sem u jednom slučaju, gde je utvrđeno povećanje sadržaja feniletilamina (56,63 mg/kg).
6. Rezultati instrumentalne analize boje pokazali su da je svežo meso brojlera nakon dugog transporta bilo svetlije od mesa brojlera nakon kratkog transporta, na početku skladištenja. Tokom skladištenja, L* vrednosti su se povećale u obe eksperimentalne grupe, dok se kod

uzoraka iz grupe dugo transportovanih brojlera, udeo crvene boje značajno povećao, a udeo žute boje značajno smanjio.

Kod uzoraka dimljenog filea iz kratko transportovane grupe u odnosu na dugo transportovanu grupu brojlera, utvrđen je značajno veći udeo žute boje i manji udeo crvene boje tokom celokupnog perioda skladištenja, dok je L^* vrednost bila manja do polovine perioda skladištenja. Tokom skladištenja, udeo crvene i žute boje se značajno povećao u obe ispitivane grupe, dok se L^* vrednost smanjila u dugo transportovanoj grupi.

7. Rezultati instrumentalne analize teksture, čvrstoća i sila presecanja, pokazali su da je sveže meso brojlera nakon dugog transporta bilo mekše od svežeg mesa brojlera nakon kratkog transporta. Tokom skladištenja, sila presecanja i čvrstoća su se značajno smanjile u obe ispitivane grupe.

Kod uzoraka dimljenog filea, nije bilo razlika u sili presecanja i čvrstoći između eksperimentalnih grupa na početku skladištenja, ali su na kraju skladištenja uzorci u grupi proizvoda dobijenih od brojlera koji su kratko transportovani bili mekši u odnosu na dugo transportovanu grupu. Tokom skladištenja, sila presecanja i čvrstoća su se značajno povećale u obe ispitivane grupe.

8. Rezultati deskriptivne senzorne analize (spoljašnji izgled, izgled i sastav preseka, boja i održivost boje, miris i ukus, tekstura i sočnost), pokazali su da su dimljeni pileći filei iz obe ispitivane grupe visoko ocenjeni, jer je većina svojstava dobila najmanju ocenu 4,4, a u grupi dobijenoj nakon dugog transporta brojlera, najniže ocene dodeljene su samo za izgled i sastav preseka (3,8), i teksturu i sočnost (3,7), nakon 15. dana skladištenja.

9. Rezultati mikrobiološkog ispitivanja, pokazali su da je u uzorcima svežeg mesa dugo transportovanih brojlera, na početku skladištenja detektovan značajno veći broj bakterija mlečne kiseline, enterobakterija, kao i ukupan broj mezofilnih i psihrofilnih bakterija u odnosu na kratko transportovane. Na kraju skladištenja kratko transportovane grupe, detektovan je znatno veći broj mikrokoka, ukupan broj mezofilnih i psihrofilnih bakterija u odnosu na dugo transportovanu grupu.

Kod dimljenog filea dobijenog od mesa kratko transportovanih brojlera, broj mikrokoka i ukupan broj mezofilnih bakterija bio je značajno veći u odnosu na dugo transportovanu grupu samo na početku skladištenja, dok je broj psihrofilnih bakterija bio značajno veći u dugo transportovanoj grupi tokom čitavog perioda skladištenja. Tokom skladištenja, kod proizvoda iz kratko transportovane grupe, zapažen je trend smanjenja, dok je kod dugo transportovane grupe, zapažen trend povećanja broja bakterija.

Broj klostridija, *Salmonella* spp. i *Listeria monocytogenes* bio je ispod limita detekcije kod svih eksperimentalnih grupa.

10. Iako su sve vrednosti ispitivanih parametara u ovoj studiji bile unutar uobičajenih granica, značajne razlike u pogledu pH vrednosti, TBARS vrednosti, sadržaja biogenih amina i broja mikroorganizama koje su utvrđene između eksperimentalnih grupa, ukazuju na to da bi optimizacija dužine i trajanja transporta brojlera mogla doprineti unapređenju bezbednosti, kvaliteta i održivosti svežeg mesa i proizvoda od mesa tokom skladištenja.

8. LITERATURA

- Abdullah, F.A., Buchtova, H. and Turek, P., 2017. Influence of modified atmosphere packaging on freshness parameters of organic chicken meat — short communication. *Czech Journal of Food Sciences*, 35(5), pp.466–468. <https://doi.org/10.17221/34/2017-CJFS>
- Akakpo, A., Spéro, E.K., Diantom, A., Hanvi, D.M. and Osseyi, G.E., 2022. Quality characteristics of artisanal smoked chicken meat sold in street food in Togo. *Journal of Culinary Science & Technology*, 20(5), pp.389-408.
- Alfaig E., Angelovičova M., Kral M., Bučko O., 2014. Effect of probiotics and thyme essential oil on the essential amino acid content of the broiler chicken meat. *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria*, 13(4), 425-432.
- Aliani, M. and Farmer, L.J., 2005. Precursors of chicken flavor. II. Identification of key flavor precursors using sensory methods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(16), pp.6455-6462. <https://doi.org/10.1021/jf050085t>.
- Allen, C.D., Fletcher, D.L., Northcutt, J.K. and Russell, S.M., 1998. The relationship of broiler breast color to meat quality and shelf-life. *Poultry Science*, 77(2), pp.361-366. <https://doi.org/10.1093/ps/77.2.361>.
- AL-MAAQAR, S.M., Alshammari, F.A., Alzahrani, K.S.A., Ghyathuddin, A.A., Shater, A.M., Namla, D., Awaji, A.H., Al-Shaeri, M.A. and Al-Johny, B.O., 2024. Molecular and microbial identification of microbiota of processed chicken products: mini review. *Bioscience Research*, 21(1), pp.123–131. <https://doi.org/10.18869/acadpub.biores.21.1.123>
- Alonso, V., Muela, E., Tenas, J., Calanche, J.B., Roncalés, P. and Beltrán, J.A., 2016. Changes in physicochemical properties and fatty acid composition of pork following long term frozen storage. *European Food Research and Technology*, 242(12), pp.2119–2127. <https://doi.org/10.1007/s00217-016-2707-9>
- Amaral, A.B., Silva, M.V.D. and Lannes, S.C.D.S., 2018. Lipid oxidation in meat: mechanisms and protective factors – a review. *Food Science and Technology*, 38(Suppl. 1), pp.1–15. <https://doi.org/10.1590/1678-457x.27316>
- Anadón, H.L.S., 2002. Biological, nutritional, and processing factors affecting breast meat quality of broilers. PhD thesis. Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Ang, C.Y.W., Hamm, D. and Searcy, G.K., 1982. Changes in nutrient content during chill holding of broilers. *Journal of Food Science*, 47(6), pp.1763–1766. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1982.tb12838.x>
- Arnau, J., Guerrero, L., Casademont, G. and Gou, P., 1995. Physical and chemical changes in different zones of normal and PSE dry cured ham during processing. *Food Chemistry*, 52(1), pp.63–69. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(94\)P4173-W](https://doi.org/10.1016/0308-8146(94)P4173-W)
- Augustyńska-Prejsnar, A., Hanus, P., Ormian, M., Kačániová, M., Sokołowicz, Z. and Topczewska, J., 2023. Effect of temperature and storage duration on the quality of hen breast meat after the laying period. *Foods*, 12(23), 4340. <https://doi.org/10.3390/foods12234340>

- Azlin-Hasim, S., Cruz-Romero, M.C., Morris, M.A., Cummins, E. and Kerry, J.P., 2015. Effects of a combination of antimicrobial silver low density polyethylene nanocomposite films and modified atmosphere packaging on the shelf life of chicken breast fillets. *Food Packaging and Shelf Life*, 4, pp.26–35. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2014.11.002>
- Baéza, E., Guillier, L. and Petracci, M., 2022. Production factors affecting poultry carcass and meat quality attributes. *Animal*, 16, p.100331. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100331>
- Bajčić, A., Petronijević, R., Suvajdžić, B., Tomović, V., Stajković, S. and Vasilev, D., 2023. Use of inulin-collagen suspension for the total replacement of pork backfat in cooked-emulsified sausages. *Journal of Food and Nutrition Research*, 62(1), pp.35–45.
- Balamatsia, C.C., Paleologos, E.K., Kontominas, M.G. and Savvaidis, I.N., 2006. Correlation between microbial flora, sensory changes and biogenic amines formation in fresh chicken meat stored aerobically or under modified atmosphere packaging at 4 °C: possible role of biogenic amines as spoilage indicators. *Antonie van Leeuwenhoek*, 89(1), pp.9–17. <https://doi.org/10.1007/s10482-005-9051-0>
- Balamatsia, C.C., Patsias, A., Kontominas, M.G. and Savvaidis, I.N., 2007. Possible role of volatile amines as quality-indicating metabolites in modified atmosphere-packaged chicken fillets: correlation with microbiological and sensory attributes. *Food Chemistry*, 104(4), pp.1622–1628. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.01.031>
- Baltić, M.Ž., 1993. Kontrola namirnica, Institut za higijenu i tehnologiju mesa, Beograd.
- Baltić, T.M., 2014. Ispitivanje uticaja mariniranja na rast Salmonella vrsta u mesu brojlera. Doktorska disertacija – Fakultet Veterinarske Medicine, Univerzitet u Beogradu, Srbija.
- Barbieri, F., Montanari, C., Gardini, F. and Tabanelli, G., 2019. Biogenic amine production by lactic acid bacteria: A review. *Foods*, 8(1), 17. <https://doi.org/10.3390/foods8010017>
- Barbut S., 2002. Preservation by chilling, heating and other means. *Poultry Products Processing: An Industry Guide*. Boca Raton, FL: CRC Press, Chap.7.
- Barbut, S., 2007. Texture. *Handbook of Fermented Meat and Poultry*. Ames, Iowa: Blackwell Publishing, pp. 217–226.
- Barbut, S., Sosnicki, A.A., Lonergan, S.M., Knapp, T., Ciobanu, D.C., Gatcliffe, L.J., Huff-Lonergan, E. and Wilson, E.W., 2008. Progress in reducing the PSE problem in pork and poultry meat. *Meat Science*, 79(1), pp.46–63. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.07.031>
- Barroeta, A.C., 2007. Nutritive value of poultry meat: relationship between vitamin E and PUFA. *World's poultry science journal*, 63(2), pp.277-284. <https://doi.org/10.1017/S0043933907001468>.
- Bench, C., Schaefer, A. and Faucitano, L., 2008. The welfare of pigs during transport. In: *Welfare of Pigs*. Wageningen: Wageningen Academic, pp.161–195.
- Bhawana, I., Malik, A., Raposo, A., Singh, S., Yadav, S., Zandonadi, R.P., Lho, L.H., Han, H. and Thakur, N., 2023. Physico-chemical, sensory, and microbiological quality of raw chicken meat: an exploratory study in the Hisar city of Haryana, India. *Frontiers in Nutrition*, 10, 1184005. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1184005>

- Bianchi, M., Fletcher, D.L. and Smith, D.P., 2005. Physical and functional properties of intact and ground pale broiler breast meat. *Poultry Science*, 84(5), pp.803–808. <https://doi.org/10.1093/ps/84.5.803>
- Bianchi, M., Petracci, M. and Cavani, C., 2006. The influence of genotype, market live weight, transportation, and holding conditions prior to slaughter on broiler breast meat color. *Poultry Science*, 85(1), pp.123–128. <https://doi.org/10.1093/ps/85.1.123>
- Bilgili, S.F., Egbert, W.R. and Huffman, D.L., 1989. Research note: Effect of postmortem aging temperature on sarcomere length and tenderness of broiler *Pectoralis major*. *Poultry Science*, 68(11), pp.1588–1591. <https://doi.org/10.3382/ps.0681588>
- Bintsis, T.J.J.B.M., 2018. Lactic acid bacteria: their applications in foods. *Journal of Bacteriology & Mycology*, 6(2), pp.89–94.
- Boulianne, M. and King, A.J., 1995. Biochemical and color characteristics of skinless boneless pale chicken breast. *Poultry Science*, 74(10), pp.1693–1698. <https://doi.org/10.3382/ps.0741693>
- Brandt, P. and Aaslyng, M.D., 2015. Welfare measurements of finishing pigs on the day of slaughter: A review. *Meat Science*, 103, pp.13–23. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.11.010>
- Branković, I.M., 2015. Uticaj primene konjugovane linolne kiseline u ishrani na proizvodne rezultate i kvalitet mesa brojlera. Doktorska disertacija. Fakultet veterinarske medicine, Univerzitet u Beogradu.
- Brewer, M.S., 2004. Irradiation effects on meat color: a review. *Meat Science*, 68(1), pp.1–17. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.02.007>
- Brewer, M.S., Ikins, W.I.G. and Harbers, C.A.A., 1992. TBA values, sensory characteristics, and volatiles in ground pork during long term frozen storage: Effects of packaging. *Journal of Food Science*, 57(3), pp.558–563. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1992.tb08037.x>
- Brunton, N.P., Cronin, D.A. and Monahan, F.J., 2002. Volatile components associated with freshly cooked and oxidized off-flavours in turkey breast meat. *Flavour and Fragrance Journal*, 17(5), pp.327–334.
- Čandek Potokar, M., Monin, G. and Zlender, B., 2002. Pork quality, processing, and sensory characteristics of dry-cured hams as influenced by Duroc crossing and sex. *Journal of Animal Science*, 80(4), pp.988–996. <https://doi.org/10.2527/2002.804988x>
- Cavani, C., Petracci, M., Trocino, A. and Xiccato, G., 2009. Advances in research on poultry and rabbit meat quality. *Italian Journal of Animal Science*, 8(sup2), pp.741–750. <https://doi.org/10.4081/ijas.2009.s2.741>
- Cavitt, L.C., Youm, G.W., Meullenet, J.F., Owens, C.M. and Xiong, R., 2004. Prediction of poultry meat tenderness using razor blade shear, Allo-Kramer shear and sarcomere length. *Journal of Food Science*, 69(1), pp. S11–S15. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.tb17866.x>
- Cervený, J., Meyer, J.D. and Hall, P.A., 2009. Microbiological spoilage of meat and poultry products. In: *Compendium of the Microbiological Spoilage of Foods and Beverages*. New York, NY: Springer New York, pp.69–86.

- Chandra Mohan, C., Radha Krishnan, K., Babuskin, S., Sudharsan, K., Aafrin, V., Lalitha Priya, U., Mariyajenita, P., Harini, K., Madhushalini, D. and Sukumar, M., 2017. Active compound diffusivity of particle size reduced *S. aromaticum* and *C. cassia* fused starch edible films and the shelf life of mutton (*Capra aegagrus hircus*) meat. *Meat Science*, 128, pp.47–59. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.01.010>
- Cheng, J.H., 2016. Lipid oxidation in meat. *Journal of Nutrition&Food Sciences*, 6, 12– 14.
- Chmiel, M., Roszko, M., Hać Szymańczuk, E., Cegiełka, A., Adamczak, L., Florowski, T., Pietrzak, D., Bryła, M. and Świder, O., 2022. Changes in the microbiological quality and content of biogenic amines in chicken fillets packed using various techniques and stored under different conditions. *Food Microbiology*, 102, 103920. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2021.103920>
- Choi, Y.S., Kim, T.K., Jeon, K.H., Park, J.D., Kim, H.W., Hwang, K.E. and Kim, Y.B., 2017. Effects of pre converted nitrite from red beet and ascorbic acid on quality characteristics in meat emulsions. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 37(2), pp.288–296. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2017.37.2.288>
- Ciecierska, M. and Obiedziński, M., 2007. Canned fish products contamination by polycyclic aromatic hydrocarbons. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 6(2), pp.19–28.
- Çobanbaşı, Y. and Teke, B., 2022. The effect of different transport distances and season on meat quality characteristics of broiler chicken in commercial slaughter conditions. *Kocatepe Veterinary Journal*, 15(3), pp.239–250. <https://doi.org/10.30607/kvj.1116525>
- Cockram, M.S., 2007. Criteria and potential reasons for maximum journey times for farm animals destined for slaughter. *Applied Animal Behaviour Science*, 106(4), pp.234–243. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2007.03.007>
- Cooper, R.A., 1997. On the amine oxidases of *Klebsiella aerogenes* strain W70. *FEMS Microbiology Letters*, 146(1), pp.85–89. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.1997.tb10174.x>
- Coroian, C.O., Coroian, A., Becze, A., Longodor, A., Mastan, O. and Radu Rusu, R.M., 2023. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) occurrence in traditionally smoked chicken, turkey and duck meat. *Agriculture*, 13(1), 57. <https://doi.org/10.3390/agriculture13010057>
- Cortez, M.A.S., Duarte, M.C.K.H. and de Melo, L.R.B., 2022. Relevant factors for raw milk quality for dairy foods manufacture. In: *Dairy Foods*, pp.1–17. Woodhead Publishing.
- Costa, L.N., 2009. Short-term stress: the case of transport and slaughter. *Italian Journal of Animal Science*, 8(sup1), pp.241–252. <https://doi.org/10.4081/ijas.2009.s1.241>
- Cox, J.M. and Pavic, A., 2010. Advances in enteropathogen control in poultry production. *Journal of Applied Microbiology*, 108(3), pp.745–755. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2009.04650.x>
- Cruz Monterrosa, R.G., Reséndiz Cruz, V., Rayas Amor, A.A., López, M. and de la Lama, G.C.M., 2017. Bruises in beef cattle at slaughter in Mexico: implications on quality, safety and shelf life of the meat. *Tropical Animal Health and Production*, 49(1), pp.145–152. <https://doi.org/10.1007/s11250-016-1168-4>
- Cutter, C.N., 2002. Microbial control by packaging: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 42(2), pp.151–161. <https://doi.org/10.1080/10408690290825470>

- Dabadé, D.S., Jacxsens, L., Mielotte, L., Abatih, E., Devlieghere, F. and De Meulenaer, B., 2021. Survey of multiple biogenic amines and correlation to microbiological quality and free amino acids in foods. *Food Control*, 120, 107497. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107497>
- Dadgar, S., Lee, E.S., Leer, T.L.V., Burlingette, N., Classen, H.L., Crowe, T.G. and Shand, P.J., 2010. Effect of microclimate temperature during transportation of broiler chickens on quality of the pectoralis major muscle. *Poultry science*, 89(5), pp.1033-1041. <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00248>.
- Dalmau, A., Velarde, A. and Gispert, M., 2009. Standardisation of the measure "meat quality" to assess the welfare of pigs at slaughter. In: Forkman, B. and Keeling, L. (eds.) *Assessment of Animal Welfare Measures for Sows, Piglets and Fattening Pigs*. Welfare Quality Reports, 10.
- Danchuk, A.I., Komova, N.S., Mobarez, S.N., Doronin, S.Y., Burmistrova, N.A., Markin, A.V. and Duerkop, A., 2020. Optical sensors for determination of biogenic amines in food. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 412(17), pp.4023–4036. <https://doi.org/10.1007/s00216-020-02666-1>
- Davis, M., Singh, M. and Conner, D., 2010. Poultry-borne pathogens – plant considerations. In: C. Owens, C. Alvarado and A. Sams, eds. *Poultry Meat Processing*, 2nd ed. Boca Raton, FL: CRC Press/Taylor & Francis Group, pp.137–158.
- de Fremery, D. and Pool, M.F., 1960. Biochemistry of chicken muscle as related to rigor mortis and tenderization. *Journal of Food Science*, 25(1), pp.73–87. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1960.tb17923.x>
- Debut, M., Berri, C., Baéza, E., Sellier, N., Arnould, C., Guemene, D., Jehl, N., Boutten, B., Jégo, Y., Beaumont, C. and Le Bihan-Duval, E., 2003. Variation of chicken technological meat quality in relation to genotype and preslaughter stress conditions. *Poultry Science*, 82(12), pp.1829–1838. <https://doi.org/10.1093/ps/82.12.1829>
- Demeyer, D., 2004. Meat fermentation: Principles and applications. In: *Handbook of Food and Beverage Fermentation Technology*. Boca Raton: CRC Press, pp.431–447.
- Dimitrijević, M., Stefanović, S., Karabasil, N., Vasilev, D., Čobanović, N., Ilić, N. and Đorđević, V., 2016. UPLC-MS/MS determination of histamine levels in canned fish collected from Belgrade retail markets. *Meat Technology*, 57(1), pp.47–56.
- Doe, P. and Olley, J., 1990. Drying and dried fish product. In: Sikorski, Z.E. (ed.) *Seafood: Resources, Nutritional Composition, and Preservation*, pp.125–146. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Domínguez, R., Pateiro, M., Gagaoua, M., Barba, F.J., Zhang, W. and Lorenzo, J.M., 2019. A comprehensive review on lipid oxidation in meat and meat products. *Antioxidants*, 8(10), 429. <https://doi.org/10.3390/antiox8100429>
- Dourou, D., Spyrelli, E.D., Doulgeraki, A.I., Argyri, A.A., Grounta, A., Nychas, G.J.E., Chorianopoulos, N.G. and Tassou, C.C., 2021. Microbiota of chicken breast and thigh fillets stored under different refrigeration temperatures assessed by next-generation sequencing. *Foods*, 10(4), 765. <https://doi.org/10.3390/foods10040765>

- Doyle, M.E. and Glass, K.A., 2010. Sodium reduction and its effect on food safety, food quality, and human health. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 9(1), pp.44-56. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2009.00096.x>.
- Dransfield, E. and Sosnicki, A.A., 1999. Relationship between muscle growth and poultry meat quality. *Poultry science*, 78(5), pp.743-746.
- Duchène, C. and Gandemer, G., 2017. Raw meat, cooked meat: the effects of cooking on meat nutritional values. [Journal/source unspecified], 52(3), pp.134–149.
- Dunn, A.A., Tolland, E.L.C., Kilpatrick, D.J. and Gault, N.F.S., 1993. Effect of post-mortem temperature on chicken M. pectoralis major: isometric tension and pH profiles. *British Poultry Science*, 34(4), pp.677–688. <https://doi.org/10.1080/00071669308417621>
- Džinić, N., Okanović, Đ., Jokanović, M., Tasić, T., Tomović, V., Ikonić, P. and Filipović, S., 2011. Carcass and breast meat quality of broilers feed with extruded corn. *Biotechnology in animal husbandry*, 27(4), pp.1697-1703. <https://doi.org/10.2298/BAH1104697D>
- Eerola, S., Hinkkanen, R., Lindfors, E. and Hirvi, T., 1993. Liquid chromatographic determination of biogenic amines in dry sausages. *Journal of AOAC International*, 76, pp.575–577.
- EFSA Panel on Biological Hazards (BIOHAZ), 2011. Scientific opinion on risk based control of biogenic amine formation in fermented foods. *EFSA Journal*, 9(10), 2393. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2011.2393>
- El Rammouz, R., Berri, C., Le Bihan-Duval, E., Babile, R. and Fernandez, X., 2004. Breed differences in the biochemical determinism of ultimate pH in breast muscles of broiler chickens-- a key role of AMP deaminase. *Poultry Science*, 83(8), pp.1445-1451.
- Elmore, J.S., Mottram, D.S., Enser, M. and Wood, J.D., 1999. Effect of the polyunsaturated fatty acid composition of beef muscle on the profile of aroma volatiles. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(4), pp.1619-1625. <https://doi.org/10.1021/jf980718m>
- Esposito, L., Mastrocola, D. and Martuscelli, M., 2022. Approaching to biogenic amines as quality markers in packaged chicken meat. *Frontiers in Nutrition*, 9, p.966790. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.966790>
- EU, 2005. Council Regulation (EC) No 1/2005 on the protection of animals during transport and related operations and amending Directives.
- Farag, Z.S. and ElShehawy, S.M., 2024. Biochemical characteristics of refrigerated smoked chicken luncheon as affected by liquid smoke. *Egyptian Journal of Food Science*, 52(1), pp.17–29.
- FDA (Food and Drug Administration), 2025. Food Safety Modernization Act (FSMA). Available at: <https://www.fda.gov/food/guidanceregulation/fsma/> (Accessed: 16 July 2025).
- Feddern, V., Mazzuco, H., Fonseca, F.N. and De Lima, G.J.M.M., 2019. A review on biogenic amines in food and feed: Toxicological aspects, impact on health and control measures. *Animal Production Science*, 59(4), pp.608–618. <https://doi.org/10.1071/AN17194>

- Feiner, G., 2006. *Meat Products Handbook: Practical Science and Technology*. Cambridge: Woodhead/Elsevier.
- Fellows, P. (2000). *Food Processing Technology: Principles and Practice*, 2nd ed. P. 803. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Fernández, J., Pérez-Álvarez, J.A. and Fernández-López, J.A., 1997. Thiobarbituric acid test for monitoring lipid oxidation in meat. *Food chemistry*, 59(3), pp.345-353. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(96\)00114-8](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(96)00114-8).
- Fletcher, D.L., 1999. Broiler breast meat color variation, pH, and texture. *Poultry Science*, 78(9), pp.1323–1327. <https://doi.org/10.1093/ps/78.9.1323>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2010. *Agribusiness Handbook: Poultry, Meat and Eggs*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/tci/docs/1_AH9-Poultry%20Meat%20&%20Eggs.pdf
- Food and Drug Administration (FDA), 2025. Food Safety Modernization Act (FSMA). Retrieved from <https://www.fda.gov/food/guidanceregulation/fsma/> (Accessed: 16 July 2025).
- Fraqueza, M.J., Alfaia, C.M. and Barreto, A.S., 2012. Biogenic amine formation in turkey meat under modified atmosphere packaging with extended shelf life: Index of freshness. *Poultry Science*, 91(6), pp.1465–1472. <https://doi.org/10.3382/ps.2011-01975>
- Froning, G.W., 1995. Color of poultry meat. *Poultry and Avian Biology Reviews*, 6, pp.83–93.
- Fu, W. and Kerr, W.L., 2020. Characterization of pecan shells and their effect on smoked chicken breast. *Journal of Food Science*, 85(10), pp.3020–3025. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15382>
- Fu, Y., Yin, J., Zhao, N., Xue, G., Zhang, R., Li, J. and Bao, J., 2022. Effects of transport time and feeding type on weight loss, meat quality and behavior of broilers. *Animal Bioscience*, 35(7), 1039. <https://doi.org/10.5713/ab.22.0034>
- Fuentes, V., Estevez, M., Ventanas, J. and Ventanas, S., 2014. Impact of lipid content and composition on lipid oxidation and protein carbonylation in experimental fermented sausages. *Food Chemistry*, 147, pp.70–77. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.09.120>
- Gao, R., Shi, H., Nie, R., Liu, H., Wang, Z., Zhang, D. and Zhang, C., 2024. Identification of potential markers, key aroma compounds, and hazardous compounds in different types of smoked meat products. *International Journal of Food Science & Technology*, 59(5), pp.2895–2907. <https://doi.org/10.1111/ijfs.17002>
- Gardini, F., Özogul, Y., Suzzi, G., Tabanelli, G. and Özogul, F., 2016. Technological factors affecting biogenic amine content in foods: A review. *Frontiers in Microbiology*, 7, 1218. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01218>
- Gardzielewska, J., Jakubowska, M., Tarasewicz, Z., Szczerbińska, D. and Ligocki, M., 2005. Meat quality of broiler quail fed on feeds with different protein content. *Age*, 19(22), p.20. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740680308>

- Gerner, E.W. and Meyskens Jr, F.L., 2004. Polyamines and cancer: old molecules, new understanding. *Nature Reviews Cancer*, 4(10), pp.781–792. <https://doi.org/10.1038/nrc1454>
- Glamočlija, N.M., 2013. Usporedna analiza mesnatosti trupova i odabranih parametara kvaliteta mesa brojlera. Doktorska disertacija – Fakultet Veterinarske Medicine, Univerzitet u Beogradu, Srbija.
- Gökoglu, N., 2003. Changes in biogenic amines during maturation of sardine *Sardina pilchardus* marinade. *Fisheries Science*, 69(4), pp.823–829. <https://doi.org/10.1046/j.1444-2906.2003.00653.x>
- Gou, Z., Abouelezz, K.F.M., Fan, Q., Li, L., Lin, X., Wang, Y., Cui, X., Ye, J., Masoud, M.A., Jiang, S. and Ma, X., 2021. Physiological effects of transport duration on stress biomarkers and meat quality of medium-growing Yellow broiler chickens. *Animal*, 15(2), 100079. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2020.100079>
- Grandin, T. 2000. Livestock handling and transport. 2nd ed. Wallingford, Oxon: CABI Publishing, pp.464.
- Grau, R. and Hamm, R., 1952. Eine einfache Methode zur Bestimmung der Wasserbindung im Fleisch. *Die Fleischwirtschaft*, 4, pp.295–297.
- Guillén, M.D. and Cabo, N., 2004. Study of the effects of smoke flavourings on the oxidative stability of the lipids of pork adipose tissue by means of Fourier transform infrared spectroscopy. *Meat Science*, 66(3), pp.647–657. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2003.09.007>
- Han, J., Wang, Y., Wang, Y., Hao, S., Zhang, K., Tian, J. and Jin, Y., 2024. Effect of changes in the structure of myoglobin on the color of meat products. *Food Materials Research*, 4(1). <https://doi.org/10.48130/fmr-0024-0005>
- Ho, C.T. and Chen, O., 1993. Lipids in food flavors. In: Ho, C.T. and Hartman, T.G. (eds.) *Lipids in Food Flavors*. Washington, DC: American Chemical Society, pp.1–15. <https://doi.org/10.1021/bk-1993-0500.ch001>
- Holland, D.C., 1971. Determination of malonaldehyde as an index of rancidity in nut meats. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, 54(5), pp.1024–1026.
- Honikel, H.O., 2006. Conversion of muscle to meat. W.K. Jensen, ed. *Encyclopedia of Meat Science*. New York: Elsevier, pp.314–318.
- Honikel, K.O., 1998. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat science*, 49(4), pp.447–457. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(98\)00034-5](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(98)00034-5).
- Honikel, K.O., 2007. Principles of curing. In: F. Toldrá, Y.H. Hui, I. Astiasarán, W.K. Nip, J.G. Sebranek, E.T.F. Silveira, L.H. Stahnke and R. Talon, eds. *Handbook of Fermented Meat and Poultry*, pp.16–30. Ames, IA, USA: Blackwell Publishing.
- Honikel, K.O., 2008. The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products. *Meat Science*, 78(1–2), pp.68–76. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.05.030>
- Honikel, K.O., 2010. Curing. In: F. Toldrá, ed. *Handbook of Meat Processing*, pp.125–145. Ames, IA, USA: Blackwell Publishing.

- Huang, Y., Li, H., Huang, T., Li, F. and Sun, J., 2014. Lipolysis and lipid oxidation during processing of Chinese traditional smoke-cured bacon. *Food Chemistry*, 149, pp.31–39. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.078>
- Huff-Lonergan, E. and Lonergan, S.M., 2005. Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat science*, 71(1), pp.194-204. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.04.022>.
- Hughes, J.M., Oiseth, S.K., Purslow, P.P. and Warner, R.D., 2014. A structural approach to understanding the interactions between colour, water-holding capacity and tenderness. *Meat science*, 98(3), pp.520-532. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.05.022>.
- Hui, Y.H., Nip, W.K., Rogers, R.W. and Young, O.A., 2001. *Meat Science and Applications*. New York & Basel: Marcel Dekker Inc.
- Hungerford, J.M., 2010. Scombroid poisoning: a review. *Toxicon*, 56(2), pp.231–243. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2010.05.014>
- Hunter, R.R., Mitchell, M.A. and Carlisle, A.J., 1999. Wetting of broilers during cold weather transport: a major source of physiological stress? *British Poultry Science*, 40(S1), pp.48–49. <https://doi.org/10.1080/00071669987469>
- Hussnain, F., Mahmud, A., MAHMOOD, S. and Jaspal, M.H., 2020. Effect of transportation distance and crating density on preslaughter losses and blood biochemical profile in broilers during hot and humid weather. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 44(2), pp.418-426. <https://doi.org/10.3906/vet-1905-85>
- ISO, 1992. Meat and meat products — Determination of nitrogen content (Reference method). *ISO 937:1992*. Geneva: International Organization for Standardization.
- ISO, 1992. Meat and meat products — Determination of total fat content. *ISO 1443:1992*. Geneva: International Organization for Standardization.
- ISO, 1998. Meat and meat products — Determination of moisture content (Reference method). *ISO 1442:1998*. Geneva: International Organization for Standardization.
- ISO, 1999. Meat and meat products — Determination of chloride content — Volhard method. *ISO 1841-1:1999*. Geneva: International Organization for Standardization.
- ISO, 1999. Meat and meat products — Determination of total ash. *ISO 936:1999*. Geneva: International Organization for Standardization.
- ISO, 2004. Meat and meat products — Measurement of pH — Reference method. *ISO 2917:2004*. Geneva: International Organization for Standardization.
- ISO, 2017. Foodstuffs — Determination of water activity. *ISO 18787:2017*. Geneva: International Organization for Standardization.
- ISO, 2017. Sensory analysis — Methodology — General guidance. *ISO 6658:2017*. Geneva: International Organization for Standardization.

- Jaguey Hernandez, Y., Aguilar Arteaga, K., Ojeda Ramirez, D., Anorve Morga, J., González Olivares, L.G. and Castaneda Ovando, A., 2021. Biogenic amines levels in food processing: Efforts for their control in foodstuffs. *Food Research International*, 144, 110341. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110341>
- Jahan, K., Paterson, A. and Spickett, C.M., 2004. Fatty acid composition, antioxidants and lipid oxidation in chicken breasts from different production regimes. *International Journal of Food Science and Technology*, 39(4), pp.443-453. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.00799.x>
- James, C., Vincent, C., de Andrade Lima, T.I. and James, S.J., 2006. The primary chilling of poultry carcasses—a review. *International Journal of Refrigeration*, 29(6), pp.847–862. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2005.08.003>
- James, S.J., 2002. New developments in the chilling and freezing of meat. In Kerry, J.P., Kerry, J. and Ledward, D. (eds.) *Meat Processing: Improving Quality*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, pp. 297–312. <https://doi.org/10.1533/9781855736665.3.297>
- Jastrzębska, A., Kowalska, S. and Szłyk, E., 2016. Studies of levels of biogenic amines in meat samples in relation to the content of additives. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 33(1), pp.27–40. <https://doi.org/10.1080/19440049.2015.1102363>
- Jayasena, D.D., Ahn, D.U., Nam, K.C. and Jo, C., 2013. Flavour chemistry of chicken meat: a review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 26(5), pp. 732–742. <https://doi.org/10.5713/ajas.2012.12619>.
- Joo, S.T. and Kim, G.D., 2011. Meat quality traits and control technologies. In: Control of Meat Quality. Kerala: Research Signpost, pp. 1–20.
- Jung, D.Y., Lee, D., Lee, H.J., Kim, H.J., Jung, J.H., Jang, A. and Jo, C., 2022. Comparison of chicken breast quality characteristics and metabolites due to different rearing environments and refrigerated storage. *Poultry Science*, 101(7), 101953. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.101953>
- Jung, Y.K., Jeon, H.J., Jung, S., Choe, J.H., Lee, J.H., Heo, K.N., Kang, B.S. and Jo, C.R., 2011. Comparison of quality traits of thigh meat from Korean native chickens and broilers. *Food Science of Animal Resources*, 31(5), pp.684-692. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2011.31.5.684>.
- Karabasil, N., Dimitrijević, M. and Milićević, D., 2011. Dobrobit životinja i uticaj na kvalitet mesa. Međunarodno 56. savetovanje industrije mesa, Tara 12–15 jun 2011. *Tehnologija mesa*, 52(1), pp.182–187.
- Kaur, L., Hui, S.X., Morton, J.D., Kaur, R., Chian, F.M. and Boland, M., 2021. Endogenous proteolytic systems and meat tenderness: Influence of post-mortem storage and processing. *Food Science of Animal Resources*, 41(4), pp. 589–607. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2021.e42>
- Kettlewell, P.J., Hoxey, R.P. and Mitchell, M.A., 2000. Heat produced by broiler chickens in a commercial transport vehicle. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 75(3), pp.315–326. <https://doi.org/10.1006/jaer.2000.0560>
- Kijowski, J., Niewiarowicz, A. and Kujawska-Biernat, B., 1982. Biochemical and technological characteristics of hot chicken meat. *International Journal of Food Science & Technology*, 17(5), pp. 553–560. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1982.tb01011.x>.

- Kim, D., Lee, S., Lee, K., Baek, S. and Seo, J., 2017. Development of a pH indicator composed of high moisture-absorbing materials for real-time monitoring of chicken breast freshness. *Food Science and Biotechnology*, 26(1), pp.37–42. <https://doi.org/10.1007/s10068-016-0163-0>
- Kim, H.J., Kim, H.J., Jeon, J., Nam, K.C., Shim, K.S., Jung, J.H., Kim, K.S., Choi, Y., Kim, S.H. and Jang, A., 2020. Comparison of the quality characteristics of chicken breast meat from conventional and animal welfare farms under refrigerated storage. *Poultry science*, 99(3), pp.1788-1796. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.12.009>
- Kim, J.H., Ahn, H.J., Lee, J.W., Park, H.J., Ryu, G.H., Kang, I.J. and Byun, M.W., 2005. Effects of gamma irradiation on the biogenic amines in pepperoni with different packaging conditions. *Food Chemistry*, 89(2), pp.199–205. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.02.023>
- Kim, Y.Y., Park, S.J., Kim, J.S. and Shin, H.S., 2022. Development of freshness indicator for monitoring chicken breast quality and freshness during storage. *Food Science and Biotechnology*, 31(3), pp.377–385. <https://doi.org/10.1007/s10068-022-01043-7>
- Kiyohara, R., Yamaguchi, S., Rikimaru, K. and Takahashi, H., 2011. Supplemental arachidonic acid-enriched oil improves the taste of thigh meat of Hinai-jidori chickens. *Poultry Science*, 90(8), pp.1817-1822. <https://doi.org/10.3382/ps.2010-01323>.
- Kjällstrand, J. and Petersson, G., 2001. Phenolic antioxidants in wood smoke. *Science of the Total Environment*, 277(1–3), pp.69–75. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(00\)00942-2](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(00)00942-2)
- Knope, K., Sloan-Gardner, T. and Stafford, R.J., 2014. Histamine fish poisoning in Australia, 2001 to 2013. *Communicable Diseases Intelligence*, 38, pp.285–293.
- Kolodziejska, I., Niecikowska, C., Januszewska, E. and Sikorski, Z.E., 2002. The microbial and sensory quality of mackerel hot smoked in mild conditions. *LWT-Food Science and Technology*, 35(1), pp.87-92.
- Koprivica, G., 2008. *Aktivnost vode i konzervisanje namirnica*
- Kralik, G., Has-Schön, E., Kralik, D. and Šperanda, M., 2008. *Peradarstvo – biološki i zootehnički principi*. Osijek: Sveučilište J.J. Strossmayera.
- Kranen, R.W., Lambooi, E., Veerkamp, C.H., Van Kuppevelt, T.H. and Veerkamp, J.H., 2000. Haemorrhages in muscles of broiler chickens. *World's Poultry Science Journal*, 56(2), pp.93–126.
- Krischek, C., Janisch, S., Günther, R. and Wicke, M., 2011. Nutrient composition of broiler and turkey breast meat in relation to age, gender and genetic line of the animals. *Archiv für Lebensmittelhygiene*, 62(3), p.76. <https://doi.org/10.2376/0003-925X-62-76>
- Kruk, Z.A., Yun, H., Rutley, D.L., Lee, E.J., Kim, Y.J. and Jo, C., 2011. The effect of high pressure on microbial population, meat quality and sensory characteristics of chicken breast fillet. *Food Control*, 22(1), pp.6–12. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2010.05.013>
- Kumolu-Johnson, C.A., Aladetohun, N.F. and Ndimele, P.E., 2010. The effects of smoking on the nutritional qualities and shelf-life of *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). *African Journal of Biotechnology*, 9(1). <https://doi.org/10.5897/AJB09.1348>

- Ladero, V., Calles-Enríquez, M., Fernández, M. and Alvarez, M.A., 2010. Toxicological effects of dietary biogenic amines. *Current Nutrition & Food Science*, 6(2), pp.145–156. <https://doi.org/10.2174/157340110791233203>
- Lazaro, C., Conte Junior, C.A., Medina Vara, M., Mota Rojas, D., Cruz Monterrosa, R. and Guerrero Legarreta, I., 2019. Effect of pre-slaughter confinement stress on physicochemical parameters of chicken meat. *Ciência Animal Brasileira*, 20, e-38059. <https://doi.org/10.1590/1089-6891v20e-38059>
- Lee, Y.B., Hargus, G.L., Webb, J.E., Rickansrud, D.A. and Hagberg, E.C., 1979. Effect of electrical stunning on postmortem biochemical changes and tenderness in broiler breast muscle. *Journal of Food Science*, 44(4), pp.1121–1122. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1979.tb03456.x>
- Lengkey, H.A.W., Siwi, J.A., Edianingsih, P. and Nangoy, F.J., 2013. The effect of transportation on broiler meat pH and tenderness. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 29(2), pp.331–336. <https://doi.org/10.2298/BAH1302331L>
- Lesiow, T., Sazmanko, T., Korzeniowska, M., Bobak, L. and Oziemblowski, M., 2009. Influence of the season of the year on some technological parameters and ultrastructure of PSE, normal and DFD chicken breast muscles. *Proceedings of the XIX European Symposium on the Quality of Poultry Meat*, 21–25 June 2009, Turku, Finland, pp. 21–25.
- Li, S., Xu, X. and Zhou, G., 2012. The roles of the actin–myosin interaction and proteolysis in tenderization during the aging of chicken muscle. *Poultry Science*, 91(1), pp. 150–160. <https://doi.org/10.3382/ps.2011-01437>.
- Lillard, D.A., 1987. Oxidative deterioration in meat, poultry, and fish.
- Liu, Y., He, Y., Li, H., Jia, D., Fu, L., Chen, J., Zhang, D. and Wang, Y., 2024. Biogenic amines detection in meat and meat products: The mechanisms, applications, and future trends. *Journal of Future Foods*, 4(1), pp.21-36. <https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2023.05.002>
- Liu, Y., Lyon, B.G., Windham, W.R., Lyon, C.E. and Savage, E.M., 2004. Principal component analysis of physical, color, and sensory characteristics of chicken breasts deboned at two, four, six, and twenty-four hours postmortem. *Poultry science*, 83(1), pp.101-108. <https://doi.org/10.1093/ps/83.1.101>
- Loneragan, S.M., Deeb, N., Fedler, C.A. and Lamont, S.J., 2003. Breast meat quality and composition in unique chicken populations. *Poultry Science*, 82(12), pp.1990-1994. <https://doi.org/10.1093/ps/82.12.1990>
- Lyon, B.G., Smith, D.P., Lyon, C.E. and Savage, E.M., 2004. Effects of diet and feed withdrawal on the sensory descriptive and instrumental profiles of broiler breast fillets. *Poultry science*, 83(2), pp.275-281.
- Madruca, M.S. and Mottram, D.S., 1995. The effect of pH on the formation of Maillard-derived aroma volatiles using a cooked meat system. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 68(3), pp.305-310.

- Mandava R., Hoogenkamp H., 1999. The role of processed products in the poultry meat industry. *Poultry Meat Science: Poultry Science Symposium Series Volume Twenty-five*, II ed. R.I. Richardson and G.C. Mead, 1999., CABI Publishing, New York, 397-410.
- Marcinkowska-Lesiak, M., Zdanowska-Sąsiadek, Ż., Stelmasiak, A., Damaziak, K., Michalczyk, M., Poławska, E., Wyrwisz, J. and Wierzbicka, A., 2016. Effect of packaging method and cold-storage time on chicken meat quality. *CyTA – Journal of Food*, 14(1), pp.41–46. <https://doi.org/10.1080/19476337.2015.1123592>
- Marcobal, A., De Las Rivas, B., Landete, J.M., Tabera, L. and Muñoz, R., 2012. Tyramine and phenylethylamine biosynthesis by food bacteria. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 52(5), pp.448–467. <https://doi.org/10.1080/10408398.2010.531242>
- Martuscelli, M., Pittia, P., Casamassima, L.M., Manetta, A.C., Lupieri, L. and Neri, L., 2009. Effect of intensity of smoking treatment on the free amino acids and biogenic amines occurrence in dry cured ham. *Food Chemistry*, 116(4), pp.955–962. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.03.051>
- Mead, G.C., 2004. Microbiological quality of poultry meat: a review. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 6(3), pp.135–142.
- Melton, S.L., 1999. Current status of meat flavour. In: Xiong, Y.L., Ho, C.T. and Shahidi, F. (eds.) *Quality Attributes of Muscle Foods*. Boston, MA: Springer, pp. 115–133. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-4469-2_6on.
- Meltzer, A., 1983. Thermoneutral zone and resting metabolic rate of broilers. *British Poultry Science*, 24(4), pp.471–476. <https://doi.org/10.1080/00071668308416772>
- Mendonca, A.F., 2010. Chapter 2: Microbiology of cooked meats. In: *Thermal Processing of Ready-to-Eat Meat Products*. USA: Wiley-Blackwell, pp.17–39.
- Mills, J., Donnison, A. and Brightwell, G., 2014. Factors affecting microbial spoilage and shelf life of chilled vacuum packed lamb transported to distant markets: A review. *Meat Science*, 98(1), pp.71–80. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.05.002>
- Milly, P.J.M., 2003. Antimicrobial properties of liquid smoke fractions.
- Min, B. and Ahn, D.U., 2005. Mechanism of lipid peroxidation in meat and meat products — a review. *Food Science and Biotechnology*, 14(1), pp.152–163.
- Min, B., Cordray, J.C. and Ahn, D.U., 2010. Effect of NaCl, myoglobin, Fe (II), and Fe (III) on lipid oxidation of raw and cooked chicken breast and beef loin. *Journal of agricultural and food chemistry*, 58(1), pp.600-605. <https://doi.org/10.1021/jf9029404>.
- Mir, N.A., Rafiq, A., Kumar, F., Singh, V. and Shukla, V., 2017. Determinants of broiler chicken meat quality and factors affecting them: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 54(10), pp.2997–3009. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2789-z>
- Mitchell, M.A. and Kettlewell, P.J., 2008. Engineering and design of vehicles for long distance road transport of livestock (ruminants, pigs and poultry). *Veterinaria Italiana*, 44(1), pp.201–213.

- Mitchell, M.A., Carlisle, A.J., Hunter, R.R. and Kettlewell, P.J., 2003. Weight loss in transit: an issue in broiler transportation. *Poultry Science*, 82(52), p.101.
- Mohedano, M.L., López, P., Spano, G. and Russo, P., 2015. Controlling the formation of biogenic amines in fermented foods. In: *Advances in Fermented Foods and Beverages*. Woodhead Publishing, pp.273–310.
- Møller, J.K., Adamsen, C.E. and Skibsted, L.H., 2003. Spectral characterisation of red pigment in Italian-type dry-cured ham: increasing lipophilicity during processing and maturation. *European Food Research and Technology*, 216(4), pp.290–296. <https://doi.org/10.1007/s00217-003-0718-3>
- Møller, J.K.S. and Skibsted, L.H., 2007. Color. In: Toldrá, F. et al. (eds.) *Handbook of Fermented Meat and Poultry*. Ames, IA: Blackwell Publishing, pp.203–216.
- Monin, G., Marinova, P., Talmant, A., Martin, J.F., Cornet, M., Lanore, D. and Grasso, F., 1997. Chemical and structural changes in dry-cured hams (Bayonne hams) during processing and effects of the dehairing technique. *Meat Science*, 47(1–2), pp.29–47. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(97\)00034-9](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(97)00034-9)
- Mottram, D.S., 1998. Flavour formation in meat and meat products: a review. *Food chemistry*, 62(4), pp.415–424. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(98\)00076-4](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00076-4).
- Muller, S.A., 1990. Packaging and meat quality. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 23(1), pp.22–25.
- Muñoz Esparza, N.C., Costa Catala, J., Comas Basté, O., Toro Funes, N., Latorre Moratalla, M.L., Veciana Nogués, M.T. and Vidal Carou, M.C., 2021. Occurrence of polyamines in foods and the influence of cooking processes. *Foods*, 10(8), 1752. <https://doi.org/10.3390/foods10081752>
- Muratore, G. and Licciardello, F., 2005. Effect of vacuum and modified atmosphere packaging on the shelf life of liquid smoked swordfish (*Xiphias gladius*) slices. *Journal of Food Science*, 70(5), pp.C359–C363. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.tb09968.x>
- Nicol, C.J. and Scott, G.B., 1990. Pre-slaughter handling and transport of broiler chickens. *Applied Animal Behaviour Science*, 28(1–2), pp.57–73. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(90\)90013-N](https://doi.org/10.1016/0168-1591(90)90013-N)
- Nielsen, B.L., Dybkjær, L. and Herskin, M.S., 2011. Road transport of farm animals: effects of journey duration on animal welfare. *Animal*, 5(3), pp.415–427. <https://doi.org/10.1017/S1751731110002112>
- Nijdam, E., Arens, P., Lambooi, E., Decuypere, E. and Stegeman, J.A., 2004. Factors influencing bruises and mortality of broilers during catching, transport, and lairage. *Poultry Science*, 83(9), pp.1610–1615. <https://doi.org/10.1093/ps/83.9.1610>
- Nijdam, E., Delezie, E., Lambooi, E., Nabuurs, M.J., Decuypere, E. and Stegeman, J.A., 2005. Comparison of bruises and mortality, stress parameters, and meat quality in manually and mechanically caught broilers. *Poultry Science*, 84(3), pp.467–474. <https://doi.org/10.1093/ps/84.3.467>
- Northcutt, J.K., 1997. Factors affecting poultry meat quality. *Bulletin 1157*. Athens, GA: University of Georgia, College of Agricultural and Environmental Sciences, Cooperative Extension Service, Department of Poultry Science.

- Northcutt, J.K., 2009. *Factors Affecting Poultry Meat Quality*. Bulletin 1157. Athens: University of Georgia Cooperative Extension.
- Nowak, A. and Krysiak, E., 2005. Predominant microflora of vacuum-packed frankfurters. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences* 2005, Vol. 14/55, SI 1, pp. 91-94.
- Ntzimani, A.G., Paleologos, E.K., Savvaidis, I.N. and Kontominas, M.G., 2008. Formation of biogenic amines and relation to microbial flora and sensory changes in smoked turkey breast fillets stored under various packaging conditions at 4 °C. *Food Microbiology*, 25(3), pp.509–517. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2007.12.003>
- Nychas, G.E. and Skandamis, P.N., 2005. Fresh meat spoilage and modified atmosphere packaging (MAP). In: *Improving the Safety of Fresh Meat*. Cambridge: Woodhead Publishing, pp.461–502.
- Odeyemi, O.A., Alegbeleye, O.O., Strateva, M. and Stratev, D., 2020. Understanding spoilage microbial community and spoilage mechanisms in foods of animal origin. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(2), pp.311–331. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12526>
- OECD/Food and Agriculture Organization of the United Nations., 2024. *OECD-FAO agricultural outlook 2024-2033*, Paris and Rome. OECD Publications Centre. <https://doi.org/10.1787/dd01d109-en>
- O'Neill, L.M., Galvin, K., Morrissey, P.A. and Buckley, D.J., 1998. Comparison of effects of dietary olive oil, tallow and vitamin E on the quality of broiler meat and meat products. *British Poultry Science*, 39(3), pp.365-371. <https://doi.org/10.1080/00071669888917>.
- Ordóñez, J.A., Cambero, M.I., Fernández, L., García, M.L., García de Fernández, G., De La Hoz, L. and Selgas, M.D., 1998. Características generales de la carne y componentes fundamentales. *Technología de los Alimentos*, 2, pp.170-187.
- Owens, C.M. and Sams, A.R., 2000. The influence of transportation on turkey meat quality. *Poultry Science*, 79(8), pp.1204–1207. <https://doi.org/10.1093/ps/79.8.1204>
- Owens, C.M., Cavitt, L.C. and Meullenet, J.F.C., 2004. Tenderness evaluation in poultry meat. In: *Proceedings of the 57th American Meat Science Association Reciprocal Meat Conference*, pp.115–121.
- Paleologos, E.K., Chytiri, S.D., Savvaidis, I.N. and Kontominas, M.G., 2003. Determination of biogenic amines as their benzoyl derivatives after cloud point extraction with micellar liquid chromatographic separation. *Journal of Chromatography A*, 1010(2), pp.217–224. [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(03\)00988-0](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(03)00988-0)
- Papastergiadis, A., Mubiru, E., Van Langenhove, H. and De Meulenaer, B., 2012. Malondialdehyde measurement in oxidized foods: evaluation of the spectrophotometric thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) test in various foods. *Journal of agricultural and food chemistry*, 60(38), pp.9589-9594. <https://doi.org/10.1021/jf302451c>.
- Patarata, L., Fernandes, L., Silva, J.A. and Fraqueza, M.J., 2022. The risk of salt reduction in dry-cured sausage assessed by the influence on water activity and the survival of *Salmonella*. *Foods*, 11(3), 444. <https://doi.org/10.3390/foods11030444>

- Pearce, K.L., Rosenvold, K., Andersen, H.J. and Hopkins, D.L., 2011. Water distribution and mobility in meat during the conversion of muscle to meat and ageing and the impacts on fresh meat quality attributes—A review. *Meat science*, 89(2), pp.111-124. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.04.007>.
- Pereira, J.A., Dionísio, L., Patarata, L. and Matos, T.J.S., 2015. Effect of packaging technology on microbiological and sensory quality of a cooked blood sausage, Morcela de Arroz, from Monchique region of Portugal. *Meat Science*, 101, pp.33-41. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.10.024>
- Pérez-Alvarez, J.A., Sendra-Nadal, E. and Sánchez-Zapata, E.J., 2010. Poultry flavor: general aspects and applications. *Handbook of poultry science and technology*, 2, pp.339-357. <https://doi.org/10.1002/9780470504475.ch24>.
- Perumalla, A.V.S., Saha, A., Lee, Y., Meullenet, J.F. and Owens, C.M., 2011. Marination properties and sensory evaluation of breast fillets from air-chilled and immersion-chilled broiler carcasses. *Poultry Science*, 90(3), pp.671-679. <https://doi.org/10.3382/ps.2010-01049>
- Petäjä-Kanninen, E. and Puolanne, E., 2007. Principles of meat fermentation. In: *Handbook of Fermented Meat and Poultry*, pp.31-55.
- Petracci M. and Baeza E., 2009. Harmonization of methodology of assessment of poultry meat quality features. *World's Poultry Science Journal*, Volume 67, Issue 01, 137-151. <https://doi.org/10.1017/S0043933911000122>
- Pippen, E.L. and Klose, A.A., 1955. Effects of ice water chilling on flavor of chicken. *Poultry Science*, 34(5), pp.1139-1146. <https://doi.org/10.3382/ps.0341139>
- Pisula, A. and Florowski, T., 2006. Critical points in the development of pork quality – a review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 56(3), pp.249-256.
- Pointon, A., Jenson, I., Jordan, D., Vanderlinde, P., Slade, J. and Sumner, J., 2006. A risk profile of the Australian red meat industry: approach and management. *Food Control*, 17(9), pp.712-718. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2005.08.011>
- Poste, L.M., 1990. A sensory perspective of effect of feeds on flavor in meats: poultry meats. *Journal of Animal Science*, 68(12), pp.4414-4420. <https://doi.org/10.2527/1990.68124414x>.
- Pravilnik o kvalitetu usitnjenog mesa, poluproizvoda od mesa i proizvoda od mesa, 2019. Službeni glasnik Republike Srbije, br. 50/2019, Beograd.
- Pravilnik o kvalitetu usitnjenog mesa, poluproizvoda od mesa i proizvoda od mesa. Službeni glasnik RS, br. 50/2019 i 34/2023.
- Przysiężna, E., 2005. Effect of chilling storage time on the proteolysis and lipid oxidation in vacuum-packed turkey breast muscles. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 55(4), pp.397-402.

- Qiao, M., Fletcher, D.L., Northcutt, J.K. and Smith, D.P., 2002. The relationship between raw broiler breast meat color and composition. *Poultry Science*, 81(3), pp.422–427. <https://doi.org/10.1093/ps/81.3.422>
- Qiao, M., Fletcher, D.L., Smith, D.P. and Northcutt, J.K., 2001. The effect of broiler breast meat color on pH, moisture, water-holding capacity, and emulsification capacity. *Poultry Science*, 80(5), pp.676–680. <https://doi.org/10.1093/ps/80.5.676>
- Rahelić, S., Joksimović, J. and Bučar, F., 1980. Tehnologija prerade mesa: (tehnologija mesa II). Tehnološki fakultet Univerziteta u Novom Sadu.
- Ralph, A., 2000. Appendix: Dietary reference values. *Human Nutrition and Dietetics*, 10th ed. Edinburg, UK, Churchill Livingstone, pp.849-863.
- Ramos, A.M., Serenius, T.V., Stalder, K.J. and Rothschild, M.F., 2007. Phenotypic correlations among quality traits of fresh and dry-cured hams. *Meat Science*, 77(2), pp.182–189. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.03.012>
- Ristić, M. and Damme, K., 2010. The meaning of pH-value for the meat quality of broilers—Influence of breed lines. *Scientific journal "Meat Technology"*, 51(2), pp.115-123.
- Ristić M., Freudenreich P., Damme K., 2008. Hemijski sastav živinskog mesa – poređenje brojlera, kokoši, ćuraka, pataka i gusaka. *Tehnologija mesa* 49, 3-4, 94-99.
- Ristić, M., Freudenreich, P., Werner, R., Schüssler, G., Köstner, U. & Ehrhardt, S., 2007. Hemijski sastav mesa brojlera u zavisnosti od porekla i godine proizvodnje. *Tehnologija mesa*, 48(5–6), pp.203–212.
- Ritz, C.W., Webster, A.B. and Czarick III, M., 2005. Evaluation of hot weather thermal environment and incidence of mortality associated with broiler live haul. *Journal of Applied Poultry Research*, 14(3), pp.594–602. <https://doi.org/10.1093/japr/14.3.594>
- Robertson, G.L., 2006. *Food Packaging: Principles and Practice*. CRC Press.
- Rodriguez, M.B.R., Conte-Junior, C.A., Carneiro, C.S., Lázaro, C.A. and Mano, S.B., 2015. Biogenic amines as a quality index in shredded cooked chicken breast fillet stored under refrigeration and modified atmosphere. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6), pp.2043–2048. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12411>
- Rokka, M., Eerola, S., Smolander, M., Alakomi, H.L. and Ahvenainen, R., 2004. Monitoring of the quality of modified atmosphere packaged broiler chicken cuts stored in different temperature conditions: B. Biogenic amines as quality indicating metabolites. *Food Control*, 15(8), pp.601–607. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2003.09.008>
- Ross, C.F. and Smith, D.M., 2006. Use of volatiles as indicators of lipid oxidation in muscle foods. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 5(1), pp.18-25. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2006.tb00077.x>
- Rouger, A., Tresse, O. and Zagorec, M., 2017. Bacterial contaminants of poultry meat: sources, species and dynamics. *Microorganisms*, 5(3), 50. <https://doi.org/10.3390/microorganisms5030050>

- Ruiz-Capillas, C. and Herrero, A.M., 2019. Impact of biogenic amines on food quality and safety. *Foods*, 8(2), 62. <https://doi.org/10.3390/foods8020062>
- Ruiz-Capillas, C. and Jiménez-Colmenero, F., 2004. Biogenic amines in meat and meat products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44(7–8), pp.489–599. <https://doi.org/10.1080/10408690490459502>
- Šakota, T., Lazić, V.L. and Gvozdenović, J.J., 2002. The effect of packaging material characteristics on the frankfurter shelf-life. *Tehnologija mesa*, 43(1-2), pp.47–51.
- Saláková, A., Straková, E., Válková, V., Buchtová, H. and Steinhäuserová, I., 2009. Quality indicators of chicken broiler raw and cooked meat depending on their sex. *Acta Veterinaria Brno*, 78(3), pp.497-504. <https://doi.org/10.2754/avb200978030497>
- Salinas, Y., Ros-Lis, J.V., Vivancos, J.L., Martínez-Manez, R., Marcos, M.D., Aucejo, S., Herranz, N. and Lorente, I., 2012. Monitoring of chicken meat freshness by means of a colorimetric sensor array. *Analyst*, 137(16), pp.3635-3643. <https://doi.org/10.1039/C2AN35211G>
- Samant, S.S., Crandall, P.G., O'Bryan, C.A., Lingbeck, J.M., Martin, E.M., Tokar, T. and Seo, H.S., 2016. Effects of smoking and marination on the sensory characteristics of cold cut chicken breast filets: A pilot study. *Food Science and Biotechnology*, 25(6), pp.1619–1625. <https://doi.org/10.1007/s10068-016-0256-7>
- Sampaio, G.R., Saldanha, T., Soares, R.A.M. and Torres, E.A.F.S., 2012. Effect of natural antioxidant combinations on lipid oxidation in cooked chicken meat during refrigerated storage. *Food chemistry*, 135(3), pp.1383-1390.
- Sams, A.R. and Janky, D.M., 1991. Characterization of rigor mortis development in four broiler muscles. *Poultry Science*, 70(4), pp.1003–1009. <https://doi.org/10.3382/ps.0701003>
- Sams, A.R., 2000. First processing: slaughter through chilling. *Poultry meat processing*, Boca Raton, FL: CRC Press, pp. 29–44.
- Sams, A.R., Alvarado, C. and Owens, C.M. eds., 2001. *Poultry meat processing* (Vol. 7). Boca Raton, FL: CRC Press.
- Santos, M.S., 1996. Biogenic amines: their importance in foods. *International Journal of Food Microbiology*, 29(2–3), pp.213–231. [https://doi.org/10.1016/0168-1605\(95\)00060-8](https://doi.org/10.1016/0168-1605(95)00060-8)
- Sañudo, C., Enser, M.E., Campo, M.M., Nute, G.R., Maria, G., Sierra, I. and Wood, J.D., 2000. Fatty acid composition and sensory characteristics of lamb carcasses from Britain and Spain. *Meat science*, 54(4), pp.339-346. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(99\)00108-4](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(99)00108-4).
- Schirone, M., Esposito, L., D'Onofrio, F., Visciano, P., Martuscelli, M., Mastrocola, D. and Paparella, A., 2022. Biogenic amines in meat and meat products: A review of the science and future perspectives. *Foods*, 11(6), 788. <https://doi.org/10.3390/foods11060788>
- Schwartzkopf-Genswein, K.S., Faucitano, L., Dadgar, S., Shand, P., González, L.A. and Crowe, T.G., 2012. Road transport of cattle, swine and poultry in North America and its impact on animal welfare, carcass and meat quality: a review. *Meat Science*, 92(3), pp.227–243. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.04.009>

- Selgas, M.D., Cáceres, E. and García, M.L., 2005. Long chain soluble dietary fibre as functional ingredient in cooked meat sausages. *Food Science and Technology International*, 11(1), pp.41–47. <https://doi.org/10.1177/1082013205051273>
- Shahidi, F., 2002. Lipid-derived flavors in meat products. *Meat processing: Improving quality, 1*, pp.105-121.
- Shalaby, A.R., 1996. Significance of biogenic amines to food safety and human health. *Food Research International*, 29(7), pp.675–690. [https://doi.org/10.1016/0963-9969\(96\)00043-8](https://doi.org/10.1016/0963-9969(96)00043-8)
- Shashank, A., Gupta, A.K., Singh, S. and Ranjan, R., 2021. Biogenic amines (BAs) in meat products, regulatory policies, and detection methods. *Current Nutrition & Food Science*, 17(9), pp.995–1005. <https://doi.org/10.2174/1573401317666210412161808>
- Shin, H.Y., Ku, K.J., Park, S.K. and Song, K.B., 2006. Use of freshness indicator for determination of freshness and quality change of chicken during storage. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 35(6), pp.761–767. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2006.35.6.761>
- Sikorski, Z.E. and Kolakowski, E., 2010. Smoking. In: F. Toldrá, ed. *Handbook of Meat Processing*, pp.231–245. Ames, IA, USA: Blackwell Publishing.
- Sikorski, Z.E. and Sinkiewicz, I., 2014. Principles of smoking. *Handbook of fermented meat and poultry*, pp.39-45. <https://doi.org/10.1002/9781118522653.ch6>.
- Sikorski, Z.E., 2016. *Smoked Foods: Principles and Production*. (Publisher not specified).
- Silva, C.M. and Glória, M.B.A., 2002. Bioactive amines in chicken breast and thigh after slaughter and during storage at 4±1 °C and in chicken-based meat products. *Food Chemistry*, 78(2), pp.241–248. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(01\)00398-6](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(01)00398-6)
- Šimko, P., 2002. Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked meat products and smoke flavouring food additives. *Journal of Chromatography B*, 770(1-2), pp.3–18. [https://doi.org/10.1016/S1570-0232\(02\)00003-7](https://doi.org/10.1016/S1570-0232(02)00003-7)
- Sinell, H.J., 1978. Biogene Amine als Risikofaktoren in der Fischhygiene.
- Škaljac, S., 2014. Uticaj različitih tehnoloških parametara na formiranje boje tradicionalne fermentisane kobasice (Petrovačka kobasica) tokom standardizacije bezbednosti i kvaliteta. Tehnološki Fakultet – Univerzitet u Novom Sadu, Srbija.
- Škrlep, M., Babič, K., Strojnik, L., Lukač, N.B., Ogrinc, N. and Čandek-Potokar, M., 2024. Effect of prolonged cold storage in a vacuum package on the quality of dry-cured ham. *Food Packaging and Shelf Life*, 42, 101257. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2024.101257>
- Smolander, M., Alakomi, H.L., Ritvanen, T., Vainionpää, J. and Ahvenainen, R., 2004. Monitoring quality of modified atmosphere packaged broiler cuts. *Food Control*, 15(3), pp.217–229. [https://doi.org/10.1016/S0956-7135\(03\)00064-7](https://doi.org/10.1016/S0956-7135(03)00064-7)
- Soltanizadeh, N., Kadivar, M., Behbahani, S. and Semnani, D., 2012. Modeling of cured meat colour formation using genetic algorithm and artificial neural network. In: *58th International Congress of Meat Science and Technology*, 12–17 August 2012, Montreal, Canada.

SRPS EN ISO, 2017. Microbiology of the food chain — Horizontal method for the enumeration of microorganisms — Part 2: Colony count at 30 degrees C by the surface plating technique — Technical Corrigendum 1. *SRPS EN ISO 4833-2:2017*. Geneva: International Organization for Standardization.

SRPS EN ISO, 2017. Microbiology of the food chain — Horizontal method for the detection and enumeration of *Listeria monocytogenes* and of *Listeria* spp. — Part 1: Detection method. *SRPS EN ISO 11290-1:2017*. Geneva: International Organization for Standardization.

SRPS EN ISO, 2017. Microbiology of the food chain — Horizontal method for the detection, enumeration and serotyping of *Salmonella* — Part 1: Detection of *Salmonella* spp. *SRPS EN ISO 6579-1:2017*. Geneva: International Organization for Standardization.

SRPS EN ISO, 2017. Microbiology of the food chain — Horizontal method for the detection and enumeration of Enterobacteriaceae — Part 2: Colony-count technique (ISO 21528-2:2017, corrected version 2018-06-01). *SRPS EN ISO 21528-2:2017*. Geneva: International Organization for Standardization.

SRPS EN ISO, 2023. Microbiology of the food chain — Horizontal method for the detection and enumeration of *Clostridium* spp. — Part 2: Enumeration of *Clostridium perfringens* by colony-count technique. *SRPS EN ISO 15213-2:2023*. Geneva: International Organization for Standardization.

Stajković, S., Karabasil, N., Pajičić, Đ. and Vasilev, D., 2025. Biogenic amines in meat and meat products: markers of quality and factors affecting formation. *Meat Technology Special Issue*, 66(3), pp.211–215. <https://doi.org/10.18485/meattech.2025.66.3.33>

Stajković, S.S., 2016. Uticaj odabranih premortalnih postupaka na pokazatelje stresa i kvalitet mesa svinja. Doctoral dissertation, University of Belgrade (Serbia).

Stolyhwo, A. and Sikorski, Z.E., 2005. Polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked fish—a critical review. *Food Chemistry*, 91(2), pp.303–311. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.06.012>

Strawford, M.L., Watts, J.M., Crowe, T.G., Classen, H.L. and Shand, P.J., 2011. The effect of simulated cold weather transport on core body temperature and behavior of broilers. *Poultry Science*, 90(11), pp.2415–2424. <https://doi.org/10.3382/ps.2011-01494>

Stumpe-Vīksna, I., Bartkevičs, V., Kukāre, A. and Morozovs, A., 2008. Polycyclic aromatic hydrocarbons in meat smoked with different types of wood. *Food Chemistry*, 110(3), pp.794–797. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.03.046>

Sujiwo, J., Kim, D. and Jang, A., 2018. Relation among quality traits of chicken breast meat during cold storage: correlations between freshness traits and torrymeter values. *Poultry science*, 97(8), pp.2887–2894. <https://doi.org/10.3382/ps/pey138>

Suvajdžić, B., Tasić, T., Teodorović, V., Janković, V., Dimitrijević, M., Karabasil, N. and Vasilev, D., 2020. Biogenic amine content during the production and ripening of Sremski kulen, Serbian traditional dry fermented sausage. *Animal Science Journal*, 91(1), e13466. <https://doi.org/10.1111/asj.13466>

- Takahashi, H., Rikimaru, K., Kiyohara, R. and Yamaguchi, S., 2012. Effect of arachidonic acid-enriched oil diet supplementation on the taste of broiler meat. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 25(6), p.845. <https://doi.org/10.5713/ajas.2011.11517>.
- Tang, H., Gong, Y.Z., Wu, C.X., Jiang, J., Wang, Y. and Li, K., 2009. Variation of meat quality traits among five genotypes of chicken. *Poultry science*, 88(10), pp.2212-2218. <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00036>.
- Tarladgis, B.G., Pearson, A.M. and Jun, L.D., 1964. Chemistry of the 2-thiobarbituric acid test for determination of oxidative rancidity in foods. II.—formation of the TBA malonaldehyde complex without acid heat treatment. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 15(9), pp.602–607. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740150904>
- Tasić, T., Ikonić, P., Mandić, A., Jokanović, M., Tomović, V., Savatić, S. and Petrović, L., 2012. Biogenic amines content in traditional dry fermented sausage Petrovská klobása as possible indicator of good manufacturing practice. *Food Control*, 23(1), pp.107–112. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2011.06.019>
- Taylor, R.D. and Jones, G.P.D., 2004. The incorporation of whole grain into pelleted broiler chicken diets. II. Gastrointestinal and digesta characteristics. *British poultry science*, 45(2), pp.237-246. <https://doi.org/10.1080/00071660410001715849>
- ten Brink, B., Damink, C., Joosten, H.M.L.J. and In't Veld, J.H., 1990. Occurrence and formation of biologically active amines in foods. *International Journal of Food Microbiology*, 11(1), pp.73–84. [https://doi.org/10.1016/0168-1605\(90\)90040-B](https://doi.org/10.1016/0168-1605(90)90040-B)
- Teodorović, V., Karabasil, N., Dimitrijević, M. and Vasilev, D., 2015. Higijena i tehnologija mesa. *Univerzitet u Beogradu, Fakultet veterinarske medicine. Naučna KMD*.
- Toldrá, F., 1998. Proteolysis and lipolysis in flavour development of dry-cured meat products. *Meat science*, 67, 711–719. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(98\)00077-1](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(98)00077-1).
- Toldrá, F., 2006. The role of muscle enzymes in dry-cured meat products with different drying conditions. *Trends in Food Science & Technology*, 17(4), pp.164-168. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2005.08.007>.
- Tornberg, E., 2005. Effects of heat on meat proteins – Implications on structure and quality of meat products. *Meat Science*, 70(3), pp.493–508. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.11.021>
- Tortora G., Funke B., Case, C. (2013): *Microbiology an introduction*, 11th ed., Pearson Education, Inc. Glenview, 91-93, 153-158.
- Triki, M., Herrero, A.M., Jiménez-Colmenero, F. and Ruiz-Capillas, C., 2018. Quality assessment of fresh meat from several species based on free amino acid and biogenic amine contents during chilled storage. *Foods*, 7(9), 132. <https://doi.org/10.3390/foods7090132>
- Tuncer, B. and Sireli, U.T., 2008. Microbial growth on broiler carcasses stored at different temperatures after chilling. *Poultry Science*, 87(4), pp.793–799. <https://doi.org/10.3382/ps.2007-00438>

- Uredba Komisije (EZ) br. 1881/2006 od 19. decembra 2006. o utvrđivanju najvećih dopuštenih količina određenih kontaminanata u hrani, 2006. Službeni list Evropske unije. Dostupno na: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:364:0005:0024:EN:PDF>
- Valceschini, E., 2006. Poultry meat trends and consumer attitudes. In: Proceedings of the 12th European Poultry Conference, Verona, Italy, 10–14 September 2006, p. 359.
- Van Ba, H., Hwang, I., Jeong, D. and Touseef, A., 2012. Principle of meat aroma flavors and future prospect. *Latest research into quality control*, 2, pp.145-176. <https://doi.org/10.5772/51110>.
- Van Heerden, S.M., Schönfeldt, H.C., Smith, M.F. and van Rensburg, D.J., 2002. Nutrient content of South African chickens. *Journal of food composition and analysis*, 15(1), pp.47-64. . <https://doi.org/10.1006/jfca.2001.1040>.
- Vasilev, D., Vuković, I., Saičić, S., Vasiljević, N., Milanović-Stevanović, M. and Tubić, M., 2010. Sastav i važnije promene masti funkcionalnih fermentisanih kobasica. *Meat Technology*, 51(1), pp.27–35.
- Verbeke, W., Van Oeckel, M., Warnants, N., Viaene, J. and Boucqué, C., 1999. Consumer perception, facts and possibilities to improve acceptability of health and sensory characteristics of pork. *Meat Science*, 53(2), pp.77–99. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(99\)00034-4](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(99)00034-4)
- Vieira, F.M.C., Silva, I.J.O.D., Barbosa Filho, J.A.D., Vieira, A.M.C., Rodrigues-Sarnighausen, V.C. and Garcia, D.D.B., 2011. Thermal stress related with mortality rates on broilers' pre-slaughter operations: a lairage time effect study. *Ciência Rural*, 41(9), pp.1639–1644.
- Viljoen, H.F., De Kock, H.L. and Webb, E.C., 2002. Consumer acceptability of dark, firm and dry (DFD) and normal pH beef steaks. *Meat Science*, 61(2), pp.181–185. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(01\)00183-5](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(01)00183-5)
- Voslarova, E., Chloupek, P., Vosmerova, P., Chloupek, J., Bedanova, I. and Vecerek, V., 2011. Time course changes in selected biochemical indices of broilers in response to pre-transport handling. *Poultry Science*, 90(10), pp.2144–2152. <https://doi.org/10.3382/ps.2011-01429>
- Vosmerova, P., Chloupek, J., Bedanova, I., Chloupek, P., Kruzikova, K., Blahova, J. and Vecerek, V., 2010. Changes in selected biochemical indices related to transport of broilers to slaughterhouse under different ambient temperatures. *Poultry Science*, 89(12), pp.2719–2725. <https://doi.org/10.3382/ps.2010-00937>
- Vuković, I., 1998. Osnove tehnologije mesa. Veterinarska komora Srbije.
- Vuković, I., 2012. Osnove tehnologije mesa. 4th ed. Veterinarska komora Srbije, Beograd.
- Vuković, I., 2020. Tehnologija mesa. I izdanje. Zavod za udžbenike, Beograd.
- Wang, Q., Zhao, Y., Sui, Y., Chen, Q., Dong, Z., Liu, Q., Kong, B. and Qin, L., 2025. Prediction of specific spoilage organisms in smoked chicken legs with modified atmosphere packaging at 4 °C using multivariate statistical analysis. *Food Science and Human Wellness*, 14(1), 9250020.
- Warriss, P.D., 2000. *Meat Science: An Introductory Text*. Wallingford: CABI.

- Warriss, P.D., Kestin, S.C., Brown, S.N., Knowles, T.G., Wilkins, L.J., Edwards, J.E., Austin, S.D. and Nicol, C.J., 1993. The depletion of glycogen stores and indices of dehydration in transported broilers. *British Veterinary Journal*, 149(4), pp.391–398. [https://doi.org/10.1016/S0007-1935\(05\)80006-0](https://doi.org/10.1016/S0007-1935(05)80006-0)
- Wasserman, A.E., 1972. Thermally produced flavor components in the aroma of meat and poultry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 20(4), pp.737-741
- Wattanachant, S., Benjakul, S. and Ledward, D.A., 2004. Composition, color, and texture of Thai indigenous and broiler chicken muscles. *Poultry science*, 83(1), pp.123-128. <https://doi.org/10.1093/PS/83.1.123>
- Watts, J.M., Graff, L.J., Strawford, M.L., Crowe, T.G., Burlingette, N.A., Classen, H.L. and Shand, P.J., 2011. Heat and moisture production by broilers during simulated cold weather transport. *Poultry Science*, 90(9), pp.1890–1899. <https://doi.org/10.3382/ps.2010-011>
- Webster, A.J.F., Tuddenham, A., Saville, C.A. and Scott, G.B., 1993. Thermal stress on chickens in transit. *British Poultry Science*, 34(2), pp.267–277. <https://doi.org/10.1080/00071669308417666>
- Weeks, C. and Nicol, C., 2000. Poultry handling and transport.
- Weeks, C.A., 2014. Poultry handling and transport. In: *Livestock Handling and Transport*. Wallingford, UK: CABI, pp.378–398.
- Whiting, T.L., Drain, M.E. and Rasali, D.P., 2007. Warm weather transport of broiler chickens in Manitoba. II. Truck management factors associated with death loss in transit to slaughter. *The Canadian Veterinary Journal*, 48(2), p.148.
- Wójcik, W., Łukasiewicz-Mierzejewska, M., Damaziak, K. and Bień, D., 2022. Biogenic amines in poultry meat and poultry products: formation, appearance, and methods of reduction. *Animals*, 12(12), 1577. <https://doi.org/10.3390/ani12121577>
- Wojnowski, W., Kalinowska, K., Majchrzak, T., Płotka-Wasyłka, J. and Namieśnik, J., 2019. Prediction of the biogenic amines index of poultry meat using an electronic nose. *Sensors*, 19(7), 1580. <https://doi.org/10.3390/s19071580>
- Wunderlichová, L., Buňková, L., Koutný, M., Jančová, P. and Buňka, F., 2014. Formation, degradation, and detoxification of putrescine by foodborne bacteria: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13(5), pp.1012–1030. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12076>
- Young, L.L. and Lyon, C.E., 1997. Effect of postchill aging and sodium tripolyphosphate on moisture binding properties, color, and Warner-Bratzler shear values of chicken breast meat. *Poultry Science*, 76(11), pp.1587–1590. <https://doi.org/10.1093/ps/76.11.1587>
- Yue, H.Y., Zhang, L., Wu, S.G., Xu, L., Zhang, H.J. and Qi, G.H., 2010. Effects of transport stress on blood metabolism, glycolytic potential, and meat quality in meat-type yellow-feathered chickens. *Poultry Science*, 89(3), pp.413–419. <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00314>
- Zeng, J., Wu, J., Chen, H. and Ni, S., 2021. Review on biological degradation of biogenic amines in food. *International Journal of Agricultural Science and Food Technology*, 7, pp.331–334.

- Zhang, C., Wang, L., Zhao, X.H., Chen, X.Y., Yang, L. and Geng, Z.Y., 2017. Dietary resveratrol supplementation prevents transport-stress-impaired meat quality of broilers through maintaining muscle energy metabolism and antioxidant status. *Poultry Science*, 96(7), pp.2219–2225. <https://doi.org/10.3382/ps/pex017>
- Zhang, L. and Barbut, S., 2005. Rheological characteristics of fresh and frozen PSE, normal and DFD chicken breast meat. *British Poultry Science*, 46(6), pp.687–693. <https://doi.org/10.1080/00071660500303018>
- Zhang, L., Yue, H.Y., Zhang, H.J., Xu, L., Wu, S.G., Yan, H.J., Gong, Y.S. and Qi, G.H., 2009. Transport stress in broilers: I. Blood metabolism, glycolytic potential, and meat quality. *Poultry science*, 88(10), pp.2033-2041. <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00128>
- Zhang, Z.Y., Jia, G.Q., Zuo, J.J., Zhang, Y., Lei, J., Ren, L. and Feng, D.Y., 2012. Effects of constant and cyclic heat stress on muscle metabolism and meat quality of broiler breast fillet and thigh meat. *Poultry Science*, 91(11), pp.2931–2937. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02518>
- Zheng, A., Lin, S., Pirzado, S.A., Chen, Z., Chang, W., Cai, H. and Liu, G., 2020. Stress associated with simulated transport, changes serum biochemistry, postmortem muscle metabolism, and meat quality of broilers. *Animals*, 10(8), 1442. <https://doi.org/10.3390/ani10081442>
- Zhuang, H. and Savage, E.M., 2009. Variation and Pearson correlation coefficients of Warner-Bratzler shear force measurements within broiler breast fillets. *Poultry Science*, 88(1), pp.214–220. <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00337>
- Zhuang, H. and Savage, E.M., 2011. Comparison of sensory descriptive flavor profiles between cooked hot-boned and cold-deboned broiler breast fillets. *International Journal of Poultry Science*, 10(6), pp.426–432. <https://doi.org/10.3923/ijps.2011.426.432>

BIOGRAFIJA

Vesna Radović je rođena 13.03.1973. u Kosovskoj Mitrovici. Osnovnu školu i Gimnaziju završila je u Leposaviću. Diplomirala je na Fakultetu veterinarske medicine Univerziteta u Beogradu 2001. god. Specijalističke akademske studije je završila 2013. god. na Fakultetu Veterinarske medicine Univerziteta u Beogradu sa prosečnom ocenom 9,56. Doktorske akademske studije na Fakultetu Veterinarske medicine Univerziteta u Beogradu upisala je školske 2020/2021 godine. Ispite predviđene planom i programom doktorskih akademskih studija je položila sa prosečnom ocenom 9,75.

U periodu od 2004. god. do 2024. god. bila je zaposlena u Agenciji za veterinu i hranu, u Prištini.

Prilog 1.

Izjava o autorstvu

Potpisani-a Vesna Radović

broj upisa 2020/5018

Izjavljujem

da je doktorska disertacija pod naslovom

Uticaj dužine transporta brojlera na važnije parametre bezbednosti i kvaliteta svežeg i dimljenog mesa

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

Potpis doktoranda

U Beogradu, _____

Prilog 2.

Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije doktorskog rada

Ime i prezime autora: Vesna Radović

Broj upisa: 2020/5018

Studijski program: Doktorske akademske studije

Naslov rada: "Uticaj dužine transporta brojlera na važnije parametre bezbednosti i kvaliteta svežeg i dimljenog mesa"

Mentor 1: prof. dr Silvana Stajković

Mentor 2: prof. dr Vladimir Kurćubić

Potpisani: Vesna Radović

izjavljujem da je štampana verzija mog doktorskog rada istovetna elektronskoj verziji koju sam predao/la za objavljivanje na portalu **Digitalnog repozitorijuma Univerziteta u Beogradu**.

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

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

Potpis doktoranda

U Beogradu, _____

Prilog 3.

Izjava o korišćenju

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

Uticaj dužine transporta brojlera na važnije parametre bezbednosti i kvaliteta svežeg i dimljenog mesa

koja je moje autorsko delo.

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

Moju doktorsku disertaciju pohranjenu u Digitalni repozitorijum Univerziteta u Beogradu mogu da koriste svi koji poštuju odredbe sadržane u odabranom tipu licence Kreativne zajednice (Creative Commons) za koju sam se odlučio/la.

1. Autorstvo
2. Autorstvo - nekomercijalno
3. Autorstvo – nekomercijalno – bez prerade
4. Autorstvo – nekomercijalno – deliti pod istim uslovima
5. Autorstvo – bez prerade
6. Autorstvo – deliti pod istim uslovima

(Molimo da zaokružite samo jednu od šest ponuđenih licenci, kratak opis licenci dat je na poleđini lista).

Potpis doktoranda

U Beogradu, _____
