

UNIVERZITET U BEOGRADU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET

Boris P. Pisinov

**FIZIČKO-HEMIJSKA, NUTRITIVNA I
SENZORNA SVOJSTVA KOBASICA U TIPU
FRANKFURTERA OD MESA IZLUČENIH
KOZA**

doktorska disertacija

Beograd, 2021

UNIVERSITY OF BELGRADE

FACULTY OF AGRICULTURE

Boris P. Pisinov

**PHYSICO-CHEMICAL, NUTRITIONAL AND
SENSORY PROPERTIES OF SAUSAGES IN
THE TYPE OF FRANKFURTER OF CULLED
GOAT MEAT**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2021

Mentor: dr Slaviša Stajić, vanredni profesor,
Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet

Članovi komisije: dr Dušan Živković, redovni profesor,
Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet

dr Snežana Ivanović, naučni savetnik,
Naučni institut za veterinarstvo Srbije, Beograd

dr Igor Tomašević, vanredni profesor,
Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet

dr Mališa Antić, redovni profesor,
Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet

dr Vladimir Kurćubić, vanredni profesor,
Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet

Datum odbrane: _____

Zahvaljujem

Doc. dr Slaviši Stajiću, mom mentoru, iskreno i neizmerno, jer mi je pružio priliku, kao i nesebičnu pomoć i podršku, obezbedio uslove i imao puno poverenja u mene;

Prof. dr Dušanu Živkoviću, sa kojim sam započeo svoj naučni rad, a potom ga, na svoje veliko zadovoljstvo, uspešno i završio u okviru ove doktorske disertacije;

Dr Snežani Ivanović, na korektnom i profesionalnom odnosu, korisnim i konstruktivnim savetima;

Koleginici Gordani Kulić, na iskrenim i prijateljskim savetima tokom izrade doktorske disertacije;

Mojim roditeljima, Nadi i Panči, koji su mi, u teškim vremenima iza nas, omogućili put do mesta na kome se u ovom trenutku nalazim;

Svojoj supruzi Sanji, mojoj inspiraciji i izvoru snage.

Autor

FIZIČKO-HEMIJSKA, NUTRITIVNA I SENZORNA SVOJSTVA KOBASICA U TIPU FRANKFURTERA OD MESA IZLUČENIH KOZA

Sažetak

Povećanje broja koza u svetu, posebno onih namenjenih za proizvodnju mleka, neminovno dovodi do rasta populacije starih i izlučenih životinja čije meso je nedovoljno iskorišćeno i ima malu komercijalnu vrednost.

Cilj istraživanja je da se ispita uticaj upotrebe različitih količina mesa od starih i izlučenih koza na kvalitet fino usitnjenih barenih kobasica, u tipu frankfurtera od goveđeg mesa, na kraju procesa proizvodnje i tokom skladištenja u vakuum pakovanju. Prateći cilj je da se u recepturi utvrdi nivo zamene goveđeg mesa kozjim mesom, koji garantuje prihvatljivost proizvoda i time doprinese afirmaciji i povećanju komercijalne vrednosti mesa od starih koza.

Četiri različita nivoa (25–100%) mesa od starih koza korišćena su u formulaciji frankfurtera (frankfurteri G25, G50, G75 i G100) umesto govedine (CON) i skladišteni su na 0–4° C, tokom 42 dana. Tehnološka, nutritivna i senzorna svojstva, stabilnost masti, profili masnih kiselina, isparljivih organskih jedinjenja i aminokiselina, mikrobiološki kvalitet i bezbednost ispitani su 0., 21. i 42. dana.

Istraživanja sprovedena u okviru ove disertacije nisu utvrdila negativan uticaj upotrebe mesa od izlučenih koza na fizičko-hemijska, tehnološka, nutritivna, senzorna i mikrobiološka svojstva fino usitnjenih barenih kobasica, u tipu frankfurtera, kao ni na njihovu stabilnost tokom šestonedelnog skladištenja u vacuum pakovanju. U pogledu senzornih svojstava mogu se izdvojiti frankfurteri sa 50% i 75% kozjeg mesa u formulaciji, koje su panel ocenjivači i potrošači, respektivno, ocenili kao najprihvatljiviji.

Bolja iskorišćenost i dodatna vrednost mesa od starih i izlučenih koza mogu se postići njegovom eksploatacijom u proizvodnji dobro poznatih i rado konzumiranih proizvoda od mesa, kao što su frankfurteri.

Ključne reči: frankfurter, meso od starih koza, formulacija, vreme skladištenja, tehnološka svojstva, masnokiselinski sastav, aminokiselinski sastav, nutritivna svojstva, isparljiva organska jedinjenja, senzorna svojstva

Naučna oblast: Biotehničke nauke

Uža naučna oblast: Nauka o mesu

UDK broj: 637.524.05:636.39(043.3)

PHYSICO-CHEMICAL, NUTRITIONAL AND SENSORY PROPERTIES OF SAUSAGES IN THE TYPE OF FRANKFURTER OF CULLED GOAT MEAT

Abstract

An increase in the number of goats in the world, especially those intended for milk production, inevitably leads to an increase in the population of aged and culled animals whose meat is underused and has a small commercial value.

The aim of the research is to examine the influence of the use of different quantities of meat from aged and culled goats on the quality of emulsified sausages, in the type of beef frankfurter, at the end of the production process and during storage in vacuum packaging. The accompanying goal is to determine the level of substitution of beef with goat meat in the recipe that guarantees the acceptability of the product and thus contribute to the affirmation and increase of the commercial value of meat of aged goats.

Four different levels (25–100%) of meat from aged goat are used in frankfurter formulation (frankfurters G25, G50, G75 and G100) instead of beef (CON) and are stored at 0–4° C for 42 days. Technological, nutritional and sensory properties, fat stability, profiles of fatty acids, volatile organic compounds and amino acids, microbiological quality and safety are tested on days 0, 21 and 42.

The researches conducted within this dissertation did not determined the negative impact of the use of meat from culled goats on the physico-chemical, technological, nutritional, sensory and microbiological properties of emulsified sausages, in the type of frankfurters, nor on their stability during 6-weeks of storage in vacuum packaging. In terms of sensory properties, frankfurters with 50% and 75% of goat meat in the formulation can be singled out, which panel-evaluators and consumers, respectively, rated as the most acceptable.

Better utilization and additional value of meat from aged and culled goats can be achieve by the its exploitation in the production of well-known and often consumed meat products, such as frankfurters.

Key words: frankfurter, meat of old goats, formulation, storage time, technological properties, fatty acid composition, amino acid composition, nutritional properties, volatile organic compounds, sensory properties

Scientific field: Biotechnical Science

Scientific subfield: Meat Science

UDK number: 637.524.05:636.39(043.3)

Sadržaj

Lista skraćénica.....	i
1. UVOD	1
2. PREGLED LITERATURE	3
2.1. Proizvodnja i potrošnja kozjeg mesa u svetu i Srbiji	3
2.2. Značaj mesa koza u ishrani	6
2.2.1. Svojstva mesa koza	7
2.2.2. Svojstva proizvoda od mesa koza	10
2.2.2.1. Proizvodi od mesa koza koji se ne obrađuju toplotom	11
2.2.2.2. Proizvodi od mesa koza koji se obrađuju toplotom	14
2.3. Barene kobasice	18
2.3.1. Fino usitnjene barene kobasice	19
2.3.2. Tehnološki postupak proizvodnje fino usitnjenih barenih kobasica.....	19
2.3.2.1. Izbor sirovine	21
2.3.2.2. Dodaci	22
2.3.2.3. Mesno testo i mesna emulzija	24
2.3.2.4. Postupak izrade nadeva.....	27
2.3.2.5. Postupak punjenja	28
2.3.2.6. Postupak dimljenja i toplotne obrade.....	29
2.3.2.7. Tehnološke greške u postupku proizvodnje.....	31
2.3.2.8. Novi trendovi u tehnologiji mesa.....	32
2.3.2.8.1 Proizvodi u tipu fino usitnjenih barenih kobasica sa smanjenim sadržajem masti	32
2.3.2.8.2. Proizvodi u tipu fino usitnjenih barenih kobasica sa smanjenim sadržajem soli	33
3. CILJ I ZADATAK ISTRAŽIVANJA.....	34
4. MATERIJAL I METODE	36
4.1. Materijal.....	36
4.1.1. Izrada frankfurtera.....	36
4.1.2. Uzorkovanje	37
4.2. Metode	38
4.2.1. Ispitivanje stabilnosti mesne emulzije	38
4.2.2. Ispitivanje osnovnog hemijskog sastava, pH vrednosti, hidroksiprolina, rezidualnog nitrita i ukupnog fosfora.....	38
4.2.3. Instrumentalno merenje boje i profila teksture	40
4.2.4. Ispitivanje stabilnosti masti.....	42

4.2.5. Ispitivanje profila masnih kiselina	43
4.2.6. Ispitivanje nutritivnih svojstava	43
4.2.7. Ispitivanje profila isparljivih organskih jedinjenja	45
4.2.8. Ispitivanje profila aminokiselina.....	45
4.2.9. Senzorna analiza	46
4.2.10. Mikrobiološki kvalitet i bezbednost.....	48
4.2.11. Statistička analiza.....	49
5. PREGLED REZULTATA I DISKUSIJA.....	50
5.1. Stabilnost mesne emulzije.....	50
5.2. Osnovni hemijski sastav, pH vrednost, udeo kolagena u ukupnim proteinima, rezidualni nitrit i ukupni fosfor.....	50
5.3. Instrumentalna boja i profil teksture	54
5.4. Stabilnost masti	59
5.5. Profil masnih kiselina.....	60
5.6. Nutritivna svojstva	65
5.7. Profil isparljivih organskih jedinjenja.....	68
5.7.1. Homociklična i nearomatična isparljiva organska jedinjenja	68
5.7.2. O-heterociklična isparljiva organska jedinjenja.....	79
5.7.3. N-heterociklična isparljiva organska jedinjenja.....	82
5.7.4. S-heterociklična isparljiva organska jedinjenja	84
5.8. Profil aminokiselina	87
5.9. Senzorna analiza	91
5.10. Mikrobiološki kvalitet i bezbednost.....	95
6. ZAKLJUČCI.....	98
7. LITERATURA.....	101
PRILOZI	125
BIOGRAFIJA	131
IZJAVE	132

Lista skraćenica

AI	aterogeni indeks
ALA	α -linoleinska kiselina
ANOVA	analiza varijansi
CATA	check-all-that-apply metoda
CFU	colony forming units
CLA	konjugovana linolna kiselina
CON	goveđi frankfurter – kontrolna grupa
CVS	kompjuterski vizuelni sistem
D	koeficijent rastojanja
DABS-Cl	4-metilaminoazobenzol-4'-sulfonilhlorid
DHA	dokozaheksaenoinska kiselina
EAK	esencijalne aminokiseline
EPA	eikozapentaenoinska kiselina
F	formulacija
FLQ	kvalitet lipida mesa
GC-FID	gasna hromatografija sa plameno-jonizujućim detektorom
GC-MS	gasna hromatografija-masena spektrometrija
GF	frankfurter sa udelom kozjeg mesa
HPLC-UV/VIS	tečna hromatografija visokih performansi sa detektorom ultraljubičaste-vidljive svetlosti
5'-IMP	inozin-5'-monofosfat
k _f	konverzioni faktor
LA	linolna kiselina
M	srednja vrednost
MUFA	mononezasićene masne kiseline
NEAK	neesencijalne aminokiseline
n-3 masne kiseline	ω -3 masne kiseline
n-6 masne kiseline	ω -6 masne kiseline
PUFA	polinezasićene masne kiseline
RP-HPLC	reverzno-fazna tečna hromatografija visokih performansi
rpm	broj obrta u minuti
S	vreme skladištenja
SD	standardna devijacija
SDE	simultana destilaciono-ekstrakciona tehnika
SFA	zasićene masne kiseline
TBARS	reaktivne supstance tiobarbiturne kiseline
TCD	ukupna razlika u boji
TI	trombogeni indeks
VOC	isparljiva organska jedinjenja

1. UVOD

Istorijski, koze i ovce su kategorizovane kao mali preživari, implicirajući sličnosti na fiziološkom, funkcionalnom i proizvodnom nivou. Uzgajanje koza je u prošlosti bilo povezano sa političkim i ekonomskim razvojem u različitim regionima sveta. Danas, koze su prisutne širom sveta, sa izuzetkom ekstremno hladnih područja. Koze žive u malim ili velikim stadima i to u različitim oblastima i sredinama: ravničarskim, pustinjanskim, brdovitim i planinskim. Devendra (2010) navodi da postoji 1 156 različitih rasa koza. U poslednjih nekoliko decenija broj koza, kao i proizvodnja kozjeg mesa, beleži značajan porast na globalnom nivou. Prema Organizaciji ujedinjenih nacija za hranu i poljoprivredu (FAOSTAT, 2018), od početka veka broj koza se povećao za oko 30%, a proizvodnja kozjeg mesa za gotovo 50%. I dok se u Aziji i Africi uzgaja najveći broj koza koje se smatraju pogodnim za proizvodnju mesa, u Evropi, pre svega u zemljama Mediterana (Francuska, Italija, Španija i Grčka), populacija koza se uglavnom sastoji od mlečnih rasa, čije se mleko koristi prvenstveno u proizvodnji sira, a pomenute zemlje najviše doprinose ukupnom broju zaklanih koza (Mahgoub i sar., 2012; Stajić i sar., 2020). Na teritoriji Republike Srbije, zabeležen je značajan porast broja koza između 2011. i 2012. godine (oko 79%), uz blagi pad do danas (FAOSTAT, 2018), sa populacijom namenjenoj prvenstveno za proizvodnju mleka, odnosno sira. Prema podacima Republičkog zavoda za statistiku (2015), u 2014. godini broj koza iznosio je oko 219 000 jedinki, a u 2018. godini približno 196 000 jedinki (FAOSTAT, 2018).

Konzumiranje kozjeg mesa nije ograničeno religioznim i kulturnim aspektima potrošnje. Međutim, kozje meso je manje zastupljeno u ishrani ljudi u odnosu na goveđe meso (Madruga i Bressan, 2011), ali u zemljama u razvoju predstavlja glavni izvor crvenog mesa (Webb i sar., 2005). Neki od razloga manje zastupljenosti kozjeg mesa u ljudskoj ishrani su specifičan i karakterističan miris i ukus, koji postaju izraženiji sa starošću, dok sočnost i mekoća mesa opadaju, što meso starijih životinja čini manje poželjnim od svinjetine, govedine ili jagnjetine (Rhee i sar., 1999; Madruga i Bressan, 2011). I dok se kozje meso mladih životinja rado konzumira u Mediteranu, Latinskoj Americi, Africi i Aziji (Madruga i Bressan, 2011), kozje meso starih i izlučenih životinja (starosti preko 6 godina) ima malu komercijalnu vrednost (Stajić i sar., 2020). U pogledu nutritivne i biološke vrednosti, kozje meso nije inferiorno u odnosu na druge vrste mesa (Ivanović i sar., 2016) i slično mesu ostalih životinja, bogato je proteinima, vitaminima i mineralima (Ivanović i sar., 2015). Niži sadržaj masti i energetski unos, veći sadržaj riboflavina i gvožđa nego u drugim vrstama mesa, ali i značajan sadržaj arginina, izoleucina, metionina, lizina, treonina i triptofana mogu se posmatrati kao podsticaji potrošačima da kupe kozje meso (Bratcher i sar., 2011; Mazhangara i sar., 2019). Takođe, zbog nižeg sadržaja zasićenih masnih kiselina i holesterola u poređenju sa govedinom, svinjetinom ili ovčetinom (Malekian i sar., 2014; Mazhangara i sar., 2019), kozje meso predstavlja alternativu u odnosu na druge vrste crvenog mesa (Anaeto i sar., 2010). S druge strane, jedna od značajnih karakteristika kozjeg mesa jeste visok sadržaj zdravstveno poželjnih nezasićenih masnih kiselina, pre svega oleinske, kao mononezasićene masne kiseline (MUFA), odnosno n-3 i n-6 polinezasićenih masnih kiselina (PUFA), kao što su linolna (LA, C18:2n-6), α -linoleinska (ALA, C18:3n-3) i arahidonska (ARA, C20:4n-6) kiselina, koje doprinose većoj vrednosti odnosa nezasićenih i zasićenih masnih kiselina, što potencijalno može poboljšati zdravstveno stanje kod ljudi uvođenjem kozjeg mesa u režim ishrane (Corley i Ward, 2013; Malekian i sar., 2014; Mazhangara i sar., 2019). Transformacijom masnih kiselina, jednim delom nastaju isparljiva organska jedinjenja (VOC) koja direktno utiču na senzorna svojstva (miris i ukus) kozjeg mesa (Ivanović i sar., 2016). U grupe jedinjenja koje karakterišu senzorna svojstva kozjeg mesa, pored masnih kiselina, spadaju: ugljovodonici, aldehidi, ketoni, alkoholi, furani, tiofeni, pirol, pirazini, oksazoli, tiazoli i sumporna jedinjenja (Todaro i sar., 2004). Na hemijski sastav kozjeg mesa pored starosti, pola i rase (Casey i Webb, 2010) utiču produktivnost i adaptabilnost na stres, životna sredina, procesi upravljanja uzgojem, ishrana, težina kod klanja i zdravstveno stanje, kao i tehnologija klanja i postupci sa trupovima nakon klanja.

Navedene činjenice bi mogle biti važne i za prihvatljivost proizvoda od kozjeg mesa. Postoji više studija u kojima su ispitivani proizvodi od kozjeg mesa i masnog tkiva. Kozje meso se može koristiti u proizvodnji suvih fermentisanih kobasica i suvomesnatih proizvoda (Madruga i Bressan, 2011; Stajić i sar., 2013; Ivanovic i sar., 2016). Kod barenih i kuvanih kobasica, kozje meso se može koristiti umesto goveđeg mesa, zbog sličnog sadržaja proteina rastvorljivih u slanim rastvorima, veće sposobnosti emulgovanja i slične stabilnosti dobijenih mesnih emulzija (Chattoraj i sar., 1979; Turgut, 1984; Madrugá i Bressan, 2011). Negativan uticaj upotrebe kozjeg mesa i masnog tkiva na svojstva proizvoda od mesa, vezuje se za svojstva masnog tkiva. Kod fermentisanih kobasica, neka istraživanja ukazuju na negativan uticaj kozjeg masnog tkiva na prihvatljivost ukusa (Stajić i sar., 2013). Suprotno goveđem loju, koji ima bolju sposobnost emulgovanja, masno tkivo koza smanjuje stabilnost mesne emulzije, doprinoseći osećaju razmazivog i masnog prevlačenja u ustima i samim tim smanjuje prihvatljivost proizvoda kao što su barene i kuvane kobasice (Chattoraj i sar., 1979; Mittal, 2005; Das i sar., 2009; Bratcher i sar., 2011). Međutim, neželjena senzorna svojstva mogu biti neutralisana uticajem odgovarajućih postupaka i/ili dodataka, na primer začina, koji se koriste u postupku proizvodnje.

Vrsta i količina mesa i masnog tkiva, odnosno njihov hemijski, aminokiselinski i masnokiselinski sastav, utiču na fizičko-hemijska i senzorna svojstva, kao i stabilnost fino usitnjenih barenih kobasica, kroz doprinose boji, mirisu, ukusu, teksturi, ali i hemijskim i biohemijskim procesima koji se odigravaju. Prema zakonskoj regulativi Republike Srbije, Pravilnikom o prehrambenim aditivima (Službeni glasnik RS, 53/18) i Pravilnikom o kvalitetu usitnjenog mesa, poluproizvoda od mesa i proizvoda od mesa (Službeni glasnik RS, 50/19) definisani su zahtevi kvaliteta koji moraju biti ispunjeni tokom proizvodnje i stavljanja u promet proizvoda od mesa, grupa barene kobasice, podgrupa fino usitnjene barene kobasice.

Polazeći od svega što je prethodno navedeno, utvrđivanje uticaja upotrebe različitih količina kozjeg mesa starih i izlučenih životinja (starosti preko 6 godina) na fizičko-hemijska, nutritivna i senzorna svojstva, kao i mikrobiološki kvalitet i bezbednost fino usitnjenih barenih kobasica u tipu frankfurtera od goveđeg mesa, na kraju procesa proizvodnje i tokom 6 nedelja skladištenja u vakuum pakovanju predstavlja izazov, jer je potrebno napraviti proizvod koji bi imao upotrebnu vrednost, čime bi se povećala komercijalna vrednost kozjeg mesa starih i izlučenih životinja.

2. PREGLED LITERATURE

2.1. Proizvodnja i potrošnja kozjeg mesa u svetu i Srbiji

Domaće koze potiču od Bezoar ili divljih koza rasprostranjenih na brdima zapadne Azije, koje su jedna od najstarijih pripitomljenih (pre oko 9 000 godina) životinjskih vrsta (Webb, 2014). Danas su domaće koze prisutne u celom svetu, žive u malim ili velikim stadima i to u različitim oblastima i okruženjima (ravnicima, pustinjama, brdskim i planinskim predelima), s izuzetkom izrazito hladnih područja, a zastupljene su u zemljama sa ekstenzivnom poljoprivrednom proizvodnjom, mada je primetan rast njihove populacije i u razvijenim zemljama, najviše zbog netolerantnosti određenog broja ljudi na kravlje mleko (Ivanović i sar., 2015). Tokom dugotrajnog odgajanja domaćih koza, nastao je veliki broj različitih vrsta i podvrsta, smatra se da postoji 1 156 različitih vrsta koza (Devendra, 2010), pri čemu je odabir za gajenje vršen u skladu sa karakteristikama područja (ishrana, teren, klima) za koja se razvijala podvrsta, tako da se rase koza selektuju prema poreklu, odnosno kontinentu. Koze se uzgajaju zbog mleka, mesa, kože i dlake (Dubeuf i sar., 2004).

Prema Organizaciji ujedinjenih nacija za hranu i poljoprivredu (FAOSTAT, 2018), od početka veka broj koza se povećao za oko 30%, a proizvodnja kozjeg mesa za gotovo 50%. I dok se u Aziji i Africi uzgaja najveći broj koza koje se smatraju pogodnim za proizvodnju mesa, u Evropi, pre svega u zemljama Mediterana (Francuska, Italija, Španija i Grčka), populacija koza se uglavnom sastoji od mlečnih rasa, čije se mleko koristi prvenstveno u proizvodnji sira (Mahgoub i sar., 2012).

U svetu, broj koza iznosi približno 1,046 milijardi jedinki (FAOSTAT, 2018). Postoje velike razlike u odnosu na rasprostranjenost i broj koza između različitih delova sveta. U tabeli 2.1 je prikazano brojno stanje koza u različitim delovima sveta, kao i njihova procentualna zastupljenost u odnosu na ukupan broj. Najveći broj koza se uzgaja u Aziji. Samo u Kini, Indiji, Pakistanu i Bangladešu uzgaja se 39% od ukupne populacije koza u svetu. Slično je i u Africi, gde brojno stanje koza iznosi 41,89% od ukupnog broja koza u svetu, a značajno se ističu Nigerija (79,4 miliona grla) Čad (36,52 miliona grla), Etiopija (33,05 miliona grla) i Sudan (31,84 miliona grla). Posmatrano prema kontinentima, najmanji broj koza se uzgaja u Okeaniji (FAOSTAT, 2018).

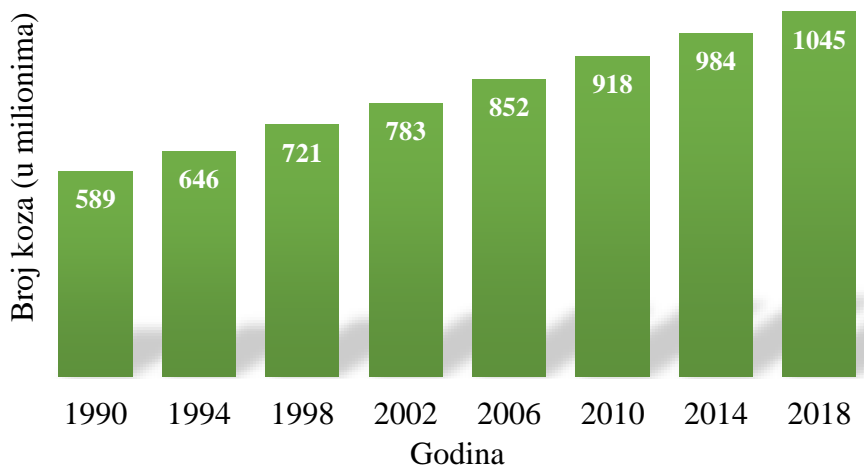
Tabela 2.1. Brojno stanje koza u svetu (FAOSTAT, 2018)

Kontinent	Broj koza (u milionima)	Broj koza (%)
Azija	548,88	52,48
Afrika	438,11	41,89
Amerika	38,05	3,63
Evropa	16,82	1,61
Okeanija	4,05	0,39
Ukupno	1045,92	100,00

U Evropi, broj koza iznosi približno 16,82 miliona jedinki, što predstavlja 1,61% ukupne svetske populacije koza (FAOSTAT, 2018). Između različitih regiona Evrope postoje značajne razlike u odnosu na rasprostranjenost i broj koza. Prema dostupnim statističkim podacima (FAOSTAT, 2018) više od polovine evropske populacije koza uzgaja se u Južnoj Evropi (56,64%), dok je doprinos Severne Evrope najmanji i iznosi svega 1,30%. Pet zemalja sa najvećim uzgojem koza su Grčka (4,00 miliona grla), Španija (2,76 miliona grla), Ruska Federacija (2,04 miliona

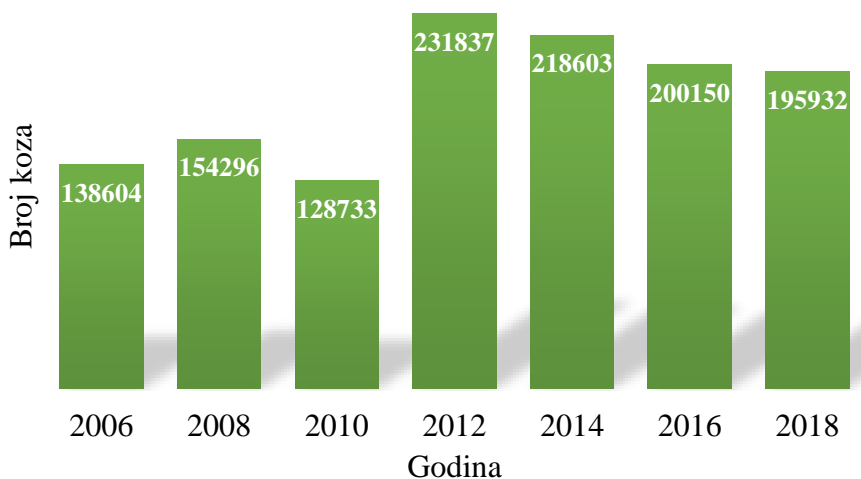
grla), Rumunija (1,50 miliona grla) i Francuska (1,30 miliona grla), što predstavlja 69,0% ukupne populacije koza u Evropi.

Od 1990. godine, kada je bio evidentiran 589,01 milion koza u svetu, do 2018. godine njihov broj se povećao za 78%. Na grafikonu 2.1 prikazan je rast broja koza u svetu za period od 1990. do 2018. godine.



Grafikon 2.1. Porast broja koza u svetu u periodu od 1990. do 2018. godine (FAOSTAT, 2018)

U Srbiji, koze se pre svega gaje u brdsko-planinskim krajevima, zbog svojih sposobnosti penjanja i brojno su različito zastupljene, uglavnom u pasivnim krajevima (Ivanović i sar., 2015). U Jugoslaviji je neposredno pred Drugi svetski rat bilo 1,8 miliona koza, uglavnom domaće rase Balkanska koza, od kojih je do 5% bilo mlečnih rasa raznih genotipova, da bi se nakon rata i narednih nekoliko decenija njihov broj značajno smanjio, uglavnom zbog regulativa kojima se zabranjivalo uzgajanje, jer su smatrane vrlo štetnim za šumska područja, tako da do 1992. godine ne postoje zvanični statistički podaci (Ivanović i sar., 2015). Prema podacima Republičkog zavoda za statistiku (2015), u 2014. godini broj koza iznosio je oko 219 000 jedinki, da bi se njihov broj u 2018. godini smanjio na približno 196 000 jedinki (FAOSTAT, 2018). Na teritoriji Republike Srbije, zabeležen je značajan porast broja koza između 2011. i 2012. godine (oko 79%), uz blagi pad do danas, sa populacijom namenjenoj prvenstveno za proizvodnju mleka, odnosno sira (FAOSTAT, 2018). U sastavu sadašnje populacije koza, zastupljene su Alpino (2–3%), Srpska bela koza (15%), razne hibridne rase (35%) i Balkanska koza (47%) (Ivanović i sar., 2014). Na grafikonu 2.2 prikazano je brojno stanje koza u Srbiji za period od 2006. do 2018. godine.



Grafikon 2.2. Brojno stanje koza u Srbiji u periodu od 2006. do 2018. godine (FAOSTAT, 2018)

Uopšteno, proizvodnja mesa u kozarstvu zavisi od stepena zastupljenosti ove grane stočarstva u pojedinim regionima, odnosno ekonomskih, klimatskih i drugih uslova (Ivanović i sar., 2015). Sve rase koza, bez obzira da li su specijalizovane za proizvodnju mleka, proizvode i meso preko jaradi (jareće meso) ili kada se isključe iz reprodukcije (kozje meso). Za razliku od drugih životinja, koze se ne odlikuju dobrom proizvodnjom mesa (Ivanović i sar., 2016) i selekcija na ovo svojstvo kod njih je dosta zanemarena, pa zato ne postoje posebno specijalizovane rase za proizvodnju mesa. Jedini pravi predstavnik mesne rase je Burska koza (Casey i Webb, 2010). Među najvažnije osobine koza u proizvodnji mesa ubraja se njihova dobra reprodukcija i plodnost, te njihov dug proizvodni vek (Anaeto i sar., 2010; Casey i Webb, 2010). Vrlo često proizvodni vek kod koza traje desetak godina, tako da priplodna koza u svom proizvodnom veku daje veliki broj jaradi za klanje (i priplod).

Proizvodnja kozjeg mesa u svetu, iako je 1,6 puta manja od proizvodnje ovčjeg mesa i 11 puta manja od proizvodnje goveđeg mesa, ima veliki značaj za mnoge zemlje, a naročito za zemlje Azije, Afrike i Južne Amerike. Prema FAOSTAT-u (2018), u odnosu na ukupne zalihe mesa u svetu (oko 342,4 miliona tona), kozje meso čini samo 1,75%. Ukupna količina kozjeg mesa proizvedenog u 2018. godini iznosila je 5,98 miliona tona. Prvih pet država koje su značajne po količini proizvedenog kozjeg mesa u svetu su sa azijskog i afričkog kontinenta (tabela 2.2).

Tabela 2.2. Proizvodnja kozjeg mesa, broj zaklanih životinja i prosečna proizvodnja mesa po životinji u prvih pet zemalja sveta (FAOSTAT, 2018)

Zemlja	Proizvodnja kozjeg mesa (tona)	Broj zaklanih životinja (grla)	Prosečna proizvodnja mesa po životinji (kg)
Kina	2 329 767	153 778 243	15,2
Indija	504 501	50 407 070	10,0
Pakistan	344 000	20 028 279	17,2
Nigerija	250 436	26 310 016	9,5
Bangladeš	223 101	31 855 678	7,0
Ukupno u svetu	5 977 020	479 172 097	12,5

U Evropi, proizvodnja kozjeg mesa je znatno manje zastupljena, a posebno u zemljama gde se gaje mlečne rase koza i u kojima je meso prateći proizvod (Ivanović i sar., 2015). Najveći proizvođači ove vrste mesa su Grčka, Ruska Federacija, Albanija, Francuska i Španija, koji proizvode 71,7% ukupne količine kozjeg mesa u Evropi (FAOSTAT, 2018). U tabeli 2.3 prikazana je proizvodnja kozjeg mesa, broj zaklanih životinja i prosečna proizvodnja mesa po životinji u prvih pet zemalja Evrope po obimu proizvodnje.

Tabela 2.3. Proizvodnja kozjeg mesa, broj zaklanih životinja i prosečna proizvodnja mesa po životinji u prvih pet zemalja Evrope (FAOSTAT, 2018)

Zemlja	Proizvodnja kozjeg mesa (tona)	Broj zaklanih životinja (grla)	Prosečna proizvodnja mesa po životinji (kg)
Grčka	23 890	2 271 836	10,5
Ruska Federacija	18 737	1 058 400	17,7
Albanija	12 617	657 146	19,2
Francuska	11 529	1 119 180	10,3
Španija	10 971	1 371 026	8,0
Ukupno u Evropi	108 379	8 868 436	12,2

Budući da je posle Drugog svetskog rata, u tadašnjoj Jugoslaviji bilo zabranjeno gajenje koza, proizvodnja kozjeg mesa u Srbiji nije bila posvećena prevelika pažnja. Tokom poslednje decenije, u Srbiji je zabeležen rast proizvodnje kozjeg mesa i broja zaklanih životinja i 2018. godine proizvedeno je 4 096 tona mesa, odnosno bilo je zaklano 243 090 koza, sa prosečnom proizvodnjom mesa po životinji od 16,8 kg (FAOSTAT, 2018). U tabeli 2.4 prikazana je proizvodnja kozjeg mesa, broj zaklanih životinja i prosečna proizvodnja mesa po životinji u periodu od 2008. do 2018. godine, na teritoriji Republike Srbije.

Tabela 2.4. Proizvodnja kozjeg mesa, broj zaklanih životinja i prosečna proizvodnja mesa po životinji u Srbiji (FAOSTAT, 2018)

Godina	Proizvodnja kozjeg mesa (tona)	Broj zaklanih životinja (grla)	Prosečna proizvodnja mesa po životinji (kg)
2008	2 700	185 195	14,6
2009	2 502	172 283	14,5
2010	2 288	155 567	14,7
2011	1 944	154 683	12,6
2012	3 900	281 269	13,9
2013	4 306	277 048	15,5
2014	4 017	256 248	15,7
2015	3 701	252 765	14,6
2016	3 446	249 641	13,8
2017	2 858	239 581	11,9
2018	4 096	243 090	16,8

Potrošnja mesa i proizvoda od mesa nije isključivo zavisna od proizvodnje, već i od stepena razvijenosti pojedinih regiona, ekonomske moći potrošača i dostupnosti informacija vezanih za očekivanja potrošača, kao i tradicije u konzumiranju ovih proizvoda (Madruga i Bressan, 2011; Ivanović i sar., 2015). Zbog tih razloga, kozje i jareće meso predstavlja značajan resurs za ishranu stanovništva u mnogim zemljama sveta, a naročito u Aziji i Africi, dok je jareće meso sve više traženo i u visoko razvijenim zemljama (Dubeuf i sar., 2004). U svetu, kozje meso se značajno manje konzumira u poređenju sa najšire korišćenom svinjetinom, za kojom slede živinsko meso, govedina i jagnjetina (Amaral i sar., 2018). Za ljudsku ishranu koristi se meso koza različitih uzrasta, i to od vrlo mladih životinja starosti 8–12 nedelja poznato kao *cabrito*, uglavnom u mediteranskim zemljama (Grčka, Italija, Francuska, Španija i Portugal), Latinskoj Americi i zapadnoj Indiji, zatim od mladih životinja starosti 12–24 meseci u Africi, na Bliskom Istoku i jugozapadnom delu Azije i od odraslih koza starosti 2–6 godina poznato kao *chevon*, većinom u Africi i Indiji (Madruga i Bressan, 2011).

U Republici Srbiji ne postoje objavljeni zvanični statistički podaci o potrošnji kozjeg i jarećeg mesa (Republički zavod za statistiku, 2015).

2.2. Značaj mesa koza u ishrani

Pojam mesa može biti definisan u užem ili širem smislu, što zavisi od toga koja su sve tkiva obuhvaćena tim pojmom. Pod najširim pojmom mesa podrazumevaju se sva životinjska tkiva, s izuzetkom sadržaja organa, kao i delova koji se ne upotrebljavaju za jelo (Williams, 2007). Pojam mesa u užem smislu predstavlja muskulaturu obuhvaćenu vezivnim tkivom uključujući kosti, hrskavice, mesno tkivo, krvne i limfne sudove i nerve. U najužem smislu, pod mesom (krto meso, krtina) podrazumeva se skeletno mišićno tkivo očišćeno od koštanog i hrskavičnog tkiva, tetiva i

ligamenata, kao i od većih naslaga masnog tkiva (Živković i Perunović, 2012). Pravilnikom o kvalitetu usitnjenog mesa, poluproizvoda od mesa i proizvoda od mesa (Službeni glasnik RS, 50/19) definisano je da *meso jeste skeletna muskulatura sa pripadajućim masnim i vezivnim tkivom, kostima i hrskavicama, krvnim i limfnim sudovima, limfnim i drugim žlezdama i nervima domaćih papkara, kopitara, živine, lagomorfa i divljači*. Crveno meso predstavlja *post-mortem* mišićno tkivo sisara koje se koristi kao hrana i tradicionalno, osnovne vrste životinja koje daju crveno meso su goveda, svinje, ovce, koze i jelen (Williams, 2007; Wyness 2016).

Meso i proizvodi od mesa su složeni sistemi bogatog nutritivnog sastava koji predstavljaju dobar izvor proteina visoke biološke vrednosti, vitamina (A, B₁, B₂, B₃, B₁₂, D), minerala (gvožđe, cink, magnezijum, fosfor, selen), dugolančanih ω -3 polinezasićenih masnih kiselina i bioaktivnih jedinjenja (ubihinon, glutation, taurin, fenolna jedinjenja) (Williams, 2007; Wyness 2016; Amaral i sar., 2018). Sastav, nutritivna i senzorna svojstva mesa, a samim tim i proizvoda od mesa, razlikuju se u zavisnosti od vrste i rase životinje, načina ishrane (koncentrat ili ispaša), klimatskih uslova, pola, zdravstvenog stanja i starosti životinje, ali i klanja i postupaka sa trupom nakon klanja, kao i anatomske regije od koje potiče meso (Guerrero i sar., 2013; Ahmad i sar., 2018). Uglavnom meso (krto meso) sisara sadrži 75% vode, 19% proteina, 2,5% lipida, 1,2% ugljenih hidrata, 1,6% rastvorljivih neproteinskih azotnih jedinjenja (aminokiseline, nukleotidi, peptidi, kreatin i kreatinin), 0,65% minerala i <0,1% vitamina (Casey, 1992; Cobos i Díaz, 2014).

2.2.1. Svojstva mesa koza

Meso koza se konzumira kao jaretina (jareće meso) i kozetina (kozje meso). Fiziološka starost koza utiče na kvalitet mesa, pri čemu meso od mladih koza starosti jedne godine sadrži manje ukupne masti, ukupnog pepela i ukupnog kolagena od mesa starih (3 godine) i izlučenih (7 godina) koza (Wattanachant i sar., 2008). Na osnovu hemijskog sastava i u pogledu nutritivne i biološke vrednosti, jareće i kozje meso nije inferiorno u odnosu na druge vrste mesa (Ivanović i sar., 2016). Uporedni prikaz nutritivnog sastava kozjeg mesa i drugih vrsta mesa predstavljen je u tabeli 2.5. Iako meso koza ima istu nutritivnu i svarljivu vrednost kao i ovčje meso, ipak je manje zastupljeno u ishrani ljudi od npr. govedeg mesa, mada zbog svoje visoke biološke vrednosti, jareće meso je sve više traženo u visoko razvijenim zemljama (Madruga i Bressan, 2011; Ivanović i sar., 2014; Ivanović i sar., 2015).

Tabela 2.5. Nutritivni sastav kozjeg, pilećeg, govedeg, svinjskog i jagnječeg sirovog mesa (Mazhangara i sar., 2019)

Prema 85 g kuvane/pečene	Kalorije	Mast (g)	Zasićena mast (g)	Holesterol (mg)	Proteini (g)	Gvožđe (mg)
kozetina	122	2,8	0,79	63,8	23	3,2
piletina	162	6,3	1,7	76,0	25	1,5
govedina	179	7,9	3,0	73,1	25	2,9
svinjetina	180	8,2	2,9	73,2	25	2,7
jagnjetina	175	8,1	2,9	78,2	24	1,4

Kao namirnica životinjskog porekla, meso koza je bogato proteinima, vitaminima i mineralima, a sadrži malo kalorija i vrlo malo masti, posebno holesterola, ima bolji odnos nezasićenih i zasićenih masnih kiselina i veću količinu poželjnih i nezasićenih masnih kiselina (za koje se zna da mogu blagotvorno uticati na zdravlje čoveka) od govedine i svinjetine (Ivanović i sar., 2015; Mazhangara i sar., 2019). Na hemijski sastav mesa koza utiču faktori kao što su telesna težina prilikom klanja, genotip, vrsta mišića, pol i ishrana (Madruga i Bressan, 2011).

Na sadržaj proteina i aminokiselinski sastav mesa koza utiče vrsta koze, starost i tip mišića (Webb, 2014; Ahmad i sar., 2018). S obzirom na to da je kvalitet proteina hrane određen sastavom i udelom esencijalnih aminokiselina, u poređenju sa govedinom, svinjetinom i jagnjetinom, za meso koza se može reći da se odlikuje sličnim sadržajem arginina, izoleucina, lizina, metionina, treonina i triptofana (Mazhangara i sar., 2019). Takođe, značajan sadržaj esencijalnih aminokiselina kao što su lizin, treonin i triptofan može se smatrati dobrim podsticajem za potrošače da konzumiraju ovu vrstu mesa (Ivanović i sar., 2016). U mesu koje potiče od starih koza veći je sadržaj aminokiselina valina, izoleucina, fenilalanina, arginina i metionina (Ahmad i sar., 2018). U tabeli 2.6 predstavljen je aminokiselinski sastav kozjeg, goveđeg, svinjskog i jagnječeg mesa. Takođe, proteini mesa koza imaju visoku biološku vrednost od oko 60,4 i koeficijent svarljivosti 97% (Webb, 2014). Budući da su u ishrani ograničeni resursi lizina, treonina, triptofana i sumpornih aminokiselina, kozje meso predstavlja njihov dobar izvor (Anaeto i sar., 2010).

Tabela 2.6. Aminokiselinski sastav (g/100 g proteina) kozjeg, goveđeg, svinjskog i jagnječeg mesa (Ivanović i sar., 2014; Mazhangara i sar., 2019)

Aminokiseline	Kozje meso	Goveđe meso	Svinjsko meso	Jagnjeće meso
alanin	5,0	6,4	6,3	6,3
arginin	7,5	6,6	6,4	6,9
asparaginska kiselina	8,7	8,8	8,9	8,5
cistein	1,0	1,4	1,3	1,3
glutaminska kiselina	14,2	14,4	14,5	14,4
glicin	2,1	2,9	3,2	2,7
histidin	2,1	2,9	3,2	2,7
izoleucin	5,1	5,1	4,9	4,8
leucin	8,4	8,4	7,5	7,4
lizin	7,4	8,4	7,8	7,8
metionin	2,7	2,3	2,5	2,3
fenilalanin	3,5	4,0	4,1	3,9
prolin	3,4	5,4	4,6	4,8
serin	3,9	3,8	4,0	3,9
treonin	4,8	4,0	5,1	4,9
triptofan	1,5	1,1	1,3	1,3
tirozin	4,3	3,2	3,0	3,2
valin	5,4	5,7	5,0	5,2

Na sadržaj masti i masnokiselinski sastav mesa utiče nekoliko faktora, i to starost, pol, rasa, tip mišića, telesna težina, od kojih je ishrana jedan od najznačajnijih (Madruga i Bressan, 2011; Webb, 2014). Kozje meso je niskokalorično, sa malo masti i niskim sadržajem holesterola u poređenju sa piletinom, svinjetinom, govedinom i jagnjetinom, ali sa većim vrednostima odnosa nezasićenih i zasićenih masnih kiselina (Mazhangara i sar., 2019) i sadržajem poželjnih masnih kiselina u rasponu od 61 do 80% (Webb, 2014). Isto tako, u odnosu na meso drugih preživara, kozje meso ima niži sadržaj zasićenih masnih kiselina, dok je veći sadržaj polinezasićenih masnih kiselina (Anaeto i sar., 2010; Ivanović i sar., 2016), ali u poređenju sa mesom monogastičnih životinja, pokazuje veću količinu SFA i nižu količinu PUFA (zbog procesa biohidrogenizacije koji se odvija u rumenu), kao i prisustvo C18:1 i C18:2 cis i trans izomera (Madruga i Bressan, 2011). Uopšteno, meso koza koje su hranjene na ispaši sadrži više PUFA, n-3 PUFA (pre svega ALA) i konjugovane linolne kiseline (CLA, izomera C18:2 cis-9, trans-11), u odnosu na meso koza koje su hranjene žitaricama, a koje ima nepovoljniji odnos n-3/n-6 (Madruga i Bressan, 2011; Webb, 2014). Pored toga, u kozjem mesu prisutne su značajne količine masnih kiselina sa razgranatim lancem i neparnim brojem ugljenikovih atoma, koje doprinose mirisu i ukusu (sintetišu se u rumenu

delovanjem bakterija), kao i trans izomeri masnih kiselina koji nastaju kao rezultat biohidrogenizacije bakterijama rumena (Madruga i Bressan, 2011). Takođe, veći stepen nezasićenosti i transformacija masnih kiselina imaju važnu ulogu u nastajanju isparljivih organskih jedinjenja koja neposredno utiču na miris i ukus kozjeg mesa (Webb, 2014; Ivanović i sar., 2016). U tabeli 2.7 prikazan je prosečan sadržaj masnih kiselina u masnom tkivu i mesu („krtina“). Zbog većeg sadržaja n-3 PUFA i izomera CLA, kozje meso se preporučuje u ishrani ljudi kao zdrava alternativa u prevenciji srčanih problema i poremećaja cirkulacije, a poseduje i antikancerogena i antiaterogena svojstva (Madruga i Bressan, 2011).

Tabela 2.7. Prosečan sadržaj masnih kiselina u mesu (g/100 g) i masnom tkivu (% od ukupnih masnih kiselina) (Casey, 1992; Williams, 2007; Martins i sar., 2018; Machado i sar., 2019)

Masne kisljine	Meso						Masno tkivo		
	kozje	goveđe	teleće	jagnjeće	ovčje	svinjsko	kozje	jareće	ovčje
C14:0	0,001	0,096	0,034	0,101	0,060	0,010	3,0	5,2	5,0
C16:0	0,761	0,607	0,215	0,842	0,667	0,250	23,9	21,5	22,9
C16:1cis	0,074	0,082	0,033	0,066	0,039	0,030	3,2	2,7	2,1
C18:0	0,506	0,356	0,119	0,644	0,609	0,130	15,3	18,1	25,9
C18:1cis-9	1,185	1,103	0,356	1,995	1,370	0,390	42,9	34,4	32,3
C18:2n-6	0,099	0,204	0,090	0,321	0,339	0,120	0,95	6,0	1,6
C18:3n-3	0,039	0,048	0,022	0,072	0,107	0,010	-	-	1,1
C20:4n-6	0,031	0,076	0,056	0,094	0,101	0,019	1,18	-	<0,1
C20:5n-3 (EPA)	0,015	0,031	0,028	0,028	0,044	0,000	-	-	nd
C22:5n-3 (DPA)	-	0,051	0,033	0,044	0,053	0,006	-	-	0,1
C22:6n-3 (DHA)	0,006	0,006	0,003	0,013	0,020	0,004	-	-	nd
n-3/n-6	0,44	0,45	0,36	0,37	0,50	0,14	-	-	1,0

nd - nije detektovano

Na pH vrednost mesa koza utiču mnogobrojni faktori, a neki od njih su: način uzgajanja, stres izazvan načinom i dužinom transporta, dužina gladovanja pre klanja, metoda omamljivanja, dužina skladištenja (Ivanović i sar., 2015). Uopšteno govoreći, krajnje pH vrednosti mesa koza nalaze se u intervalu 5,8–6,2, što ukazuje na osetljivu i lako uzbudljivu prirodu koza koja utiče na metabolizam glikogena, a samim tim i kvalitet mesa, usled anaerobne konverzije glukoze u mlečnu kiselinu, gde je meso sa nižim pH mekanije, nižih vrednosti smicanja i boljih kolorimetrijskih svojstava od mesa sa višim pH (Webb, 2014).

Isparljiva organska jedinjenja imaju važan uticaj na senzorna svojstva kozjeg mesa i pripadaju široko raznovrsnim hemijskim klasama jedinjenja koja uključuju ugljovodonike, aldehide, ketone, hidroksiketone, alkohole, karboksilne kisljine, estre, laktone, alkandione, fenole, furane, kao i heterociklična jedinjenja koja sadrže kiseonik, azot i sumpor (Madruga i sar., 2010; Kang i sar., 2013; Khan i sar., 2015; Kosowska i sar., 2017). Većina ovih jedinjenja nastaje oksidativnom razgradnjom lipida, termičkom razgradnjom, kao i razgradnjom proteina, šećera, ribonukleotida, pigmenata i vitamina, a takođe njihovom stvaranju doprinose Maillard-ova reakcija, uključujući Amadori i Heyns-ovo premeštanje i Strecker-ova degradacija aminokiselin, kao i interakcije između proizvoda nastalih oksidacijom lipida i Maillard-ovom reakcijom (Madruga i sar., 2010; Biller i sar., 2016; Gašior i Wojtyca, 2016; Diez-Simon i sar., 2019; Luo i sar., 2019). Za razliku od drugih vrsta mesa, u kozjem mesu su prisutne 4-metiloktanska i 4-metilnonanska kisljina koje

doprinosu karakterističnom mirisu kozjeg mesa, a nastaju u rumenu metaboličkom razgradnjom lipida, dok ukusu kozjeg mesa doprinose 4-etilheptanska i 4-etilnonanska kiselina (Ivanović i sar., 2015). Najčešće prisutna klasa jedinjenja u kozjem mesu su aldehidi, i to heksanal koji potiče od linolne i arahidonske kiseline, dok drugi isparljivi aldehidi, kao što su heptanal, oktanal, nonanal i dekanal nastaju od oleinske kiseline (Ivanović i sar., 2016).

Na senzorna svojstva mesa koza kao što su miris i ukus utiču rasa, starost, sadržaj masti i tip mišića, pol, ishrana i način toplotne obrade (Madruga i Bressan, 2011; Webb, 2014). U poređenju sa drugim vrstama mesa, razlog manje zastupljenosti kozjeg mesa u ishrani jeste specifičan i karakterističan miris i ukus, koji postaju izraženiji sa starošću životinje, dok sočnost i mekoća opadaju (Madruga i Bressan, 2011). Specifične vrste flavonoida koji potiču iz hrane (Ivanović i sar., 2015) i masne kiseline razgranatog lanca doprinose tipičnom ukusu kozjeg mesa (ali i ovčjeg), dok je snažan kozji miris povezan sa 4-etiloktanskim kiselinom u kozjem, jagnjećem i ovčjem mesu (Webb, 2014). Mekanost kozjeg mesa zavisi od količine, raspodele i sastava vezivnog tkiva, starosti i tretmana životinja pred klanje, kao i postupanja sa trupom (električna stimulacija visokog ili niskog napona) (Madruga i Bressan, 2011; Webb, 2014). Pored veće tvrdoće mesa starih koza, nastale kao rezultat umrežavanja kolagenih jedinica, starost koza utiče i na izgled, miris, ukus, teksturu i sočnost dobijenog mesa, koje postaje manje ukupno prihvatljivo, izraženijeg ukusa i manje sočno (Madruga i Bressan, 2011). Uopšteno, meso mladih koza je svetlije boje i mekanije (Wattanachant i sar., 2008). Sa starošću životinje boja kozjeg mesa postaje tamnija, jer u velikoj meri zavisi od sadržaja mioglobina i u manjem obimu od hemoglobina, pa se intenzitet boje povećava sa rastom koncentracije mioglobina (Ivanović i sar., 2015; Ivanović i sar., 2016). U odnosu na jagnjetinu ili ovčetinu, kozje meso ima nešto tamniju crvenu boju, grublju teksturu i karakteristično različit ukus i miris, a takođe je i manje sočno od ovčetine, uglavnom zbog manjeg sadržaja masti (Webb, 2014), dok meso mladih koza ima niži udeo žute boje od ovčjeg mesa (Madruga i Bressan, 2011).

Kozetina je glavni izvor mikronutrijenata, naročito gvožđa i kalijuma, kao i vitamina B₁ (tiamin), B₂ (riboflavin), B₄ (holin) i B₁₂ (kobalamin) (Ivanović i sar., 2016; Kazhybayeva i sar., 2019; Mazhangara i sar., 2019). Pored toga, meso od koza hranjenih na ispaši sadrži više vitamina A, vitamina E i β-karotena, nego meso od koza hranjenih žitaricama (Madruga i Bressan, 2011). Kozje meso ima potencijal da zameni mesa koja se tradicionalno češće konzumiraju, kao što su svinjetina i govedina (Malekian i sar., 2016).

2.2.2. Svojstva proizvoda od mesa koza

U širem smislu, poluproizvodi i proizvodi od kozjeg mesa, kada su u pitanju fizičko-hemijska svojstva pokazuju visok sadržaj proteina, uravnoteženi sastav masti i masnih kiselina, nizak sadržaj holesterola i smanjenu oksidaciju lipida, dok se tehnološkim operacijama smanjuje aktivnost vode, čime se postiže očuvanje i unapređenje kvaliteta proizvoda (Teixeira i sar., 2020). Uopšteno govoreći, poluproizvodi i proizvodi od kozjeg mesa, a posebno kobasice, podložni su oksidaciji lipida i proteina zbog narušavanja strukture tkiva koje nastaje usled mlevenja, usitnjavanja i mešanja (Schilling i sar., 2019). Takođe, parametri boje ukazuju na oksidaciju pigmenta nastalu kao rezultat primene postupaka konzervisanja u tehnološkim procesima (Teixeira i sar., 2020). Tako, soljenjem i sušenjem na vazduhu proizvodi postaju tamniji, što značajno utiče na vrednosti hroma i ugla *hue* (C* i h vrednosti), dok s druge strane dužim trajanjem ovih procesa proizvodi postaju svetliji (Teixeira i sar., 2020). Kozje meso se zbog svojih svojstava može koristiti umesto goveđeg mesa u bilo kojem proizvodu od mesa, jer je sposobnost emulgovanja proteina kozjeg mesa slična jagnjećem i veća od goveđeg mesa, dok su stabilnost proizvedenih emulzija i sadržaj proteina rastvorljivih u slanim rastvorima uporedivi sa onima kod jagnjećeg i goveđeg mesa (Madruga i Bressan, 2011). Suprotno tome, kozja mast smanjuje stabilnost mesne emulzije

doprinosеći osećaju masne prevlake u ustima i smanjuje palatabilnost proizvoda od mesa, dok goveđa mast (loj) ima bolju sposobnost emulgovanja (Stajić i sar., 2020).

Upotreba kozjeg mesa i masti u preradi mesa zbog karakteristika masnog tkiva može imati negativan uticaj na svojstva proizvoda od mesa (Stajić i sar., 2020). Međutim, postoji nekoliko mogućih postupaka prerade kojima se kozje meso može učiniti drugačijim i privlačnijim na tržištu (Madruga i Bressan, 2011). Dakle, kozje meso je moguće koristiti u proizvodnji poluproizvoda i proizvoda od mesa, odnosno kobasica, suvomesnatih i fermentisanih proizvoda ili u kuvanim, modifikovanim i restrukturiranim proizvodima (Madruga i Bressan, 2011; Gadekar i sar., 2014a; Teixeira i sar., 2020). Isto tako, postupak pre-emulgovanja kozje masti omogućava povećanje količine emulgovane masti i njenu ujednačenu raspodelu u mesnoj emulziji, ali i smanjenje sadržaja masti u gotovom proizvodu (Stajić i sar., 2020). Takođe, proizvodi od kozjeg mesa su manje sočni od ovčjih, uglavnom zbog smanjenog sadržaja masti, a pored toga veći stepen nezasićenosti masti utiče i na održivost proizvoda (Webb, 2014).

U cilju dobijanja funkcionalne hrane, smanjenom upotrebom masti u formulacijama, zamenom dela životinjske masti sa biljnom ili ribljom masti, uvođenjem prirodnih antioksidansa ili bioaktivnih jedinjenja koja umanjuju efekte oksidacije, upotrebom nemasnog mesa i zamenom masti sa vodom ili drugim sastojcima kao što su ugljeni hidrati, proteini, lipidi ili njihovom kombinacijom, postiže se sniženje energetske vrednosti i dobijaju se proizvodi od kozjeg mesa sa niskim sadržajem masti (Madruga i Bressan, 2011).

Pored toga, tradicionalni proizvodi od kozjeg mesa predstavljaju još jednu mogućnost za afirmaciju ove vrste mesa, koja se značajno može unaprediti primenom sertifikacionih modela zaštićenog imena porekla i zaštićene geografske oznake (Teixeira i sar., 2020).

Na osnovu svega prethodno izloženog, primena mesa starih i izlučenih koza u poznatim i često konzumiranim proizvodima od mesa, može navedenom mesu dodati određenu vrednost (Guerra i sar., 2011; Stajić i sar., 2020).

2.2.2.1. Proizvodi od mesa koza koji se ne obrađuju toplotom

Poluproizvodi od kozjeg mesa u tipu hamburgera ne razlikuju se od goveđeg hamburgera u pogledu sadržaja vlage i proteina, pH vrednosti, konzistencije i prinosa posle termičke obrade, osim što je utvrđeno blago prisustvo atipičnog mirisa i ukusa kod kozjeg hamburgera (Madruga i Bressan, 2011). Poboljšanje senzornih svojstava ovog proizvoda u smislu bolje prihvatljivosti zasniva se na upotrebi formulacija koje kombinuju kozje meso u odnosu od 25% sa govedinom ili svinjetinom, ali i primenom tečnog dima nakon oblikovanja, s obzirom da poboljšava ukus i boju mesa (Batista i sar., 2005; Metri i sar., 2006). Pored toga, ako se kozje meso zameni sojinom pastom u formulaciji proizvoda sličnog pljeskavici (engl. *patties*) od kozjeg mesa dobijaju se veće vrednosti sadržaja vlage i masti, odnosa vlage i proteina i pH, ali se smanjuje sadržaj proteina i stabilnost emulzije, senzorna svojstva su lošija kao i svi parametri teksture, tako da je zamena kozjeg mesa do 15% sa sojinom pastom bez uticaja na senzorni kvalitet i prihvatljivost proizvoda i ekonomski je opravdana (Das i sar., 2007). Upotreba kozje masti u pravljenju proizvoda sličnog pljeskavici (engl. *patties*) od kozjeg mesa negativno utiče na sva senzorna svojstva i opštu prihvatljivost proizvoda, za razliku od upotrebe rafinisanog ulja slačice, pileće masti i kombinacije pileće i kozje masti, pri čemu su ocene za ukus i ukupnu prihvatljivost najveće kod ovih proizvoda sa pilećom masnoćom (Das i sar., 2009). Međutim, upotreba 10% rafinisanog ulja slačice u formulaciji doprinosi boljoj stabilnosti emulzije u poređenju sa ostalim proizvodima, dok proizvodi sa kombinacijom kozje i pileće masti imaju slična senzorna svojstva i ukupnu prihvatljivost kao i proizvodi sa pilećom masti i rafinisanim uljem slačice (Das i sar., 2009). U pravljenju proizvoda sličnog pljeskavici (engl. *patties*) od kozjeg mesa, bolji senzorni kvalitet i veća stabilnost emulzije

postiže se dodavanjem 2% natrijum hlorida i 0,5% natrijum tripolifosfata (Pawar i sar., 2005). Sveže kobasice napravljene od mesa starih koza (5–7 godina starosti) i sa dodatkom 30% svinjske masti u odnosu na iste kobasice sa manjim udelom svinjske masti (0%, 10%) imaju manje vrednosti sadržaja vlage, proteina, pepela i aktivnosti vode, kao i količine C14:0, C16:0, C17:0, C17:1, C18:0 i C18:1n7t (vaccenska kiselina) (Leite i sar., 2015). Pored toga, imaju veće vrednosti sadržaja ukupne masti, oleinske i linolne kiseline, odnosa PUFA/SFA i odnosa n-6/n-3, pH, senzornih ocena za ukus, teksturu i ukupnu prihvatljivost, a isto tako veća je i ocena njihove ukupne prihvatljivosti (7,42) u poređenju sa istim proizvodom od ovčjeg mesa (5,95) (Leite i sar., 2015). Sveže kobasice od kozjeg mesa označene su kao tvrđe i vlaknastije od onih koje su napravljene od ovčetine (Paulos i sar., 2015).

Fermentisane suve kobasice u tipu sudžuka pripremljene od kozjeg mesa imaju veće vrednosti sadržaja vlage i gubitka mase („kalo“) i svetlije su (veće L* vrednosti) u odnosu na sudžuk napravljen od goveđeg i ovčjeg mesa (Stajić i sar., 2013). Pored toga, u fermentisanim kobasicama zbog delovanja mlečno-kiselinskih bakterija niža je pH vrednost i pojačan je kiseo ukus, što doprinosi ublažavanju ukusa i mirisa mesa odraslih koza (Madruga i Bressan, 2011). Kod ovog tipa kobasica, sprovedena istraživanja ukazuju na negativan uticaj kozjeg masnog tkiva na prihvatljivost ukusa (Stajić i sar., 2013), ali zamenom kozje masti goveđom, dobija se proizvod koji je prihvatljiviji potrošačima (Stajić i sar., 2011). Takođe, kod fermentisanih kobasica od kozjeg mesa ukupna prihvatljivost i tekstura zavise od upotrebljene količine svinjske masti, pa je odgovarajuće učešće od 10–20% masti (Nassu i sar., 2002). Za proizvode u tipu salama, upotreba kozjeg mesa u formulaciji uticala je na krajnje pH vrednosti, aktivnost vode (a_w) i povećanje sadržaja vlage, dok je formulacija koja sadrži 25% kozjeg i 75% svinjskog mesa ocenjena kao najbolje prihvatljiva (Nassu i sar., 2001). Slično tome, salama sa formulacijom od 80% mesa starih koza i 20% svinjskog mesa dobro je senzorno prihvaćena kod potrošača (Madruga i Bressan, 2011). Fermentisane kobasice napravljene od 80% kozjeg mesa i 16% svinjske masti, odnosno 40% kozjeg mesa, 40% svinjskog mesa i 16% svinjske masti pokazuju veliku sličnost, ali je proizvod napravljen isključivo od kozjeg mesa tamnije boje od proizvoda koji sadrže svinjsko meso (Nediani i sar., 2017).

Jedan od načina dodavanja vrednosti mesu od starih i izlučenih koza koje je manje privlačno potrošačima jeste upotreba u proizvodnji suvomesnatih proizvoda (Teixeira i sar., 2020). U tom smislu, tehnološki postupci soljenja, sušenja i zrenja koji se primenjuju tokom proizvodnje suvomesnatih proizvoda u tipu suve šunke, unapređuju fizičko-hemijski, senzorni, mikrobiološki kvalitet i bezbednost proizvoda od mesa starih koza (Teixeira i sar., 2017). U početnoj fazi proizvodnje suve kozje šunke, proces zrenja mesa, značajno utiče na parametre teksture i boje (Teixeira i sar., 2011). Duže trajanje postupka čini da meso bude mekanije i manje žilavo, dok udeli crvene i žute boje (a^* i b^* vrednosti) opadaju usled oksidacije mioglobina, a snižavaju se i C^* vrednosti (Teixeira i sar., 2011). Takođe, suvomesnati proizvodi od kozjeg mesa koji su obrađeni suvim soljenjem i salamurenjem razlikuju se po kvalitetu u zavisnosti od količine soli koja je upotrebljena (Madruga i Bressan, 2011). Ukoliko se izlože kratkom periodu sušenja (3–4 sata), vrednosti za pH i aktivnost vode približavaju se vrednostima onih proizvoda koji su kvarljivi na sobnoj temperaturi (Madruga i Bressan, 2011). Međutim, dužim vremenom soljenja (0,6 dana soljenja/kg) i dodavanjem maslinovog ulja i paprike, značajno se utiče na povećanje sadržaja natrijum-hlorida, kao i na smanjenje aktivnosti vode, a samim tim i brojnost i raznolikost mikroorganizama (Cherroud i sar., 2014). Pored toga, proces soljenja zajedno sa procesom sušenja doprinosi sniženju aktivnosti vode u proizvodu i u velikoj meri utiče na sve parametre boje (L*, a^* , b^* , C^* i h), prouzrokujući povećanje h i smanjenje C^* vrednosti, što rezultira tamnijim izgledom mesa (Teixeira i sar., 2011). U proizvodnji suve kozje šunke važnost procesa soljenja i zrenja ogleda se i u dobijanju proizvoda sa visokim sadržajem proteina i niskim sadržajem masti (Teixeira i sar., 2017). Karakteristična aroma i ukus na kozje meso, ali i postojanost ukusa i slanost predstavljaju senzorna svojstva kozje šunke koja u značajnoj meri prave razliku u odnosu na slične

proizvode od drugih vrsta mesa (npr. ovčja šunka) i potrošači su ukupnu prihvatljivost vrednovali vrlo visokom ocenom (Teixeira i sar., 2017). Posebno na miris i ukus proizvoda utiče i stepen zrenja mesa (Ivanović i sar., 2015). Pored toga, hladno dimljeni suvomesnati proizvodi od kozjeg mesa (suva šunka) proizvedeni od koza uzgajanih na planinskom, brdskom i ravničarskom području razlikuju se po kvalitetu, sadržaju masnih kiselina i isparljivih organskih jedinjenja i parametrima boje, pri čemu je šunka koja potiče od koza uzgajanih u planinskom regionu senzorno najprihvatljivija (Ivanović i sar., 2016). Značajan uticaj na fizičko-hemijski i senzorni kvalitet suvomesnatih proizvoda ima i vrsta životinje od koje se dobija meso za proizvodnju (Teixeira i sar., 2020). Kozja i ovčja suva šunka značajno se razlikuju u vrednostima sadržaja proteina, ukupne masti i aktivnosti vode (46,2% prema 38,4%, 6,03% prema 7,92%, 0,83 prema 0,87, respektivno), dok su pH vrednosti (5,8 prema 5,7) slične, a oba proizvoda se izdvajaju po niskom sadržaju holesterola i vrednosti TBARS (Teixeira i sar., 2017). Pored toga, kozji proizvod u odnosu na ovčji odlikuje se većim odnosom PUFA/SFA i n-6/n-3 (0,23 prema 0,17 i 4,96 prema 3,94, respektivno), većom tvrdoćom i vlaknastim osećajem, a manjom sočnošću, adhezivnošću, ukusnošću i tamnijim izgledom (Teixeira i sar., 2017).

U izradi funkcionalne hrane, upotreba ugljenih hidrata u proizvodnji može da poboljša senzorna, fizička i hemijska svojstva proizvoda od kozjeg mesa i obezbedi dobijanje proizvoda sa smanjenim sadržajem masti i svojstvima sličnim konvencionalnim proizvodima (Madruga i Bressan, 2011). Iz tih razloga je prihvatljivo korišćenje 2% tapioka skroba ili ovsenog brašna kao zamene za mast u sastavu hamburgera od kozjeg mesa (ali i ovčjeg) (Seabra i sar., 2002). Slično tome, primena emulgatora utiče na senzorna i funkcionalna svojstva svežih kobasica od kozjeg mesa, posebno na ukus kobasica tokom skladištenja, a uglavnom je formulacija koja uključuje skrob najbolje prihvaćena kod potrošača (Lima i sar., 2004). Takođe, u proizvodnji fermentisanih kobasica od kozjeg mesa mogu se sintetički antioksidansi zameniti prirodnim antioksidansima biljnog ili životinjskog porekla, a jedan od primera je upotreba 0,05% ruzmarina, čime se postiže veoma snažan efekat smanjenja nivoa oksidacije (Nassu i sar., 2003). Antioksidativna aktivnost ekstrakta iz lista biljke *Moringa oleifera* uporediva je sa aktivnošću sintetičkog antioksidansa butilhidroksitoluen-a (BHT) i povezana je sa visokim sadržajem fenola i flavonoida, pa se upotrebom praha lista biljke kao dodatka (0,1%) u proizvodu sličnom pljeskavici (engl. *patties*) od kozjeg mesa usporava oksidacija lipida, ali se ne menjaju senzorna svojstva ovih proizvoda (Das i sar., 2012). Pored toga, korišćenjem u formulacijama proizvoda sličnih pljeskavici (engl. *patties*) od kozjeg mesa ekstrakata iz praha nusproizvoda od voća (kora i seme nara, kora mandarine) ili praha cveta hrizanteme (*Chrysanthemum morifolium*) značajno se smanjuje oksidacija lipida i proteina tokom skladištenja, uglavnom zbog prisustva flavonoida i fenolnih jedinjenja (npr. ekstrakt cveta hrizanteme sadrži galokatehin, apigenin, rozmarinsku i kofeinsku kiselinu, ramnetin i kvercetin) koja pokazuju snažnu antioksidativnu aktivnost (Devatkal i sar., 2010; Khan i sar., 2020). Takođe, uticaj na senzorna svojstva i prihvatljivost ovih proizvoda nije bio značajan, dok su značajno snižene pH i a_w vrednosti u proizvodu sa ekstraktom iz cveta hrizanteme, odnosno L vrednosti (Hunter Lab) u proizvodu sa ekstraktom iz kore nara (Devatkal i sar., 2010; Khan i sar., 2020). Isto tako, antioksidativni efekat postiže se i u medaljonima od kozjeg mesa korišćenjem sušenih cvetova hrizanteme u recepturi, koji između ostalog, zbog visokog sadržaja proteina i dijetetskih vlakana značajno doprinose poboljšanju funkcionalnih svojstava proizvoda i stabilnosti tokom skladištenja, niže su pH i TBARS vrednosti, ali i ukupni broj mikroorganizama, dok je sadržaj pepela, dijetetskih vlakana i ukupnih fenola veći (Verma i sar., 2019). S druge strane, vrednosti L^* , b^* , tvrdoće, adhezivnosti, kohezivnosti, elastičnosti i žvkljivosti kozjih medaljona su promenjene tako da je upotreba od 1% sušenih cvetova u formulaciji najprihvatljivija, jer su proizvodi sa većim procentualnim učešćem ocenjeni nižim ocenama ukusa (Verma i sar., 2019). Ekstrakt iz brokolijske prahu ima dobar antioksidativni potencijal i količine 2–5 mg praha ispoljavaju aktivnost uklanjanja slobodnih radikala i redukcionu moć slično 100 mg/kg BHT-a, tako da se njegovim dodavanjem u medaljone od kozjeg mesa povećava sadržaj ukupnih fenola, čime se snižava TBARS vrednost (Banerjee i sar., 2012). Količine od 1,5 i 2% praha u formulaciji smanjuju vrednosti C^* i pH u

proizvodu, pri čemu nivo od 2% može da se upotrebi kao prirodni antioksidans, bez uticaja na senzorna svojstva (Banerjee i sar., 2012). U smislu antioksidativnih dijetetskih vlakana, uticaj ostataka pulpe ploda biljke bilva (*Aegle marmelos* L.) kao funkcionalnih dodataka u formulaciji na kvalitet medaljona od kozjeg mesa zasniva se na povećanju antioksidativnog potencijala i oksidativne stabilnosti, poboljšanju fizičko-hemijskih i funkcionalnih svojstava, ali i fiziološke vrednosti proizvoda (Das i sar., 2015). Shodno tome, doprinose poboljšanju stabilnosti, senzornog izgleda, vrednosti svetloće i udela crvene boje i prinosa kuvanja, ali i povećanju sadržaja pepela, ukupnih fenola i dijetetskih vlakana u proizvodu, dok se suprotno tome smanjuje tvrdoća, kohezivnost, lepljivost i žvackljivost, a tokom skladištenja i oksidacija lipida i broj mikroorganizama (Das i sar., 2015). Upotrebom ekstrakta lišća papaje (*Carica papaya* L.) i origana (*Origanum vulgare*) kao novih prirodnih antioksidansa u formulaciji kozjih medaljona, dodaje se vrednost kvalitetu proizvoda i utiče na stabilnost tokom aerobnog ambalažnog skladištenja (Jagtap i sar., 2019). Takođe, utvrđen je bolji antimikrobni efekat papaje u poređenju sa origanom, dok se u oba proizvoda smanjuje vrednost aktivnosti vode, pH i a^* vrednost, a povećava vrednost L^* , uz najviše ocene senzornih svojstava pre svega u pogledu teksture (Jagtap i sar., 2019). Kod medaljona od kozjeg mesa, upotrebom praha koji se dobija od odbačenih stabljika pečurke enoki (*Flammulina Velutipes*) u formulaciji, a koji pokazuje i antioksidativni potencijal, poboljšava se stabilnost emulzije i povećava sposobnost vezivanja vode, količina dijetetskih vlakana, pepela, ukupnih fenola, ali i oksidativna stabilnost i dužina roka trajanja proizvoda zbog smanjene oksidacije lipida tokom perioda skladištenja (Banerjee i sar., 2020). Pored toga, smanjuje se tvrdoća, ali ne postoje negativni uticaji na boju i senzorna svojstva, a dodavanje od 4% praha prihvatljivo je za proizvodnju kozjih medaljona (Banerjee i sar., 2020).

Proizvod od kozjeg mesa proizveden na istovetan način kao italijanski tradicionalni proizvod od goveđeg mesa *bresaola*, usled soljenja, fermentacije i sušenja na vazduhu odlikuje se mikroflorom uobičajnom za ovu vrstu proizvoda, pri tome predstavlja i proizvod visoke svarljivosti, usled proteolize, ali i većeg sadržaja slobodnih amino kiselina, u poređenju sa istim proizvodom napravljenim od goveđeg i konjskog mesa (Paleari i sar., 2002; Paleari i sar., 2003). U proizvodu od kozjeg mesa proizvedenog na identičan način kao i španski tradicionalan proizvod od goveđeg mesa *cecina*, soljenjem i sušenjem na vazduhu, identifikovano je 110 isparljivih organskih jedinjenja nastalih oksidacijom masti, razgradnjom aminokiselina i fermentacijom ugljenih hidrata (Hierro i sar., 2004). Originalni italijanski tradicionalni proizvod od kozjeg mesa *violino* je vrsta suvomesnatog proizvoda od mesa buta 2–3 godine starih koza, koji tri meseca zri u prirodnim alpskim pećinama, karakterističnih je senzornih svojstava teksture i ukusa, niskog sadržaja masti, veće količine proteina, povoljnog odnosa n-3/n-6 masnih kiselina i dobre hranljive vrednosti (Paleari i sar., 2008; Madruga i Bressan, 2011). Rumunski tradicionalni proizvod *pastrami* je sušeni proizvod od mesa goveda ili bivola koji se u Egiptu pravi i od kozjeg mesa, bez termičke obrade, a konzervisan je nitratnim i nitritnim solima i začinjjen belim lukom i piskavicom (Teixeira i sar., 2020). Brazilski tradicionalni proizvod od „odležanog“ i soljenog kozjeg mesa *manta* odlikuje se posebnim senzornim i nutritivnim osobinama (Madruga i Bressan, 2011), gde proces zrenja mesa najviše utiče na teksturu i sposobnost vezivanja vode, a proizveden je od mesa starih koza (preko 8 godina) (Ortega i sar., 2016). U poređenju sa istim proizvodom od ovčjeg mesa, odlikuje se većim sadržajem vlage i odnosom MUFA/SFA i PUFA/SFA, manjom količinom ukupne masti, zasićenih, mononezasićenih i polinezasićenih masnih kiselina, ali i nižim vrednostima L^* , b^* i C^* i višom vrednosti a^* (Oliveira i sar., 2014; Ortega i sar., 2016). *Kaddid* je proizvod od mesa poznat u nekoliko zemalja severne Afrike (Alžir, Maroko i Tunis), a proizvodi se soljenjem i sušenjem na vazduhu odrezaka mesa koza (Teixeira i sar., 2020).

2.2.2.2. Proizvodi od mesa koza koji se obrađuju toplotom

Kozje meso se može koristiti u proizvodnji emulgovanih (barena) kobasica (Madruga i Bressan, 2011). Upotreba mesa starih koza (preko 6 godina) u formulaciji fino usitnjenih barena

kobasica tipa goveđeg frankfurtera nije uticala na promene tehnoloških svojstava (gubitak mase i gubitak izdvajanjem mesnog soka), osnovnog hemijskog sastava i teksture, dok su senzorna svojstva najprihvatljivija kod kobasica sa udelom 50% (ocena panela) i 75% (ocena potrošača) kozjeg mesa (Stajić i sar., 2020). Emulgovani proizvod u tipu kobasice poznat kao *bečka viršla* (*Wiener Würstchen*) je fino usitnjena barena kobasica od goveđeg ili svinjskog mesa, dimljena na kraju procesa proizvodnje, koja se može praviti i od kozjeg mesa, mada je u poređenju sa goveđom kobasicom sadržaj masti veći, sadržaj vlage niži, a ukupna palatabilnost (ukusnost ili jestivost) manje prihvatljiva (Breukink i Casey, 1989). Pored toga, kozji frankfurteri u formulacijama sa ili bez dodate masti ili sa različitim mastima, bilo da je u pitanju mast biljnog ili životinjskog porekla (ulje repice ili goveđi loj) pokazuju razlike u fizičko-hemijskom i senzornom kvalitetu, od frankfurtera bez dodate masti koji ima manje vrednosti tvrdoće i žvackljivosti i manje dopadljiv ukus ili sa uljem repice bez ukusa, do najsočnijeg sa goveđim lojem (Bratcher i sar., 2011). Proizvodi sa goveđim lojem i uljem repice međusobno se ne razlikuju u tvrdoći i žvackljivosti, uz najviše vrednovanje ukupne prihvatljivosti kod kozjih frankfurtera sa goveđim lojem (Bratcher i sar., 2011). Sadržaj vlage se značajno povećava u nizu od kozjeg frankfurtera sa uljem repice (46,59%), goveđim lojem (48,57%) i bez dodate masti (55,80%), a formulaciju bez dodate masti odlikuje manji sadržaj ukupne masti (9,06%), ali i veći sadržaj proteina (34,14%) u odnosu na proizvod sa uljem repice (27,98%) i goveđim lojem (26,07%) (Bratcher i sar., 2011). Kobasica od kozjeg mesa koja u formulaciji sadrži značajniji udeo svinjske masti (40%) je svetlija, slabijeg intenziteta mirisa i ukusa i manje čvrste teksture, dok je kod potrošača bila veća prihvatljivost proizvoda koji sadrži 35% svinjske masti (Intarapichet i sar., 1995). Međutim, upotreba masnog tkiva koza u formulaciji smanjuje stabilnost mesne emulzije i doprinosi osećaju masne prevlake u ustima i smanjuje palatabilnost proizvoda kao što su barene i kuvane kobasice (Chattoraj i sar., 1979; Mittal, 2005; Das i sar., 2009; Bratcher i sar., 2011). Grubo usitnjene barene kobasice tipa mortadela od mesa starih koza kojima je dodato 10% svinjske masti najprihvatljivije su od strane potrošača (Guerra i sar., 2011). Pored toga, ako je meso usitnjeno tokom stanja *pre-rigor mortis*, kobasice od kozjeg mesa imaju prijatniju boju i sočnost od istih proizvoda napravljenih od mesa usitnjenog tokom stanja *post-rigor mortis* (Dzudie i Okubanjo, 1998). U kuvanim kobasicama od kozjeg mesa tehnološki prihvatljive promene u formulaciji paštete (sadržaj 9% jetre i 21% krvi) doprinose visokom sadržaju gvožđa i utiču na povećanje udela crvene boje (a^*) proizvoda (Dalmás i sar., 2011). Takođe, razmatranjem uticaja masti različitog porekla (svinjska mast i maslinovo ulje) i udela u formulaciji na kvalitet kuvanih kobasica u tipu paštete od kozjeg mesa, može se zaključiti da kozja pašteta sa 10% svinjske masti ima najveće vrednosti parametara boje, kohezivnosti i intenziteta arome, dok kozja pašteta sa 30% maslinovog ulja ima najviše vrednosti parametara teksture, osim za kohezivnost (Rodrigues i sar., 2019). Međutim, u odnosu na ovčju paštetu koja je jačeg intenziteta ukusa, kozja pašteta ima veću sočnost, ali nije prihvatljiva potrošačima (Rodrigues i sar., 2019). Još jedna od mogućnosti dodavanja vrednosti mesu i proizvodima od kozjeg mesa je proizvodnja dimljene kozje krvavice, koja predstavlja vrstu kuvane kobasice za čiju se pripremu kao sirovine koriste kozja krv, iznutrice i meso (20%) (Silva i sar., 2013). Ovaj proizvod je bogat proteinima visoke biološke vrednosti, aminokiselinama i sadržajem esencijalnih aminokiselina u količinama većim od preporučenih vrednosti za odraslu osobu, esencijalnim masnim kiselinama i gvožđem (26,65 mg/100 g) i ima visoku senzornu prihvatljivost (više od 80%) (Silva i sar., 2013).

Meso starih koza u kombinaciji sa najmanje 50% svinjskog mesa pogodno je za proizvodnju konzerve od mesa u komadima u tipu kuvane šunke, dok formulacija kuvane šunke koja sadrži 75% svinjskog i 25% kozjeg mesa pokazuje najveću ukupnu prihvatljivost (Beserra i sar., 2003). Usoljena i pečena kozja slabina pokazuje nižu silu smicanja i poželjnija je od kuvane slabine, koja se odlikuje nižim sadržajem rezidualnog nitrita i soli (Dzudie i sar., 2000). Salamureni, dimljeni kozji but ocenjen je prihvatljivijim od goveđeg buta proizvedenog na isti način (Breukink i Casey, 1989). Tokom prerade kozjeg mesa dolazi i do promena u koncentraciji isparljivih organskih jedinjenja, tako da se tokom toplotne obrade ili dimljenja u gotovom proizvodu mogu detektovati nova jedinjenja ili da postojeća nestanu (Ivanović i sar., 2015). Neujednačenost tehnoloških procesa

proizvodnje prouzrokuje razlike u senzornim svojstvima proizvoda (Teixeira i sar., 2020), pa su optimalni parametri za proizvodnju sušenog kozjeg mesa: 15 minuta sušenja u pregrejanoj pari na 100° C, 30% šećera, 2% soli, 250 minuta sušenja na 65° C (Minh, 2017).

U pogledu funkcionalne hrane, niskokalorična fino usitnjena barena kobasica od mesa koza dobija se smanjenjem sadržaja masti u formulaciji i u odnosu na identičan način proizvedenu goveđu, svinjsku i kombinovanu (u sastavu sadrži kozje, goveđe i svinjsko meso) barenu kobasicu, ima niže vrednosti gubitka mase i kohezivnosti, veću vrednost elastičnosti i slična svojstva teksture, pri čemu upotreba kozjeg mesa u formulaciji kombinovane barene kobasice daje proizvod sa niskim sadržajem masti i dobrim nutritivnim svojstvima, sposobnosti vezivanja vode i teksture (Gadiyaram i Kannan, 2004). Nutritivna svojstva i prihvatljivost za potrošače ispitana su za fino usitnjene barene kobasice u formulacijama sa kombinacijom različitih odnosa kozjeg i goveđeg mesa. Proizvodi sa većim udelom kozjeg mesa (75/25% i 100/0%), bez dodatih i sa dodatim pirinčanim mekinjama imaju veći sadržaj α -tokoferola, 18:2 cis-9 trans-11 CLA, ukupnih n-3, ukupnih PUFA, veći odnos n-3/n-6 i manji sadržaj holesterola (Malekian i sar., 2016). Takođe, kobasice sa većim udelom kozjeg mesa i dodatim pirinčanim mekinjama imaju niži sadržaj ukupnih zasićenih masnih kiselina i prihvatljiv odnos (C18:0 + C18:1)/C16:0, dok su formulacije kobasica sa većim udelom kozjeg mesa i bez dodatih pirinčanih mekinja prihvatljivije potrošačima (Malekian i sar., 2016). Dodavanje ovsene kaše u proizvodnji *toskanske kobasice* od kozjeg mesa nije promenilo senzorna svojstva, već je pored dobre prihvatljivosti proizvoda dodalo i hranljivu vrednost, pa u tom smislu, dodavanje vlakana u kozje meso može da doprinese smanjenju unosa masti (Lima i sar., 2015). S druge strane, uvođenje ekstrudiranog pšeničnog brašna u formulaciju kobasica od kozjeg mesa negativno utiče na kvalitet, jer su senzorna svojstva značajno izmenjena, dok upotreba neekstrudiranog pšeničnog brašna u formulaciji pozitivno utiče na teksturu, izgled i ukupnu prihvatljivost (Bawa i Singh, 2000). U termički obrađenoj kozjoj salami od mesa starih koza, zamenom u formulaciji dela kozje masti pirinčanim brašnom, značajno se smanjuje sadržaj vlage i etarskog ekstrakta, opada sočnost zbog smanjenja masti i vlage i povećava se mekanost (Laskar i sar., 2013). Pored toga, intenzitet boje proizvoda je povećan zbog manjeg sadržaja masti i svetlo ružičaste boje pirinča, dok se veće ocene ukusa mogu pripisati povećanoj apsorpciji vode i oslobađanju isparljivih aromatičnih jedinjenja iz pirinčanog brašna tokom kuvanja (Laskar i sar., 2013). Osim toga, dobra ukupna prihvatljivost kozje salame sa 10% kozje masti i 10% pirinčanog brašna kod potrošača čini ovu formulaciju pogodnom za proizvodnju proizvoda sa smanjenim sadržajem masti (Laskar i sar., 2013). Dodavanjem sojinih proteina u formulaciju, kobasice od kozjeg mesa pokazuju veću sposobnost emulgovanja (Figueiredo i sar., 2003). U kozjim kobasicama moguća je zamena kozjeg mesa koncentratom proteina soje, koja se pokazala vrlo efikasnom u pogledu smanjenja sadržaja masti i troškova proizvodnje, a nije uticala na stepen prihvatljivosti proizvoda od strane potrošača, tako da se za dimljene kobasice preporučuje dodavanje do 3,5% sojinih proteina (Madruga i Bressan, 2011). U fermentisanim kozjim štapićima zamena mesa sojinim proteinima u iznosu od 3,5% smanjuje nivo masti i do 66% u poređenju sa sličnim proizvodima, povećava sadržaj pepela, odnos vlaga/protein i pH vrednost, ali nema negativnog uticaja na ukus, teksturu i ukupnu prihvatljivost proizvoda (Cosenza i sar., 2003a). Fermentisane dimljene kobasice od mesa mladih koza (*cabrito*) u kojima je meso zamenjeno koncentratom proteina soje (3,50%) mogu dobiti dodatnu vrednost kao proizvodi sa smanjenim sadržajem masti (Cosenza i sar., 2003b). Slično tome, u proizvodnji kozjih medaljona moguća je upotreba 15% sojine paste ili sojinih granula zamenom jednake količine kozjeg mesa, pri čemu kozji medaljon sa sojinom pastom sadrži manje proteina i ima smanjenju sposobnost vezivanja vode, tvrdoću, elastičnost, gumljivost i žvakljivost, dok ukus i ukupna prihvatljivost nisu različiti od konvencionalnog kozjeg medaljona i bolje su ocenjeni u odnosu na kozje medaljone sa dodatkom sojinih granula (Das i sar., 2008). Proizvodnja barenih kozjih kobasica dobrog kvaliteta moguća je upotrebom 7,5% biljnog ulja i 7,5% kozje masti u formulaciji, bez negativnog uticaja na ukus (Pal i Agnihotri, 1996). Kuvane kobasice u tipu kozjih pašteta sa udelom maslinovog ulja i svinjske masti u formulaciji, sadrže manje masti i veoma visok sadržaj proteina u poređenju sa sličnim

proizvodima, pri čemu je sadržaj holesterola u paštetama sa maslinovim uljem niži u odnosu na one sa svinjskom masti, dok je sadržaj polinezasićenih masnih kiselina veći, a odnosi PUFA/SFA i n-6/n-3 su slični (Teixeira i sar., 2019). Na senzorni, mikrobiološki, fizički i hemijski kvalitet mariniranog, delimično kuvanog, kozjeg mesa utiče dodavanje kiselina, konzervanasa, humektanata i začina, kao i pakovanje, gde kombinacija niza aditiva u manjim dozama obezbeđuje duži rok trajanja i bolji kvalitet proizvoda, nego upotreba pojedinačnih aditiva u većim dozama (Das, 2003).

Restrukturirani proizvodi u najširem smislu predstavljaju proizvode koji imaju svojstva između usitnjenog mesa i netaknutog mišića, a proizvode se delimičnim ili potpunim usitnjavanjem sirovine i preoblikovanjem u isti ili drugačiji oblik, uz poboljšanje svojstva proizvoda kao što su oblik, boja, tekstura, sočnost i ukus (Sudheer i sar., 2011). Uticaji prirodnih antioksidanasa (natrijum-askorbat i α -tokoferol-acetat) na kvalitet salamurenog restrukturiranog proizvoda od kozjeg mesa, ogledaju se u nižoj aktivnosti vode proizvoda koji sadrži natrijum-askorbat i razlici u adhezivnosti proizvoda koji sadrži α -tokoferol-acetat (Gadekar i sar., 2014a). Pri tome su poboljšana senzorna svojstva proizvoda poput izgleda i ukusa, kao i stabilnost lipida i proteina tokom skladištenja, jer se smanjuje stepen njihove oksidacije (Gadekar i sar., 2014a). U cilju poboljšanja senzornih svojstava i unapređenja tehnološkog procesa proizvodnje presovanog delikatesnog proizvoda od kozjeg mesa koji ima terapijska i profilaktička svojstva, značajna je upotreba enzimskog preparata papaina u formulaciji salamure jer omekšava kozje meso i smanjuje vreme obrađivanja mesa do tri sata (Kazhybayeva i sar., 2019).

U Latinskoj Americi, tradicionalni proizvod *charqui* pravi se od manjih komada svežeg kozjeg mesa koji se sole, presuju nekoliko dana, suše na suncu i vetru i dime (Teixeira i sar., 2020). Postupci soljenja i sušenja značajno doprinose smanjenju aktivnosti vode u proizvodu (Teixeira i sar., 2011). U Brazilu, poseban tradicionalni proizvod *buchada caprina* pravi se od iznutrica (srca, bubrega, jetre, pluća, creva i buraga) i krvi koza, kojima se puni retikulum, koji se zatim zašiva i kuva (Madruga i Bressan, 2011; Teixeira i sar., 2020). To je proizvod visoke hranljive vrednosti, koji u proseku sadrži 73% vlage, 2% pepela, 17% proteina, 5% masti i 2% ugljenih hidrata, ali i veći sadržaj zasićenih masnih kiselina u odnosu na nezasićene i polinezasićene masne kiseline (De Queiroz i sar., 2013). Takođe, od nezasićenih masnih kiselina ima visok sadržaj oleinske, linolne i α -linoleinske kiseline, a lizina, leucina, fenilalanina i tirozina od esencijalnih aminokiselina (De Queiroz i sar., 2013). Meksički tradicionalni proizvod *barbacoa* predstavlja sporo kuvano kozje meso u podzemnim pećima, vrlo mekanih i sočnih karakteristika (Teixeira i sar., 2020). Pored toga, u Aziji, na području Himalaja, tradicionalni proizvod od kozjeg mesa *suka ko masu* pravi se sečenjem crvenog mesa na trake dužine 25–30 cm, mešanjem sa kurkumom u prahu, uljem i soli, sušenjem i dimljenjem od 7 do 10 dana (Rai i sar., 2009). Pri tome, ovaj proizvod pokazuje najniže vrednosti za pH (5,3) i mlečno-kiselinske bakterije (6,0 log cfu/g uzorka) u poređenju sa drugim dimljenim, sušenim i fermentisanim tradicionalnim proizvodima od mesa jaka, goveda i svinje (Rai i sar., 2010). Indijski tradicionalni proizvod od kozjeg mesa *geema* je kobasica koja se pravi od mlevenog mesa pomešanog sa solju, divljim biberom, čilijem u prahu, vodom i svežom krvlju, puni se u tanko kozje crevo, a zatim se kobasica kuva i suši 15–20 dana (Teixeira i sar., 2020). Slična ovoj kobasici je i tradicionalna kobasica od kozjeg mesa *arija* koja se pravi istim postupkom, ali se meša sa kozjim plućima i puni u debelo kozje crevo (Teixeira i sar., 2020). Pored toga, u Indiji i Pakistanu tradicionalni proizvod *haleem* je jelo od mesa, vrsta kaše od mesa, koja se priprema od kozjeg mesa (može i od pilećeg ili bivoljeg mesa), vode, integralne pšenice, sočiva, začina i soli uz lagano i neprestano mešanje do dobijanja guste polučvrste mase (Bhandare, 2014). U Evropi, dimljena ovčja fermentisana suva kobasica *fårepølse* je norveški tradicionalni proizvod koji se pravi i od kozjeg mesa (Holck i sar., 2014), dok je *chanfana* portugalski tradicionalni proizvod od mesa starih koza koje se polako kuva u loncu sa crnim vinom, začinskim biljem i začinama, u drvenoj peći, sve dok meso ne postane mekano i ukusno (Teixeira i sar., 2020). U južnom području Afrike, tačnije Mozambiku, primenjuje se tradicionalna tehnika sušenja kozjeg mesa koja se sastoji od postupaka soljenja i dimljenja, a poznata je kao *chinkui* (Teixeira i sar., 2020).

2.3. Barene kobasice

Proizvodi od mesa su hrana koja se dobija od mesa, masnog i vezivnog tkiva, mehanički separisanog mesa (MSM), krvi, proizvoda od krvi i ostalih jestivih delova životinja za klanje, liofilizovanog mesa i dodataka, različitim postupcima konzervisanja i obrade i kod njih je meso tako promenjeno da proizvodi više nemaju svojstva svežeg mesa (Službeni glasnik RS, 50/19). U zavisnosti od načina proizvodnje i postupaka konzervisanja, proizvodi od mesa mogu da se proizvode i stavljaju u promet bez toplotne obrade i sa toplotnom obradom.

Kao proizvod koji je nastao razvojem industrije, prva kobasica tipa barene kobasice napravljena je 1805. godine pod nazivom *bečka viršla* (Vuković, 2006). Proizvodi od mesa na bazi emulzije, odnosno mesnog testa, su proizvodi zasnovani na složenom sistemu u kojem se mast emulguje u viskoznom fluidu, koji se uglavnom sastoji od u solima rastvornih miofibrilnih proteina, koji su prethodno oslobođeni iz mesa i koji su na kraju stabilizovani toplotnom obradom, koja doprinosi stvaranju gela, a čestice mesa su toliko male da se na površini proizvoda ne mogu vizuelno razlikovati (Cobos i Díaz, 2014). U proizvodnji ovih kobasica najčešće se koristi svinjetina, govedina i teletina, mada je poslednjih godina povećana upotreba pilećeg i ćurećeg mesa zbog hranljivih svojstava, a mogu se praviti od jedne vrste mesa ili od mešavine mesa (npr. svinjetine i govedine) i u većini slučajeva to su proizvodi koji su dimljeni ili obrađeni na pari ili u vrućoj vodi. U svetu, primeri ovih proizvoda su frankfurteri, hot-dog, bolonjska kobasica, mortadela itd.

Barene kobasice su proizvodi od mesa koje se dobijaju od mesa, masnog tkiva, vezivnog tkiva, iznutrica, proizvoda od krvi i dodataka, kod kojih deo nadeva može da čini mesno testo i koji se, posle punjenja u omotače ili u kalupe, obrađuju toplotom na temperaturi pasterizacije, sa ili bez dimljenja, a kao dodaci mogu da se upotrebljavaju kuhinjska so, soli za salamurenje, voda, začini, ekstrakti začina, šećeri, aditivi, arome dima i prirodne arome (Službeni glasnik RS, 50/19). Pored toga, na osnovu sastava, stepena usitnjenosti i načina proizvodnje, barene kobasice se proizvode i stavljaju u promet kao: fino usitnjene barene kobasice, grubo usitnjene barene kobasice, barene kobasice sa komadima mesa i mesni hlebovi (Službeni glasnik RS, 50/19).

Prema Pravilniku o kvalitetu usitnjenog mesa, poluproizvoda od mesa i proizvoda od mesa (Službeni glasnik RS, 50/19) u barenim kobasicama koje se proizvode i stavljaju u promet pod drugim nazivom mogu da se upotrebljavaju pored mehanički separisanog mesa (MSM) i sledeći dodaci:

- vlakna uključujući i inulin;
- omega 3-masne kiseline;
- vitamini i mineralne materije;
- ugljeni hidrati (skrob i proizvodi od skroba);
- belančevinasti proizvodi;
- mleko i proizvodi od mleka;
- jaja i proizvodi od jaja;
- masti i ulja biljnog i životinjskog porekla;
- hrana i proizvodi biljnog porekla (pečurke, žitarice, med, povrće, voće i njihovi proizvodi, vino i druga pića).

Barene kobasice i upakovani naresci ovih proizvoda čuvaju se na temperaturi 0–4° C (Službeni glasnik RS, 50/19).

2.3.1. Fino usitnjene barene kobasice

Fino usitnjene barene kobasice su proizvodi od mesa čiji je nadev fino usitnjen i kojeg čini mesna emulzija. Prema Pravilniku o kvalitetu usitnjenog mesa, poluproizvoda od mesa i proizvoda od mesa (Službeni glasnik RS, 50/19), fino usitnjene barene kobasice dobijaju se od mesa koje je fino usitnjeno, a kod proizvoda sa dodatkom kockica masnog tkiva, sira i hrane biljnog porekla ovi sastojci mogu biti vidljivi, pri tome se ove kobasice proizvode i stavljaju u promet pod nazivom viršla, frankfurter, parizer i bela kobasica ili pod drugim nazivom.

Zahtevi kvaliteta za fino usitnjene barene kobasice u proizvodnji i prometu, a koji su utvrđeni Pravilnikom o kvalitetu usitnjenog mesa, poluproizvoda od mesa i proizvoda od mesa (Službeni glasnik RS, 50/19) su sledeći:

- da su jedre i sočne i da pod lakim pritiskom ne otpuštaju tečnost;
- da su bez oštećenja, većih nabora i deformacija;
- da je nadev homogen, ujednačene i stabilne boje i da nema izdvojenog želea i masti;
- da omotač prileže uz nadev;
- da su prijatnog i svojstvenog mirisa i ukusa;
- ako nije drukčije propisano pravilnikom, da je sadržaj proteina mesa najmanje 10% i sadržaj kolagena u proteinima mesa najviše do 20%, a sadržaj kolagena u proteinima mesa u proizvodu od mesa živine najviše do 10%.

Zahtevi kvaliteta za proizvode koji se proizvode i stavljaju u promet pod drugim nazivom (npr. pariska kobasica sa pečurkama, sa maslinama, sa povrćem ili posebna kobasica sa paprikom, sa pečurkama, sa sirom ili od pilećeg, ćurećeg mesa itd.) podrazumevaju pored uslova navedenih za fino usitnjene barene kobasice i da je sadržaj proteina mesa ili sadržaj ukupnih proteina najmanje 10%, sadržaj kolagena u proteinima mesa ili ukupnim proteinima najviše do 25%, a sadržaj kolagena u proteinima mesa ili ukupnim proteinima u proizvodu od mesa živine najviše do 15% (Službeni glasnik RS, 50/19).

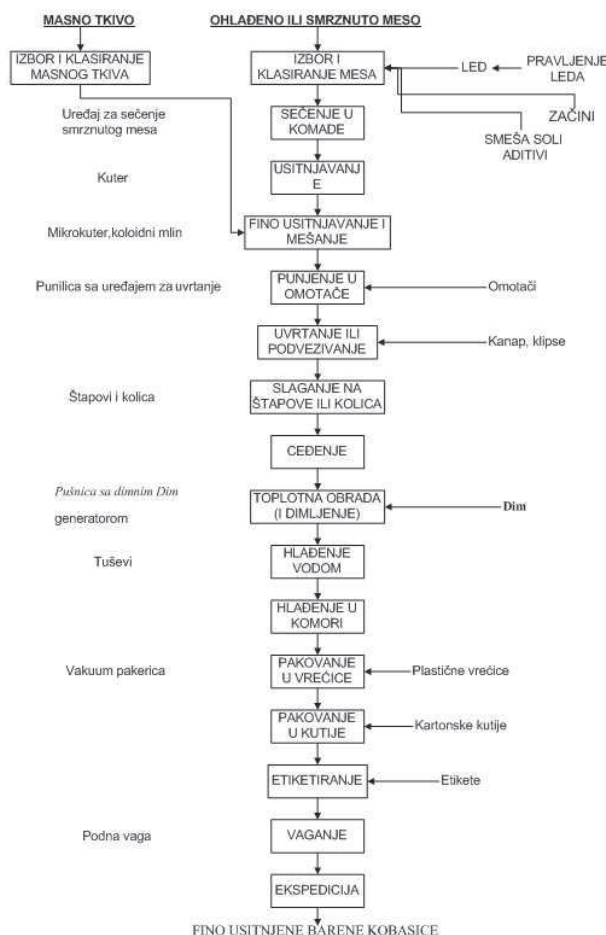
Fino usitnjene barene kobasice koje se proizvode i stavljaju u promet pod nazivom frankfurter dobijaju se od mesa i masnog tkiva svinje, proizvoda od krvi i dodataka (kuhinjska so, soli za salamurenje, voda, začini, ekstrakti začina, šećeri, aditivi, arome dima i prirodne arome), a nadev frankfurtera se puni u prirodne omotače uskog prečnika (Službeni glasnik RS, 50/19). Pravilnikom o kvalitetu usitnjenog mesa, poluproizvoda od mesa i proizvoda od mesa (Službeni glasnik RS, 50/19) propisan je zahtev za ovu vrstu proizvoda od mesa da sadržaj proteina mesa mora da je najmanje 11%, a sadržaj kolagena u proteinima mesa najviše do 20%.

2.3.2. Tehnološki postupak proizvodnje fino usitnjenih barenih kobasica

U toku proizvodnje fino usitnjenih barenih kobasica različiti faktori, kao što su količina i sama priroda korišćenog mesa, vrsta i količina dodate masti, odnos masti i rastvorljivih miofibrilarnih proteina, pH vrednost, dodata voda, sadržaj soli (jonska jačina) i drugih dodataka (fosfati, proteinski dodaci, skrob i dr), ali i faze mehaničke i toplotne obrade (vreme trajanja i brzina usitnjavanja, temperatura sirove smeše, brzina i temperatura barenja), utiču na teksturu, ukus, prinos i stabilnost proizvoda (Xiong, 2007). Uopšteno, da bi se postigla poželjna svojstva emulzije i karakteristike proizvoda, sve ove faktore i uslove je potrebno optimizovati (Santhi i sar., 2015).

Na slici 2.1, prikazana je tehnološka shema postupka proizvodnje fino usitnjenih barenih kobasica, koja započinje izborom i klasiranjem sirovina, odnosno dodataka, od kojih se pravi ova podgrupa proizvoda, a zatim slede postupci izrade nadeva, punjenja, toplotne obrade (sa ili bez dimljenja), pakovanja i ekspedicije (Vuković, 2006; Pešović i Petrović, 2008a).

Ukratko, fino usitnjene barene kobasice proizvode se na konvencionalan način od ohlađenog ili smrznutog mesa, a nakon usitnjavanja mesa na komade u vuku („volfu“) ili smrznutog mesa u drobilici, pa zatim u vuku, pristupa se usitnjavanju u brzorotirajućim (vakuum) kuterima, koji omogućavaju fino dezintegraciju mišićnih i vezivotkivnih vlakana, što usled stvaranja perifernih lanaca povećava sposobnost vezivanja vode, a zatim sledi izrada mesnog testa i sa dodavanjem masnog tkiva i mesne emulzije (Vuković, 2006; Pešović i Petrović, 2008a). Takođe, prilikom pravljenja mesnih emulzija kuter se puni najviše do 80% zapremine, jer je u tom domenu optimalno emulgovanje svakog kutera (Pešović i Petrović, 2008a). Po dodavanju masnog tkiva, kuterovanje se nastavlja pri brzini zdele od 3 000 do 4 500 obrtaja/min, dok se ne dostigne željena temperatura, 10–14° C (Feiner, 2006).



Slika 2.1. Tehnološka shema postupka proizvodnje fino usitnjenih barenih kobasica (Pešović i Petrović, 2008a)

Naredni korak je punjenje nadeva punilicom u prirodne ili veštačke omotače, tako da se omotači dobro ispune, da nadev prati omotač, pod vakuumom, pri relativno malom pritisku, jer tokom barenja kobasica dolazi do bubrenja, odnosno povećanja volumena nadeva (Vuković, 2006; Pešović i Petrović, 2008a). Zatim, nakon uvrtnanja ili klipsiranja, odnosno vezivanja, kobasice se stavljaju na štapove koji su raspoređeni u odgovarajuće ramove i ostavljaju se određeno vreme radi ceđenja (Feiner, 2006; Pešović i Petrović, 2008a).

Sledeći značajan korak je dimljenje i toplotna obrada. U slučaju da se dime, kobasice se pune u omotače propustljive za dim i vodenu paru i po pravilu se dime do zlatnomrke boje, pri tome važan uticaj imaju relativna vlažnost i strujanje vazduha u komori za dimljenje, tako da je pri nižim brzinama strujanja vazduha (10 m/s) dimljenje hrenovki neznatno brže pri većoj relativnoj vlažnosti (Vuković, 2006; Pešović i Petrović, 2008a).

Nakon dimljenja, fino usitnjene barene kobasice se toplotno obrađuju pasterizacijom (barenjem) koja se vrši u vlažnoj sredini na temperaturi 74–80° C (od najmanje 70° C u centru proizvoda), u zavisnosti od prečnika kobasica, pri tome proteini koagulišu i mekana mesna emulzija postaje čvrst kobasičarski proizvod (Vuković, 2006; Pešović i Petrović, 2008a). Zatim se kobasice tuširaju hladnom vodom i intenzivno hlade u komori za hlađenje prskanjem ili potapanjem u slani rastvor (6%), da bi se sprečio razvoj mikroorganizama koji su preživeli toplotnu obradu (Feiner, 2006; Vuković, 2006; Pešović i Petrović, 2008a).

Kasnije, kobasice se skladište u suvu prostoriju, da bi se sprečila pojava plesni na površini, a u toku transporta je potrebno izbegavati velike promene temperature, jer se na površini stvara kondenzat (Pešović i Petrović, 2008a).

2.3.2.1. Izbor sirovine

Izbor sirovog mesa i masnog tkiva ima važan uticaj na prinos, teksturu i mikrostrukturu fino usitnjenog proizvoda kao što je barena kobasica (Mittal, 2005), zato su sastav i količine prisutnih vrsta proteina (miofibrilarni, sarkoplazmatski i stromalni) u mesu zbog svojih strukturnih i funkcionalnih svojstava od velikog značaja (Santhi i sar., 2015), jer određuju vezivanje sastojaka (mast i vodu) u mesnoj emulziji. Tako na primer, rastvorljivi miofibrilarni proteini, rastvoreni u sredini sa solima, okružuju česticu masti, dalje obrazuju emulziju sa vodom i mastima, pri čemu je mast značajna u stvaranju mesnih emulzija sa ostalim sastojcima i povezana je sa intenzitetom ukusa, sočnosti i mekanosti kobasica (Jin i sar., 2016). Iz navedenih razloga, prilikom izbora osnovnih sirovina, koje mogu biti standardizovane, treba primenjivati i neka pravila stečena iz iskustva (Pešović i Petrović, 2008a). Ako se na primer, u komponovanju recepture koristi isključivo leđna slanina (čvrsto masno tkivo), tada uvek treba smanjiti prethodno izračunatu količinu za približno 3%, da bi se postigla sigurnost za održavanje granične vrednosti odnosa masti i proteina, jer leđna slanina sadrži više masti od mešane (kombinacija čvrsto masno tkivo i meko masno tkivo) sa svih regija (Pešović i Petrović, 2008a). Takođe, upotreba biljnih ulja i ekstrakta za razliku od svinjske masti doprinosi mekanoj konzistenciji proizvoda, a suprotno tome ulje repice u poređenju sa goveđim lojem čini da je proizvod tvrđi, dok mesno testo pripremljeno sa sojinim uljem pokazuje veću tvrdoću, elastičnost, kohezivnost i žvackljivost od emulzije sa svinjskom masti (Santhi i sar., 2015).

S obzirom na to da na svojstva emulzije barenih kobasica utiče vrsta mesa, pored sadržaja proteina u njemu, važna je i činjenica da li potiče od mladih ili starih životinja, zato što meso mlađih životinja ima bolju sposobnost vezivanja vode i bubrenja (Vuković, 2006; Pešović i Petrović, 2008a). Isto tako, upotreba pilećeg i ćurećeg mesa sa govedinom značajno poboljšava svojstva emulzije, jer sadržaj proteina raste sa povećanjem količine ćuretine (Santhi i sar., 2015). Osim toga, meso najbolje vezuje vodu neposredno posle klanja do 6 sati, odnosno pre pojave *post-mortem rigor*, dok je viša pH vrednost i kada su miofibrilarni proteini dobro rastvorljivi, zbog toga je preporučena upotreba mesa sa nešto višim pH (goveđe meso: $pH_{24} > 5,8$ i svinjsko meso: $pH_{24} > 6,0$) (Vuković, 2006). Visoka pH vrednost u mesu povoljno utiče na sposobnost vezivanja vode i stabilnost emulzije, tako da meso sa visokim pH ima dobra svojstva emulgovanja i stvaranja gela, dok meso sa niskim pH dovodi do mekane teksture barenog proizvoda, pri čemu se konačni pH mesa ($pH \geq 5,5$) postiže završetkom glikolize (Santhi i sar., 2015). U proizvodnji barenih kobasica nije pogodna upotreba mesa blede, mekane i vlažne muskulature (PSE), jer je zbog delimično denaturisanih proteina smanjena sposobnost vezivanja vode i emulgovanja masti (Feiner, 2006; Vuković, 2006). Takođe, nije poželjna ni upotreba mesa tamnocrvene, tvrde i suve muskulature (DFD), jer zbog visokog pH nepovoljno utiče na boju i održivost proizvoda (Feiner, 2006; Vuković, 2006). Razlike u konačnom kvalitetu i ukusu proizvoda su neznatne upotrebom goveđeg ili svinjskog mesa istih svojstava, s tim što je kod kobasica od samo goveđeg mesa boja

preseka tamnija, a tekstura nešto čvršća, dok je kobasica od svinjskog mesa glatke teksture (Feiner, 2006; Pešović i Petrović, 2008a).

Pored toga, mlevenjem mesa, a zatim usoljavanjem sa 2–4% kuhinjske soli ili sušenjem u vakuum-u (liofilizacija), kao i smrzavanjem mesa pre pojave *rigor mortis*-a, može da se sačuva dobra sposobnost vezivanja vode (Vuković, 2006). Međutim, kako odmrzavanjem mesa nastaje snažna kontrakcija u mišićima koja nepovoljno utiče na vezivanje vode, poželjna je upotreba smrznutog ili delimično odmrznutog mesa (Vuković, 2006; Pešović i Petrović, 2008a). Isto tako, masno tkivo treba da se ohladi, da bi masti kristalizovale i da bi se zaustavilo delovanje enzima (lipaza) (Vuković, 2006). U proizvodnji barenih kobasica uglavnom se upotrebljava čvrsto masno tkivo svinja, jer se prilikom usitnjavanja lako seče, a za vreme toplotne obrade teže otapa (Vuković, 2006).

2.3.2.2. Dodaci

U cilju poboljšanja tehnoloških i funkcionalnih svojstava barenih kobasica u proizvodnji se koriste dodaci i to su uglavnom kuhinjska so, začini, ekstrakti začina, šećeri, aditivi (soli nitrata i nitrita, antioksidansi, fosfati, citrati, hidrokoloidi i modifikovani skrobovi), zatim proteinski dodaci, voda i druge namirnice (suvo ili smrznuto povrće, sir, šampinjoni) (Vuković, 2006).

Kuhinjska so je najstariji poznati konzervans i najčešće korišćeni dodatak u industriji mesa (Živković i Stajić, 2016). Njene funkcionalne uloge u proizvodnji i preradi mesa u osnovi se sastoje u: (i) smanjenju i sprečavanju rasta mikroorganizama, (ii) solubilizaciji (rastvaranju) proteina, (iii) aktiviranju ekstrakcije proteina, hidrataciji i poboljšanju sposobnosti vezivanja vode, (iv) povećanju prinosa kuvanja i sočnosti, (v) povećanju viskoznosti mesnih testa i sprečavanju topljenja čestica masti, čime se omogućava stvaranje termički stabilnih emulzija, (vi) smanjenju gubitka vode, odnosno kala toplotne obrade i (vii) poboljšanju narezivosti, tako da kuhinjska so doprinosi poboljšanju teksture, senzornih svojstava i produženju roka trajanja proizvoda (Knipe, 2014b; Petit i sar., 2019). Preporučena količina kuhinjske soli za upotrebu u prerigorinalnom mesu iznosi 1,8–2,2%, međutim u slučaju mesa u kome je nastao *rigor mortis*, ova količina je nedovoljna za povećanje sposobnosti vezivanja vode, pa se iz tog razloga moraju dodati fosfati ili citrati (Vuković, 2006). Pored toga, pozitivan uticaj visokog sadržaja soli na inhibiciju rasta mikroorganizama ispoljava se u smanjenju a_w vrednosti, gde dodavanje 2% kuhinjske soli u emulgovane kobasice (npr. frankfurtere) snižava ovu vrednost do 0,96–0,97, koja je suviše mala za rast pojedinih mikroorganizama (Živković i Stajić, 2016). Takođe, pozitivan uticaj kuhinjske soli na sposobnost vezivanja vode koristan je prilikom pripremanja mesnog testa, kada se na početku usitnjavanja mesa u kuteru dodaje sva količina soli, ali ona ne sme biti veća od 5%, jer tada dolazi do suprotnog efekta, odnosno smanjenja sposobnosti vezivanja vode, ali i pojave intenzivno slanog ukusa, koji prouzrokuje negativna senzorna svojstva (Vuković, 2006; Živković i Stajić, 2016).

U industriji hrane dozvoljena je upotreba linearnih fosfata i prema strukturi razlikuju se (Long i sar., 2011; Živković i Stajić, 2016): (i) monofosfati, koji se uglavnom koriste za podešavanje i održavanje pH (puferi), od kojih se u preradi mesa najčešće koriste natrijum-fosfat (E339) i kalijum-fosfat (E340); (ii) difosfati (E450) koji deluju na aktomiozinski kompleks i imaju visok pH, a u preradi mesa uglavnom se koriste natrijumove i kalijumove soli; (iii) trifosfati (E451), od kojih se u preradi mesa koriste natrijumove i kalijumove soli; (iv) polifosfati (E452). Pored kuhinjske soli i fosfati se smatraju funkcionalnim dodatkom, jer preuređuju proteine rastvorljive u soli na takav način da se oni lakše izdvajaju i rastvaraju iz vlaknastog tkiva mesa, povećavaju pH i jonsku silu mesnog testa, doprinoseći većoj sposobnosti vezivanja vode i ekstrakciji proteina, a sa kuhinjskom soli sinergijski deluju na ekstrakciju proteina i sposobnost vezivanja vode (Knipe, 2014b). Difosfatni oblik alkalnih fosfata, koji se obično koristi u proizvodnji mesnih emulzija, kompleksiranjem jona kalcijuma i magnezijuma, doprinosi delimičnoj disocijaciji aktomiozina,

vraćajući deo aktina i miozina u njihove odvojene prerigoralne forme, čime utiče na povećanje količine zadržane vode, a time i na smanjenje kala toplotne obrade i poboljšanje teksture i senzornih svojstava (mekanost i sočnost) proizvoda (Long i sar., 2011; Knipe, 2014b). Pored toga, fosfati se odlikuju i antioksidativnom aktivnošću, delujući indirektno na stabilnost lipida, putem građenja helatnih kompleksa i inaktivacijom jona metala (joni gvožđa) koji katalizuju oksidaciju masti (Živković i Stajić, 2016). S druge strane, alkalni fosfati povećanjem pH vrednosti doprinose većoj stabilnosti boje tokom skladištenja, kao i usporavanju procesa nastajanja azot-monoksida iz nitrita čime se smanjuje sadržaj nitrozil-mioglobina (Long i sar., 2011; Živković i Stajić, 2016). Pravilnikom o prehrambenim aditivima (Službeni glasnik RS, 53/18) i Pravilnikom o kvalitetu usitnjenog mesa, poluproizvoda od mesa i proizvoda od mesa (Službeni glasnik RS, 50/19) propisana je najveća dozvoljena vrednost sadržaja ukupnog fosfora do 8,0 g/kg, izraženog kao fosfor-pentoksid (P_2O_5). S obzirom da meso sadrži prirodan fosfor u neorganskom i organskom obliku, upotrebom fosfata u količini 0,3–0,5% u proizvodnji barenih kobasica postiže se manji sadržaj ukupnog fosfora od propisane vrednosti za gotov proizvod (Vuković, 2006).

Natrijum-nitrit (E249) i kalijum-nitrit (E250) su važni aditivi u dobijanju konzerviranih proizvoda od mesa i uglavnom se upotrebljava natrijumova so, pri tome pored značaja u nastajanju boje, nitriti bitno utiču na ukus proizvoda i jednako važno, na bezbednost proizvoda tokom proizvodnje, skladištenja i distribucije, jer imaju antioksidativna i baktericidna svojstva, što se pre svega ogleda u sprečavanju rasta patogenih bakterija kao što je *Clostridium botulinum* (Knipe, 2014a). Boja salamurenih proizvoda potiče od nitrozil-mioglobina, koji nastaje u reakciji nitrita sa mioglobinom, tako što se po dodatku nitrita najpre oksiduje mioglobin u metmioglobin, uz promenu boje mesa iz crvene u braon, a zatim se za metmioglobin veže azot-monoksid i nastaje nitrozil-methemoglobin, koji se redukuje u prisustvu askorbata ili eritorbata u nitrozil-mioglobin, karakteristično crvene boje (Živković i Stajić, 2016). Pored toga, nitrozil-pigmenti mogu se oksidovati u pigmente zelene boje pod uticajem svetlosti, kiseonika ili peroksida, što dovodi do diskoloracije proizvoda, a nastajanje promena može se ograničiti primenom određenih načina proizvodnje (obrada i punjenje pod vakuumom) i pakovanja (delimično providna ambalaža, vakuum pakovanje ili MAP) (Živković i Stajić, 2016). Slično tome, nitriti su nizom reakcija odgovorni i za nastajanje isparljivih i rastvorljivih jedinjenja koja doprinose karakterističnom mirisu i ukusu salamurenih proizvoda (Živković i Stajić, 2016). Zbog antioksidativnog delovanja nitrita smanjuje se oksidacija lipida, pri čemu dodatak od 50 mg/kg nitrita snižava užeglost za 50–64% u slučaju goveđeg, svinjskog i pilećeg mesa (Živković i Stajić, 2016). Pravilnikom o prehrambenim aditivima (Službeni glasnik RS, 53/18) propisana je najveća dozvoljena količina nitrita koja se može dodati tokom proizvodnje i iznosi do 150 mg/kg, odnosno kod sterilisanih ($F_0 > 3$) proizvoda od mesa do 100 mg/kg.

Natrijum-eritorbat (E316) je sintetički antioksidans koji se uglavnom koristi u proizvodnji kobasica i važan je za povećanje brzine prevođenja nitrita u azot-monoksid, odnosno za ubrzano stvaranje azot-monoksida, što doprinosi bržem razvoju boje i njenom održavanju tokom skladištenja, ali i sprečavanju nastajanja kancerogenog nitrozamina u proizvodu (Benjamin i Collins, 2003; Knipe, 2014a), dok istovremeno pokazuje antimikrobnu aktivnost povećanjem antibiotulinskog delovanja nitrita (Tompkin i sar., 1978).

Šećeri (monosaharidi i disaharidi) i drugi zaslađivači dodaju se kao korektori ukusa, ali i da bi se povećala sposobnost vezivanja vode i time sprečio gubitak vlage iz proizvoda kada se toplotno obrađuju (Knipe, 2014a). Pored toga, dodaju se u proizvodnji fermentisanih kobasica kao supstrati za fermentaciju (do 1%), dok se u drugim proizvodima koriste za ublažavanje slanog ukusa kuhinjske soli i gorkog ukusa nitrita (Živković i Stajić, 2016).

Voda, koja se dodaje uglavnom u obliku leda, pomaže u izdvajanju proteina mesa i poboljšanju sposobnosti vezivanja usitnjenih čestica mesa (Knipe, 2014a). Dodavanjem leda tokom

postupka usitnjavanja omogućava se hlađenje mesnog testa i produženje vremena usitnjavanja i mešanja, čime se produžava i vreme za izdvajanje proteina rastvorljivih u solima, ali se sprečava denaturacija proteina, kao i topljenje masti, dok voda koja nastaje topljenjem leda rastvara dodatu so i stvara slani rastvor koji pomaže u izdvajanju proteina rastvorljivih u solima (Knipe, 2014b). Osim toga, led/voda ima značajan uticaj na teksturu i sočnost proizvoda (Jin i sar., 2016). Količina dodate vode u mesnoj emulziji uglavnom se kreće između 10–35% ukupne formulacije (Claus i sar., 1990).

Začini predstavljaju delove različitih biljnih vrsta koji se koriste u cilju stvaranja karakterističnog mirisa i ukusa proizvoda, poput mlevenog korijandera i crnog bibera, belog luka u prahu i drugo, gde isparljiva organska jedinjenja začina utiču na miris, a rastvorljive materije na ukus, pored toga deluju inhibitory na rast i razvoj mikroorganizama (Vuković, 2006).

Proteinski dodaci (krvna plazma, proteini soje, kazeinati) koriste se kada je potrebno nadoknaditi sadržaj proteina mesa u proizvodu, a pored toga imaju dobru sposobnost vezivanja vode, doprinose stabilizaciji nadeva i obrazuju stabilne gelove tokom toplotne obrade, mada upotreba u količini većoj od 2% nepovoljno utiče na aromu proizvoda (Vuković, 2006). Proteini soje i kazeinati smatraju se dobrim sredstvima za stabilizaciju i emulgovanje, jer u emulzijama obrazuju tanak proteinski sloj oko čestica masti koje postaju imobilisane i stabilizovane, bez aglomeracije tokom toplotne obrade (Santhi i sar., 2015). Pored toga, koriste se za pripremanje emulzija masnog tkiva u kuteru i suspenzija kožica (Vuković, 2006).

Među ostalim dodacima koji se mogu koristiti u proizvodnji barenih kobasica su i hidrokoloide (karagenani), modifikovani i prirodni skrob, koji predstavljaju polisaharide i služe za vezivanje vode i obrazovanje stabilnog gela tokom toplotne obrade, čime doprinose stabilizaciji nadeva barenih kobasica, pri čemu se uglavnom dodaju u proizvode koji sadrže manju količinu mesa i masti, a upotreba u iznosu od 0,5% je dovoljna, jer veća količina nepovoljno utiče na aromu (Vuković, 2006).

2.3.2.3. Mesno testo i mesna emulzija

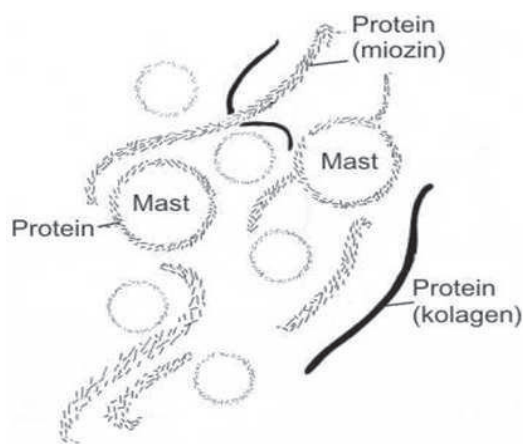
U prehrambenoj industriji veliki izazov predstavlja dobijanje homogene hrane sa dobrom teksturom, u kojoj su komponente smeše potpuno nemešljive i u tom smislu veliki značaj imaju emulgatori, koji predstavljaju hemijska jedinjenja koja se u građi odlikuju prisustvom hidrofилnog i hidrofobnog dela (Msagati, 2012). Pravilnikom o prehrambenim aditivima (Službeni glasnik RS, 53/18) emulgatori se definišu kao supstance koje omogućavaju formiranje ili održavanje homogenih mešavina dve ili više faza koje se ne mešaju u hrani. Njihova glavna uloga kao aditiva je da poboljšaju emulgovanje ili stabilizaciju emulzije ili pene međufaznim delovanjem (Kamel, 1991). Izbor tipa emulgatora zavisi od vrste sirovine za hranu, koja gradi disperznu i kontinuiranu fazu (Msagati, 2012). Proteini mesa služe kao emulgatori u mesnoj emulziji (Devatkal i sar., 2014) koji se vezuju i za masti i za vodu i tako sprečavaju odvajanje masti od vode (Knipe, 2014b). Ovi proteini se prilikom usitnjavanja mesa izdvajaju iz mišićnih vlakana, reaguju sa solima, vezuju dodatu vodu i prelaze u koloidni rastvor, gradeći osnovu mesnog testa, a time i nadeva barenih kobasica (Vuković, 2006).

Mesna emulzija („nadev“) za barene kobasice se ranije, po staroj tehnologiji, proizvodila diskontinualno, u dve faze, kada se prvo izrađivalo mesno testo ili prat (nem. *das Brät*, engl. *meat batter*), a zatim mesna emulzija (engl. *meat emulsion*) (Vuković, 2006; Pešović i Petrović, 2008b). Danas, u savremenoj industriji mesa, izrađuje se kontinualnim postupkom, kada se istovremeno usitnjavaju i mešaju svi sastojci kobasice (meso, masno tkivo, soli, led, začini i drugi dodaci) i u kojem se razlikuju, početna (prva) faza u kojoj se meso usitnjava uz dodatak kuhinjske soli, fosfatnih preparata, nitrata i vode, pri čemu se dobija homogena masa meke i lepljive

konzistencije (mesno testo ili prat) i završna (druga) faza finog usitnjavanja gde se dodaje masno tkivo, koje se usitnjava i ugrađuje u mesno testo i kao proizvod se dobija mesna emulzija (Vuković, 2006; Pešović i Petrović, 2008b). Uopšteno govoreći, nadev fino usitnjenih barenih kobasica je sačinjen od 65–75% mesnog testa koje predstavlja homogenu mešavinu fino usitnjenog mesa, različitih soli (natrijum-hlorida, fosfata, nitrita) i vode, u kome je homogenizovano fino usitnjeno masno tkivo (Vuković, 2006).

Mesna emulzija (slika 2.2.) se u industriji mesa često naziva „mesno testo“ i to je višefazni, kompleksni sistem sastavljen od fino usitnjenih čestica masti, ekstrahovanih proteina i različitih rastvorljivih ili nerastvorljivih supstanci, kao što su mišićna vlakna i fragmenti vlakana, miofibrili, fibrili kolagena i proteini koji ne potiču iz mesa (Xiong, 2007).

Makroskopski posmatrano, čestice masti u obliku globula prečnika od 1 do 50 μm okružene su proteinskim omotačima, ugrađene i imobilisane u proteinskom matriksu i stabilizovane pomoću trodimenzionalne gel strukture koja nastaje nakon toplotne obrade (Xiong, 2007).



Slika 2.2. Prikaz građenja mesne emulzije (Pešović i Petrović, 2008b)

Velika količina vode koja se nalazi unutar proteinskog matriksa imobilisana je dejstvom kapilarnog efekta, a istovremeno prisustvo različitih rastvorljivih i nerastvorljivih sastojaka čini emulziju lepljivom i polučvrstom (Xiong, 2007). Pored toga, finim usitnjavanjem nastaje proteinski sloj oko masnih globula i proteinski gel matriks koji zajedno smanjuju ukupnu energiju i stvaraju stabilniji sistem (Xiong, 2007).

Postoji niz faktora koji utiču na fizičko-hemijska svojstva i stabilnost mesnih emulzija, kao što su: kvalitet mesa, odnos masti i rastvorljivih miofibrilarnih proteina, pH, jonska sila (sadržaj soli), fosfati, proteinski dodaci (proteini soje, kazein), vreme trajanja usitnjavanja, temperatura sirovog mesnog testa, brzina i temperatura toplotne obrade (Xiong, 2007), kao i pritisak, vreme mešanja i celokupan postupak proizvodnje (Jin i sar., 2016).

Razumevanje fizičko-hemijske prirode mesne emulzije, odnosno sposobnosti vezivanja između proteina, masti i vode (Jin i sar., 2016), kao i principa pripreme mesnog testa, značajni su za proizvodnju visokokvalitetnih i stabilnih fino usitnjenih proizvoda (Xiong, 2007). Pored toga, za proizvodnju ove grupe proizvoda od suštinskog značaja su sadržaji masti i proteina i njihove hemijske interakcije, posebno one koje se javljaju tokom procesa emulgovanja (Devatkal i sar., 2014), kao i dostupnost dovoljne količine rastvorljivih proteina (Xiong, 2007). Potrebno je napomenuti da sadržaj i vrsta rastvorljivih proteina u vodenoj fazi usitnjenog, sirovog mesnog testa imaju presudnu ulogu u stvaranju i stabilnosti mesne emulzije, mada određeni doprinosi postoje i od proteina koji nisu ekstrahovani (miofibrili i fibrili kolagena) putem fizičkih interakcija ili vezivanjem vode (Xiong, 2007). Ovi proteini se prilikom usitnjavanja mesa izdvajaju iz mišićnih

vlakana, reaguju sa dodatim solima (kuhinjska so, fosfati), vezuju dodatu vodu i prelaze u koloidni rastvor („sol“), gradeći osnovu mesnog testa, a time i nadeva barenih kobasica (Vuković, 2006). Od proteina, miozin je najvažniji za emulgovanje masti i sposobnost vezivanja vode obrađenog mesa, jer može da poveže mast i vodu tokom emulgovanja (Devatkal i sar., 2014). Sarkoplazmatski proteini pri niskom sadržaju natrijum-hlorida (manje od 1%) imaju važnu ulogu kao emulgatori u stvaranju mesnog testa, dok količine preko 2% soli povećavaju jonsku silu sarkoplazme preko 0,5 i time utiču na miozinske filamente da se depolimerizuju i da miofibrili nabubre, razgrade se i disociraju, pri čemu postaju najznačajniji činilac za stvaranje i stabilizaciju mesnog testa (Xiong, 2007).

Efekat soli usled povišene jonske sile omogućava rastvaranje ekstrahovanih miofibrilarnih proteina (miozin, aktomiozin, aktin i drugi) (Xiong, 2007). Pojedinačno ili u kombinaciji, alkalni natrijum-difosfat, natrijum-tripolifosfat i natrijum-heksametafosfat najčešće se koriste u emulgovanom mesnom sistemu, jer imaju sposobnost da podstiču bubrenje mišićnih vlakana i ekstrakciju proteina, a kada se koriste zajedno sa kuhinjskom soli, značajno smanjuju njenu potrebnu količinu za postizanje ciljanog stepena ekstrakcije proteina (Xiong, 2007).

Postupkom finog usitnjavanja čestice mesa i masnog tkiva se smanjuju i dobijaju se koncentrovani koloidni sistemi homogene teksture (Barbut, 1999), pri tome se narušava membrana mišićne ćelije mesa, čime se omogućava interakcija između soli i miofibrila (Xiong, 2007), odnosno snopovi mišićnih vlakana se razdvajaju, jer dolazi do kidanja njihovih ovojnica i sa napredovanjem usitnjavanja, pojedina mišićna vlakna se presecaju poprečno i uzdužno na sve manje segmente, a sarkomera se kida i miofibrili se oslobađaju, što omogućuje direktnu interakciju komponenti miofibrilarnog sistema sa jonima dodatih soli (Pešović i Petrović, 2008b).

Mesna emulzija ili testo dobija se mešanjem ohlađenog i usitnjenog mesa i masnog tkiva sa kombinacijom soli, vode i drugim dodacima, gde proteini mesa služe kao prirodni emulgatori, pre svih miozin, koji ima najveću sposobnost emulgovanja i koji stabilizuje masne globule tako što ih okružuje i hidrofobnim delom se veže za njihovu površinu, stvarajući proteinski omotač (Xiong, 2007; Devatkal i sar., 2014). Iz navedenih razloga, vrlo je važno da se prilikom postupka usitnjavanja obezbedi najmanji stepen denaturacije miofibrilarnih proteina, kako bi se omogućilo optimalno obavijanje masnih globula proteinima pre toplotne obrade (Devatkal i sar., 2014). Uopšteno govoreći, dve teorije objašnjavaju građenje mesne emulzije, to su: (i) *teorija emulzija*, koja se zasniva na činjenici da mesna emulzija ima slična svojstva i karakteristike emulzije ulja u vodi i da su masne globule koje predstavljaju diskontinuiranu fazu dispergovane u kontinuiranoj fazi, koju čine miofibrilarni proteini rastvorljivi u soli, nerastvorljivi proteini, mišićna vlakna i vezivno tkivo u vodenom rastvoru, pri čemu se oko masnih globula stvara tanak proteinski film koji služi kao emulgator, dok se (ii) *teorija fizičkog zarobljavanja*, zasniva na činjenici da masne globule ostaju na ćelijskom nivou relativno netaknute i da su okružene složenom sredinom, koja se sastoji od nabubrelih i rastvorenih miofibrilarnih proteina i nerastvorljivih stromalnih proteina i da sredina takođe deluje na imobilizaciju slobodne vode i zadržavanje vlage tokom toplotne obrade (Xiong, 2007).

Kritičan deo procesa proizvodnje barenih emulgovanih proizvoda predstavlja građenje proteinskog gela. Geliranje se može opisati kao nastajanje viskozno-elastičnog mrežastog sistema koji je u stanju da zadrži veliku količinu vode i uglavnom je uzrokovano toplotom, a sastoji se iz dva bitna koraka: otvaranja proteinske strukture praćene određenim interakcijama i agregacijom polipeptida u trodimenzionalnu gel strukturu (Xiong, 2007). Naime, u toku početne faze toplotne obrade, mast se postepeno topi i prevodi u tečnost, a denaturacija i geliranje miofibrilarnih proteina započinje kasnije i uzrokuje smanjenje sposobnosti vezivanja vode, zatim istopljena mast počinje da se širi, dok se kolagen pretvara u želatin, a proteini rastvorljivi u solima (uglavnom aktin i miozin) nastavljaju da grade elastičniji gel (Barbut, 1999), pri čemu sarkoplazmatski proteini imaju manje

značajnu ulogu (Xiong, 2007). Meso bogato vezivnim tkivom ne sme da se upotrebljava sa udelom većim od 25% u formulaciji emulgovanih proizvoda, zato što može doći do izdvajanja želea (Pešović i Petrović, 2008b). Posmatrano u fizičko-hemijskom smislu, gel je stabilizovan kombinacijom sila, uključujući hidrofobne i elektrostatičke interakcije, vodonične veze i Van der Valsove interakcije, dok su kovalentne veze slabo zastupljene (Xiong, 2007). Međutim, sol predstavlja stanje smeše pre toplotne obrade, odnosno pre geliranja i to je heterogeni sistem koji obuhvata rastvorene miofibrilarne proteine rastvorljive u soli, sarkoplazmatske proteine, miofibrile, fragmente mišićnih vlakana, vezivne fibrile i drugo (Xiong, 2007).

2.3.2.4. Postupak izrade nadeva

Postoje dva postupka izrade nadeva: (i) *dvofazni*, kada se prvo pravi mesno testo pa onda nadev i (ii) *jednofazni*, kada se svi sastojci usitnjavaju i mešaju istovremeno (Vuković, 2006). Postupak izrade započinje fragmentacijom ohlađenih nemasnih mesnih odrezaka gde se koriste za mlevenje vukovi (volfovi), a za usitnjavanje kuteri (konvencionalni i vakuum kuteri) ili kuter-automati, čime se omogućava fina dezintegracija mišićnih i vezivno-tkivnih vlakana i povećava njihova sposobnosti vezivanja vode, usled stvaranja perifernih lanaca, zatim dobijanje mesnog testa, a uz dodatak masnog tkiva i mesne emulzije (Vuković, 2006; Pešović i Petrović, 2008a).

U slučaju kada se mesno testo dobija od ohlađenog ili smrznutog mesa, obično se prethodno grubo mleveni komadi mesa od 1,5 cm ili veći mešaju sa solima (kuhinjska so, nitriti i fosfati) i vodom, a zatim čuvaju u hladnjači do 72 sata, gde se omogućava migracija soli i vode u komade mesa, čime se utiče na poboljšanje ekstrakcije proteina i povećanje sposobnosti vezivanja vode (Knipe, 2014b). Međutim, ako se upotrebljava prerigorano meso za dobijanje mesnog testa, onda se dodaju kuhinjska so i nitrati, a komadi mesa se ostavljaju u hladnjaču na zrenje, da bi se odigrala redukcija nitrata u nitrite pomoću bakterijskih enzima (nitratreduktaza) i smanjila pH vrednost (Vuković, 2006).

Mesno testo se izrađuje u kuterima, gde se meso fino usitnjava i meša sa funkcionalnim dodacima (so, aditivi), masnim tkivom i vodom, pri čemu noževi kutera oštećuju mišićne ćelije i na taj način se oslobađaju miofibrilarni proteini, koji reaguju sa solima i vezuju dodatnu vodu (Devatkal i sar., 2014). U dvofaznom postupku, spajanje mesnog testa i masnog tkiva može se izvršiti na dva načina: (i) dodavanjem masnog tkiva u mesno testo posle čega se oni mešaju u kuteru a zatim se tako dobijena masa propušta kroz mašine za fino usitnjavanje (protočni KS-kuter, mikrokuter koloidni mlin) ili (ii) postepenim dodavanjem mesnog testa u usitnjeno masno tkivo, gde se prethodno, mesno testo može da propusti kroz mašine za fino usitnjavanje (Vuković, 2006). S druge strane, jednofazni postupak dobijanja nadeva može se izvršiti u snažnim mašinama (kuter-automatima i vakuum-kuterima), gde se istovremeno usitnjavaju i mešaju meso, masno i vezivno tkivo zajedno sa solima, ledom, začinima i drugim dodacima (Vuković, 2006). Uopšteno govoreći, usitnjavanje se obavlja dovoljno dugo da čestice masti postanu nevidljive u mesnoj emulziji, a da se istovremeno omogući što veća aktivacija proteina (Feiner, 2006). Bilo kojim postupkom da se priprema nadev, prvo se meso meša ili usitnjava u kombinaciji sa solju i delom vode, obično jednom trećinom od ukupne vode, pri tome ako se koriste dodaci, kao što su natrijum-nitrit, natrijum-eritorbat, natrijum-askorbat, askorbinska kiselina ili natrijum-difosfat, onda se dodaju u ranim fazama u nemasno meso, a nakon što je dovoljno ekstrahovano proteina iz mesa dodaje se još trećina vode i masno tkivo i na kraju se dodaju začini, šećer ili veziva, zajedno sa poslednjom trećinom vode, uz nastavljanje usitnjavanja, dok emulzija ne dostigne odgovarajuću završnu temperaturu (Knipe, 2014b).

Od vrste masti koja se koristi u izradi mesne emulzije zavisi završna temperatura usitnjavanja i u slučaju goveđeg loja iznosi 4° C (Knipe, 2014b), a postiže se upotrebom leda tokom postupka mešanja, koji smanjuje temperaturu i na taj način omogućava da se mast bolje emulguje,

odnosno da se dobije bolja stabilnost, jer se na većim temperaturama proteini mesa denaturišu i pri toplotnoj obradi dolazi do izdvajanja želatina i masti (Vuković, 2006). Nakon dodavanja masnoće, vreme kuterovanja ne bi trebalo prekomerno produžavati. Upotreba prethodno emulgovane (engl. *pre-emulsified*) masti rezultira povećanjem sposobnosti vezivanja vode proizvoda i ravnomernijom raspodelom masnoće u njegovoj strukturi, a osim toga zbog bolje stabilnosti nadeva sprečava se izlaženje masti tokom kuvanja (Knipe, 2014b; Santhi i sar., 2015). Pre-emulgovanje masti se postiže dodavanjem natrijum-kazeinata ili izolata proteina soje tokom usitnjavanja masti, tako da se kasnije ova stabilna smeša može dodati komponenti mesa (Knipe, 2014b).

Isto tako, u toku izrade nadeva u kuteru ili mašinama za fino usitnjavanje dolazi do ugradnje vrlo sitnih mehurova vazduha, koji prisutni u većoj meri nepovoljno utiču na boju, aromu, konzistenciju i izgled preseka kobasice, zato se primenjuje vakuumiranje nadeva prilikom mešanja ili punjenja u omotače (Vuković, 2006). Pored toga, primena vakuuma tokom usitnjavanja poboljšava ekstrakciju proteina i stabilnost nadeva (Tantikarnjathep i sar., 1983). Kobasice koje sadrže više masti i vode ili koje se zagrevaju na višoj temperaturi obrađuju se pri većem vakuumu, a da bi se sprečilo nastajanje suviše čvrste konzistencije uvodi se para tečnog azota (kriogeno kuterovanje) (Vuković, 2006).

2.3.2.5. Postupak punjenja

Nakon usitnjavanja i emulgovanja, nadev se puni u prirodne ili veštačke omotače različitog prečnika, kada dobija prepoznatljiv oblik i izgled (Knipe, 2014b). Ovaj postupak je potrebno što pre izvršiti, jer stajanjem raste temperatura u sirovom nadevu, što omogućava razmnožavanje heterofermentativnih laktobacila koji stvaraju organske kiseline neprijatne arome i perokside koji izazivaju sivozelene diskoloracije (Vuković, 2006). Pored toga, u emulziji se sniženjem pH vrednosti narušavaju mogućnosti povezivanja, što smanjuje sposobnost vezivanja vode (Feiner, 2006).

Postupak se sprovodi tako da omotači budu dobro ispunjeni nadevom, koji mora da prati omotač i da se pri tome spreči ulaz i zaostajanje vazduha (Pešović i Petrović, 2008a). Isto tako, na otvoru ili unutar cevi za punjenje ne sme biti oštih ivica ili uglova, jer mogu narušiti sloj proteina koji okružuje globule masti i time povećaju mogućnost odvajanja masti i vode tokom barenja (Feiner, 2006). Pored toga, potrebno je voditi računa o viskozitetu nadeva i pritisku pod kojim se masa ubacuje iz punilice u omotač, jer tokom barenja dolazi do bubrenja nadeva (povećanja volumena) i zato se kod punjenja ovog tipa kobasica koristi relativno manji pritisak u odnosu na ostale vrste kobasica (Pešović i Petrović, 2008a). Uopšteno, što je veći prečnik omotača, punjenje se obavlja manjom brzinom, za razliku od punjenja u omotače manjeg prečnika kao na primer kod frankfurtera, gde brzina može biti veća, jer je emulzija fino usitnjena (Feiner, 2006). Nakon punjenja u omotače, kobasice manjeg prečnika se paruju na odgovarajuću dužinu, dok se one većeg prečnika podvezuju, a zatim se stavljaju na štapove koji su raspoređeni u odgovarajuće ramove, gde stoje određeno vreme radi ceđenja (Vuković, 2006; Pešović i Petrović, 2008a). Klipsovanje je savremeniji način podvezivanja kobasica aluminijumskom žicom, pomoću mašina - klipserica, čime se obezbeđuje bolja hermetičnost i održivost proizvoda (Vuković, 2006).

U proizvodnji barenih kobasica kao prirodni omotači upotrebljavaju se tanko crevo ovaca, svinja i goveda, debelo crevo goveda i slepo crevo goveda i ovaca, dok veštački omotači koji se koriste potiču od prirodnih sirovina (kolagenska i celulozno-hidratna) i plastičnih (polimernih) materijala (Vuković, 2006). Usoljena creva se pre upotrebe ispiraju vodom, a osušena creva se potapaju u vodu, da bi kolagen nabubrio i creva dobila potrebnu elastičnost i propustljivost, dok se celulozna creva koja se lako šire i menjaju oblik pri punjenju pojačavaju biljnim vlaknima i dobijaju se čvršći faser-celulozni omotači (Vuković, 2006). Faser-celulozni omotači imaju bolje karakteristike ako se oblože tankim filmom poliviniliden-hlorida (PVDC) i lakiraju. Prirodni

omotači i veštački omotači od prirodnih sirovina su dobro propustljivi za vodenu paru, gasove i dim, ali pucaju na temperaturama višim od 80° C, dok su veštački omotači od polimernih materijala (poliamidi, poliestri) slabo propustljivi za gasove, dim i paru ali su čvrsti i podnose temperature do 125° C (Vuković, 2006).

2.3.2.6. Postupak dimljenja i toplotne obrade

Sledeći značajan postupak je dimljenje i toplotna obrada na temperaturi pasterizacije, pri tome kobasice napunjene u prirodne ili veštačke omotače propustljive za dim i vodenu paru mogu da se dime i bare ili samo bare (Knipe, 2014b). U zanatskoj proizvodnji kobasice se dime u pušnici, a zatim se bare u vodi, dok se u modernoj industrijskoj proizvodnji obrađuju toplotom u komorama ili protočnim tunelima, koji poseduju grejače i generatore za proizvodnju dima i vodene pare (Vuković, 2006). Prilikom dimljenja i toplotne obrade barenih kobasica značajno se utiče na dobijanje karakteristične boje, mirisa, ukusa, izgleda i konzistencije, ali i na održivost i rok trajanja (Feiner, 2006).

Pre započinjanja postupka dimljenja, a da bi se sprečilo neravnomerno i nepravilno stvaranje boje, neophodno je sprovesti kondicioniranje kobasica, odnosno pripremiti ih tako da temperatura i vlažnost na površini proizvoda budu konstantni, što se postiže tuširanjem 1–2 minuta ili tamnjenjem proizvoda 15–20 minuta na temperaturi 50–55° C, uz visoku relativnu vlažnost od 90% (Feiner, 2006). Nakon toga, kobasice napunjene u omotače propustljive za dim i vodenu paru najpre se kratko suše po površini 5–10 minuta, na temperaturi od 40–60° C i relativnoj vlažnosti 20–40%, da bi se omogućila lakša adsorpcija dima na omotače, a onda se pristupa dimljenju pri temperaturama od 55° do 85° C, pri relativnoj vlažnosti od 40–60%, do zlatnomrke boje (Feiner, 2006; Vuković, 2006; Pešović i Petrović, 2008a). Unutrašnja temperatura kobasica prilikom unošenja u komoru za dimljenje iznosi 16–21° C, a tokom dimljenja temperatura poraste do 68–71° C (Pešović i Petrović, 2008a). Dužina dimljenja u komori zavisi od temperature i vlažnosti vazduha, odnosno dima, kao i strujanja vazduha, prečnika i vrste kobasice (Vuković, 2006; Pešović i Petrović, 2008a). Uopšteno, kobasice poput hrenovki u ovčjim crevima dime se oko 15–20 minuta, nakon čega sledi kraća faza sušenja kako bi se boja na proizvodu više učvrstila pre započinjanja vlažne toplotne obrade (Feiner, 2006). U komori za dimljenje postupak dimljenja traje kraće pri višoj temperaturi i većoj vlažnosti vazduha, pri tome veća vlažnost daje visoku održivost boje, jer vlažna površina omotača lakše apsorbuje dim, a približna relativna vlažnosti iznosi 65–75% (Vuković, 2006; Pešović i Petrović, 2008a). Ukoliko se održava niža vlažnost, povećava se rizik posebno za prirodne omotače, pa i kobasice, da se previše isuše i da teško poprime crvenomrku ili zlatnomrku boju od dima, a takođe doprinosi većem kalu i naboranosti kobasica, kao i nestajanju boje tokom vremena (Pešović i Petrović, 2008a). S druge strane, dimljenje jačim i neprekidnim dimom stvara mrlje na kobasici, odnosno brzo dimljenje sa velikom koncentracijom dima, uzrokuje taloženje dima na ivicama kobasice, dok sporo dimljenje, malim koncentracijama dima, omogućava prodiranje dima duboko u kobasicu (Pešović i Petrović, 2008a). Međutim, pri velikoj brzini strujanja vazduha (20 m/s) u komori za dimljenje se ne pojavljuju razlike u dimljenju hrenovke na niskoj ili visokoj vlažnosti vazduha, jer veća brzina strujanja povećava unutrašnju temperaturu kobasica, ali kod nižih brzina strujanja vazduha (10 m/s), dimljenje hrenovke je neznatno brže pri većoj vlažnosti (Pešović i Petrović, 2008a). Takođe, postupak dimljenja može se sprovesti u dva kraća ciklusa, najčešće po 10 minuta umesto jednog dugog, sa kratkom međufazom sušenja od 5 minuta (Feiner, 2006). Postupak dimljenja korišćenjem tečnog dima vrši se nakon kondicioniranja i sušenja 10–15 minuta na temperaturi 55–60° C, odnosno dok se ne dobije suva površina pri relativnoj vlažnosti od 20–40% (Feiner, 2006).

Posle dimljenja, fino usitnjene barene kobasice manjeg prečnika se bare u vodenoj pari na temperaturi od 70° do 80° C, tako da temperatura u središtu kobasice bude minimum 68° C u trajanju od 20 minuta, a leti 70–72° C i u toku ove faze vezuje se deo vode koji je izgubljen za

vreme dimljenja (Vuković, 2006; Pešović i Petrović, 2008a). Temperature ispod 74° C značajno produžavaju vreme neophodno da se postigne potrebna temperatura u centru kobasice, dok temperature iznad 80° C značajno povećavaju mogućnost odvajanja masti i vode (Feiner, 2006). Barene kobasice većeg prečnika, napunjene u nepropustljive veštačke omotače (*pariska, lionska, šunkarica*) obrađuju se toplotom u zagrejanj vodi ili u vodenoj pari na temperaturama od 75° do 80° C, dok se kobasice koje su punjene u propustljive omotače (*parizer* u govedem ili ovčjem slepom crevu) obrađuju toplotom u vodenoj pari (Vuković, 2006). Barene kobasice, zbog svog osnovnog sastava, imaju ograničenu termostabilnost i ne mogu da se toplotno obrađuju na suviše visokim temperaturama, pa se iz tog razloga uglavnom koriste temperature između 76° i 80° C, sa uobičajnom temperaturom u centru od 70° C (Feiner, 2006). Kod fino usitnjenih barenih kobasica može da se postigne temperatura od 70° C u centru, dok se u grubo usitnjenim barenim kobasicama i kobasicama sa komadima mesa, koje su stabilnije, može postići temperatura do 75° C, pri tome ako se u kobasice dodaje 2% krvne plazme, izolata proteina soje ili natrijum-kazeinata, nadev postaje stabilniji i može da se postigne temperatura od 80° C (Vuković, 2006). Kod barenih kobasica većeg prečnika temperatura od 70° C u centru, uglavnom se održava između 40–60 minuta (da se postigne željena F_{70} -vrednost¹), da bi se postigla mikrobiološka sigurnost (Feiner, 2006).

Toplotnom obradom menja se struktura proteina mesa. Konzistencija sirovog nadeva barenih kobasica je mekana i testasta, a posle toplotne obrade konzistencija proizvoda postaje čvrsto-elastična zbog proteinskog gela koji nastaje na temperaturama većim od 65° C (Vuković, 2006). U sirovom mesu proteini koagulišu (Vuković, 2006) i većina sarkoplazmatskih proteina podleže agregaciji na 40–60° C, mada se u nekim slučajevima koagulacija može produžiti i do 90° C (Cobos i Díaz, 2014). Denaturacija započinje razvijanjem miofibrilarnih proteina na 30–32° C, nakon čega sledi protein-protein povezivanje na 36–40° C i građenje gela na 45–50° C, koji predstavlja osnovu nadeva kobasice (Cobos i Díaz, 2014). Denaturacija kolagena se pojavljuje na 53–63° C, nakon čega se vlakna smanjuju (Cobos i Díaz, 2014). Ako je mesna emulzija nestabilna, odnosno ako kolagena vlakna nisu stabilizovana dovoljno jakim međumolekulskim vezama da izdrže toplotu, pri daljem zagrevanju nastaje želatin (Tornberg, 2005). Aldehidi dima koagulišu proteine u tankom sloju ispod omotača i kolagen u samom prirodnom omotaču (jer je njihov osnovni sastojak), tako da ne hidrolizuje za vreme barenja kobasica, zbog čega omotači ne pucaju (Vuković, 2006).

Primer za fino usitnjene barene kobasice koje se pune u omotače malog prečnika su *hrenovke* namenjene za proizvodnju konzervi, koje se dime na temperaturi od 60° do 70° C i hlade, a zatim pakuju u limenke ili staklenke, prelivaju rastvorom soli, hermetički zatvaraju i sterilišu (Vuković, 2006). Slično tome, *konzerve hrenovki* proizvedene sa 4% kuhinjske soli (bez fosfata ili citrata), nalivaju se vodom i sterilišu, a za 2 do 3 dana kuhinjska so difuzijom prelazi iz kobasice u vodu, pri tome u kobasici zaostaje oko 2% soli koja ne utiče negativno na ukus proizvoda (Vuković, 2006). S druge strane, toplotna obrada grubo usitnjene barene kobasice *italijanske mortadele* koja se puni u omotače velikog prečnika izvodi se u posebnim šamotnim pećima i u zavisnosti od mase kobasice traje više časova (10 kg: 16 do 18 časova, 15 do 20 kg: 20 do 22 časa), pri tome se *mortadela* najpre zagreva po tri sata na temperaturi od 40° C i na 60° C, zatim 3–8 sati na 90–95° C i potom 1–5 sati na 60–70° C, a zatim se proizvod hladi (Vuković, 2006).

Barenjem na temperaturi pasterizacije uništavaju se vegetativni oblici i onemogućavaju dalja razmnožavanja mikroorganizama, ali temperature od 75° do 80° C nisu dovoljne da se unište svi mikroorganizmi, pre svega sporogeni, tako da barene kobasice imaju ograničen rok upotrebe i to pri skladištenju na temperaturama ispod 4° C, mada se održivost može znatno produžiti ako se kobasice pune u omotače propustljive za dim i vodenu paru (K-plus ili F-plus) (Pešović i Petrović, 2008a).

¹ F_{70} -vrednost – vrednost letalnih efekata temperatura viših od 55° C pri pasterizaciji

Posle dimljenja i barenja, fino usitnjene barene kobasice se tuširaju hladnom vodom u komorama za toplotnu obradu ili u izdvojenim prostorijama s tuševima, a zatim se hlađenje nastavlja u komorama za hlađenje - hladnjače (Vuković, 2006; Pešović i Petrović, 2008a). Kobasice u prirodnim omotačima obično se tuširaju hladnom vodom 15–30 minuta, u zavisnosti od prečnika (Feiner, 2006). U toku faze hlađenja potrebno je što pre izvršiti prolazak kroz kritičan raspon temperature od 50° do 25° C u središtu kobasica, jer se u suprotnom, u centru proizvoda zadržava optimalna temperatura koja pogoduje razmnožavanju mikroorganizama koji su preživeli toplotnu obradu (Pešović i Petrović, 2008a). Brzo hlađenje proizvoda obezbeđuje se prskanjem ili potapanjem u 6%-tni slani rastvor, koji je u osmotskoj ravnoteži sa kobasicama, tako da se na primer, hrenovka može hladiti do unutrašnje temperature od 4° C za 7–8 minuta, a stvoreni osmotski balans sprečava izdvajanje soli iz kobasice ili njeno upijanje vode (Pešović i Petrović, 2008a). Proizvodi se ne smeju hladiti u zamrzivaču jer se tada voda pretvara u led, posebno na površinskim slojevima, što povećava mogućnost omekšavanja teksture, jer kristali leda uništavaju trodimenzionalni matriks denaturisanih proteina koji okružuju masne globule (Feiner, 2006). Uopšteno govoreći, barene kobasice su relativno kratko održive ($a_w = 0,96–0,98$, pH = 6,0–6,5) (Vuković, 2006) i čuvaju se na temperaturama od 0° do 4° C (Službeni glasnik RS, 50/19). Međutim, bolja održivost se postiže intenzivnim hlađenjem nakon toplotne obrade i pakovanjem u vakuumu i atmosferi ugljen-dioksida, ali i repasterizacijom, odnosno kratkim zagrevanjem nakon pakovanja (10 minuta na 80° C), tako da se trajnost ovih proizvoda može produžiti sa više dana na više nedelja (Vuković, 2006; Pešović i Petrović, 2008a). Pasterizacija posle pakovanja (engl. *post-pack pasteurization* - PPP) je vrlo korisna za vakuum-pakovane proizvode u jednom nizu, kao što su hrenovke, gde cela površina proizvoda tokom potapanja dolazi u dodir sa vrućom vodom što rezultira smanjenjem broja bakterija na površini proizvoda (Feiner, 2006). Kvar vakuum-pakovanih proizvoda uglavnom izazivaju psihrotrofne mikroaerofilne bakterije (*Lactobacillus*, *Micrococcus*, *Enterococcus*, *Streptococcus*, *Leuconostoc*) (Vuković, 2006). U toku transporta poželjno je izbegavati velike temperaturne promene, zbog mogućeg stvaranja kondenzata na površini (Pešović i Petrović, 2008a).

2.3.2.7. Tehnološke greške u postupku proizvodnje

Zahtevi za fino usitnjene barene kobasice u pogledu senzornih svojstava, fizičko-hemijskog i mikrobiološkog kvaliteta i bezbednosti propisani su Pravilnikom o opštim i posebnim uslovima higijene hrane u bilo kojoj fazi proizvodnje, prerade i prometa (Službeni glasnik RS, 72/10), Pravilnikom o deklarisanju, označavanju i reklamiranju hrane (Službeni glasnik RS, 19/17), Pravilnikom o maksimalno dozvoljenim količinama ostataka sredstava za zaštitu bilja u hrani i hrani za životinje i o hrani i hrani za životinje za koju se utvrđuju maksimalno dozvoljene količine ostataka sredstava za zaštitu bilja (Službeni glasnik RS, 22/18), Pravilnikom o prehranbenim aditivima (Službeni glasnik RS, 53/18), Pravilnikom o kvalitetu usitnjenog mesa, poluproizvoda od mesa i proizvoda od mesa (Službeni glasnik RS, 50/19). Odstupanja od propisanih uslova povezana su sa tehnološkim greškama i nepoštovanjem osnovnih principa u toku procesa proizvodnje i skladištenja fino usitnjenih barenih kobasica.

Suviše meka konzistencija barenih kobasica može se povezati sa preterano visokom temperaturom pri izradi mesnog testa (kuterovanju), predugim usitnjavanjem pri velikoj brzini noževa, previsokim udelom masti, suviše dodatom vodom i vrlo malo prisutnih proteina vezivnog tkiva (Pešović i Petrović, 2008a). Suviše tvrda konzistencija može biti posledica prevelikog udela krkog mesa, suviše malo dodate vode, prevelikog udela vezivnog tkiva i predugog usitnjavanja pod vakuumom i visokim vakuumom (Pešović i Petrović, 2008a).

Pored toga, na izdvajanje želea i masti utiče mnogo dodate vode, prevelik udeo masnoće, nedostatak ili nedovoljno dodatih fosfata, nedovoljno dodate kuhinjske soli, ali i tupi noževi kutera i prejako zagrevanje usled tupih noževa, prekomerno usitnjavanje masti i nedovoljno emulgovanje

(Pešović i Petrović, 2008a). Ispadanju komada mesa iz mozaika doprinose manje ili više usitnjeni komadi salamurenog mesa koji su premalo ili prejako masirani ili prevelika temperaturna razlika između mesnog testa i ugrađenih komada salamurenog mesa (Pešović i Petrović, 2008a).

Nedovoljna izraženost crveno-ružičaste boje nastaje usled premalo ili previše krtog mesa u formulaciji, izostanka dodavanja ili nedovoljno nitrita, previše dugog skladištenja nitritne soli za salamurenje ili skladištenja u vlažnoj sredini, zatim dugim stajanjem salamurenog krtog mesa, kraćim vremenom za razvijanje nitrozil-mioglobina i nedovoljnom toplotnom obradom i razvijanjem stabilne crveno-ružičaste boje, jer nije dostignuta temperatura u središtu kobasica od 68–72° C (Pešović i Petrović, 2008a). Takođe, slaba održivost boje barenih kobasica je posledica upotrebe mesa koje je predugo skladišteno u smrznutom stanju, korišćenja creva koja su predugo čuvana, premalo ili previše dodatih aditiva za usmeravanje reakcije nastajanja nitrozil-mioglobina (npr. askorbata ili eritorbata) i nedostizanja temperature u središtu kobasica od 68–72° C (Pešović i Petrović, 2008a). Pored toga, pojava zelenih mrlja u mehurićima vazduha potiče od korišćenja jako kontaminirane sirovine, previše ugrađenog vazduha (pri usitnjavanju) u mesnu emulziju, odnosno lošeg punjenja, zatim nedovoljno doziranog nitrita, predugo skladištene nitritne soli za salamurenje i ne postignute temperature u središtu kobasice od 68–72° C (Pešović i Petrović, 2008a).

S druge strane, lošem ukusu barenih kobasica doprinosi predugo skladištena sirovina, užegla masnoća, predugo skladištena creva, ali i previše vlažna i dugo skladištena piljevina za dimljenje i čuvanje pri velikoj vlažnosti (visokoj temperaturi) vazduha, dok kiseo ukus nastaje korišćenjem predugo skladištene sirovine, nedostizanjem temperature u središtu kobasica od 68–72° C i previsokom temperaturom pri hlađenju i skladištenju (Pešović i Petrović, 2008a).

2.3.2.8. Novi trendovi u tehnologiji mesa

Razvoj alternativnih formulacija sa smanjenim sadržajem masti i soli kod proizvoda od mesa u tipu barenih kobasica u velikoj meri nastaje zahvaljujući potražnji potrošača za zdravijom ishranom (Xiong, 2007).

2.3.2.8.1 Proizvodi u tipu fino usitnjenih barenih kobasica sa smanjenim sadržajem masti

Barene kobasice sa niskim sadržajem masti razvijene su kao rezultat potrebe za hranom sa malo kalorija i nižim sadržajem holesterola. Smanjenje sadržaja masti u emulgovanim kobasicama, obično je praćeno većim dodavanjem vode kako bi se zadržala mekoća, sočnost i osećaj u ustima, ali se jonska sila rastvora vodene faze znatno smanjuje, što rezultira i manjom koncentracijom ekstrahovanih miofibrilarnih proteina, kojih je tada nedovoljno da u potpunosti obuhvate masne globule i da stvore kohezivan, hidrodinamički gel, pa se iz tog razloga koriste dodaci kao što su sojini, odnosno mlečni proteini ili dijetetska vlakna (Xiong, 2007).

Zamena masti proteinskim dodacima može dovesti do nastanka gumenih proizvoda i da bi se ovaj problem prevazišao, potrebno je tokom mešanja dozvoliti određenoj količini vazduha da dospe u gel ili dodati sastojke koji ne formiraju gel, kao na primer, nemodifikovani pirinčani škrob čije granule mogu nabubriti, ali neće gelirati na kraju kuvanja (Xiong, 2007). Smanjenje sadržaja masti i holesterola u barenim proizvodima moguće je delimičnom zamenom životinjskih masti sa biljnim mastima, pri čemu se dobijaju proizvodi koji su prihvatljivi potrošačima, ali imaju meku teksturu (Xiong, 2007). Prilikom zamene proteina mesa sa proteinima iz nekog drugog izvora, treba voditi računa da ti proteini denaturišu u sličnom vremenskom periodu kao i miofibrilarni proteini mesa, kako bi se omogućilo stvaranje interaktivne proteinske mreže gela sa jakim vezivnim svojstvima (Xiong, 2007).

2.3.2.8.2. Proizvodi u tipu fino usitnjenih barenih kobasica sa smanjenim sadržajem soli

Barene kobasice sa smanjenim sadržajem soli predstavljaju u tehnološkom smislu izazovnije proizvode u odnosu na one sa smanjenim sadržajem masti, jer smanjenje količine soli, odnosno jonske sile, rezultira slabijom ekstrakcijom miofibrilarnih proteina ili se isti ne ekstrahuju (Xiong, 2007). Poznato je da tipičan usitnjen proizvod sadrži 2–2,5% kuhinjske soli, a kada se nivo soli smanji na manje od 1,5% nastaje nestabilna emulzija sa lošom teksturom, zbog nedostatka proteina rastvorljivih u soli (Xiong, 2007). Da bi se održala kritična jonska sila ($>0,5$) potrebna za ekstrakciju miofibrilarnih proteina, mora se nadoknaditi drugim jonskim jedinjenjima (npr. fosfatima) (Xiong, 2007).

Alternativni pristup u proizvodnji mesnih emulzija sa niskim sadržajem soli je najpre emulgovanje masti sa rastvorljivim proteinima (kazeinom, sojinim proteinom), a zatim emulziju uključiti u usitnjeno meso, uz nežno mešanje (Xiong, 2007).

3. CILJ I ZADATAK ISTRAŽIVANJA

Kao što je već napomenuto, u Srbiji kao i na Mediteranu, koze se primarno koriste za produkciju mleka i mlečnih proizvoda, dok je kozje meso starih i izlučenih životinja nedovoljno iskorišćeno. Meso koza je u ishrani manje zastupljeno od mesa ostalih preživara, pre svega goveđeg mesa. Zbog svojih karakterističnih senzornih svojstava, posebno mirisa i ukusa, manje je prihvatljivo potrošačima (a naročito meso starih, izlučenih koza), a osnovni razlog su isparljiva organska jedinjenja (VOC) karakteristična za kozje meso i kozje masno tkivo. Takođe, miris i ukus mesa starijih i izlučenih koza je izraženije, meso je tvrđe i manje sočno, pa samim tim ima i manju komercijalnu vrednost.

U pogledu nutritivne i biološke vrednosti, kozje meso nije inferiorno u odnosu na druge vrste mesa, a naročito je značajno prisustvo esencijalne masne kiseline - linolne kiseline (LA) i grupe njenih izomera (pozicionih i stereo-izomera) poznatih pod nazivom konjugovana linolna kiselina (CLA), kao i n-3 i n-6 polinezasićenih masnih kiselina (PUFA).

S obzirom na trend povećanja uzgoja koza, koje se primarno koriste za proizvodnju mleka i mlečnih proizvoda, neizbežno dolazi do rasta populacije starih i izlučenih životinja, čije meso ima nisku komercijalnu vrednost. Zamenom goveđeg mesa sa kozjim mesom u proizvodima od mesa, koji su dobro poznati i rado konzumirani, kao što su fino usitnjene barene kobasice i karakterizacija proizvoda sa određenim udelom kozjeg mesa koji daje prihvatljiv kvalitet i senzorna svojstva, omogućava afirmaciju i veću komercijalnu vrednost mesa starih i izlučenih koza.

Osnovni cilj istraživanja u okviru ove disertacije jeste da se ispita uticaj upotrebe mesa od starih i izlučenih koza na kvalitet fino usitnjenih barenih kobasica u tipu frankfurtera od goveđeg mesa, na kraju procesa proizvodnje i tokom 6 nedelja skladištenja u vakuum pakovanju u uslovima koje propisuje nacionalni pravilnik (Službeni glasnik RS, 50/19). Proizvodi se skladište na temperaturi 0–4° C i procenjuje se njihova upotrebna vrednost, kako bi se omogućilo uvećanje komercijalne vrednosti kozjeg mesa starih i izlučenih životinja.

Shodno cilju istraživanja postavljeni su sledeći zadaci:

- napraviti fino usitnjene barene kobasice u tipu frankfurtera u čijoj formulaciji je goveđe meso zamenjeno različitim udelima kozjeg mesa (25%, 50%, 75% i 100%).
- ispitati uticaj povećanja udela kozjeg mesa na tehnološka, fizičko-hemijska svojstva napravljenih kobasica (frankfurtera) kao i njihovu stabilnost tokom čuvanja u vakuum pakovanju u periodu od 6 nedelja (42. dana).

Navedena svojstva napravljenih frankfurtera ispitivaće se određivanjem sledećih parametara:

- ❖ stabilnost mesne emulzije frankfurtera: gubitak mase tokom toplotne obrade („kalo“) i gubitak mase tokom čuvanja u vakuum pakovanju („iscedak“);
- ❖ osnovni hemijski sastav: sadržaj proteina, sadržaj ukupne masti, sadržaj ukupnog pepela, sadržaj vlage;
- ❖ fizičko-hemijska svojstva: pH vrednost, sadržaj kolagena u ukupnim proteinima, sadržaj rezidualnog nitrita, sadržaj ukupnog fosfora;
- ❖ instrumentalno određivanje boje: određivanjem parametara L*, a*, b*, C* i h preseka kobasica;
- ❖ instrumentalna analiza profila teksture;
- ❖ stabilnost masti (hidrolitičke i oksidativne promene): sadržaj slobodnih masnih kiselina i peroksidni broj;
- ❖ nutritivna svojstva: energetska vrednost, sadržaj ugljenih hidrata, indeksi kvaliteta lipida (aterogeni indeks, trombogeni indeks, kvalitet lipida mesa) i koeficijent rastojanja;

- ❖ profil masnih kiselina;
- ❖ profil isparljivih organskih jedinjenja;
- ❖ profil aminokiselina;
- ❖ senzorna svojstva fino usitnjenih barenih kobasica: prihvatljivost od strane potrošača i ocena panela stručnjaka;
- ❖ mikrobiološki kvalitet i bezbednost: *Enterobacteriaceae*, *Salmonella* spp., *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Clostridium perfringens*.

4. MATERIJAL I METODE

4.1. Materijal

Za potrebe eksperimenta je nabavljeno goveđe meso (but), goveđe masno tkivo i meso buta izlučenih alpskih koza (starosti između 6–7 godina) kod lokalnih prodavaca. Takođe, jednake količine sirovine (goveđe meso buta, kozje meso i goveđe masno tkivo) nabavljene su odvojeno za potrebe izvođenja dva ponavljanja eksperimenta. Dodaci (začini i aditivi) nabavljeni su od lokalnih prodavaca dodatka za preradu mesa.

Meso je posle kupovine očišćeno (trimovano) od vidljivog masnog i vezivnog tkiva, isečeno na male komade (uzorci su uzeti za ispitivanje sirovine), smrznuto na temperaturi od -20°C i čuvano dve nedelje pre procesa proizvodnje.

4.1.1. Izrada frankfurtera

Fino usitnjene barene kobasice u tipu frankfurtera su proizvedene u pilot-pogonu za preradu mesa Poljoprivrednog fakulteta, Univerziteta u Beogradu.

Napravljeno je pet nezavisnih šarži nadeva frankfurtera, svaka od po 6 kg, od kojih je jedna šarža nadeva bila kontrolna (CON), a četiri šarže nadeva (G25, G50, G75 i G100) su bile sa različitim udelom dodatog kozjeg mesa (tabela 4.1).

Tabela 4.1. Sirovinski sastav nadeva frankfurtera

Sastojci	CON	G25	G50	G75	G100
goveđe meso buta (kg)	3,00	2,25	1,50	0,75	-
kozje meso (kg)	-	0,75	1,50	2,25	3,00
emulzija goveđeg masnog tkiva (kg):	1,308	1,308	1,308	1,308	1,308
goveđa mast (kg)	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66
voda (kg)	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
izolat proteina soje (kg)	0,108	0,108	0,108	0,108	0,108
led (kg)	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
dodaci (kg)	0,192	0,192	0,192	0,192	0,192

Kontrolna šarža nadeva frankfurtera (CON) napravljena je od goveđeg mesa buta (50,0%), leda (25,0%), emulzije goveđeg masnog tkiva (21,8%) i dodatka (3,2%), dok je u preostale četiri šarže nadeva frankfurtera, goveđe meso od buta zamenjeno sa 25%, 50%, 75% i 100% kozjeg mesa (G25, G50, G75 i G100, respektivno). Postupak proizvodnje je bio identičan za sve šarže nadeva frankfurtera, napravljene su istog dana i dodate su jednake količine dodatka (aditiva i začina), i to: 1,8% soli (sa 0,5% natrijum nitrita), 0,5% komercijalne polifosfatne smeše (natrijum tripolifosfat i dinatrijum pirofosfat, sadržaj P_2O_5 oko 60%), 0,05% natrijum eritorbata, 0,5% saharoze, 0,1% mlevenog koriandera, 0,15% mlevenog crnog bibera i 0,10% praha belog luka.

Smrznuto goveđe masno tkivo usitnjeno je u kuteru (Müller EMS, Nemačka) do komada veličine od oko 5 mm pri prvoj brzini noževa i zdele (1 410 rpm i 12 rpm) i neposredno pred izradu frankfurtera upotrebjeno je za pripremu emulzije goveđeg masnog tkiva, prema sledećem postupku: voda (iz česme) se mešala dva minuta sa izolatom proteina soje (SUPRO EX 33, DuPont,

Midland, MI, SAD) u kuteru pri prvoj brzini noževa i zdele, a zatim 3–5 minuta sa usitnjenim goveđim masnim tkivom pri drugoj brzini noževa i zdele (2 780 rpm i 24 rpm), sve dok emulzija goveđeg masnog tkiva nije postala kompaktna i stabilna.

Meso (goveđe meso od buta i kozje meso) je temperirano pre upotrebe u komori za hlađenje (oko 8 sati na temperaturi $3\pm 1^{\circ}\text{C}$) na oko 0°C i usitnjeno na vuku kroz 20 mm rešetku (82H, Laska, Traun, Austrija) i nakon toga je usitnjavano 3 minuta sa ledom, soli, polifosfatom i eritorbatom u kuteru pri prvoj brzini noževa i zdele. Zatim, emulzija goveđeg masnog tkiva i preostali aditivi i začini (dodaci) su dodati i usitnjavanje (emulgovanje) je nastavljeno pri drugoj brzini noževa i zdele, dok nije postignuta temperatura od 12°C .

Nakon izrade, nadev je punjen u celulozne omotače (Viscofan S.A., Navarra, Španija) prečnika 22 mm, a parovani frankfurteri pojedinačnih masa oko 40 g su okačeni na štapove, prebačeni u komoru za dimljenje/toplotnu obradu i podvrgnuti su sledećem režimu dimljenja i toplotne obrade: zasušivanje površine 15 minuta na 55°C , dimljenje 30 minuta na 65°C i pasterizacija na 85°C do postizanja temperature u termalnom centru od 72°C . Na kraju, frankfurteri su ohlađeni pod tušem hladne vode i smešteni su u komoru za hlađenje na temperaturu od $0\text{--}4^{\circ}\text{C}$ tokom 24 sata.

Kasnije, jedan deo frankfurtera (1/3) iz svake šarže upotrebljen je za ispitivanja na kraju procesa proizvodnje (0. dan), dok je preostali deo frankfurtera (2/3) vakumiran (po tri frankfurtera u svakom pakovanju i na 99,9% primenjenog vakuuma) u koekstruzivne, barijerne kese (PA/PE/PE) debljine 85 μm , dimenzija $200 \times 350\text{ mm}$, upotrebom vakuum mašine MVS 35x (Minipack-Torre SpA, Dalmine, Italija), obeležen i čuvan u komori za hlađenje na $0\text{--}4^{\circ}\text{C}$, tokom 6 nedelja (42 dana).

4.1.2. Uzorkovanje

Goveđe meso buta, kozje meso: Pre početka izrade frankfurtera, nasumično su uzeta po 4 uzorka od svake upotrebene sirovine za određivanje osnovnog hemijskog sastava (sadržaj proteina, masti, vlage i pepela) i pH vrednosti.

Goveđe masno tkivo: Pre početka izrade frankfurtera, nasumično su uzeta 4 uzorka upotrebene sirovine za određivanje sadržaja masti.

Kontrolna šarža (CON), šarža G25, šarža G50, šarža G75, šarža G100: Po 6 grupa, u svakoj po 10 povezanih frankfurtera, obeleženo je za određivanje gubitka mase tokom toplotne obrade („kalo“). Po 6 vakuum pakovanja, u svakom po 3 frankfurtera, obeleženo je za određivanje iscedka posle 21. i 42. dana skladištenja. Po 4 frankfurtera je nasumično uzeto za određivanje osnovnog hemijskog sastava (sadržaj proteina, ukupne masti, ukupnog pepela, vlage) i pH vrednosti, sadržaja hidrokislin (kolagena u ukupnim proteinima), rezidualnog nitrita i ukupnog fosfora, stabilnost masti (sadržaja slobodnih masnih kiselina i peroksidnog broja), kao i za ispitivanje profila masnih kiselina, isparljivih organskih jedinjenja i amino kiselina i mikrobiološkog kvaliteta i bezbednosti (otkrivanje i određivanje broja *Enterobacteriaceae*, *Salmonella* spp., *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* i *Clostridium perfringens*), ali i za izračunavanje nutritivnih svojstava (energetska vrednost, sadržaj ugljenih hidrata i indeksi kvaliteta lipida i koeficijent rastojanja), na kraju procesa proizvodnje (0. dan) i tokom čuvanja u vakuum pakovanju (21. i 42. dan). Po 18 frankfurtera, nasumično je uzeto za instrumentalno merenje boje i analizu profila teksture, na kraju procesa proizvodnje (0. dan) i tokom čuvanja u vakuum pakovanju (21. i 42. dan). Deo frankfurtera je upotrebljen za ispitivanja senzornih svojstava testiranjem potrošača i panel testom, na kraju procesa proizvodnje (0. dan) i tokom čuvanja u vakuum pakovanju (21. i 42. dan).

4.2. Metode

4.2.1. Ispitivanje stabilnosti mesne emulzije

- Određivanje gubitka mase tokom toplotne obrade (kalo)

Gubitak mase („kalo“) u svakoj šarži (CON, G25, G50, G75 i G100) određen je merenjem mase šest grupa od po 10 povezanih frankfurtera iz svake šarže od na tehničkoj vagi MK-2000B (Chyo Balance Corporation, Kyoto, Japan), sa tačnošću od $\pm 0,1$ g, neposredno nakon punjenja i nakon hlađenja gotovih frankfurtera (0. dan). Gubitak mase izračunat je na osnovu razlike u masama između ovih merenja i izražen je u procentima sirovih frankfurtera.

- Određivanje gubitka mase tokom čuvanja u vakuum pakovanju (iscedak)

Iscedak je u svakoj šarži (CON, G25, G50, G75 i G100) određen merenjem mase šest vakuum pakovanja frankfurtera pre (0. dan) i nakon određenog perioda skladištenja (21. i 42. dan) na tehničkoj vagi MK-2000B (Chyo Balance Corporation, Kyoto, Japan), sa tačnošću od $\pm 0,1$ g. Na dan merenja (21. i 42. dan), frankfurteri su izvađeni iz vakuum pakovanja, površina im je obrisana papirnim ubrusom i frankfurteri su ponovo izmereni, na isti način kao i pre pakovanja (0. dan). Iscedak je izračunat na osnovu razlike u masama i izražen je kao procenat u odnosu na početnu masu (0. dan).

4.2.2. Ispitivanje osnovnog hemijskog sastava, pH vrednosti, hidroksprolina, rezidualnog nitrita i ukupnog fosfora

Četiri nasumično uzeta uzorka mesa i masnog tkiva su korišćena za ispitivanja osnovnog hemijskog sastava i pH vrednosti goveđeg mesa i kozjeg mesa, kao i sadržaja masti u goveđem masnom tkivu, pre početka izrade frankfurtera.

Po četiri frankfurtera, od svake šarže (CON, G25, G50, G75 i G100), uzeta su za ispitivanja na kraju procesa proizvodnje (0. dan) i nakon čuvanja u vakuum pakovanju (21. i 42. dan). Frankfurteri su pre ispitivanja temperirani 45 minuta na sobnoj temperaturi.

- Određivanje sadržaja proteina

Sadržaj azota određen je Kjeldahl-ovom metodom prema SRPS ISO 937 (1992) upotrebom aparata za digestiju DK6 (Velp Scientifica Srl, Usmate (MB), Italija) i aparata za destilaciju K-350 (Büchi Labortechnik AG, Flawil, Švajcarska). Princip metode zasnovan je na digestiji dela uzorka za ispitivanje u koncentrovanoj sumpornoj kiselini uz korišćenje bakar (II)-sulfata kao katalizatora, oksidaciji organske materije do ugljen dioksida i vode i redukciji azota do amonijaka, koji sa sumpornom kiselinom gradi amonijum sulfat, zatim u alkalizaciji sa natrijum hidroksidom i oslobađanju amonijaka iz nastalog amonijum sulfata, njegovoj destilaciji u višak rastvora borne kiseline i titraciji standardnim volumetrijskim rastvorom hlorovodonične kiseline poznatog molariteta, do promene boje u završnoj tački titracije. Na osnovu određenog sadržaja ukupnog azota i množenjem sa faktorom 6,25 (Službeni glasnik RS, 50/19) izračunat je procenat mase proteina.

- Određivanje sadržaja ukupne masti

Sadržaj ukupne masti određen je prema metodi SRPS ISO 1443 (1992). Princip metode zasnovan je na hidrolizi dela uzorka za ispitivanje u razblaženoj hlorovodoničnoj kiselini, uz zagrevanje i oslobađanje okludovanih i vezanih lipidnih frakcija, zatim filtriranjem, sušenju dobijene mase i ekstrakciji zaostale masti na filtru sa petroletrom, uz korišćenje aparature po Soksletu

(Soxhlet). Rastvarač je uklonjen destilacijom i sušenjem, a masa ostatka izmerena i izražena u procentima mase.

- Određivanje sadržaja ukupnog pepela

Sadržaj ukupnog pepela određen je prema metodi SRPS ISO 936 (1999). Princip metode je zasnovan na sušenju dela uzorka za ispitivanje, zatim ugljenisanju i žarenju na $550 \pm 25^\circ \text{C}$. Nakon hlađenja, masa ostatka je izmerena i izražena u procentima mase.

- Određivanje sadržaja vlage

Sadržaj vlage određen je prema metodi SRPS ISO 1442 (1998). Princip metode zasnovan je na potpunom mešanju dela uzorka za ispitivanje sa peskom i sušenju do konstantne mase na $103 \pm 2^\circ \text{C}$. Sadržaj je izražen u procentima mase.

- Određivanje pH vrednosti

pH vrednost merena je prema metodi SRPS ISO 2917 (2004) upotrebom pH metra pH 301 (Hanna Instruments, Sarmeola di Rubano, Italija), opremljenim staklenom kombinovanom elektrodom HI1131B (Hanna Instruments, Sarmeola di Rubano, Italija). Pre svakog merenja pH metar je kalibrisan pomoću standardnih rastvora pufera, sertifikovanih na pH 4,00 i 7,00 (na 20°C).

- Određivanje hidroksiprolina i izračunavanje sadržaja kolagena u ukupnim proteinima

Sadržaj hidroksiprolina određen je prema metodi SRPS ISO 3496 (2002) upotrebom UV/Vis spektrofotometra LLG-uniSPEC 2 (LLG Labware, Meckenheim, Nemačka). Princip metode zasnovan je na hidrolizi dela uzorka za ispitivanje u sumpornoj kiselini na 105°C , filtriranju i razblaživanju hidrolizata, zatim oksidaciji hidroksiprolina hloraminom T, praćeno obrazovanjem jedinjenja crvene boje sa p-dimetilamino-benzaldehidom i fotometrijskim merenjem na talasnoj dužini od 558 nm. Na osnovu određenog sadržaja hidroksiprolina i množenjem sa faktorom 8 (Službeni glasnik RS, 50/19), izračunat je procenat mase kolagena.

Sadržaj kolagena u ukupnim proteinima određen je računski, saglasno Pravilniku o kvalitetu usitnjenog mesa, poluproizvoda od mesa i proizvoda od mesa (Službeni glasnik RS, 50/19), prema formuli:

$$\text{Sadržaj kolagena u ukupnim proteinima (\%)} = \frac{\text{sadržaj kolagena (\%)} \times 100}{\text{sadržaj ukupnih proteina (\%)}}$$

- Određivanje sadržaja rezidualnog nitrita

Sadržaj rezidualnog nitrita određen je prema metodi SRPS ISO 2918 (1999) upotrebom UV/Vis spektrofotometra LLG-uniSPEC 2 (LLG Labware, Meckenheim, Nemačka). Princip metode zasnovan je na ekstrakciji dela uzorka za ispitivanje toplom vodom, taloženju proteina i filtraciji, zatim dobijanju crvenog obojenja u prisustvu nitrita dodavanjem sulfanilamida i naftiletildiamin-hlorida u filtrat i fotometrijskim merenjem na talasnoj dužini od 538 nm. Sadržaj je izražen u miligramima po kilogramu.

- Određivanje sadržaja ukupnog fosfora

Sadržaj ukupnog fosfora određen je prema metodi SRPS ISO 13730 (1999) upotrebom UV/Vis spektrofotometra LLG-uniSPEC 2 (LLG Labware, Meckenheim, Nemačka). Princip

metode zasnovan je na sušenju dela uzorka za ispitivanje i spaljivanju ostatka, zatim hlađenju, hidrolizi pepela pomoću azotne kiseline, filtriranju i razblaživanju smešom amonijum monovanadata i amonijum heptamolibdata, praćeno stvaranjem žuto obojenog jedinjenja i fotometrijskim merenjem na talasnoj dužini od 430 nm. Sadržaj je izražen kao procenat mase fosfor-pentoksida i dobijen je množenjem sadržaja fosfora (%) sa faktorom 2,29, a prema zahtevu Pravilnika o kvalitetu usitnjenog mesa, poluproizvoda od mesa i proizvoda od mesa (Službeni glasnik RS, 50/19) količina ukupnog fosfora je preračunata na gram po kilogramu.

4.2.3. Instrumentalno merenje boje i profila teksture

Frankfurteri su pre merenja temperirani 45 minuta na sobnoj temperaturi.

- Instrumentalno merenje boje

Uzorci za ispitivanje 12 mm visine, dobijeni su sveže urađenim poprečnim preseccima frankfurtera i postavljeni su na bele tanjire (prilog A, slika 1). Da bi se sprečila promena boje tokom merenja, ukupno trajanje merenja po svakom uzorku frankfurtera nije prelazilo 20 sekundi. Tri merenja su obavljena sa površine dimenzija 5×5 piksela, svakog uzorka i izračunata je srednja vrednost ovih merenja koja je upotrebljena za statističku analizu.

Kompjuterski vizuelni sistem (Computer vision system - CVS) primenjen je za merenje vrednosti kolorimetrijskih karakteristika po CIE $L^*a^*b^*$ sistemu (L^* - svetloća, a^* - udeo crvene boje, b^* - udeo žute boje) (CIE Colorimetry, 1986), prema metodi kako su opisali Tomašević i sar. (2019), upotrebom digitalnog fotoaparata Sony Alpha DSLR-A200 (Sony Corporation, Tokyo, Japan) sa CCD senzorom od 10,2 megapiksela, dimenzija $23,7 \text{ mm} \times 15,6 \text{ mm}$ i širine piksela $6,12 \mu\text{m}$. *Hue angle* (ugao hju, h - ton boje, 0° - crvena boja, 90° - žuta boja) i *chroma* vrednost (C^* - intenzitet, zasićenost boje) izračunati su prema standardnim formulama:

$$h = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right); C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$$

Fotoaparat je postavljen vertikalno na udaljenosti 30 cm od uzorka frankfurtera (slika 4.1). Podešavanja fotoaparata bila su sledeća: brzina zatvarača 1/6 s, ručni režim rada, blenda Av F/11,0, ISO osetljivost 100, isključen blic, žižna daljina 30 mm, sočiva DT-S18-70 mm f 3,5–5,6.



Slika 4.1. Kompjuterski vizuelni sistem (dobijanje slike) (Tomašević i sar., 2019)

Četiri fluorescentne lampe Philips (Master Graphica TLD 965) sa temperaturom boje 6 500 K i svetlosnim fluksom 2 100 lm korišćene su za osvetljenje u CVS. Svaka lampa bila je opremljena određenim difuzorom svetla. Da bi se postigao ujednačen intenzitet svetlosti bez senki na uzorcima frankfurtera, lampe (dužine 60 cm) su bile smeštene pod uglom od 45° i na 50 cm iznad uzoraka. Fotoaparat i lampe pričvršćeni su sa unutrašnje strane kockaste drvene kutije sa pokretnim poklopcem, čije su dužine stranica iznosile 80 cm i koja je imala otvor sa strane za unos uzoraka i na vrhu radi vizuelnog pregleda pre i posle merenja. Unutrašnjost zidova kutije obložena je crnom neprozirnom fotografskom tkaninom, da bi se umanjila pozadinska svetlost.

Fotoaparat je kalibrisan prema standardu ColorChecker Passport (X-Rite Inc., Grand Rapids, Michigan, SAD) koja predstavlja uređenu kontrolnu matricu sa obojenim kvadratima (4 × 4 cm²), u rasponu od 24 boje (slika 4.2). Kalibracija CCD senzora izvedena je fotografisanjem standarda i otvaranjem njegove slike pomoću instaliranog softvera ColorChecker Passport ver. 1.0.1 (X-Rite Inc., Grand Rapids, Michigan, SAD) na računaru, koji je automatski procenio vrednosti boja i na osnovu slike napravio usklađeni profil digitalnog negativu (DNG).



Slika 4.2. Standard za kalibraciju fotoaparata (ColorChecker Passport)

Fotoaparat je bio povezan sa računaruom Toshiba Portege R830 (Toshiba Corporation, Tokyo, Japan) spojenim sa monitorom 22" EA53 IPS LED (LG Electronics Inc., Seoul, Južna Korea) koji je kalibrisan kao monitor sa sRGB skalom (standardni RGB) uređajem X-Rite i1 Display Pro izborom intenziteta (zasićenosti) bele na 6500 K (osvetljavanje D65), gama na 2,2, sjajnosti bele na 140 cd/m² i napravljen je ICC monitor profil primenom softvera i1Profiler ver. 1.5.6. Adobe Photoshop CC (64 bit) korišćen je za ispitivanje slike. Vrednosti kolorimetrijskih karakteristika (L*, a* i b*) sa RGB slika dobijene su pomoću RAW fotografija i određene su upotrebom Photoshop Average Color Sampler Tool na mernoj površini od 5 × 5 piksela na digitalnoj slici svakog uzorka.

Ukupna razlika u boji (engl. *total color difference* - TCD) između kozjih frankfurtera (GF) iz svake šarže (G25, G50, G75 i G100) i kontrolnog goveđeg frankfurtera (CON) određena je primenom standardne formule:

$$TCD = \sqrt{(L_{GF}^* - L_{CON}^*)^2 + (a_{GF}^* - a_{CON}^*)^2 + (b_{GF}^* - b_{CON}^*)^2}$$

- Instrumentalno merenje profila teksture

Uzorci za ispitivanje visine 12 mm i prečnika 16 mm, uzeti su iz središnjeg dela frankfurtera. Jedno merenje obavljeno je na svakom frankfurteru.

Instrumentalna analiza profila teksture (TPA) urađena je prema metodi kako su opisali Stajić i sar. (2018), upotrebom univerzalnog instrumenta za određivanje teksture TA.XTplus (Stable Micro System Ltd., Godalming, Velika Britanija). Na uzorcima frankfurtera izvršen je test dvostruke kompresije do 50% prvobitne visine, sa kompresionom aluminijumskom pločicom prečnika 25 mm (P/25) i tegom opterećenja 50 kg. Brzina pokretanja kontaktnog nastavka pre testa bila je 60 mm/min, za vreme testa 60 mm/min i posle testa 300 mm/min. Iz dobijene krive deformacije uzorka frankfurtera, korišćenjem dostupnog softvera određena su sledeća svojstva teksture: tvrdoća, adhezivnost, elastičnost, kohezivnost i žvackljivost.

Tvrdoća uzorka (N) je maksimalna vrednost sile (pik) potrebne da izazove deformaciju uzorka u prvoj kompresiji i odgovara sili potrebnoj da se kutnjacima usitni hrana pri prvom zagrizu (Bourne, 2002).

Adhezivnost uzorka ($N \times s$) predstavlja površinu ispod apscise (x-ose), odnosno ispod krive prve kompresije i odgovara izvršenom radu potrebnom da se kompresiona pločica odvoji od uzorka (Bourne, 2002), drugim rečima da se savladaju privlačne sile između površine hrane i površine drugih materijala s kojima hrana dolazi u kontakt - jezik, zubi, nož i drugo (Brookfield, 2014).

Elastičnost uzorka (bezdimenzionalna veličina) definisana je kao visina koju uzorak može da povрати od kraja prve do početka druge kompresije (Bourne, 2002), odnosno sposobnost uzorka da povрати svoj prvobitni oblik nakon uklanjanja sile deformacije (Herrero i sar., 2008).

Kohezivnost uzorka (bezdimenzionalna veličina) izračunata je kao odnos površina ispod krive druge kompresije i ispod krive prve kompresije (Bourne, 2002) i objašnjava u kojoj meri se uzorak može deformisati pre kidanja (Ansorena i Astiasaran, 2008).

Žvackljivost uzorka ($N \times mm$) izračunava se kao proizvod svojstava: tvrdoća \times elastičnost \times kohezivnost i predstavlja rad koji je potreban da se čvrsta hrana sažvaće tj. pripremi za gutanje (Bourne, 2002; Ansorena i Astiasaran, 2008).

4.2.4. Ispitivanje stabilnosti masti

Frankfurteri su pre ispitivanja temperirani 45 minuta na sobnoj temperaturi.

- Određivanje sadržaja slobodnih masnih kiselina

Sadržaj slobodnih masnih kiselina (kiselost) određen je prema metodi SRPS EN ISO 660 (2015). Princip metode zasnovan je na rastvaranju dela uzorka za ispitivanje u vrućem etanolu i titraciji standardnim volumetrijskim rastvorom natrijum hidroksida poznatog molariteta do promene boje u završnoj tački titracije. Kiselost je izražena kao procenat mase oleinske kiseline.

- Određivanje peroksidnog broja

Peroksidni broj određen je jodometrijskom tehnikom prema metodi SRPS EN ISO 3960 (2017). Princip metode zasnovan je na rastvaranju dela uzorka za ispitivanje u smeši rastvora izooktana i glacijalne sirćetne kiseline uz dodati kalijum jodid i titraciji joda oslobođenog peroksidom sa standardnim volumetrijskim rastvorom natrijum tiosulfata poznatog molariteta uz skrobni indikator, do promene boje završne tačke titracije. Peroksidni broj izražen je u miliekvivalentima aktivnog kiseonika po kilogramu.

4.2.5. Ispitivanje profila masnih kiselina

Frankfurteri su pre ispitivanja temperirani 45 minuta na sobnoj temperaturi.

- Određivanje profila masnih kiselina

Određivanje profila masnih kiselina sprovedeno je u tri odvojene faze, gde je u prvoj fazi izvršen postupak ekstrakcije lipida prema metodi kako su opisali Folch i sar. (1957), u drugoj fazi formirani su metil-estri masnih kiselina upotrebom smeše bor trifluorida i metanola prema metodi kako je opisao Verešbaranji (1996) i u trećoj fazi izvršena je separacija, detekcija, identifikacija i kvantifikacija, prema metodi Popovića i sar. (2017). Princip metode zasnovan je na ekstrakciji lipida homogenizacijom dela uzorka za ispitivanje sa smešom rastvarača hloroforma i metanola, formiranju metil-estara masnih kiselina upotrebom bor trifluorida u metanolu, zatim separaciji, detekciji, identifikaciji i kvantifikaciji primenom kapilarne gasne hromatografije sa plameno-jonizujućim detektorom. Sadržaj masnih kiselina ili grupe masnih kiselina izražen je kao procenat mase od ukupnih masnih kiselina.

Faza I: ukupni lipidi ekstrahovani su iz 3 g uzorka postupkom hladne ekstrakcije, koja podrazumeva mešanje i homogenizaciju uzorka sa smešom rastvarača hloroforma i metanola (2:1, v/v) (Folch i sar., 1957).

Faza II: metil-estri masnih kiselina pripremljeni su derivatizacijom ekstrahovanih lipida iz prve faze, reakcijom transmetilacije pomoću 14% rastvora bor trifluorida u metanolu (Verešbaranji, 1996) i korišćenjem azota za sušenje i uklanjanje zaostalog n-heptana.

Faza III: separacija, detekcija, identifikacija i kvantifikacija metil-estara masnih kiselina dalje je urađena kapilarnom gasnom hromatografijom sa plameno-jonizujućim detektorom (GC-FID) na instrumentu Agilent 7890A (Agilent Technologies Inc., Palo Alto, CA, SAD) opremljenim sa modulom za automatsko ubrizgavanje tečnosti i visoko polarnom, poli(biscijanopropil siloksan) kapilarnom kolonom SP-2560 (100 m × 0,25 mm, I.D., 0,20 μm; Merck KGaA, Darmstadt, Nemačka). Noseći gas bio je helijum sa brzinom protoka 1,26 ml/min i odnosom splita 1:50. Injektovana zapremina iznosila je 1,0 μl. Optimalni temperaturni režim gasne hromatografske analize podešen je prema Popović i sar. (2017). Temperatura injektora i temperatura detektora bila je 250° C. Temperaturni režim peći kolone bio je programiran na sledeći način: početna temperatura od 140° C održavana je 5 minuta, a zatim je brzinom 3° C/min zagrejana do temperature 240° C, koja je održavana 10 minuta. Hromatografski pikovi metil-estara masnih kiselina (prilog B, slika 2) identifikovani su poređenjem njihovih retencionih vremena sa retencionim vremenima pojedinačnih jedinjenja u smeši standarda metil-estara masnih kiselina Supelco 37 Component FAME Mix (Merck KGaA, Darmstadt, Nemačka) i sa podacima iz interne biblioteke zasnovane na tandemskim gasno hromatografskim-maseno spektrometrijskim (GC-MS) ispitivanjima. Kvantifikacija metil-estara masnih kiselina izvršena je preko kalibracionih kriva napravljenih od poznatih količina pojedinačnih jedinjenja iz smeše standarda metil-estara masnih kiselina Supelco 37 Component FAME Mix (Merck KGaA, Darmstadt, Nemačka). Na osnovu sastava masnih kiselina određeni su pokazatelji funkcionalnosti fino usitnjenih barenih kobasica, odnosi PUFA/SFA i n-6/n-3.

4.2.6. Ispitivanje nutritivnih svojstava

- Izračunavanje sadržaja ugljenih hidrata

Sadržaj ugljenih hidrata određen je računski prema metodi AOAC 986.25 (1988), na osnovu formule:

$$\% \text{ Ugljenih hidrata} = \% \text{ suve materije} - (\% \text{ proteina} + \% \text{ masti} + \% \text{ pepela})$$

Sadržaj je izražen u procentima mase.

- Izračunavanje energetske vrednosti

Energetska vrednost određena je računski saglasno Codex Alimentarius Commission (CAC/GL 2-1985, 2017), upotrebom konverzionih faktora (tabela 4.2), prema formuli:

$$\text{Energetska vrednost} = (\% \text{ ugljenih hidrata} \times k_f) + (\% \text{ proteina} \times k_f) + (\% \text{ masti} \times k_f)$$

Tabela 4.2. Konverzioni faktori (k_f) za izračunavanje energetske vrednosti (CAC/GL 2-1985, 2017)

Parametar (n)	Konverzioni faktor kJ/g	Konverzioni faktor kcal/g
ugljeni hidrati	17	4
proteini	17	4
masti	37	9

Energetska vrednost izražena je kao kilodžuli na 100 grama ili kilokalorije na 100 grama.

- Izračunavanje indeksa kvaliteta lipida i koeficijenta rastojanja

Indeksi kvaliteta lipida i koeficijent rastojanja određeni su računski kako su opisali Senso i sar. (2007).

Aterogeni indeks (AI) ukazuje na odnos između glavnih zasićenih masnih kiselina koje imaju proaterogena svojstva (pospešuju adheziju lipida na ćelije imunološkog i krvnog sistema) i glavnih nezasićenih masnih kiselina sa antiaterogenim svojstvima (inhibiraju nastanak plaka, smanjuju nivo esterifikovanih masnih kiselina, holesterola i fosfolipida i sprečavaju pojavu mikrokoronarnih i makrokoronarnih oboljenja):

$$AI = \frac{[(12:0 + (4 \times 14:0) + 16:0)]}{[\sum \text{MUFA} + \text{PUFA} (n-6) + \text{PUFA} (n-3)]}$$

Trombogeni indeks (TI) ukazuje na tendenciju nastanka ugrušaka u krvnim sudovima i definisan je kao odnos između protrombogenih (SFA) i antitrombogenih masnih kiselina (MUFA, n-6 PUFA i n-3 PUFA):

$$TI = \frac{(14:0 + 16:0 + 18:0)}{\left[(0,5 \times \sum \text{MUFA} + 0,5 \times \text{PUFA}(n-6) + 3 \times \text{PUFA}(n-3)) + \frac{\text{PUFA}(n-3)}{\text{PUFA}(n-6)} \right]}$$

Kvalitet lipida mesa (FLQ) ukazuje na procentni udeo u kojem se glavne visoko nezasićene masne kiseline (EPA i DHA) pojavljuju u mišićima u odnosu na ukupne lipide i što je njego vrednost veća, to je veći kvalitet prehrambenog proizvoda.

Koeficijent rastojanja (D) koristi se za upoređivanje kompletnih profila masnih kiselina (P_{ih} i P_{ij} u procenti mase masne kiseline) različitih uzoraka (označenih sa h, j):

$$D(h-j) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (P_{ih} - P_{ij})^2}$$

4.2.7. Ispitivanje profila isparljivih organskih jedinjenja

Frankfurteri su pre ispitivanja temperirani 45 minuta na sobnoj temperaturi.

- Određivanje profila isparljivih organskih jedinjenja

Određivanje profila isparljivih organskih jedinjenja sprovedeno je u dve odvojene faze, gde je u prvoj fazi korišćen Likens-Nickerson-ov ekstrakcioni postupak (Likens i Nickerson, 1964), a u drugoj fazi izvršena je separacija, detekcija, identifikacija i kvantifikacija prema metodi SRPS EN ISO 15303 (2012). Princip metode zasnovan je na istovremenoj destilaciji pomoću vodene pare i ekstrakciji organskim rastvaračem isparljivih organskih jedinjenja iz dela uzorka za ispitivanje, zatim separaciji, detekciji, identifikaciji i kvantifikaciji primenom tandemne gasne hromatografije-masene spektrometrije. Sadržaj isparljivih organskih jedinjenja izražen je u mikrogramima po kilogramu.

Faza I: isparljiva organska jedinjenja izolovana su iz 2–3 g homogenizovanog uzorka primenom Likens-Nickerson-ovog ekstrakcionog postupka (Likens i Nickerson, 1964) u trajanju od 3 sata, zasnovanog na simultanoj (istovremenoj) destilaciono-ekstrakcionoj (SDE) tehnici, korišćenjem dihlormetana kao ekstrakcionog rastvarača i Likens-Nickerson-ove aparature.

Faza II: separacija, detekcija, identifikacija i kvantifikacija isparljivih organskih jedinjenja dalje je urađena prema metodi SRPS EN ISO 15303 (2012) kapilarnom gasnom hromatografijom-masenom spektrometrijom (GC-MS) na instrumentu Clarus 680/SQ8T (EIMS, electron energy = 70 eV, scan range = 30–350 amu i scan rate = 3,99 scans/s; Perkin-Elmer, Inc., Shelton, CT, SAD) opremljenim sa autosemplerom TurboMatrix Headspace Sampler HS 40/110 (Perkin-Elmer, Inc., Shelton, CT, SAD) i 1,4-bis(dimetilsiloksi)fenilen dimetil polisiloksan kapilarnom kolonom Elite-5MS (30 m × 0,25 mm, I.D., 0,25 µm; Perkin-Elmer, Inc., Shelton, CT, SAD). Noseći gas bio je helijum sa brzinom protoka 20 ml/min i sa pritiskom u HS-sempleru od 15 psi. Temperatura injektora i temperatura interfejs-a GC-MS bila je 200° C, odnosno 250° C, dok je temperatura jonskog izvora bila podešena na 250°C. Injektovana zapremina iznosila je 1,0 µl. Optimalni temperaturni režim peći kolone bio je programiran na sledeći način: početna temperatura od 40° C održavana je 10 minuta, a zatim je temperatura povećana od 40° C do 120° C brzinom od 3° C/min i brzinom od 10° C/min od 120° C do 240° C koja je održavana dodatnih 5 minuta. U HS-sempleru, temperatura igle, prenosne linije i peći bila je 100° C, dok je vreme termostatiranja bilo 10 minuta, kompresije u vijali 3 minuta, injektovanja 0,01 minut i izvlačenja igle 0,2 minuta. GC-MS hromatografski pikovi isparljivih organskih jedinjenja identifikovani su poređenjem njihovih masenih spektara sa masenim spektrima pojedinačnih standardnih jedinjenja i podacima iz spektralne biblioteke (WILEY Mass Spectral library, 2016). Kvantifikacija isparljivih organskih jedinjenja izvršena je preko kalibracionih kriva napravljenih od poznatih količina sertifikovanih, čistih jedinjenja.

4.2.8. Ispitivanje profila aminokiselina

Frankfurteri su pre ispitivanja temperirani 45 minuta na sobnoj temperaturi.

- Određivanje profila aminokiselina

Određivanje profila aminokiselina sprovedeno je u dve odvojene faze, gde je u prvoj fazi urađen postupak hidrolize prema metodi AOAC 982.30 (2006), a u drugoj fazi kako su opisali Stocchi i sar. (1989) izvršena je derivatizacija slobodnih aminokiselina, odnosno separacija, detekcija, identifikacija i kvantifikacija. Princip metode zasnovan je na hidrolizi dela uzorka za ispitivanje, pre-kolonskoj derivatizaciji slobodnih aminokiselina upotrebom reagensa DABS-Cl,

zatim separaciji, detekciji, identifikaciji i kvantifikaciji primenom reverzno-fazne tečne hromatografije visokih performansi. Sadržaj aminokiselina izražen je u gramima na 100 grama proteina.

Faza I: prema metodi AOAC 982.30 (2006), za određivanje većine aminokiselina, odvagano je 0,1–0,2 g homogenizovanog uzorka i izvršena je hidroliza sa 6 M hlorovodoničnom kiselinom tokom 24 sata na temperaturi $110\pm 1^\circ\text{C}$, a dobijeni hidrolizat je dalje filtriran i filtrat osušen na temperaturi 65°C pod vakuumom, dok je za određivanje aminokiselina metionina i cisteina, pre hidrolize izvršena njihova oksidacija permravljom kiselinom.

Faza II: prethodno dobijeni suvi ostatak iz filtrata je rastvoren i prema metodi Stocchi i sar. (1989) urađena je pre-kolonska derivatizacija slobodnih aminokiselina dodavanjem reagensa DABS-Cl, nakon toga je rastvor sušen pod vakuumom, ostatak ponovo rastvoren, a zatim je separacija, detekcija, identifikacija i kvantifikacija DABS-derivata aminokiselina izvršena reverzno-faznom tečnom hromatografijom visokih performansi (RP-HPLC) na instrumentu Waters Breeze HPLC System (Waters Corporation, Milford, MA, SAD), koji se sastojao od binarne pumpe (Waters 1525), UV/VIS detektora (Waters 2487) i reverzno-fazne kolone SUPELCOSIL LC-DABS (15 cm \times 4.6 mm, I.D., 3 μm ; Sigma-Aldrich Co. LLC, St. Louis, MO, SAD) opremljene zaštitnom kolonom Supelguard™ LC-18-T i dvoeluentnom mobilnom fazom kao solventom A kalijum dihidrogen fosfatom i kao solventom B acetonitril:2-propanol (75:25) pri brzini protoka od 2 ml/min, vremenu trajanja analize od 25 minuta i na sobnoj temperaturi. Eluirani DABS-AA detektovani su na UV/VIS detektoru pri talasnoj dužini 436 nm (prilog C, slika 3). Kvantifikacija je izvršena preko kalibracionih kriva napravljenih od komercijalne smeše aminokiselina (Sigma, St. Louis, MO, SAD), korišćene kao standard.

4.2.9. Senzorna analiza

Evaluacija senzornih karakteristika frankfurtera iz svake šarže (CON, G25, G50, G75 i G100) na kraju procesa proizvodnje (0. dan) i nakon čuvanja u vakuum pakovanju (21. i 42. dan) obavljena je na dva načina: testom prihvatljivosti od strane potrošača i ocenom panela stručnjaka. Senzorna analiza izvedena je testiranjem potrošača u jednom ispitnom postupku i panel testom u dva ponavljanja.

- Testiranje potrošača

Senzorna analiza izvršena je metodom check-all-that-apply (CATA) kako su opisali Stajić i sar. (2020). CATA pitanja definisana su pre nego što je sprovedena senzorna analiza. U panel diskusiji, sedam učesnika koje su činili profesori i istraživači sa Katedre za tehnologiju animalnih proizvoda i Katedre za upravljanje bezbednošću i kvalitetom hrane, Poljoprivrednog fakulteta Univerziteta u Beogradu, definisali su pojmove uzimajući u obzir specifičnosti govedeg i kozjeg mesa, kao i frankfurtera, za opisivanje izgleda (prijatan izgled), boje (prijatna boja, tamna površina, svetla površina, tamnocrvena boja, svetlocrvena boja), mirisa (prijatan miris, atipičan miris), ukusa (ukusno, atipičan ukus) i teksture (mekano, sočno, zrnasto, teško za žvakanje). Četrnaest atributa (osobina) za ocenjivanje frankfurtera predstavljeni su nasumično potrošačima i ocenjeni su u binarnom formatu: 0 - atribut odsutan (Ne) i 1 - atribut prisutan (Da).

Ukupno 60 potrošača (starosti 21–60 godina, 40% muškaraca, 60% žena) izabrano je među zaposlenima u Naučnom institutu za veterinarstvo Srbije, Beograd i studentima sa Katedre za tehnologiju animalnih proizvoda, Poljoprivrednog fakulteta, Univerziteta u Beogradu da učestvuju u CATA anketi, na osnovu uslova da konzumiraju frankfurtere i govedinu najmanje jednom nedeljno.

Frankfurteri su pripremani na sledeći način: posle uklanjanja omotača, uzorci su isečeni na trećine, približnih dužina 3 cm, bez krajeva (oko 1 cm dužine), obeleženi su nasumično odabranim trocifrenim brojevima, zagrevani su u mikrotalasnoj pećnici (20 sekundi na 650 W, 55–60° C u središnjem delu uzorka) i odmah su posluženi na kartonskim tacnama potrošačima, nasumičnim redosledom, pod dnevnom svetlošću. Od ispitivača je zahtevano da popune CATA upitnik (prilog D, slika 4) i da ocene (0–10) ukupnu prihvatljivost (dopadanje) svake šarže. Potrošači nisu bili obavešteni o sadržaju formulacija frankfurtera. Ispitivači su koristili vodu temperiranu na sobnoj temperaturi da bi očistili nepca između ocenjivanja dva uzorka.

Obrađeni podaci su zapisani u binarnom formatu, dobijeni u anketi za pet proizvoda (četiri frankfurtera sa različitim udelom kozjeg mesa (GF) i jedan goveđi frankfurter (CON) koji se smatrao idealnim proizvodom), a uključeni su i podaci o ukupnoj prihvatljivosti (osim za CON uzorak). Obrazovane su tri grupe rezultata. Prva grupa rezultata predstavljena je u tabeli 5.20 i obuhvatala je vrednosti dobijene Cochran-ovim Q testom za svaku osobinu, a uključivala je podatke (učestalost kao odnos, 0,00–1,00) o tome da li su potrošači primetili svojstva GF uzoraka ili ne. Statistički program nije upoređivao dobijene rezultate sa CON uzorkom, ali je izračunao učestalost za CON uzorak. Druga grupa rezultata, na osnovu korespondentne analize, predstavljena je bi-plot projekcijom koja je omogućila pozicioniranje proizvoda, uključujući CON uzorak (idealni proizvod). Treća grupa rezultata pružila je podatke da li su posmatrana svojstva bila odsutna (Ne) ili prisutna (Da) u GF uzorcima i istovremeno bila odsutna ili prisutna u CON uzorku i kako je to uticalo na rezultate ukupne prihvatljivosti (engl. *penalty analysis*). Da bi rezultati bili protumačeni, posmatrana svojstva podeljena su u tri grupe: (i) pozitivna svojstva (prijatan izgled, prijatna boja, prijatan miris, ukusno, mekano i sočno), za koja su prikazane učestalosti (%) prisustva u GF uzorcima i CON uzorku (Da/Da) i odsustva u GF uzorcima, ali prisustva u CON uzorku (Ne/Da); (ii) negativna svojstva (teško za žvakanje, zrnasta tekstura, atipičan miris i atipičan ukus), za koja su prikazane učestalosti (%) prisustva u GF uzorcima, ali odsustva u CON uzorku (Da/Ne) i odsustva u GF uzorcima i CON uzorku (Ne/Ne); (iii) svojstva boje - tamna površina i tamnocrvena boja površine preseka (tamnocrvena površina), za koja su prikazane učestalosti (%) odsustva u GF uzorcima i CON uzorku (Ne/Ne) i odsustva u GF uzorcima, ali prisustva u CON uzorku (Ne/Da), svojstva boje - svetla površina i svetlocrvena boja površine preseka (svetlocrvena površina), za koja su prikazane učestalosti (%) prisustva u GF uzorcima i CON uzorku (Da/Da) i prisustva u GF uzorcima, ali odsustva u CON uzorku (Da/Ne).

Da bi se odredila prihvatljivost proizvoda za potrošače, organizovano je i ocenjivanje u kome su takođe učestvovali zaposleni u Naučnom institutu za veterinarstvo Srbije, Beograd i studenti sa Katedre za tehnologiju animalnih proizvoda, Poljoprivrednog fakulteta, Univerziteta u Beogradu. Ocenjivanje je obavljeno na kraju procesa proizvodnje (0. dan) i dva puta tokom skladištenja: 21. dana i 42. dana. Ocenjivanje je obavljeno u Laboratoriji za tehnologiju mesa Poljoprivrednog fakulteta i učestvovalo je po 40 potrošača. Ocenjivana su sledeća svojstva frankfurtera: boja na preseku, miris, ukus i ukupna prihvatljivost, primenom devetobalnog bod-sistema (1 - izuzetno neprihvatljivo, 9 - izuzetno prihvatljivo, prilog D, slika 5). Uzorci su pripremani na identičan način kao i kod CATA ocenjivanja. U nastavku ocenjivači su upitani da odrede intenzitet atipičnog mirisa i ukusa skalom intenziteta 1–9: 1 ne postoji, 9 izražen.

- Panel test

Sezornu analizu (ocenu) ispitivanih uzoraka frankfurtera je obavio panel od sedam istraživača zaposlenih na Katedri za tehnologiju animalnih proizvoda i Katedri za upravljanje bezbednošću i kvalitetom hrane Poljoprivrednog fakulteta Univerziteta u Beogradu, sa prethodnim iskustvom u ocenjivanju proizvoda od mesa. Obuka ocenjivača, priprema frankfurtera pre ispitivanja i postupci ispitivanja sprovedeni su prema metodologiji opisanoj od Stajića i sar. (2018). Priprema članova panela izvedena je u trajanju od 2,5 sata upotrebom frankfurtera pripremljenih u

laboratoriji, a u cilju obučavanja za rad sa testom skale intenziteta (engl. *intensity scale test*) i testom rangiranja prema preferenciji (engl. *ranking test*), ali i da bi se utvrdili minimalni i maksimalni nivoi definisanih senzornih svojstava.

Frankfurteri su pripremani na sledeći način: posle uklanjanja omotača, uzorci su isečeni na četvrtine, obeleženi su nasumično odabranim trocifrenim brojem, zagrevani su u mikrotalasnoj pećnici (20 sekundi na 650 W, 55–60° C u središnjem delu uzorka) i odmah su posluženi na kartonskim tacnama ocenjivačima, nasumičnim redosledom, zajedno sa kontrolnim frankfurterom (CON), pod dnevnom svetlošću. Ocenjivači su koristili vodu temperiranu na sobnoj temperaturi da bi očistili nepca između uzoraka. Intenzitet atributa frankfurtera od kozjeg mesa upoređivan je sa kontrolnim frankfurterom (CON).

Test skale intenziteta od 9 bodova korišćen je za ocenjivanje sledećih senzornih svojstava: boja (1 = previše svetlo, 5 = kontrola i 9 = previše tamno), miris (1 = nedovoljno, 5 = kontrola i 9 = previše), ukus (1 = nedovoljno, 5 = kontrola i 9 = previše), tvrdoća (1 = mekano, 5 = kontrola i 9 = čvrsto) i sočnost (1 = suvo, 5 = kontrola i 9 = vrlo sočno) (prilog D, slika 6). Pored toga, od ocenjivača je zatraženo da testom rangiranja prema preferenciji poređaju sve šarže kozjih frankfurtera na osnovu njihovog ukupnog utiska, od 1 (najmanje poželjan) do 4 (najpoželjniji) (prilog D, slika 6). Ponovljenim probanjem, ocenjivačima je bilo omogućeno ponovno poređenje uzoraka i potvrda niza.

4.2.10. Mikrobiološki kvalitet i bezbednost

Frankfurteri su pre ispitivanja temperirani 45 minuta na sobnoj temperaturi.

- Otkrivanje i određivanje broja *Enterobacteriaceae*

Otkrivanje i određivanje broja *Enterobacteriaceae* sprovedeno je u dva odvojena postupka, gde je u prvom postupku izvršeno otkrivanje *Enterobacteriaceae* prema metodi SRPS EN ISO 21528-1 (2017), a u drugom postupku urađeno je određivanje broja *Enterobacteriaceae* prema metodi SRPS EN ISO 21528-2 (2017).

- Otkrivanje i određivanje broja *Salmonella* spp.

Otkrivanje i određivanje broja *Salmonella* spp. urađeno je prema metodi SRPS EN ISO 6579-1 (2017).

- Određivanje broja *Escherichia coli*

Određivanje broja *Escherichia coli* urađeno je prema metodi SRPS ISO 16649-1 (2018).

- Otkrivanje i određivanje broja *Listeria monocytogenes*

Otkrivanje i određivanje broja *Listeria monocytogenes* sprovedeno je u dva odvojena postupka, gde je u prvom postupku izvršeno otkrivanje *Listeria monocytogenes* prema metodi SRPS EN ISO 11290-1 (2017), a u drugom postupku urađeno je određivanje broja *Listeria monocytogenes* prema metodi SRPS EN ISO 11290-2 (2017).

- Određivanje broja *Clostridium perfringens*

Određivanje broja *Clostridium perfringens* urađeno je prema metodi SRPS EN ISO 7937 (2010).

4.2.11. Statistička analiza

U cilju tumačenja rezultata ispitivanja frankfurtera, dobijeni podaci statistički su obrađeni jednofaktorskom analizom varijanse (one-way ANOVA, $P < 0,05$) za procenu uticaja formulacije ($P < 0,001$) na kalo i profil masnih kiselina, kao i dvofaktorskom analizom varijanse (two-way ANOVA, $P < 0,05$) za procenu uticaja formulacije, vremena skladištenja i njihove interakcije ($P < 0,001$) na veličinu iscedka, osnovni hemijski sastav (proteini, mast, vlaga, pepeo), udeo kolagena u ukupnim proteinima, rezidualni nitrit, ukupni fosfor, pH vrednost, instrumentalnu boju i profil teksture, stabilnost masti (slobodne masne kiseline, peroksidni broj), profil isparljivih organskih jedinjenja i aminokiselina, senzorna svojstva (izgled, boja, miris, ukus, tekstura), nutritivna svojstva (energetska vrednost, ugljeni hidrati, aterogeni indeks, trombogeni indeks, kvalitet lipida mesa, koeficijent rastojanja) i mikrobiološki kvalitet i bezbednost (*Enterobacteriaceae*, *Salmonella* spp., *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* i *Clostridium perfringens*). Za statističku obradu podataka korišćen je softver Statistica 12.5 (StatSoft, Inc., Tulsa, OK, SAD) i rezultati su prikazani kao srednja vrednost (M) \pm standardna devijacija (SD). Razlike između srednjih vrednosti rezultata testirane su Tukey-evim HSD post hoc testom na nivou značajnosti $P < 0,05$. Takođe, podaci koji su dobijeni tokom senzorne analize testiranjem potrošača u CATA anketi obrađeni su korišćenjem softvera XLSTAT-Sensory/CATA data analysis (2017), uključujući i Cochran-ov Q test za utvrđivanje razlike svakog svojstva između šarži frankfurtera, dok su podaci iz testa rangiranja prema preferenciji kod panel testa obrađeni Friedman-ovim testom gde je značajnost razlike izračunata najmanje značajnom razlikom ($P < 0,05$). Semantički diferencijalni grafikoni korišćeni su za vizuelizaciju senzornog profila frankfurtera.

5. PREGLED REZULTATA I DISKUSIJA

5.1. Stabilnost mesne emulzije

- Gubitak mase tokom toplotne obrade (kalo)

U tabeli 5.1 prikazani su rezultati kala toplotne obrade u odnosu na formulaciju frankfurtera. Niže vrednosti kala utvrđene su u frankfurterima sa udelom kozjeg mesa u odnosu na CON (izuzev G25), ali se rezultati nisu statistički značajno razlikovali ($P>0,05$). U različitim istraživanjima sprovedenim na frankfurterima punjenim u celulozne omotače, navedene su slične vrednosti gubitka mase (Delgado-Pando i sar., 2010; Salcedo-Sandoval i sar., 2013).

- Gubitak mase tokom čuvanja u vakuum pakovanju (iscedak)

Rezultati ispitivanja izdvajanja iscedka u odnosu na formulaciju i vreme skladištenja frankfurtera prikazani su u tabeli 5.1. Kao i u slučaju kala toplotne obrade, formulacija frankfurtera nije uticala na razlike u izdvojenom iscedku tokom skladištenja (21. i 42. dana), a vrednosti odgovaraju onim koje su navedene za frankfurtere punjene u celulozne omotače i čuvane u vakuum pakovanju (Salcedo-Sandoval i sar., 2013; Yotsuyanagi i sar., 2016). Vreme skladištenja je značajno uticalo ($P<0,001$) na gubitak izdvajanjem iscedka i utvrđeni su značajno veći gubici ($P<0,05$) kod G25, G50 i G75 na kraju perioda skladištenja, ipak ovo povećanje nije dovelo do statistički značajnih razlika između različitih oglednih grupa frankfurtera. Budući da podaci iz literature za kozje i goveđe meso ukazuju na sličan sadržaj proteina rastvorljivih u slanim rastvorima, kao i veće sposobnosti emulgovanja proteina kozjeg mesa (Madruga i Bressan, 2011), ovakvi rezultati su bili očekivani.

Tabela 5.1. Promene gubitka mase toplotnom obradom (%) i gubitka mase izdvajanjem iscedka (%) frankfurtera u odnosu na formulaciju (F), vreme skladištenja (S) i njihovu interakciju (F×S)

Parametar	Vreme skladištenja	Formulacija					Nivo značajnosti		
		CON	G25	G50	G75	G100	F	S	F×S
gubitak mase toplotnom obradom	Dan 0	19,26±1,55	19,40±1,98	18,25±1,83	17,36±1,73	18,02±1,69	NS	-	-
gubitak mase izdvajanjem iscedka	Dan 21	1,30±0,11	1,38±0,17 ^B	1,32±0,11 ^B	1,44±0,19 ^B	1,32±0,16	NS	***	NS
	Dan 42	1,64±0,16	1,79±0,15 ^A	1,93±0,28 ^A	1,82±0,27 ^A	1,62±0,16			

^{A, B} Vrednosti u istoj koloni s različitim slovima u superskriptu za isti parametar se statistički značajno razlikuju ($P<0,05$);

*** $P<0,001$; NS - nije značajno

5.2. Osnovni hemijski sastav, pH vrednost, udeo kolagena u ukupnim proteinima, rezidualni nitrit i ukupni fosfor

- Osnovni hemijski sastav

Rezultati ispitivanja osnovnog hemijskog sastava sirovine (sveže goveđe meso, sveže kozje meso i goveđe masno tkivo) prikazani su u tabeli 5.2. U tabeli 5.3 prikazani su rezultati ispitivanja osnovnog hemijskog sastava u odnosu na formulaciju i vreme skladištenja frankfurtera.

S obzirom na slične vrednosti osnovnog hemijskog sastava upotrebljenog svežeg goveđeg i kozjeg mesa, kao i vrednosti gubitka mase i gubitka izdvajanjem iscedka, očekivalo se da će osnovni hemijski sastav ispitivanih frankfurtera biti sličan.

Tabela 5.2. Osnovni hemijski sastav (%), udeo kolagena u proteinima mesa (%) i pH vrednost sirovine

Parametar	Sveže goveđe meso	Sveže kozje meso	Goveđe masno tkivo
vлага	75,01±1,53	75,10±0,48	-
proteini	21,29±0,93	20,68±0,78	-
mast	1,77±0,48	3,88±1,62	94,33±0,30
pepeo	1,14±0,01	1,19±0,08	-
pH vrednost	5,83±0,02	5,73±0,02	-
udeo kolagena u proteinima mesa	5,40±0,11	8,75±0,16	-

Tabela 5.3. Promene osnovnog hemijskog sastava (%), pH vrednosti, udela kolagena u ukupnim proteinima (%), sadržaja rezidualnog nitrita (mg/kg) i sadržaja ukupnog fosfora (g/kg) u frankfurterima u odnosu na formulaciju (F), vreme skladištenja (S) i njihovu interakciju (F×S)

Parametar	Vreme skladištenja	Formulacija					Nivo značajnosti		
		CON	G25	G50	G75	G100	F	S	F×S
vлага	Dan 0	65,21±0,53	66,02±1,56	65,91±0,53	65,22±0,27	65,66±0,29			
	Dan 21	65,37±0,85	64,98±1,36	65,45±0,87	65,17±1,10	65,29±1,04	NS	NS	NS
	Dan 42	64,68±1,31	64,78±0,33	65,47±1,51	65,07±0,71	65,40±1,82			
mast	Dan 0	14,33±0,22	14,38±0,57	14,68±0,59	14,80±0,61	15,28±0,21			
	Dan 21	14,56±0,31	14,45±1,00	14,67±0,08	14,85±0,76	15,37±0,64	NS	NS	NS
	Dan 42	14,63±1,19	14,37±0,62	14,58±0,89	14,75±1,02	15,06±0,42			
proteini	Dan 0	15,30±0,65	15,38±0,21	14,83±1,02	14,80±1,46	14,60±0,76			
	Dan 21	15,64±1,17	15,58±0,10	15,21±0,11	15,31±0,90	14,68±0,68	NS	NS	NS
	Dan 42	15,54±1,17	15,54±0,54	15,22±0,73	15,08±0,62	15,05±0,19			
pepeo	Dan 0	3,36±0,02	3,38±0,14	3,42±0,20	3,50±0,39	3,46±0,10			
	Dan 21	3,58±0,01	3,52±0,14	3,42±0,09	3,28±0,02	3,66±0,28	NS	NS	NS
	Dan 42	3,45±0,19	3,53±0,10	3,49±0,16	3,69±0,13	3,49±0,20			
pH vrednost	Dan 0	6,35±0,01 ^{dA}	6,38±0,01 ^{cdA}	6,41±0,01 ^{cA}	6,48±0,01 ^{bA}	6,56±0,01 ^{aA}			
	Dan 21	6,21±0,01 ^{eB}	6,25±0,01 ^{dB}	6,32±0,01 ^{CB}	6,37±0,01 ^{BB}	6,42±0,02 ^{AB}	***	***	***
	Dan 42	6,09±0,02 ^{eC}	6,12±0,01 ^{dc}	6,17±0,01 ^{cC}	6,23±0,01 ^{BC}	6,31±0,01 ^{AC}			
kolagen u ukupnim proteinima	Dan 0	3,58±0,10 ^b	5,03±0,37 ^a	5,58±0,90 ^a	5,39±0,36 ^a	6,11±0,30 ^a			
	Dan 21	4,11±0,66	4,51±0,26	4,70±0,56	4,55±0,61	5,21±0,46	***	NS	NS
	Dan 42	3,57±0,53 ^b	4,41±0,11 ^{ab}	4,41±0,18 ^{ab}	4,91±0,62 ^a	5,14±0,43 ^a			
rezidualni nitrit	Dan 0	3,88±0,53 ^b	6,61±0,38 ^{aA}	7,43±0,27 ^{aA}	7,72±1,11 ^{aA}	7,99±0,73 ^{aA}			
	Dan 21	3,60±0,64 ^b	4,57±0,63 ^{abB}	5,00±0,34 ^{abB}	5,40±0,89 ^{abB}	4,35±0,40 ^{abB}	***	***	***
	Dan 42	3,62±0,49 ^b	4,53±0,61 ^{abB}	4,89±0,40 ^{abB}	5,18±0,45 ^{abB}	4,15±0,38 ^{abB}			
ukupni fosfor	Dan 0	4,48±0,14	4,44±0,12	4,70±0,21	4,59±0,28	5,12±0,04			
	Dan 21	3,97±0,40	4,61±0,11	4,36±0,77	3,92±0,34	4,63±0,24	NS	NS	NS
	Dan 42	4,33±0,12	4,93±0,47	4,80±0,37	4,56±0,04	4,79±0,58			

a, b, c, d, e Vrednosti u istom redu s različitim slovima u superskriptu za isti parametar se statistički značajno razlikuju (P<0,05);

A, B, C Vrednosti u istoj koloni s različitim slovima u superskriptu za isti parametar se statistički značajno razlikuju (P<0,05); *** P<0,001; NS - nije značajno

Primetni su trendovi rasta sadržaja masti i opadanja sadržaja proteina (do 1%) sa povećanjem udela kozjeg mesa (i smanjenjem sadržaja goveđeg mesa) u frankfurterima, ali razlike nisu bile statistički značajne ($P > 0,05$). Takođe, vreme skladištenja i interakcija faktora nisu imali značajan uticaj ($P > 0,001$) na osnovni hemijski sastav frankfurtera. Značajno je napomenuti da su utvrđene vrednosti sadržaja proteina u šaržama frankfurtera bile iznad najmanje dozvoljene vrednosti od 11% za frankfurtere i 10% za ostale proizvode, propisane Pravilnikom o kvalitetu usitnjenog mesa, poluproizvoda od mesa i proizvoda od mesa (Službeni glasnik RS, 50/19).

- pH vrednost

Rezultati ispitivanja pH vrednosti sirovine (sveže goveđe meso i sveže kozje meso) prikazani su u tabeli 5.2. U tabeli 5.3 prikazani su rezultati ispitivanja pH vrednosti u odnosu na formulaciju i vreme skladištenja frankfurtera. U osnovi, formulacija frankfurtera, vreme skladištenja i njihova interakcija značajno su uticali na pH vrednost ($P < 0,001$). Takođe, porast udela kozjeg mesa u frankfurterima uticalo je na postepeno i značajno ($P < 0,05$) povećanje pH vrednosti.

Međutim, promene u pH vrednosti nisu uticale na sposobnost vezivanja vode frankfurtera, verovatno usled malih razlika koje su iznosile i do 0,2 pH jedinica. Utvrđeni rezultati pH vrednosti u okvirima su za slične proizvode od različitih vrsta mesa: svinjski frankfurter (Pintado i sar., 2016), svinjski/goveđi frankfurter (Yotsuyanagi i sar., 2016), goveđi frankfurter (Vural i Javidipour, 2002), mortadela od kozjeg mesa (Guerra i sar., 2011). Tokom vremena skladištenja, pH vrednost je opala u svim frankfurterima, što se može smatrati uobičajenim za ovaj tip proizvoda od mesa (Özvural i Vural, 2012). Nastajanje organskih kiselina delovanjem mlečnokiselinskih bakterija može biti razlog sniženja pH vrednosti frankfurtera u vakuum pakovanjima tokom skladištenja (Alirezalu i sar., 2019). Obimi smanjenja pH vrednosti u svim šaržama frankfurtera bili su veoma slični (0,24–0,26) tokom 42 dana skladištenja, pa se ne mogu izričito dovesti u vezu sa kvarom. U kobasicama tipa frankfurtera, u toku skladištenja, Alirezalu i sar. (2019) utvrdili su veće obime smanjenja pH vrednosti (do 0,76) i ukupan broj živih bakterija ispod gornje granične vrednosti od 5 log CFU/g, koja je predložena od strane ovlašćenog regulatornog tela. Fernández-López i sar. (2019) su saopštili da nije dostignuta granična vrednost za ukupan broj živih bakterija od 5 log CFU/g nakon 21 dana skladištenja frankfurtera, dok su obimi smanjenja pH vrednosti iznosili 0,19–0,32.

- Kolagen u ukupnim proteinima

U tabeli 5.3 prikazani su rezultati određivanja sadržaja kolagena u ukupnim proteinima u odnosu na formulaciju i vreme skladištenja frankfurtera. U osnovi, formulacija frankfurtera imala je značajan uticaj ($P < 0,001$) na sadržaj kolagena u ukupnim proteinima, dok vreme skladištenja i interakcija faktora nisu imali značajan uticaj ($P > 0,001$).

Kolagen ima važnu ulogu u ljudskoj ishrani jer sadrži značajnu količinu esencijalnih aminokiselina, hranljivih vlakana i predstavlja izvor životinjskih proteina, a takođe doprinosi i prevenciji bolesti zglobova (Neklyudov, 2003; Sousa i sar., 2017). Kolagen je uglavnom izgrađen od aminokiselina glicina (33%), prolina i hidroksiprolina (22%) (León-López i sar., 2019). U odnosu na formulaciju frankfurtera, sadržaj kolagena u ukupnim proteinima značajno ($P < 0,05$) je povećan u svim GF frankfurterima u odnosu na CON, osim u G25 i G50 u toku 42. dana, kao i 21. dana gde je primetan porast sadržaja, ali nije utvrđena značajna razlika ($P > 0,05$) između šarži. Trend rasta sadržaja kolagena u ukupnim proteinima od CON do G100 može se objasniti razlikom u količini kolagena u sastavu sirovina (tabela 5.2), odnosno većom količinom kolagena u proteinima mesa koza u poređenju sa goveđim mesom, koja je posledica veće fizičke aktivnosti i starosti životinja (Hwang i sar., 2019; Kim i sar., 2019), a budući da je u proizvodnji frankfurtera upotrebljeno meso alpskih koza, starosti između 6–7 godina, ovakvi rezultati su bili očekivani.

Najveći relativni rast sadržaja kolagena u ukupnim proteinima utvrđen je između CON i G100 u iznosu od 71% (0. dan), 27% (21. dan) i 44% (42. dan), a najmanji između CON i G25 u iznosu od 41% (0. dan), 10% (21. dan), odnosno između CON i G25, G50 u iznosu od 24% (42. dan). Saglasno rezultatima utvrđenim u ovom istraživanju, Kim i sar. (2019) navode razlike u sadržaju kolagena između različitih vrsta mesa, uz napomenu da kozje meso ima veći sadržaj i nižu rastvorljivost kolagena u poređenju sa ovčjim mesom. U odnosu na vreme skladištenja, sadržaj kolagena u ukupnim proteinima nije se značajno menjao ($P > 0,05$) od 0. do 42. dana, mada se očigledno smanjenje količine kolagena može objasniti napredovanjem degradacionih procesa karakterističnih za same proteine, kao što su denaturacija, proteoliza i oksidacija, kao procesi koji su u pozitivnoj korelaciji sa oksidacijom lipida (Lorenzo i Carballo, 2015; Bao i Ertbjerg, 2019). Takođe, Kannan i sar. (2002) nisu utvrdili značajne promene ($P > 0,05$) u prosečnom sadržaju kolagena u odrescima mesa koza (*chevon*), skladištenih u vakuum pakovanju tokom 12 dana na 2° C.

Rezultati nekoliko istraživanja (Neklyudov, 2003; Sousa i sar., 2017) su potvrdili da upotreba kolagena kao zamene u formulaciji unapređuje proizvode od mesa, u smislu veće sposobnosti vezivanja vode, stabilnosti nakon termičke obrade, efikasnosti iskorišćenja i svojstava teksture. Prema tome, veći udeo kolagena u kozjim frankfurterima (GF) može da doprinese senzornim svojstvima, što daje dobru preporuku ovim proizvodima. Utvrđene vrednosti sadržaja kolagena u ukupnim proteinima u šaržama frankfurtera bile su ispod najveće dozvoljene vrednosti od 20% za frankfurtere i 25% za ostale proizvode, propisane Pravilnikom o kvalitetu usitnjenog mesa, poluproizvoda od mesa i proizvoda od mesa (Službeni glasnik RS, 50/19).

- Rezidualni nitrit

Rezultati određivanja sadržaja rezidualnog nitrita u odnosu na formulaciju i vreme skladištenja frankfurtera prikazani su u tabeli 5.3. U osnovi, formulacija frankfurtera, vreme skladištenja i njihova interakcija imali su značajan uticaj ($P < 0,001$) na sadržaj rezidualnog nitrita.

Nitritne soli (natrijuma ili kalijuma) su aditivi iz grupe konzervanasa (E249–250) (Službeni glasnik RS, 53/18) posebno važne za stvaranje stabilne crvene boje u mesu i inhibiciju rasta mikroorganizama (npr. *Clostridium botulinum* ili *Listeria monocytogenes*), pokazuju poželjnu antioksidativnu aktivnost (inhibira oksidaciju lipida) i doprinose stvaranju prijatnog mirisa i ukusa (Sebranek i Bacus, 2007; Adler-Nissen i sar., 2014; Alirezalu i sar., 2019). U Srbiji prema Pravilniku o prehrambenim aditivima (Službeni glasnik RS, 53/18) propisana najveća dozvoljena količina nitrita koja se može dodati tokom proizvodnje fino usitnjenih barenih kobasica (proizvodi od mesa koji se obrađuju toplotom) je 150 mg/kg. Pre svega, složenost hemije nitrita ogleda se u stvaranju različitih intermedijera (N_2O_3 i $NOCl$) i azot-monoksida (NO) kao glavnih činilaca u odigravanju većine reakcija, koje podrazumevaju reakciju oksidacije pigmenta hema i nastajanje tipične boje mesa (nitrozil-mioglobina), reakciju sa sulfhidrilnim grupama proteina i nastajanje disulfida, reakciju sa proteinima i metalima hema i nastajanje nitrozo- i nitrozil-jedinjenja koja imaju antioksidativna svojstva, reakcije bakteriostatskog i baktericidnog dejstva, zatim reakcije sprečavanja oksidacije lipida kojima se oblikuju profili isparljivih jedinjenja, ali i reakcije sa sekundarnim aminima ili aminokiselinama i nastajanje rizičnih N-nitrozamina (Sebranek i Bacus, 2007; Adler-Nissen i sar., 2014; Riyad i sar., 2018). Pored prethodno navedenog, dodatak hemiji nitrita su i reakcije oksidacije do nitrata, stvaranje gasovitog azota (N_2), ali i reakcije sa lipidima i ugljenim hidratima (Sebranek i Bacus, 2007). U odnosu na formulaciju frankfurtera, sadržaj rezidualnog nitrita značajno je povećan ($P < 0,05$) u odnosu na CON u svim GF frankfurterima u toku 0. dana i u G75 21. i 42. dana ispitivanja, a primetan trend rasta može se objasniti većom antioksidativnom aktivnosti samog kozjeg mesa, direktno povezanom sa načinom ishrane (fenolna jedinjenja, vitamin E), kojom se na izvestan način umanjuje redukciona moć nitrita, čiji je antioksidativni potencijal relativno manji u poređenju sa prirodnim antioksidansima (Amaral i sar.,

2018; Alirezalu i sar., 2019; Kim i sar., 2019), čime se doprinosi manjem gubitku nitrita, odnosno srazmerno većem rastu količine rezidualnog nitrita. S druge strane, nitrit je visoko reaktivno jedinjenje koje učestvuje u nizu kompleksnih hemijskih reakcija sa proteinima, lipidima, ugljenim hidratima, metalima (gvožđe) u mesu, kao oksidacioni, redukcioni ili nitrozilacioni agens (Sebranek i Bacus, 2007; Riyad i sar., 2018), pa se takođe trend rasta sadržaja rezidualnog nitrita sa povećanjem udela kozjeg mesa može objasniti upravo manjom količinom proteina i ugljenih hidrata u GF šaržama frankfurtera (tabela 5.3 i tabela 5.10). Pored toga, trend rasta sadržaja rezidualnog nitrita može se objasniti manjom potrošnjom nitrita u reakciji stvaranja boje mesa (nitrozil-mioglobina) uslovljene manjom količinom mioglobina u kozjem mesu u poređenju sa goveđim mesom, što je na izvestan način potvrđeno vrednostima instrumentalnih parametara boje frankfurtera (tabela 5.4). Razlike u sadržaju mioglobina između vrsta životinja doprinose promenama osobina boje mesa (Maheswarappa i sar., 2016). Slično prethodno navedenom, Maheswarappa i sar. (2016) su istakli da je meso vodenog bivola tamnije zbog većeg sadržaja mioglobina u odnosu na goveđe meso, odnosno Babiker i sar. (1990) su saopštili da je kozje meso tamnije, više crveno u odnosu na ovčje meso, jer sadrži više sarkoplazmatskih proteina, od kojih je najznačajniji mioglobin. U odnosu na vreme skladištenja, utvrđeno je značajno ($P < 0,05$) smanjenje sadržaja rezidualnog nitrita između 0. dana i 21., odnosno 42. dana u svim šaržama frankfurtera (osim u CON), a trend sniženja se može objasniti redukcijom nitrita do azot-monoksida i drugih azotnih oksida, kao i oksidacijom nitrita do nitrata (Adler-Nissen i sar., 2014; Riyad i sar., 2018). Najveće smanjenje rezidualnog nitrita utvrđeno je u G100 (48,1%), a najmanje u CON (6,7%). Trend rezultata utvrđen u ovom istraživanju je u saglasnosti sa nalazima Riyad-a i sar. (2018) za kuvanu govedu kobasicu sa dodatim natrijum-nitritom i upakovanu, gde se sadržaj rezidualnog nitrita smanjio tokom 28 dana skladištenja na 4° C.

- Ukupni fosfor

U tabeli 5.3 prikazani su rezultati određivanja sadržaja ukupnog fosfora u odnosu na formulaciju i vreme skladištenja frankfurtera. U osnovi, formulacija frankfurtera, vreme skladištenja i njihova interakcija nisu imali značajan uticaj ($P > 0,001$) na sadržaj ukupnog fosfora.

Fosfati se prirodno javljaju u obliku organskih estara u mnogim vrstama hrane, uključujući i meso, važni su za zdravlje ljudi, jer su odgovorni za rast, održavanje i regeneraciju ćelija i tkiva živih organizama, a u mesnoj industriji koriste se kao natrijumove ili kalijumove soli fosforne kiseline u vidu aditiva (E338–452) za poboljšanje funkcionalnih svojstava (pH vrednost, sposobnost vezivanja vode i sposobnost emulgovanja), dok helacijom metalnih jona ostvaruju blag bakteriostatski efekat i antioksidativno dejstvo (Gadekar i sar., 2014b; Glorieux i sar., 2017; Bilecen i Kiliç, 2019). U odnosu na formulaciju frankfurtera i vreme skladištenja, nisu utvrđene značajne razlike ($P > 0,05$) u sadržaju ukupnog fosfora. Ovi rezultati su takođe podržani istraživanjem Bilecen i Kiliç (2019), koji su utvrdili da sadržaj rastvorljivih ortofosfata tokom 7 dana skladištenja nije pokazao značajne promene u tretmanima. Važno je napomenuti da su vrednosti sadržaja ukupnog fosfora (izražen kao sadržaj fosfor-pentoksida) koje su utvrđene u šaržama frankfurtera bile ispod najveće dozvoljene vrednosti od 8,0 g/kg, propisane Pravilnikom o kvalitetu usitnjenog mesa, poluproizvoda od mesa i proizvoda od mesa (Službeni glasnik RS, 50/19).

5.3. Instrumentalna boja i profil teksture

- Instrumentalna boja

U tabeli 5.4 prikazane su vrednosti određivanja instrumentalnih parametara boje poprečnih preseka frankfurtera u odnosu na formulaciju i vreme skladištenja. U osnovi, formulacija frankfurtera i vreme skladištenja značajno ($P < 0,001$) su uticali na instrumentalne parametre boje, dok njihova interakcija nije imala značajan uticaj ($P > 0,001$).

Tabela 5.4. Promene instrumentalnih parametara boje poprečnih preseka frankfurtera u odnosu na formulaciju (F), vreme skladištenja (S) i njihovu interakciju (F×S)

Parametar	Vreme skladištenja	Formulacija						Nivo značajnosti		
		CON	G25	G50	G75	G100	F	S	F×S	
L*	Dan 0	57,31±2,60 ^{CB}	57,54±2,95 ^{CB}	58,56±2,32 ^{BCB}	60,00±1,76 ^{AB}	61,06±2,22 ^{AB}				
	Dan 21	63,00±2,00 ^{CA}	65,43±1,45 ^{BA}	65,78±1,50 ^{AB}	67,27±1,62 ^{abA}	67,78±1,73 ^{AA}	***	***	*** NS	
	Dan 42	63,93±1,44 ^{bA}	65,94±1,56 ^{abA}	66,63±1,45 ^{AA}	67,26±1,94 ^{AA}	68,11±1,66 ^{AA}				
a*	Dan 0	16,41±1,09 ^a	15,54±1,19 ^a	15,22±0,82 ^b	14,62±0,79 ^{bcA}	13,96±0,74 ^c				
	Dan 21	15,57±0,76 ^a	14,67±0,84 ^{ab}	14,39±0,70 ^b	13,39±0,54 ^{CB}	13,04±0,43 ^c	***	***	*** NS	
	Dan 42	15,81±1,30 ^a	15,06±1,11 ^{ab}	14,44±0,66 ^{bc}	13,89±0,78 ^{cdAB}	13,39±0,54 ^d				
b*	Dan 0	6,41±0,47 ^B	6,16±0,56 ^B	6,15±0,94	6,05±0,65 ^{AB}	5,81±0,47 ^{AB}				
	Dan 21	6,73±0,75 ^{AB}	6,28±1,00 ^{AB}	6,13±0,89 ^{ab}	5,86±0,89 ^{abB}	5,48±0,75 ^{bbB}	***	***	*** NS	
	Dan 42	7,74±0,66 ^{AA}	7,43±0,86 ^{abA}	6,81±0,62 ^{bc}	6,74±0,91 ^{bcA}	6,43±0,85 ^{cA}				
C*	Dan 0	17,44±1,02 ^a	16,73±1,22 ^{ab}	16,44±1,06 ^{ab}	15,83±0,89 ^{bcA}	15,13±0,82 ^c				
	Dan 21	16,98±0,77 ^a	15,98±1,05 ^{ab}	15,66±0,87 ^{bc}	14,64±0,75 ^{cdB}	14,17±0,59 ^d	***	***	*** NS	
	Dan 42	17,62±1,39 ^a	16,80±1,25 ^{ab}	15,99±0,64 ^{bc}	15,46±1,04 ^{cdAB}	14,87±0,72 ^d				
h	Dan 0	21,44±2,05 ^B	21,66±1,72 ^B	21,88±2,33 ^B	22,44±1,82 ^B	22,61±1,17 ^B				
	Dan 21	23,36±2,56 ^B	23,09±2,75 ^B	22,99±2,69 ^{AB}	23,52±2,86 ^{AB}	22,72±2,58 ^B	NS	***	*** NS	
	Dan 42	26,11±1,46 ^A	26,23±2,18 ^A	25,23±2,26 ^A	25,75±2,20 ^A	25,56±2,75 ^A				
TCD	Dan 0	-	2,61	3,58	3,96	5,68				
	Dan 21	-	3,19	4,08	5,34	5,85	-	-	-	
	Dan 42	-	2,76	3,54	4,44	5,59				

^{a, b, c, d} Vrednosti u istom redu s različitim slovima u superskriptu za isti parametar se statistički značajno razlikuju (P<0,05);

^{A, B} Vrednosti u istoj koloni s različitim slovima u superskriptu za isti parametar se statistički značajno razlikuju (P<0,05);

*** P<0,001; NS - nije značajno

Naime, za sve posmatrane parametre boje, osim za ugao *hue* (*h*), zabeležene su značajne promene ($P < 0,05$) sa povećanjem udela kozjeg mesa (i istovremeno smanjenjem sadržaja goveđeg mesa) u formulaciji. Površina poprečnog preseka frankfurtera sa povećanjem udela kozjeg mesa postajala je svetlija, ali značajne razlike u odnosu na CON utvrđene su kada je 75% i više goveđeg mesa zamenjeno sa kozjim mesom (šarže G75 i G100). Takođe, G100 (sadrži samo kozje meso) se značajno razlikovala i od G25. Vreme skladištenja značajno je uticalo ($P < 0,001$) na promenu svetloće (L^*) kod svih šarži frankfurtera. Naime, površine poprečnih preseka svih frankfurtera bile su značajno svetlije već 21. dana skladištenja u odnosu na 0. dan. Takođe, povećanje vrednosti L^* utvrđeno je i 42. dana skladištenja, ali bez značajne razlike u odnosu na vrednosti određene 21. dana. Promene su bile intenzivnije u GF frankfurterima, pa su vrednosti za L^* nakon 21 dana skladištenja u svim GF šaržama bile značajno veće ($P < 0,05$) u odnosu na CON, a vrednosti G100 u poređenju sa G25. U tom smislu, na kraju skladištenja (42. dan) ponovo su uzorci frankfurtera iz ogledne grupe G100 (ali i G50 i G75) bili značajno svetliji u poređenju sa CON, ali nisu postojale značajne razlike između šarži GF frankfurtera ($P > 0,05$).

Suprotno vrednostima parametra svetloće (L^*), vrednosti parametara udela crvene boje (a^*), udela žute boje (b^*) i zasićenosti (intenziteta) boje (C^*) postepeno su opadale sa povećanjem sadržaja kozjeg mesa. Upotreba 25% kozjeg mesa umesto goveđeg mesa nije značajno uticala na udeo crvene boje, jer nisu utvrđene značajne razlike ($P > 0,05$) između šarži CON i G25 na početku (0. dan) i tokom vremena skladištenja (21. i 42. dan). Ipak, kod GF frankfurtera sa 50% i više sadržaja kozjeg mesa u formulaciji utvrđene su značajne razlike ($P < 0,05$). Korišćenje 75% i više kozjeg mesa u formulaciji GF frankfurtera dovelo je do značajnih razlika ($P < 0,05$) i u poređenju sa G25. Vrednosti za a^* opale su tokom vremena skladištenja bez značajne razlike ($P > 0,05$) u svim frankfurterima (osim u šarži G75), dok su između formulacija frankfurtera na presecima (21. i 42. dan) utvrđeni slični odnosi kao 0. dana.

Odnosi između različitih šarži, veoma slični u pogledu a^* vrednosti, utvrđeni su i pri razmatranju C^* vrednosti. U frankfurterima sa 50% i više udela kozjeg mesa nađene su značajno niže vrednosti C^* ($P < 0,05$) u odnosu na CON. Osim toga, više od 75% sadržaja kozjeg mesa u formulaciji dovelo je do značajno nižih C^* vrednosti ($P < 0,05$) u poređenju sa uzorcima frankfurtera gde je udeo kozjeg mesa bio 25%. Kao i kod a^* vrednosti, vreme skladištenja nije dovelo do značajnih promena C^* vrednosti ($P > 0,05$), osim kod šarže G75, a odnosi između formulacija frankfurtera tokom skladištenja (21. i 42. dan) bili su slični odnosima kao 0. dana.

Razlike u L^* i a^* vrednostima frankfurtera mogu biti pripisane razlikama u boji između goveđeg i kozjeg mesa. Iako su uporedne studije o razlikama u boji kozjeg i goveđeg mesa malobrojne, objedinjavanjem podataka o sadržaju mioglobina i karakteristikama boje mesa različitih vrsta (goveđe prema ovčjem mesu, ovčje prema kozjem mesu), možemo zaključiti da uglavnom kozje meso ima veće L^* vrednosti i niže a^* vrednosti od goveđeg mesa (Seideman i sar., 1984; Dhanda i sar., 1999; Suman i sar., 2009).

Kod instrumentalnog parametra udela žute boje (b^*) utvrđen je najmanji uticaj upotrebe kozjeg mesa u formulaciji goveđeg frankfurtera. U pogledu b^* i h vrednosti, nakon 0. dana, nisu uočene značajne razlike ($P > 0,05$). Vreme skladištenja uticalo je značajno ($P < 0,001$) na promene b^* vrednosti, tako da su rezultati dobijeni 42. dana bili veći u poređenju sa rezultatima 21. i 0. dana, bez značajnih razlika ($P > 0,05$) kod G50 i u odnosu na 0. dan kod G75 i G100. Ovo je uslovilo na kraju skladištenja značajne razlike ($P < 0,05$) između CON i GF frankfurtera sa 50% i više udela kozjeg mesa. Što se tiče tona boje (h), promene tokom vremena skladištenja, mada značajne ($P < 0,05$) u svim šaržama frankfurtera, nisu dovele do značajnih razlika ($P > 0,05$) između formulacija frankfurtera, iako je skladištenje imalo značajan uticaj ($P < 0,001$).

Takođe, vrednosti ukupne razlike u boji (TCD) postepeno su se povećavale sa sadržajem kozjeg mesa u formulaciji. Iako granična vrednost za detekciju ljudskog oka nije ustanovljena, neki literaturni podaci ukazuju na moguće detekcione vrednosti ili intervale. Brainard (2003) navodi da se TCD vrednosti u opsegu 2–10 mogu primetiti pogledom. Ramírez-Navas i Rodríguez De Stouvenel (2012) istakli su da TCD vrednosti manje od 2,7 nisu vidljive za ljudsko oko i označili su TCD vrednosti u opsegu 3–6 kao primetne, a vrednosti veće od 6 kao znatne. Prema prethodno navedenom, upotreba više od 50% kozjeg mesa u formulaciji goveđeg/kozjeg frankfurtera mogla bi da dovede do uočljivih promena boje. Međutim, da li je ovo moglo da dovede do smanjenja prihvatljivosti, trebalo bi potvrditi senzornim ocenjivanjem. Tokom vremena skladištenja, TCD vrednosti bile su slične, što ukazuje da su sve promene boje bile istog stepena u svim frankfurterima.

- Instrumentalno određena tekstura

U tabeli 5.5 prikazane su vrednosti dobijene instrumentalnom analizom profila teksture u odnosu na formulaciju i vreme skladištenja frankfurtera.

Upotreba kozjeg mesa u formulaciji frankfurtera i vreme skladištenja prouzrokovali su u manjem obimu razlike u tvrdoći, adhezivnosti i žvakljivosti, pri čemu njihova interakcija nije imala značajan uticaj ($P > 0,001$) na bilo koji od posmatranih parametara teksture. Pored toga, između CON i bilo kog GF frankfurtera nisu utvrđene značajne razlike ($P > 0,05$) 0. dana i tokom vremena skladištenja (sa izuzetkom, 42. dana kod žvakljivosti), što ukazuje na dobra emulgujuća svojstva proteina kozjeg mesa i dobru stabilnost proizvoda.

Takođe, utvrđen je trend rasta vrednosti za elastičnost i kohezivnost sa povećanjem sadržaja kozjeg mesa u formulaciji frankfurtera. Međutim, kod elastičnosti, 0. dana, samo G100 (samo kozje meso) frankfurter je imao značajno veće vrednosti ($P < 0,05$) u poređenju sa CON, dok razlike između GF frankfurtera nisu utvrđene ($P > 0,05$). Promene u svim frankfurterima tokom vremena skladištenja nisu bile značajne, a značajno veće razlike ($P < 0,05$) utvrđene su 42. dana između G100 i CON, odnosno G100 i G25. Kohezivnost frankfurtera postajala je veća kako se udeo kozjeg mesa povećavao u formulaciji, ali bez značajnih razlika 0. dana ($P > 0,05$). Takođe, tokom vremena skladištenja, frankfurteri su postajali kohezivniji (značajno u G75 i G100), što je dovelo do značajne razlike ($P < 0,05$) između G100 i drugih oglednih grupa frankfurtera 42. dana.

Rezultati ispitivanja profila teksture zajedno sa rezultatima za kalo, iscedak i osnovni hemijski sastav potvrdili su prethodna istraživanja koja su ukazivala na to da kozje meso ima poželjna emulgujuća svojstva (Turgut, 1984; Mittal, 2005; Bratcher i sar., 2011; Madruga i Bressan, 2011) i takođe su pokazali da se meso starih i izlučenih koza može koristiti u proizvodima od mesa u tipu fino usitnjenih barenih kobasica, čak i kao jedini izvor mesa.

Tabela 5.5. Promene instrumentalnih parametara profila teksture poprečnih preseka frankfurtera u odnosu na formulaciju (F), vreme skladištenja (S) i njihovu interakciju (F×S)

Parametar	Vreme skladištenja	Formulacija						Nivo značajnosti		
		CON	G25	G50	G75	G100	F	S	F×S	
tvrdoća (N)	Dan 0	18,53±2,15	17,09±2,21	18,44±2,42	18,29±2,22	18,96±1,83				
	Dan 21	17,60±2,28	17,54±2,91	17,96±3,00	17,59±3,32	18,13±3,41	NS	NS	NS	
	Dan 42	19,86±3,20	17,96±2,78	21,05±4,00	20,27±3,06	18,88±2,74				
adhezivnost (N × s)	Dan 0	-0,114±0,081	-0,100±0,061	-0,071±0,030	-0,065±0,034	-0,121±0,081				
	Dan 21	-0,102±0,068	-0,113±0,073	-0,124±0,080	-0,103±0,070	-0,130±0,079	NS	NS	NS	
	Dan 42	-0,092±0,074	-0,080±0,052	-0,126±0,067	-0,117±0,064	-0,115±0,061				
elastičnost	Dan 0	0,855±0,01 ^b	0,869±0,03 ^{ab}	0,878±0,02 ^{ab}	0,881±0,01 ^{ab}	0,892±0,03 ^a				
	Dan 21	0,872±0,03	0,872±0,03	0,880±0,02	0,888±0,02	0,891±0,02	***	NS	NS	
	Dan 42	0,860±0,02 ^b	0,874±0,02 ^b	0,884±0,03 ^{ab}	0,885±0,03 ^{ab}	0,919±0,08 ^a				
kohezivnost	Dan 0	0,715±0,03	0,732±0,03	0,736±0,02	0,730±0,03 ^B	0,743±0,03 ^B				
	Dan 21	0,744±0,01 ^{ab}	0,747±0,02 ^{ab}	0,738±0,02 ^b	0,756±0,02 ^{abAB}	0,769±0,02 ^{abAB}	***	***	***	
	Dan 42	0,740±0,02 ^b	0,754±0,01 ^b	0,759±0,03 ^b	0,764±0,04 ^{bA}	0,794±0,05 ^{aA}				
žvakljivost (N × mm)	Dan 0	11,30±1,18	10,86±1,40	11,90±1,54 ^B	11,75±1,41	12,55±1,22				
	Dan 21	11,44±1,65	11,39±1,68	11,65±1,85 ^B	11,81±2,32	12,39±2,31	***	NS	NS	
	Dan 42	12,64±2,09 ^{ab}	11,84±1,81 ^b	14,11±2,71 ^{aA}	13,66±1,84 ^{ab}	13,70±1,72 ^{ab}				

^{a, b} Vrednosti u istom redu s različitim slovima u superskriptu za isti parametar se statistički značajno razlikuju (P<0,05);

^{A, B} Vrednosti u istoj koloni s različitim slovima u superskriptu za isti parametar se statistički značajno razlikuju (P<0,05);

*** P<0,001; NS - nije značajno

5.4. Stabilnost masti

- Slobodne masne kiseline

Rezultati određivanja sadržaja slobodnih masnih kiselina u odnosu na formulaciju i vreme skladištenja frankfurtera prikazani su u tabeli 5.6. U osnovi, formulacija frankfurtera, vreme skladištenja i njihova interakcija imali su značajan uticaj ($P < 0,001$) na sadržaj slobodnih masnih kiselina.

Slobodne masne kiseline su glavni proizvodi reakcija hidrolize i oksidacije lipida (Olivares i sar., 2011), a njihov sadržaj uglavnom zavisi od obima njihovog oslobađanja iz triacilglicerola i fosfolipida (lipoliza) i njihove razgradnje (autooksidacija, enzimaska oksidacija) (Lorenzo i Carballo, 2015). Ukratko, mast je podložna hidrolizi, koja posledično dovodi do povećanja udela slobodnih masnih kiselina, što može promeniti teksturu proizvoda i izazvati oksidaciju i užeglost i time negativno uticati na senzorna svojstva (Senso i sar., 2007).

Tabela 5.6. Promene sadržaja slobodnih masnih kiselina (% oleinske kiseline) i peroksidnog broja (meq/kg) u frankfurterima u odnosu na formulaciju (F), vreme skladištenja (S) i njihovu interakciju (F×S)

Parametar	Vreme skladištenja	Formulacija					Nivo značajnosti		
		CON	G25	G50	G75	G100	F	S	F×S
slobodne masne kiseline	Dan 0	1,03±0,02 ^{aC}	0,97±0,04 ^{abC}	0,91±0,01 ^{bC}	0,91±0,02 ^{bC}	0,90±0,04 ^{bC}			
	Dan 21	1,15±0,03 ^B	1,15±0,03 ^B	1,14±0,03 ^B	1,12±0,02 ^B	1,15±0,03 ^B	***	***	***
	Dan 42	1,23±0,04 ^A	1,25±0,03 ^A	1,25±0,03 ^A	1,24±0,03 ^A	1,26±0,03 ^A			
peroksidni broj	Dan 0	nd	nd	nd	nd	nd			
	Dan 21	0,49±0,08 ^{cB}	0,58±0,06 ^{bc}	0,59±0,08 ^{abcB}	0,74±0,12 ^{abB}	0,77±0,08 ^{ab}	***	***	***
	Dan 42	0,84±0,06 ^{cdA}	0,68±0,02 ^d	0,90±0,19 ^{bcA}	1,06±0,02 ^{abA}	1,17±0,02 ^{abA}			

a, b, c, d Vrednosti u istom redu s različitim slovima u superskriptu za isti parametar se statistički značajno razlikuju ($P < 0,05$);

A, B, C Vrednosti u istoj koloni s različitim slovima u superskriptu za isti parametar se statistički značajno razlikuju ($P < 0,05$);

*** $P < 0,001$; nd - nije detektovano

U odnosu na formulaciju frankfurtera, sadržaj slobodnih masnih kiselina nije se značajno ($P > 0,05$) menjao između šarži, osim na početku skladištenja (0. dan), gde je utvrđeno smanjenje od CON do G100, sa značajnom razlikom ($P < 0,05$) između CON i preostalih GF šarži (osim G25), što je najverovatnije uslovljeno inicijalnim stanjem upotrebljenog svežeg goveđeg mesa, gde su, npr. uslovi čuvanja sirovine (veća vlažnost), ranije pokrenuta aktivnost lipolitičkih enzima (Lorenzo i Carballo, 2015), ali i veći sadržaj proteina (tabela 5.2) u mesu (Nieva-Echevarría i sar., 2017), mogli da doprinesu većoj hidrolizi lipida (lipolizi), što rezultira i većim sadržajem slobodnih masnih kiselina. U odnosu na vreme skladištenja, sadržaj slobodnih masnih kiselina značajno ($P < 0,05$) se povećao od 0. do 42. dana u svim šaržama frankfurtera, kao rezultat napredovanja procesa lipolize tokom vremena (Olivares i sar., 2011). Na kraju roka trajanja (42. dan), najveći relativni rast sadržaja utvrđen je u G100 (40%), a najmanji u CON gde je iznosio 19,4%. Dobijeni trend rezultata je u saglasnosti sa nalazima Mir i Masoodi (2017), koji su ispitivali ovčje ćufte u HDPE vakuum pakovanju, skladištene 14 dana na $4 \pm 1^\circ \text{C}$ i utvrdili porast sadržaja (% oleinske kiseline) od 0,17 (0. dan) do 0,37 (14. dan). Trend povećanja sadržaja slobodnih masnih kiselina tokom vremena utvrđen u ovom istraživanju u saglasnosti je i sa nalazima drugih autora za različite proizvode od mesa i uslove čuvanja, kao što su fermentisane goveđe i svinjske kobasice (Zanardi i sar., 2004; Olivares i sar., 2011) ili fermentisana ovčja kobasica (Zhao i sar., 2011).

- Peroksidni broj

Rezultati određivanja peroksidnog broja u odnosu na formulaciju i vreme skladištenja frankfurtera prikazani su u tabeli 5.6. Formulacija frankfurtera, vreme skladištenja i njihova interakcija imali su značajan uticaj ($P < 0,001$) na vrednost peroksidnog broja.

Primarni proizvodi oksidacije lipida (hidroperoksidi) obično se procenjuju prema vrednosti peroksidnog broja. Oksidacija lipida je ključni proces u narušavanju kvaliteta mesa i proizvoda od mesa koji dovodi do njihovog kraćeg roka trajanja (Amaral i sar., 2018). U odnosu na formulaciju frankfurtera, vrednost peroksidnog broja povećana je od CON do G100, pri čemu nije detektovan na početku skladištenja (0. dan), dok su značajne ($P < 0,05$) razlike utvrđene između CON i G75, G100 (21. i 42. dana), a slično tome i između G25 i G100 (21. dan), kao i na kraju roka trajanja između G25 i G50, G75, G100, odnosno G50 i G100. Trend rasta vrednosti može biti objašnjen povećanjem sadržaja nezasićenih masnih kiselina (MUFA, PUFA) sa udelom kozjeg mesa (tabela 5.7–5.9), jer oksidacija lipida značajno raste sa brojem nezasićenih grupa (dvostruka veza), odnosno stepenom nezasićenosti masnih kiselina (Amaral i sar., 2018). Najveći relativni rast vrednosti peroksidnog broja utvrđen je između CON i G100 od 57,1% nakon 21. dana, odnosno između G25 i G100 od 72,1% nakon 42. dana. Sličan trend oksidacije lipida utvrdili su Freire i sar. (2016), koji navode približno dvostruko veću vrednost oksidacije u frankfurterima modifikovanim uljem perila (bogato PUFA-om), u odnosu na iste frankfurtere koji sadrže samo svinjsku mast. U odnosu na vreme skladištenja, vrednost peroksidnog broja značajno ($P < 0,05$) se povećava od 0. do 42. dana u svim šaržama frankfurtera (osim u G25), kao rezultat napredovanja procesa lipolize (Lorenzo i Carballo, 2015), ali i reakcije oksidacije lipida, u kojoj nezasićene masne kiseline reaguju sa molekulskim kiseonikom putem nastajanja peroksida u lančanim reakcijama slobodnih radikala (Amaral i sar., 2018). Iako je najveća vrednost peroksidnog broja određena u G100 (1,17 meq/kg), ipak najveći relativni rast utvrđen je u CON (71,4%), što ukazuje na razlike u prisustvu i koncentraciji pro- ili antioksidanasa (Amaral i sar., 2018) između goveđeg i kozjeg mesa, s obzirom da su priprema, količina i vrsta dodataka, proizvodnja i uslovi skladištenja bili identični za sve šarže. Između ostalog, Kim i sar. (2019) navode da kozje meso ima snažnije antioksidativno delovanje u poređenju sa kuvanim svinjskim mesom. Značajno je napomenuti da su vrednosti peroksidnog broja koje su utvrđene u šaržama frankfurtera bile ispod najveće dozvoljene vrednosti od 4 meq/kg propisane za topljenu mast Pravilnikom o kvalitetu usitnjenog mesa, poluproizvoda od mesa i proizvoda od mesa (Službeni glasnik RS, 50/19). Takođe, trend rasta vrednosti peroksidnog broja tokom skladištenja (od 4,0 do 4,8 meq/kg) utvrdili su Ossom i sar. (2020) u istraživanju uticaja različitih udela dodatog batata (slatki krompir) na senzorni i nutritivni kvalitet i stepen oksidacije goveđih frankfurtera, u periodu od 14 dana.

5.5. Profil masnih kiselina

- Masnokiselinski sastav

Rezultati ispitivanja masnokiselinskog sastava u odnosu na formulaciju frankfurtera tokom vremena skladištenja prikazani su u tabelama 5.7–5.9. U osnovi, formulacija frankfurtera značajno ($P < 0,001$) je uticala na ukupne zasićene masne kiseline, mononezasićene masne kiseline i polinezasićene masne kiseline.

Uopšteno govoreći, palmitinska, stearinska i oleinska kiselina najzastupljenije su masne kiseline u adipoznom tkivu goveda (Smith i Smith, 2014). Takođe, ove masne kiseline najzastupljenije su i u mastima mišićnog tkiva (intramuskularna mast). Goveđe meso sadrži u proseku 0,45–0,48% zasićenih masnih kiselina, 0,35–0,45% mononezasićenih masnih kiselina i do 0,05% polinezasićenih masnih kiselina, od ukupnih masnih kiselina (Scollan i sar., 2014).

Tabela 5.7. Promene masnokiselinskog profila (% od ukupnih masnih kiselina) frankfurtera u odnosu na formulaciju (F) na kraju procesa proizvodnje (0. dan)

Parametar	Formulacija						Nivo značajnosti
	CON	G25	G50	G75	G100	F	
C12:0	0,05±0,00	0,06±0,00	0,05±0,00	0,06±0,00	0,05±0,00	0,05±0,03	NS
C14:0	2,33±0,00	2,28±0,01	2,37±0,00	2,37±0,00	2,37±0,06	2,34±0,18	NS
C16:0	24,51±0,02	24,50±0,01	24,59±0,05	24,59±0,05	24,38±0,03	24,10±0,98	NS
C18:0	33,64±0,03	33,73±0,01	33,15±0,02	33,15±0,02	33,70±0,10	33,79±1,19	NS
Druge SFA	2,69±0,00 ^a	2,64±0,01 ^{ab}	2,59±0,01 ^{abc}	2,59±0,01 ^{abc}	2,42±0,20 ^{bc}	2,34±0,17 ^c	***
C16:1	1,30±0,00	1,29±0,00	1,32±0,01	1,32±0,01	1,26±0,01	1,27±0,08	NS
C18:1n9c	27,40±0,02 ^c	28,21±0,01 ^b	28,54±0,03 ^a	28,54±0,03 ^a	28,45±0,06 ^{ab}	28,51±0,30 ^{ab}	***
Druge MUFA	4,80±0,03 ^a	3,63±0,00 ^b	3,68±0,11 ^b	3,68±0,11 ^b	3,72±0,00 ^b	3,65±0,19 ^b	***
C18:2n6c	2,61±0,00	2,61±0,00	2,52±0,08	2,52±0,08	2,41±0,01	2,47±0,23	NS
C18:3n3	0,14±0,00 ^c	0,24±0,00 ^b	0,26±0,01 ^b	0,26±0,01 ^b	0,28±0,01 ^b	0,36±0,05 ^a	***
EPA+DHA	0,00±0,00 ^d	0,04±0,00 ^c	0,07±0,00 ^{bc}	0,07±0,00 ^{bc}	0,08±0,00 ^b	0,15±0,03 ^a	***
Druge PUFA	0,54±0,00 ^b	0,77±0,01 ^{ab}	0,80±0,02 ^a	0,80±0,02 ^a	0,86±0,19 ^a	0,96±0,26 ^a	***
ΣSFA	63,23±0,05 ^a	63,21±0,03 ^a	62,76±0,07 ^{ab}	62,76±0,07 ^{ab}	62,92±0,18 ^{ab}	62,63±0,45 ^b	***
ΣMUFA	33,50±0,03 ^a	33,13±0,01 ^b	33,54±0,14 ^a	33,54±0,14 ^a	33,43±0,06 ^a	33,42±0,07 ^a	***
ΣPUFA	3,29±0,01 ^c	3,66±0,01 ^b	3,65±0,10 ^b	3,65±0,10 ^b	3,63±0,19 ^b	3,94±0,16 ^a	***
PUFA/SFA	0,05±0,00 ^c	0,06±0,00 ^b	0,06±0,00 ^b	0,06±0,00 ^b	0,06±0,00 ^{bc}	0,06±0,00 ^a	***
n-6 PUFA	3,00±0,01 ^c	3,26±0,01 ^{ab}	3,24±0,08 ^{ab}	3,24±0,08 ^{ab}	3,21±0,10 ^b	3,43±0,15 ^a	***
n-3 PUFA	0,21±0,00 ^d	0,29±0,01 ^{cd}	0,34±0,01 ^{bc}	0,34±0,01 ^{bc}	0,42±0,10 ^{ab}	0,52±0,03 ^a	***
n-6/n-3	14,63±0,18 ^a	11,36±0,19 ^b	9,62±0,30 ^c	9,62±0,30 ^c	8,00±1,45 ^d	6,63±0,37 ^d	***

^{a, b, c, d} Vrednosti u istom redu s različitim slovima u superskriptu za isti parametar se statistički značajno razlikuju (P<0,05);

*** P<0,001; NS - nije značajno

Tabela 5.8. Promene masnokiselinskog profila (% od ukupnih masnih kiselina) frankfurtera u odnosu na formulaciju (F) na kraju 21. dana skladištenja

Parametar	Formulacija					Nivo značajnosti	
	CON	G25	G50	G75	G100		F
C12:0	0,05±0,00	0,06±0,01	0,07±0,00	0,07±0,00	0,07±0,00	0,05±0,00	NS
C14:0	2,39±0,10 ^{ab}	2,49±0,01 ^a	2,39±0,03 ^{ab}	2,44±0,08 ^{ab}	2,44±0,08 ^{ab}	2,34±0,02 ^b	***
C16:0	24,67±0,31	24,48±0,21	24,84±0,09	24,81±0,12	24,81±0,12	24,42±0,21	NS
C18:0	33,68±0,40 ^{ab}	33,90±0,04 ^a	33,21±0,36 ^b	33,52±0,13 ^{ab}	33,52±0,13 ^{ab}	33,27±0,44 ^{ab}	***
Druge SFA	2,77±0,01	2,68±0,02	2,56±0,04	2,51±0,16	2,51±0,16	2,77±0,49	NS
C16:1	1,30±0,00	1,28±0,12	1,29±0,08	1,26±0,08	1,26±0,08	1,25±0,05	NS
C18:1n9c	27,16±0,17 ^d	27,89±0,11 ^c	28,65±0,20 ^a	28,16±0,18 ^{bc}	28,16±0,18 ^{bc}	28,48±0,23 ^{ab}	***
Druge MUFA	4,81±0,01 ^a	3,94±0,01 ^b	3,79±0,03 ^c	3,90±0,03 ^b	3,90±0,03 ^b	3,96±0,07 ^b	***
C18:2n6c	2,56±0,01 ^a	2,30±0,00 ^b	2,26±0,01 ^b	2,26±0,02 ^b	2,26±0,02 ^b	2,22±0,17 ^b	***
C18:3n3	0,14±0,00 ^d	0,25±0,00 ^c	0,24±0,00 ^c	0,28±0,01 ^b	0,28±0,01 ^b	0,32±0,01 ^a	***
EPA+DHA	0,00±0,00 ^e	0,03±0,00 ^d	0,05±0,00 ^c	0,09±0,00 ^b	0,09±0,00 ^b	0,14±0,00 ^a	***
Druge PUFA	0,48±0,01 ^b	0,69±0,01 ^a	0,69±0,01 ^a	0,71±0,02 ^a	0,71±0,02 ^a	0,76±0,10 ^a	***
ΣSFA	63,56±0,19 ^a	63,61±0,16 ^a	63,05±0,34 ^b	63,34±0,16 ^{ab}	63,34±0,16 ^{ab}	62,86±0,24 ^b	***
ΣMUFA	33,27±0,17 ^{ab}	33,11±0,17 ^b	33,73±0,31 ^a	33,32±0,18 ^{ab}	33,32±0,18 ^{ab}	33,70±0,22 ^a	***
ΣPUFA	3,18±0,01 ^b	3,27±0,01 ^{ab}	3,24±0,01 ^{ab}	3,34±0,02 ^{ab}	3,34±0,02 ^{ab}	3,44±0,21 ^a	***
PUFA/SFA	0,05±0,00 ^b	0,05±0,00 ^{ab}	0,05±0,00 ^b	0,05±0,00 ^{ab}	0,05±0,00 ^{ab}	0,05±0,00 ^a	***
n-6 PUFA	2,94±0,01	2,90±0,01	2,87±0,01	2,93±0,02	2,93±0,02	2,98±0,21	NS
n-3 PUFA	0,24±0,00 ^d	0,28±0,00 ^c	0,29±0,00 ^c	0,36±0,01 ^b	0,36±0,01 ^b	0,47±0,01 ^a	***
n-6/n-3	12,03±0,20 ^a	10,34±0,13 ^b	9,93±0,03 ^b	8,12±0,15 ^c	8,12±0,15 ^c	6,36±0,48 ^d	***

^{a, b, c, d, e} Vrednosti u istom redu s različitim slovima u superskriptu za isti parametar se statistički značajno razlikuju (P<0,05);

*** P<0,001; NS - nije značajno

Tabela 5.9. Promene masnokiselinskog profila (% od ukupnih masnih kiselina) frankfurtera u odnosu na formulaciju (F) na kraju 42. dana skladištenja

Parametar	Formulacija						Nivo značajnosti
	CON	G25	G50	G75	G100	F	
C12:0	0,06±0,00	0,06±0,00	0,07±0,01	0,06±0,00	0,06±0,00	0,06±0,00	NS
C14:0	2,34±0,00	2,42±0,01	2,46±0,01	2,47±0,17	2,36±0,05	2,36±0,05	NS
C16:0	23,38±0,41 ^b	24,72±0,54 ^a	24,74±0,42 ^a	24,54±0,09 ^a	23,96±0,08 ^{ab}	23,96±0,08 ^{ab}	***
C18:0	34,46±0,42 ^a	33,24±0,56 ^b	33,30±0,39 ^b	33,28±0,07 ^b	34,00±0,36 ^{ab}	34,00±0,36 ^{ab}	***
Druge SFA	3,15±0,07 ^a	2,63±0,03 ^b	2,63±0,01 ^b	2,52±0,19 ^b	2,22±0,19 ^c	2,22±0,19 ^c	***
C16:1	1,24±0,03 ^b	1,30±0,01 ^{ab}	1,31±0,01 ^{ab}	1,31±0,03 ^a	1,26±0,06 ^{ab}	1,26±0,06 ^{ab}	***
C18:1n9c	27,34±0,01 ^c	28,02±0,01 ^b	27,95±0,03 ^b	28,33±0,12 ^a	28,44±0,07 ^a	28,44±0,07 ^a	***
Druge MUFA	4,78±0,00 ^a	4,33±0,04 ^b	4,17±0,05 ^c	4,13±0,04 ^{cd}	4,07±0,03 ^d	4,07±0,03 ^d	***
C18:2n6c	2,49±0,02 ^a	2,34±0,01 ^b	2,34±0,01 ^b	2,31±0,01 ^b	2,29±0,10 ^b	2,29±0,10 ^b	***
C18:3n3	0,13±0,00 ^d	0,24±0,01 ^c	0,27±0,03 ^{bc}	0,28±0,01 ^b	0,33±0,01 ^a	0,33±0,01 ^a	***
EPA+DHA	0,01±0,01 ^c	0,04±0,00 ^d	0,06±0,00 ^c	0,08±0,00 ^b	0,13±0,00 ^a	0,13±0,00 ^a	***
Druge PUFA	0,62±0,01 ^b	0,65±0,02 ^b	0,71±0,01 ^b	0,70±0,03 ^b	0,92±0,18 ^a	0,92±0,18 ^a	***
ΣSFA	63,39±0,06 ^a	63,08±0,06 ^{bc}	63,19±0,05 ^{ab}	62,87±0,10 ^c	62,60±0,21 ^d	62,60±0,21 ^d	***
ΣMUFA	33,37±0,03 ^b	33,66±0,05 ^a	33,43±0,04 ^b	33,77±0,11 ^a	33,76±0,02 ^a	33,76±0,02 ^a	***
ΣPUFA	3,25±0,02 ^b	3,27±0,01 ^b	3,38±0,03 ^b	3,37±0,03 ^b	3,67±0,21 ^a	3,67±0,21 ^a	***
PUFA/SFA	0,05±0,00 ^b	0,05±0,00 ^b	0,05±0,00 ^b	0,05±0,00 ^b	0,06±0,00 ^a	0,06±0,00 ^a	***
n-6 PUFA	2,95±0,02 ^b	2,89±0,01 ^b	2,97±0,00 ^b	2,99±0,02 ^b	3,20±0,21 ^a	3,20±0,21 ^a	***
n-3 PUFA	0,24±0,00 ^d	0,28±0,01 ^c	0,33±0,03 ^b	0,36±0,01 ^b	0,46±0,01 ^a	0,46±0,01 ^a	***
n-6/n-3	12,27±0,19 ^a	10,26±0,21 ^b	9,11±0,92 ^c	8,37±0,20 ^c	6,89±0,43 ^d	6,89±0,43 ^d	***

^{a, b, c, d, e} Vrednosti u istom redu s različitim slovima u superskriptu za isti parametar se statistički značajno razlikuju ($P < 0,05$);

*** $P < 0,001$; NS - nije značajno

Kozje meso u zavisnosti od ishrane, rase i tipa mišića može da sadrži (od ukupnih masnih kiselina) 37–44% zasićenih masnih kiselina, 30–45% mononezasićenih masnih kiselina i veći sadržaj polinezasićenih masnih kiselina u odnosu na goveđe meso, posebno veći sadržaj α -linoleinske kiseline (ALA), eikozapentaenoinske kiseline (EPA) i dokozaheksaenoinske kiseline (DHA) (Wood i sar., 2004; Ivanović i sar., 2016; Corazzin i sar., 2019). S obzirom na to, da se sadržaj masnog tkiva, koje je glavni izvor masnih kiselina u ovom istraživanju, nije promenio (tabela 5.3), povećanje udela kozjeg mesa (i istovremeno smanjenje sadržaja goveđeg mesa) u frankfurterima, posmatrano 0. dana (tabela 5.7), nije značajno uticalo ($P > 0,05$) na vrednosti sadržaja laurinske, miristinske, palmitinske i stearinske kiseline. Malekian i sar. (2016) su saopštili da povećanje sadržaja kozjeg mesa u termički obrađenim goveđim kobasicama nije značajno uticalo na miristinsku, palmitinsku i stearinsku kiselinu. Nasuprot tome, postepeno smanjenje sadržaja drugih SFA, pre svega značajno ($P < 0,05$) između G75 i G100 u poređenju sa CON, dovelo je do značajno nižeg ukupnog sadržaja SFA, ali samo u G100 u poređenju sa CON i G25 ($P < 0,05$). Malekian i sar. (2016) su utvrdili postepeno povećanje ukupne količine SFA sa povećanjem udela kozjeg mesa u formulaciji kobasica, ali bez značajnih razlika između tretmana. Međutim, povećanje udela kozjeg mesa u formulaciji frankfurtera uticalo je na sadržaj oleinske kiseline, koji je bio značajno veći ($P < 0,05$) u svim GF frankfurterima u odnosu na CON. Ipak, sadržaj MUFA bio je u uskom opsegu od 33,13–33,54% i značajno niži u G25 ($P < 0,05$) u poređenju sa ostalim frankfurterima. Formulacija frankfurtera imala je najveći uticaj na sadržaje različitih polinezasićenih masnih kiselina, koje su uglavnom zastupljene u fosfolipidima. Sadržaj PUFA je bio značajno veći ($P < 0,05$) u svim GF frankfurterima u odnosu na CON, kao i u G100 ($P < 0,05$) u poređenju sa ostalim GF frankfurterima, iako je sadržaj linolne kiseline bio sličan, uglavnom zbog većeg sadržaja ω -6 arahidonske kiseline (rezultati predstavljeni prema formulaciji CON–G100: $0,00 \pm 0,00\%$, $0,26 \pm 0,00\%$, $0,31 \pm 0,01\%$, $0,26 \pm 0,02\%$, $0,37 \pm 0,03\%$, respektivno). Sadržaj α -linoleinske kiseline (tabela 5.7) bio je značajno veći ($P < 0,05$) u svim GF frankfurterima u poređenju sa CON i u G100 ($P < 0,05$) u odnosu na ostale GF frankfurtere. Takođe, utvrđen je trend postepenog povećanja sadržaja EPA+DHA sa povećanjem udela kozjeg mesa u frankfurterima, sa značajnom razlikom ($P < 0,05$) između CON i svih GF frankfurtera, odnosno G100 i ostalih GF frankfurtera, kao i sadržaja n-3 PUFA uz značajnu razliku ($P < 0,05$) između CON i GF frankfurtera sa 50% i više sadržaja kozjeg mesa u formulaciji. To je dovelo do povoljnijeg n-6/n-3 odnosa u GF frankfurterima, koji je postepeno i značajno opadao sa povećanjem sadržaja kozjeg mesa u formulaciji, sa značajno nižim vrednostima ($P < 0,05$) u G75 i G100 u poređenju sa CON i ostalim GF frankfurterima. Ovi podaci su veoma važni, jer istraživanja ukazuju na blagotvoran uticaj ALA, a posebno EPA i DHA u sprečavanju i smanjenju rizika od raka, koronarnih bolesti srca, dijabetesa tipa 2, pa čak i neuroloških poremećaja (McAfee i sar., 2010; Zhang i sar., 2010). Pored prethodno navedenog, odnos n-6/n-3 PUFA je takođe važan pokazatelj uravnoteženog unosa masti, koji se povećanjem sadržaja kozjeg mesa u formulaciji frankfurtera približio preporučenoj gornjoj vrednosti od 4 (Jiménez-Colmenero, 2007). Visoke vrednosti ovog odnosa okarakterisane su kao faktori rizika za različite bolesti, posebno u stvaranju krvnih ugrušaka koji dovode do srčanog udara (Harris i Schacky, 2004). Malekian i sar. (2016) ukazuju na linearno povećanje sadržaja n-3 PUFA i povoljniji n-6/n-3 odnos sa povećanjem udela kozjeg mesa u goveđim kobasicama. Literaturni podaci pokazuju da kozje meso može imati veći sadržaj ALA i EPA+DHA u poređenju sa goveđim mesom. Corazzin i sar. (2019) ističu da se sadržaj ALA u kozjem mesu nalazio u rasponu između 1,3% i 1,8%, a EPA+DHA između 1,3% i 2,8%, od ukupnih masnih kiselina. Wood i sar. (2004) navode sadržaje ALA i EPA+DHA u govedini od 0,70% i 0,33% od ukupnih masnih kiselina, respektivno. S druge strane, PUFA/SFA odnosi, uprkos činjenici da su značajno viši ($P < 0,05$) u GF frankfurterima u odnosu na CON (tabela 5.7), bili su daleko od preporučenog intervala od 0,4–1 (Jiménez-Colmenero, 2007) zbog visokog sadržaja SFA. To stvara mogućnost da se poboljšanjem odnosa PUFA/SFA (povećanjem sadržaja n-3 PUFA) takođe n-6/n-3 odnosi mogu unaprediti u povoljnije - ispod 4 (Jiménez-Colmenero, 2007). U odnosu na formulaciju frankfurtera, slični trendovi rezultata kao 0. dana, utvrđeni su i na presecima 21. i 42. dana (tabele 5.8–5.9).

5.6. Nutritivna svojstva

- Ugljeni hidrati

U tabeli 5.10 prikazani su rezultati ispitivanja sadržaja ugljenih hidrata u odnosu na formulaciju i vreme skladištenja frankfurtera. U osnovi, formulacija frankfurtera, vreme skladištenja i njihova interakcija imali su značajan uticaj ($P < 0,001$) na sadržaj ugljenih hidrata.

U odnosu na formulaciju frankfurtera, sadržaj ugljenih hidrata smanjio se od CON do G100, s izuzetkom CON u toku 21. dana i G25 u toku 42. dana, a trenda sniženja sadržaja ugljenih hidrata može se objasniti njihovom manjom količinom u kozjem mesu u poređenju sa goveđim mesom, s obzirom da prirodne koncentracije ugljenih hidrata (npr. glikogen, glukoza, riboza) zavise od ishrane, vrste, starosti i fiziološkog stanja životinja (Priolo i sar., 2001; Koutsidis i sar., 2008; Fazlani i sar., 2019). U poređenju sa CON (0. dan), utvrđeno je značajno ($P < 0,05$) smanjenje sadržaja ugljenih hidrata kod G25, G50 i G100 za 53,3%, 35,6% i 44,4%, respektivno. Takođe, trend opadanja sadržaja ugljenih hidrata sa povećanjem udela kozjeg mesa u formulaciji uočen je 21. i 42. dana, pri čemu je značajno smanjenje sadržaja ($P < 0,05$) u G100 (42. dan) iznosilo 41,2% u poređenju sa CON. Moawad i sar. (2013) navode da meso mladih koza sadrži ograničenu količinu ugljenih hidrata (0,30%). Međutim, Malekian i sar. (2016) su utvrdili linearno povećanje sadržaja ugljenih hidrata sa rastom udela kozjeg mesa u formulaciji (2,58% za 50/50, 3,51% za 75/25 i 4,18 za 100/0), što je u suprotnosti sa rezultatima ovog istraživanja, a razlike u trendu mogu se objasniti razlikama u starosti životinja od kojih je meso dobijeno, jer su u njihovom istraživanju korišćene koze starosti 1–3 godine. Quasem i sar. (2009) su utvrdili u standardnim frankfurima na tržištu sadržaj ugljenih hidrata od 5,7%, što predstavlja veću vrednost (3,2 do 6,8 puta) u odnosu na sadržaj ugljenih hidrata u GF frankfurterima ispitanim tokom ovog istraživanja. U odnosu na vreme skladištenja, značajno niže vrednosti sadržaja ugljenih hidrata utvrđene su 21. dana u CON i 0. dana u G25, ipak na osnovu sagledavanja svih dobijenih rezultata sadržaja ugljenih hidrata ne može se govoriti o postojanju trenda, a razlike koje su uočene mogu se pripisati nedostatku homogenosti tokom postupka izrade frankfurtera (Franco i sar., 2019).

- Energetska vrednost

U tabeli 5.10 prikazani su rezultati ispitivanja energetske vrednosti u odnosu na formulaciju i vreme skladištenja frankfurtera. Formulacija frankfurtera, vreme skladištenja i njihova interakcija nisu imali značajan uticaj ($P > 0,001$) na energetska vrednost.

U odnosu na formulaciju frankfurtera i vreme trajanja skladištenja, utvrđeni rezultati za energetska vrednost su slični i nisu potvrđene značajne razlike ($P > 0,05$), što se može objasniti sličnim hemijskim sastavom šarži frankfurtera i neznatnom promenom hemijskog sastava tokom čuvanja (tabela 5.3). Literaturni podaci navedeni za energetska vrednost goveđeg frankfurtera i frankfurtera od svinjskog mesa, uglavnom iznose 315–422 kcal/100 g (1 317–1 764 kJ/100 g) i 453 kcal/100 g (1 894 kJ/100 g), respektivno (USDA, 2002; Beilenson, 2016), što utvrđene energetske vrednosti u šaržama frankfurtera čini nižim od navedenih vrednosti za ove dve vrste kobasica. Freire i sar. (2016) navode u svojim istraživanjima na modifikovanim frankfurterima pripremljenim od svinjskog mesa, rezultate energetske vrednosti u iznosu od 312,7 kcal/100 g (1 307,1 kJ/100 g) za frankfurtere uobičajene masnoće (sadržaj proteina 17,2%, sadržaj masti 26,8%), odnosno 160–172 kcal/100 g (668,8–719 kJ/100 g) za frankfurtere sa smanjenom masnoćom, a u poređenju sa njima, frankfurteri ispitani u ovoj doktorskoj disertaciji energetska su slični kobasicama sa smanjenim sadržajem masti. S obzirom da je preporučeni dnevni unos za prosečnu odraslu osobu 2 000 kcal/8 400 kJ, utvrđene energetske vrednosti frankfurtera u ovom istraživanju mogu predstavljati preporuku za njihovu upotrebu kao zdravije alternative u redovnoj ishrani, ali i u dijetama.

Tabela 5.10. Promene sadržaja ugljenih hidrata (%), energetske vrednosti (kJ/100 g), indeksa kvaliteta lipida i koeficijenta rastojanja u frankfurterima u odnosu na formulaciju (F), vreme skladištenja (S) i njihovu interakciju (F×S)

Parametar	Vreme skladištenja			Formulacija						Nivo značajnosti		
	CON	G25	G50	G75	G100	F	S	F×S	F	S	F×S	
ugljeni hidrati	Dan 0	1,80±0,27 ^{aA}	0,84±0,16 ^{cB}	1,16±0,19 ^{bc}	1,68±0,22 ^{ab}	1,00±0,18 ^c						
	Dan 21	0,85±0,16 ^{bbB}	1,47±0,22 ^{aA}	1,25±0,19 ^{ab}	1,39±0,20 ^a	1,00±0,17 ^{ab}	***	***	***	***	***	***
	Dan 42	1,70±0,25 ^{abA}	1,78±0,26 ^{aA}	1,24±0,20 ^{bc}	1,41±0,23 ^{abc}	1,00±0,18 ^c						
energetska vrednost	Dan 0	820,77±16,46	807,53±18,08	814,68±36,05	827,72±43,61	830,38±15,66						
	Dan 21	818,91±9,25	824,50±38,98	822,61±3,48	833,35±15,86	835,02±15,50	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	Dan 42	834,29±24,17	826,04±28,06	819,14±41,69	825,99±36,70	829,93±13,49						
AI	Dan 0	0,92±0,00 ^{AB}	0,92±0,00	0,92±0,00	0,92±0,01	0,90±0,04						
	Dan 21	0,94±0,01 ^{abA}	0,95±0,01 ^a	0,93±0,01 ^{ab}	0,95±0,01 ^{ab}	0,91±0,01 ^b	***	***	***	***	***	***
	Dan 42	0,90±0,01 ^{bbB}	0,94±0,01 ^a	0,94±0,01 ^a	0,93±0,02 ^{ab}	0,89±0,01 ^b						
TI	Dan 0	3,19±0,00 ^a	3,16±0,01 ^{aAB}	3,08±0,01 ^b	3,07±0,06 ^{bbB}	2,99±0,03 ^c						
	Dan 21	3,21±0,02 ^a	3,21±0,02 ^{aA}	3,14±0,04 ^b	3,14±0,01 ^{baA}	3,02±0,02 ^c	***	***	***	***	***	***
	Dan 42	3,17±0,01 ^a	3,14±0,01 ^{abB}	3,14±0,01 ^{ab}	3,08±0,01 ^{baB}	3,01±0,03 ^c						
FLQ	Dan 0	0,00±0,00 ^d	0,05±0,00 ^c	0,07±0,00 ^b	0,09±0,00 ^b	0,15±0,03 ^{aA}						
	Dan 21	0,00±0,00 ^d	0,04±0,00 ^c	0,05±0,00 ^c	0,09±0,00 ^b	0,14±0,00 ^{aAB}	***	***	***	***	***	***
	Dan 42	0,01±0,01 ^e	0,04±0,00 ^d	0,06±0,00 ^c	0,08±0,00 ^b	0,13±0,00 ^{abB}						
D(CON-GF)	Dan 0	-	1,42±0,01 ^B	1,70±0,03	1,72±0,09 ^B	1,85±0,22						
	Dan 21	-	1,59±0,09 ^B	2,10±0,36	1,73±0,19 ^B	2,16±0,13	NS	***	NS	***	NS	NS
	Dan 42	-	2,26±0,54 ^A	2,35±0,33	2,40±0,36 ^A	2,07±0,34						

^{a, b, c, d, e} Vrednosti u istom redu s različitim slovima u superskriptu za isti parametar se statistički značajno razlikuju (P<0,05);

^{A, B} Vrednosti u istoj koloni s različitim slovima u superskriptu za isti parametar se statistički značajno razlikuju (P<0,05);

*** P<0,001; NS - nije značajno

- Indeksi kvaliteta lipida i koeficijent rastojanja

U tabeli 5.10 prikazani su rezultati ispitivanja indeksa kvaliteta lipida (AI, TI, FLQ) i koeficijenta rastojanja (D) u odnosu na formulaciju i vreme skladištenja frankfurtera. Formulacija frankfurtera, vreme skladištenja i njihova interakcija imali su značajan uticaj na aterogeni indeks, trombogeni indeks i indeks kvaliteta lipida mesa, dok je na koeficijent rastojanja značajno uticalo ($P < 0,001$) samo vreme skladištenja, a formulacija frankfurtera i interakcija faktora nisu značajno uticali.

U odnosu na formulaciju frankfurtera, vrednosti aterogenog indeksa i trombogenog indeksa su uglavnom niže kod GF frankfurtera u odnosu na CON, sa trendom smanjenja (posebno kod TI) od CON do G100, dok se vrednost indeksa kvaliteta lipida mesa povećava od CON do G100. Trendovi sniženja AI i TI mogu se objasniti opadanjem sadržaja važnijih zasićenih masnih kiselina (C12:0, C14:0 i C16:0 kod AI, odnosno C14:0, C16:0 i C18:0 kod TI) i rastom sadržaja nezasićenih masnih kiselina (MUFA i PUFA) (Senso i sar., 2007) kako se povećavao udeo kozjeg mesa (tabele 5.7–5.9). Slične trendove su utvrdili Barros i sar. (2020) u goveđim burgerima, gde su zamenom goveđeg loja (50% i 100%) sa emulzijom ulja tigrastog oraha smanjili sadržaj zasićenih masnih kiselina i povećali sadržaj mono- i polinezasićenih masnih kiselina. Takođe, slične trendove dobili su i drugi istraživači (Fuchs i sar., 2013; Lorenzo i sar., 2016; Franco i sar., 2019), koji su navodili niže vrednosti za AI i TI u izmenjenim proizvodima od mesa, koji su obogaćeni nezasićenim lipidnim frakcijama. Najmanje vrednosti nutritivnih indeksa AI i TI utvrđene su u šarži G100 (0,89–0,91 i 2,99–3,02, respektivno) što ukazuje na nutritivno povoljniji profil masnih kiselina. U odnosu na CON utvrđeno je sniženje AI u G100 za relativni procentualni iznos od 2,2%, 3,2% i 1,1% (0., 21. i 42 dan, respektivno), ali nije postojala značajna razlika ($P > 0,05$). Međutim, za vrednosti TI, u odnosu na CON utvrđeno je značajno smanjenje ($P < 0,05$) u G100 za relativni procentualni iznos od 6,3%, 5,9% i 5,0% (0., 21. i 42 dan, respektivno). Suprotno trendu rezultata ova dva indeksa, trend rasta vrednosti indeksa kvaliteta lipida mesa od CON do G100 može se objasniti povećanjem količine n-3 PUFA (EPA i DHA) u sadržaju ukupne masti (Senso i sar., 2007), kako se povećavao udeo kozjeg mesa (tabele 5.7–5.9). Sličan trend rasta vrednosti FLQ utvrdili su Senso i sar. (2007) tokom ispitivanja masnokiselinskog sastava ukupnih masti u mesu riba. Najveće vrednosti indeksa kvaliteta lipida mesa utvrđene su u šarži G100 (0,13–0,15) što ukazuje na veći kvalitet lipida. U poređenju sa CON, u G100 je utvrđeno značajno povećanje ($P < 0,05$) FLQ vrednosti za 0,15, 0,14 i 0,12 (0., 21. i 42 dan, respektivno). U odnosu na vreme skladištenja, iako je utvrđena značajnost ($P < 0,001$), ne može se govoriti o postojanju trendova značajnih promena u vrednostima aterogenog indeksa, trombogenog indeksa i indeksa kvaliteta lipida mesa u šaržama frankfurtera, što ukazuje da promene u profilu masnokiselinskog sastava nisu bile izražene i kvalitet lipida nije pretrpeo značajne promene. Predstavljeni rezultati ovog istraživanja u saglasnosti su sa nalazima Pirini i sar. (2000) i Senso i sar. (2007), koji nisu utvrdili značajne razlike u profilu masnih kiselina lipida mesa, a samim tim i u nutritivnom kvalitetu tokom vremena skladištenja.

Uopšteno govoreći, sa rastom udela kozjeg mesa u frankfurterima značajno je smanjen sadržaj zasićenih i povećan sadržaj nezasićenih masnih kiselina, što je prouzrokovalo pored povoljnih PUFA/SFA i n-6/n-3 odnosa (tabele 5.7–5.9) i povoljan nutritivni kvalitet lipidnih frakcija, što se ogleda u nižim vrednostima aterogenog i trombogenog indeksa (tabela 5.10) koji prema Fuchs i sar. (2013) ukazuju na zdraviji odnos masnih kiselina u namirnicama. Slično tome, rast količine nezasićenih masnih kiselina, pre svih EPA i DHA (tabele 5.7–5.9) u sadržaju ukupnih masti sa povećanjem udela kozjeg mesa, ogleda se u većoj vrednosti indeksa kvaliteta lipida mesa (tabela 5.10), koji prema Senso i sar. (2007) ukazuje na veći kvalitet lipida prehrambenog proizvoda. Sa zdravstvenog aspekta, masti sa niskim vrednostima AI i TI, ali i visokim vrednostima FLQ mogu da inhibiraju nakupljanje trombocita, smanjuju sadržaj esterifikovanih masnih kiselina, holesterola i fosfolipida, kao i da snižavaju tendenciju stvaranja ugrušaka u krvnim sudovima, a

shodno tome doprinose zaštiti od pojave kardiovaskularnih oboljenja (Senso i sar., 2007; Turan i sar., 2007).

Koeficijent rastojanja (D) (tabela 5.10) korišćen je za poređenje potpunih profila masnih kiselina kozjih frankfurtera (GF) sa goveđim frankfurterom (CON). U odnosu na formulaciju frankfurtera, između vrednosti koeficijenata rastojanja nisu utvrđene značajne razlike ($P > 0,05$), mada je trend rasta primetan i ukazuje na povećanje razlika u masnokiselinskom sastavu od G25 do G100 u odnosu na CON, što se delimično može objasniti povećanjem sadržaja nezasićenih masnih kiselina (tabele 5.7–5.9) kako se povećavao udeo kozjeg mesa u različitim oglednim grupama. Najveće vrednosti D_{CON-GF} dobijene su prilikom poređenja profila masnih kiselina CON i G100 (1,85 nakon 0. dana, odnosno 2,16 nakon 21. dana), što dokazuje da je između ovih šarži postojala najveća razlika u masnokiselinskom sastavu. Mnogi autori u svojim istraživanjima koriste koeficijent rastojanja za posmatranje sličnosti ili različitosti profila masnih kiselina, gde njegova manja vrednost znači i veću sličnost između masnokiselinskih sastava (Senso i sar., 2007; Woitel i sar., 2014). U odnosu na vreme skladištenja, trend rasta vrednosti koeficijenta rastojanja primećen je u svim poređenjima od 0. do 42. dana, mada je značajna razlika ($P < 0,05$) utvrđena u $D_{CON-G25}$ i $D_{CON-G75}$, a moguće objašnjenje povećanja razlika između masnokiselinskih sastava posmatranih parova šarži tokom vremena je napredovanje procesa lipolize, oksidacije lipida i drugih reakcija (Senso i sar., 2007; Olivares i sar., 2011; Watanabe i sar., 2015) kojima se sadržaj masnih kiselina (npr. MUFA, PUFA) redukovao u odnosu na prethodna stanja. Objavljeni rezultati tokom ovog istraživanja (D_{CON-GF} , tabela 5.10) delimično su u saglasnosti sa nalazima Senso i sar. (2007), koji nisu utvrdili značajne promene koeficijenata rastojanja u lipidima mesa riba nakon 2 dana i 7 dana čuvanja na 4° C.

5.7. Profil isparljivih organskih jedinjenja

Pedeset dva jedinjenja ispitana su u isparljivim frakcijama pet različitih oglednih grupa frankfurtera (CON, G25, G50, G75, G100). Dvadeset osam homocikličnih i nearomatičnih isparljivih organskih jedinjenja raspoređeno je u 5 aldehida, 3 ketona, 2 fenolna jedinjenja, 4 alkohola, 5 karboksilnih kiselina, 8 estara i 1 alkan. Četiri isparljiva jedinjenja identifikovana su kao O-heterociklična organska jedinjenja i predstavljala su 2 furana, 1 furanon i 1 lakton. Tri isparljiva jedinjenja identifikovana su kao N-heterociklična organska jedinjenja i predstavljala su 3 pirazina. Šest isparljivih jedinjenja identifikovana su kao S-heterociklična organska jedinjenja i predstavljala su 3 tiofena i 3 tiola. Dva faktora (formulacija i vreme skladištenja), kao i njihova interakcija, značajno su uticali ($P < 0,001$) na sadržaje svih preostalih isparljivih organskih jedinjenja, s izuzetkom etil oktanoata (samo pod uticajem formulacije), furan-2-ilmetantiola (samo pod uticajem vremena skladištenja) i 2,6-dimetilpirazina (nema značajnog uticaja interakcije $F \times S$).

5.7.1. Homociklična i nearomatična isparljiva organska jedinjenja

Rezultati ispitivanja homocikličnih i nearomatičnih isparljivih organskih jedinjenja u odnosu na formulaciju i vreme skladištenja frankfurtera prikazani su u tabelama 5.11–5.13.

- Aldehidi

Aldehidi su tipična mirisna jedinjenja nastala oksidativnom (auto-oksidacija) i termičkom razgradnjom lipida (linearni zasićeni, nezasićeni i polinezasićeni aldehidi), putem Strecker-ove degradacije aminokiselina (metil-razgranati aldehidi), β -oksidacijom lipida, a takođe nastaju i kao intermedijeri tokom razgradnje tiamina i β -karotena (Resconi i sar., 2013; Watanabe i sar., 2015; Biller i sar., 2016; Ozkara i sar., 2019; Schilling i sar., 2019).

Tabela 5.11. Promene sadržaja aldehida, ketona i fenolnih jedinjenja ($\mu\text{g}/\text{kg}$) u frankfurterima u odnosu na formulaciju (F), vreme skladištenja (S) i njihovu interakciju (F×S)

Parametar	Vreme skladištenja	Formulacija					Nivo značajnosti		
		CON	G25	G50	G75	G100	F	S	F×S
heksanal	Dan 0	0,13±0,02	0,12±0,02 ^B	0,13±0,02 ^B	0,15±0,02 ^B	0,20±0,02 ^B			
	Dan 21	0,15±0,02	0,19±0,02 ^{AB}	0,20±0,02 ^{AB}	0,20±0,02 ^B	0,21±0,02 ^B	***	***	***
	Dan 42	0,16±0,02 ^d	0,24±0,03 ^{cdA}	0,30±0,04 ^{cA}	0,30±0,04 ^{abA}	1,21±0,12 ^{aA}			
heptanal	Dan 0	0,06±0,01 ^{cC}	0,21±0,02 ^{bb}	0,28±0,03 ^{abB}	0,32±0,04 ^{ab}	0,34±0,03 ^{ab}			
	Dan 21	0,22±0,02 ^{cB}	0,25±0,03 ^{bcB}	0,30±0,03 ^{abcB}	0,34±0,04 ^{abB}	0,38±0,04 ^{ab}	***	***	***
	Dan 42	0,37±0,04 ^{cA}	0,40±0,04 ^{cA}	0,44±0,04 ^{cA}	0,62±0,06 ^{bA}	0,76±0,07 ^{aA}			
benzaldehyd	Dan 0	3,12±0,20 ^{ab}	2,99±0,23 ^{ab}	2,52±0,21 ^{abC}	1,94±0,16 ^{bb}	2,07±0,17 ^{bb}			
	Dan 21	8,32±0,46 ^{aA}	7,95±0,47 ^{aA}	7,04±0,47 ^{bA}	4,76±0,33 ^{cA}	2,54±0,20 ^{dB}	***	***	***
	Dan 42	1,67±0,14 ^{cC}	3,00±0,21 ^{bb}	4,94±0,29 ^{ab}	4,92±0,29 ^{aA}	4,69±0,30 ^{aA}			
oktanal	Dan 0	4,55±0,29 ^{ab}	4,66±0,25 ^{ab}	3,74±0,30 ^{aC}	0,61±0,07 ^{bb}	0,22±0,03 ^{bb}			
	Dan 21	13,94±0,64 ^{aA}	13,02±0,63 ^{aA}	10,89±0,67 ^{bA}	7,35±0,62 ^{cA}	6,73±0,61 ^{cA}	***	***	***
	Dan 42	2,86±0,30 ^{cC}	5,03±0,44 ^{bb}	7,01±0,52 ^{ab}	8,18±0,63 ^{aA}	7,21±0,44 ^{aA}			
2-fenilacetaldehyd	Dan 0	0,54±0,07 ^{ab}	0,44±0,06 ^{abB}	0,41±0,05 ^{bAB}	0,37±0,04 ^{bc}	0,25±0,03 ^c			
	Dan 21	0,90±0,09 ^{aA}	0,58±0,06 ^{bA}	0,48±0,06 ^{bA}	0,33±0,04 ^c	0,24±0,02 ^c	***	***	***
	Dan 42	0,59±0,05 ^{ab}	0,42±0,04 ^{bb}	0,32±0,04 ^{bcB}	0,24±0,03 ^c	0,21±0,02 ^c			
butan-2-on	Dan 0	6,35±0,35 ^{cC}	6,20±0,30 ^{cC}	8,82±0,37 ^{bc}	13,45±0,65 ^{aC}	13,64±0,64 ^{aC}			
	Dan 21	12,14±0,64 ^{dB}	16,09±0,81 ^{cB}	17,29±0,81 ^{bcB}	18,98±0,81 ^{bb}	22,61±1,08 ^{ab}	***	***	***
	Dan 42	30,14±1,27 ^{cA}	31,20±1,37 ^{cA}	34,33±1,39 ^{bA}	36,39±1,30 ^{abA}	37,28±1,26 ^{aA}			
butan-2,3-dion	Dan 0	0,63±0,07 ^b	0,53±0,06 ^{bb}	0,53±0,06 ^{bc}	0,58±0,06 ^{bc}	1,30±0,11 ^{ab}			
	Dan 21	0,70±0,06 ^b	0,75±0,07 ^{bb}	1,12±0,10 ^{ab}	0,94±0,09 ^{abB}	0,95±0,09 ^{abC}	***	***	***
	Dan 42	0,87±0,08 ^d	1,31±0,10 ^{cA}	1,64±0,13 ^{bA}	1,75±0,13 ^{bA}	4,82±0,30 ^{aA}			
heptan-2-on	Dan 0	0,18±0,02 ^{ab}	0,17±0,02 ^{ab}	0,15±0,02 ^{ab}	0,15±0,02 ^{ab}	0,09±0,01 ^{bc}			
	Dan 21	0,25±0,03 ^{aA}	0,20±0,02 ^{abAB}	0,20±0,02 ^{abAB}	0,20±0,02 ^{abA}	0,15±0,02 ^{bb}	***	***	***
	Dan 42	0,21±0,02 ^{ab}	0,23±0,02 ^A	0,24±0,02 ^A	0,21±0,02 ^A	0,24±0,02 ^A			
2-metoksifenol (Guajakol)	Dan 0	3,29±0,29 ^c	7,46±0,51 ^a	6,43±0,47 ^{abB}	7,48±0,52 ^{aA}	5,56±0,46 ^b			
	Dan 21	3,42±0,29 ^d	8,47±0,43 ^a	7,55±0,51 ^{abA}	7,17±0,51 ^{abAB}	5,69±0,47 ^c	***	***	***
	Dan 42	2,90±0,26 ^d	8,08±0,43 ^a	7,27±0,47 ^{abAB}	6,29±0,47 ^{bb}	4,58±0,39 ^c			
1,2-dimetoksibenzen (Veratrol)	Dan 0	1,05±0,09 ^b	1,21±0,10 ^{bA}	1,75±0,14 ^a	1,50±0,12 ^{aA}	0,77±0,07 ^c			
	Dan 21	1,03±0,08 ^{bc}	1,27±0,10 ^{bA}	1,67±0,13 ^a	1,22±0,10 ^{bb}	0,93±0,08 ^c	***	***	***
	Dan 42	1,04±0,08 ^b	0,92±0,09 ^{bcB}	1,55±0,13 ^a	1,32±0,11 ^{aAB}	0,75±0,07 ^c			

^{a, b, c, d} Vrednosti u istom redu s različitim slovima u superskriptu za isti parametar se statistički značajno razlikuju ($P < 0,05$);

^{A, B, C} Vrednosti u istoj koloni s različitim slovima u superskriptu za isti parametar se statistički značajno razlikuju ($P < 0,05$); *** $P < 0,001$

U procesima autooksidativne i termičke razgradnje lipida, heksanal nastaje uglavnom od linolne (preko 13-hidroperoksida) i arahidonske kiseline (ili ω -6 masnih kiselina), dok heptanal i oktanal potiču uglavnom iz oleinske kiseline (Park i sar., 2009; Kang i sar., 2013). U odnosu na formulaciju frankfurtera, očigledno je povećanje sadržaja heksanala, heptanala i oktanela od CON do G100 (s izuzetkom oktanela 0. i 21. dana), što je u saglasnosti da se brzina stvaranja jedinjenja dobijenih u procesima autooksidacije lipida povećava sa stepenom nezasićenosti i većim sadržajem ukupne masti (Olivares i sar., 2011; Khan i sar., 2015; Diez-Simon i sar., 2019), gde je prema rezultatima prikazanim u tabeli 5.3 i tabelama 5.7–5.9, G100 (samo od mesa starih koza) imao najveći sadržaj ukupne masti i najveću nezasićenost masti. Pored toga, smanjenje sadržaja oktanela može biti uzrokovano reakcijama sa amonijakom ili vodonik-sulfidom, oksidacijom do karboksilnih kiselina ili redukcijom do alkohola (Resconi i sar., 2013). Kako se vremenski zavisne promene u svim šaržama frankfurtera obično mogu objasniti procesima akumulacije slobodnih masnih kiselina i oksidacijom lipida tokom vremena skladištenja, utvrđeni rezultati za heksanal, heptanal i oktanal u pogledu povećanja sadržaja od 0. do 42. dana pokazali su sličan trend sa nalazima Olivares i sar. (2011), Purriños i sar. (2011) i Watanabe i sar. (2015), s delimičnim izuzetkom oktanela. Ovi istraživači ispitivali su isparljiva organska jedinjenja u svinjskim kobasicama, suvomesnatim proizvodima i kuvanoj govedini, tokom vremena skladištenja.

Benzaldehid i 2-fenilacetaldehid su jedinjenja koja nastaju oksidativnom deaminacijom-dekarboksilacijom aminokiselina putem Strecker-ove degradacije koja je jedan od činilaca kompleksne Maillard-ove reakcije (Watanabe i sar., 2015; Hunt i sar., 2016; Schilling i sar., 2019). Benzaldehid, poznat kao Strecker-ov aldehid, nastaje oksidacijom benzil alkohola katalizovanom dehidrogenazama i Strecker-ovom degradacijom tirozina u prisustvu dikarbonilnih jedinjenja, a poznat je i kao proizvod oksidacije α -linoleinske kiseline (ALA) i tipičan proizvod termičke razgradnje 2,4-dekadienala (Elmore i sar., 2005; Ning-Ping i sar., 2014; Watanabe i sar., 2015). 2-fenilacetaldehid je Strecker-ov aldehid, nastao kao proizvod degradacije fenilalanina (Watanabe i sar., 2015). U odnosu na formulaciju frankfurtera, oba Strecker-ova aldehida pokazala su tendenciju smanjenja sadržaja od CON do G100 (sa izuzetkom benzaldehida 42. dana). Ovi rezultati mogu biti objašnjeni većim sadržajem aminokiselina fenilalanina i tirozina, a posledično i slobodnih aminokiselina u goveđem mesu u odnosu na kozje meso (Mazhangara i sar., 2019). Tokom vremena, sadržaj slobodnih aminokiselina se povećava usled hidrolize proteina i doprinose stvaranju Strecker-ovih aldehida (Olivares i sar., 2011; Khan i sar., 2015; Watanabe i sar., 2015). Povećanje sadržaja tokom vremena skladištenja utvrđeno je kod oba Strecker-ova aldehida u svim uzorcima frankfurtera različitih oglednih grupa do 21. dana, i smanjenje do 42. dana, uz delimično odstupanje kod oba aldehida u G75 i G100. Trendovi rezultata za benzaldehid slični su nalazima Olivares i sar. (2011), sa delimičnom razlikom u G75 i G100, dok za 2-fenilacetaldehid nisu u saglasnosti, što ukazuje na mogućnost njegovog daljeg učešća kao prekursora mirisa u Maillard-ovoj reakciji (Liu i sar., 2015).

- Ketoni

Ketoni su grupa isparljivih organskih jedinjenja koja doprinosi karakterističnom opštem mirisu, uglavnom nastaju oksidacijom lipida ili drugim alternativnim putevima (npr. dekarboksilacijom β -keto kiselina) koji predstavljaju konkurenciju raskidanju lanaca tokom oksidacije lipida, kao i β -oksidacijom i termičkom razgradnjom lipida, degradacijom aminokiselina, fermentacijom ugljenih hidrata i Maillard-ovom reakcijom (Olivares i sar., 2011; Ning-Ping i sar., 2014; Xia i Budge, 2017; Schilling i sar., 2019). Pored toga, tokom oksidacije lipida, ketoni se razvijaju i u terminalnoj fazi putem rekombinacije između sekundarnih i primarnih alkoksi radikala, sekundarnih alkoksi radikala i alkil radikala ili eliminacijom hidroksi grupa iz hidroperoksida (Xia i Budge, 2017).

Butan-2-on i heptan-2-on prvenstveno nastaju oksidacijom lipida (npr. heptan-2-on je proizvod oksidacije linolne kiseline) i β -oksidacijom lipida, mada je butan-2-on povezan i sa fermentacijom ugljenih hidrata (Olivares i sar., 2011; Purriños i sar., 2011; Nachtigall i sar., 2019; Schilling i sar., 2019). U odnosu na formulaciju frankfurtera, utvrđeno je povećanje količine butan-2-ona od CON do G100, a mogući razlog je veći sadržaj ukupne masti i nezasićenih masnih kiselina u kozjem mesu u odnosu na goveđe meso (tabela 5.3 i tabele 5.7–5.9), s obzirom da oksidacija lipida i shodno tome nastajanje jedinjenja iz lipida zavise pre svega od količine i sastava ukupnih masti i nezasićenih masnih kiselina, pored ostalih faktora kao što su rasa, uzgoj, vrsta mišića i ishrana (Olivares i sar., 2011; Domínguez i sar., 2019). Međutim, sadržaj heptan-2-ona smanjio se od CON do G100, s izuzetkom 42. dana gde su se vrednosti menjale bez značajne razlike ($P > 0,05$) između šarži. S obzirom da je proizvod oksidacije linolne kiseline (Schilling i sar., 2019), opadajući trend povezan je sa nižim sadržajem ove kiseline u frankfurterima sa udelom kozjeg mesa (GF) u poređenju sa goveđim frankfurterom (CON), kao što je prikazano u tabelama 5.7–5.9. Sadržaj ovih ketona u svim frankfurterima povećao se tokom postupka čuvanja, tj. tokom vremena skladištenja, i dok su rezultati za heptan-2-on saglasni rezultatima Purriños i sar. (2011), za butan-2-on nisu saglasni sa nalazima Olivares i sar. (2011) i Purriños i sar. (2011). Ovaj trend za butan-2-on može se objasniti rastom mikroorganizama (npr. mlečnokiselinskih bakterija) i procesima β -oksidacije ili fermentacije ugljenih hidrata, na kraju skladištenja frankfurtera, kao i oksidacijom lipida koja je prouzrokovana vremenom čuvanja (Lorenzo i sar., 2014; Feng i sar., 2017; Schilling i sar., 2019; Yang i sar., 2019).

Butan-2,3-dion nastaje auto- i termičkom oksidacijom lipida (npr. oleinske i drugih mononezasićenih masnih kiselina), razgradnjom ili bakterijskom fermentacijom ugljenih hidrata i kao intermedijerni proizvod Maillard-ove reakcije, koji je dobijen iz pH zavisne enolizacije proizvoda Amadori premeštanja ili putem retro-aldolnih reakcija redukujućih šećera (npr. glukoze) (Madruga i Mottram, 1998; Mottram, 1998; Elmore i sar., 2005; Resconi i sar., 2012; Hunt i sar., 2016; Piao i sar., 2019). Takođe, butan-2,3-dion je važan intermedijer u stvaranju pirazina kroz Strecker-ove degradacione reakcije i tiazola u reakcijama sa amonijakom i vodonik-sulfidom dobijenih Strecker-ovom degradacijom, kao i merkaptoketona u reakciji sa vodonik-sulfidom (Madruga i Mottram, 1998; Madruga i sar., 2009; Gardner i Legako, 2018). U odnosu na formulaciju frankfurtera, sadržaj butan-2,3-diona rastao je od CON do G100, s izuzetkom 21. dana gde je G50 imao najveću vrednost, a uočeni trend povezan je sa porastom sadržaja oleinske kiseline i ukupne masti, ali i izraženijim stvaranjem dikarbonila usled više pH vrednosti (Madruga i Mottram, 1998; Olivares i sar., 2011; Piao i sar., 2019), u frankfurterima sa udelom kozjeg mesa u poređenju sa CON frankfurterom, kao što je prikazano u tabeli 5.3 i tabelama 5.7–5.9. Količina butan-2,3-diona u svim frankfurterima povećala se čuvanjem tj. kako se bližio kraj skladištenja, što se ne slaže sa nalazima Olivares i sar. (2011) i Purriños i sar. (2011). Ovaj trend može se objasniti doprinosima od bakterijskog razlaganja ugljenih hidrata, oksidacije lipida (naročito oleinske kiseline), oksidacije 3-hidroksibutan-2-ona poznatog kao indikatora starenja mesa ili procesima u kojima nastaju dikarbonilna jedinjenja kao ugljenohidratni intermedijeri Maillard-ove reakcije (Park i sar., 2009; Resconi i sar., 2012; Hunt i sar., 2016; Piao i sar., 2019).

- Fenolna jedinjenja

Fenoli i fenolna jedinjenja su prirodne antimikrobne i antioksidativne bioaktivne fitohemikalije, široko rasprostranjeni u biljnim tkivima (npr. lekovitom bilju, začinima, povrću, voću, žitnim proizvodima itd.), takođe nastaju pirolizom lignina ili metabolizmom mikroorganizama, a isto tako su i prekursori raznih aroma (Belitz i sar., 2009; Khan i sar., 2015; Martillanes i sar., 2017; Pogorzelska-Nowicka i sar., 2018).

Guajakol (2-metoksifenol) nastaje kao proizvod termičke razgradnje lignina, putem oksidacije glavnog proizvoda pirolize 4-vinilguajakola (Dorfner i sar., 2003; Belitz i sar., 2009).

Takođe, sekundarni je proizvod metilacije katehola u biljkama, kao i termičke razgradnje ferulinske kiseline koja je njegov važan prekursor (Belitz i sar., 2009; Yanfang i Wenyi, 2009; Akhtar i Pichersky, 2013). Nastaje i u karamelu sagorelog šećera ili metabolizmom aminokiseline tirozina u mikroorganizmima (Resconi i sar., 2013; Paravisini i sar., 2015). Prema tome, njegovo prisustvo u mesu i proizvodima od mesa je poreklom od ishrane životinja ili postupanja posle klanja (dimljenja, termičke obrade začina i sastojaka) (Belitz i sar., 2009; Velasco i Williams, 2011; Akhtar i Pichersky, 2013; Resconi i sar., 2013; Martillanes i sar., 2017; Castrica i sar., 2019; Silvis i sar., 2019). Zanimljivo je spomenuti da su Silvis i sar. (2019) utvrdili guajakol u začinu čili paprika u prahu, a Ozkara i sar. (2019) u termički obrađenim fermentisanim ćurećim i pilećim kobasicama. U odnosu na formulaciju frankfurtera, sadržaj guajakola najniži je u CON, jer je goveđe meso bogatije sadržajem cisteina i prolina u poređenju sa kozjim mesom, tako da guajakol reaguje sa sulfhidrilnim grupama (tiol, cistein) ili obrazuje komplekse sa peptidima i proteinima uz učešće prolina, ali i zbog odigravanja drugih reakcija, na primer, metilacije ili reakcije sa vodonik-sulfidom kada nastaju tiofenoli (Ellis, 2001; Belitz i sar., 2009; Akhtar i Pichersky, 2013; Khan i sar., 2015; Mazhangara i sar., 2019). Nakon toga, povećao se kod ogledne grupe G25, a zatim postepeno smanjivao do G100, što je verovatno uzrokovano različitim unosom fenolnih jedinjenja iz ishrane životinja, nastajanjem drugih jedinjenja (npr. 1,2-dimetoksibenzena, tiofenola) i promenjenom pH vrednosti šarži (tabela 5.3), kao i gubitkom u reakcijama terminacije oksidacionih procesa, zbog većeg stepena nezasićenosti u kozjem mesu u poređenju sa goveđim mesom (Belitz i sar., 2009; Pereira i sar., 2009; Velasco i Williams, 2011; Akhtar i Pichersky, 2013; Resconi i sar., 2013; Khan i sar., 2015; Castrica i sar., 2019). U svim frankfurterima tokom vremena skladištenja, sadržaj guajakola se povećao do 21. dana, a zatim se smanjio do 42. dana, ali nisu utvrđene značajne razlike ($P > 0,05$), osim za G75, gde je postepeno opadao ($P < 0,05$) od 0. do 42. dana. Neznatne varijacije između rezultata mogu biti objašnjene pH zavisnim reakcijama antioksidativnog efekta fenola, koje su, kako navode Belitz i sar. (2009), uslovljene pH vrednostima sredine (matriksa) i sa rastom pH dolazi do fenolacije, a promene sadržaja nastupaju i kao posledica učešća guajakola u drugim reakcijama, na primer, u nastajanju 1,2-dimetoksibenzena ili tiofenola (Akhtar i Pichersky, 2013; Khan i sar., 2015).

Veratrol (1,2-dimetoksibenzen) je biljni metabolit, dobijen iz fenilalanina putem benzoeve kiseline, katehola i metilacijom guajakola (2-metoksifenol) (Goodwin, 2004; Akhtar i Pichersky, 2013). U odnosu na formulaciju frankfurtera, sadržaj veratrola povećao se od CON do G50, a zatim se smanjio do G100. Trendu rasta doprinosi povećanje udela kozjeg mesa zbog ishrane ovih životinja, bogatije cvećem i biljkama (Akhtar i Pichersky, 2013; Resconi i sar., 2013; Kosowska i sar., 2017). Suprotno tome, trend opadanja je uslovljen većim stepenom nezasićenosti lipida u kozjem mesu u poređenju sa goveđim mesom što dovodi do nastajanja većih količina proizvoda oksidacije lipida (npr. aldehida, ketona) sa kojima veratrol reaguje, jer je relativno bogat elektronima i prema tome lako podleže elektrofilnoj supstituciji (Madruga i sar., 2013; Resconi i sar., 2013; Suvitha i sar., 2015). U odnosu na vreme skladištenja, bile su prisutne male varijacije između rezultata sadržaja veratrola u svim frankfurterima, ali nije utvrđena značajna razlika ($P > 0,05$), osim kod G25 i G75 gde je primećen trend pada ($P < 0,05$) od 0. do 42. dana, a tendencija ovih rezultata može se objasniti stepenom doprinosa reakcija nastajanja veratrola (npr. iz guajakola) i njegovim daljim učešćem kao intermedijera u reakcijama alkilacije, kondenzacije, esterifikacije i hidrolize, uzimajući u obzir uticaje vlage, pH vrednosti, ali i prirodu i koncentraciju prisutnih isparljivih jedinjenja i drugih sastojaka tokom skladištenja (Resconi i sar., 2013; Suvitha i sar., 2015; Kosowska i sar., 2017).

- Alkoholi

Alkoholi se dobijaju uglavnom kao sekundarni oksidacioni proizvodi u lipidnoj oksidaciji mono- i polinezasićenih masnih kiselina (linearni alkoholi), ali i termičkom oksidacijom masnih kiselina, zatim Strecker-ovom degradacijom, procesima lipolize i proteolize ili metabolizmom

mikroorganizama (sekundarni alkoholi i alkoholi razgranatog lanca) (Madruga i sar., 2010; Ba i sar., 2013; Resconi i sar., 2013; Martínez-Onandi i sar., 2016; Xia i Budge, 2017; Ozkara i sar., 2019; Schilling i sar., 2019). Tokom oksidacije lipida, isparljiva jedinjenja izvedena iz lipida, poput alkohola, nastaju u fazi propagacije apstrakcijom vodonika alkoksi radikalima, kombinacijom hidroksi radikala sa lipidnim radikalima, i na primer, u fazi terminacije rekombinacijom sekundarnih alkoksi radikala sa primarnim alkoksi radikalima (Xia i Budge, 2017; Diez-Simon i sar., 2019). Alkoholi mogu da nastanu i redukcijom aldehida ili ketona (Liu i sar., 2014; Ozkara i sar., 2019).

Uopšteno govoreći, pentan-2-ol, 3-metilbutan-1-ol, butan-2,3-diol i 1-okten-3-ol mogu nastati usled katabolizma glutaminske kiseline putem α -keto kiselina, na primer, pentan-2-ol kao sekundarni alkohol potiče iz sekundarnog metabolizma mikroorganizama, posebno katabolizma aminokiselina (Park i sar., 2009; Narváez-Rivas i sar., 2016), ali i oksidacijom lipida (Purriños i sar., 2011). Butan-2,3-diol i 3-metilbutan-1-ol dobijeni su iz piruvata i aminokiseline leucina ili izoleucina putem Strecker-ove degradacije (Park i sar., 2009). Butan-2,3-diol nastaje redukcijom metil-ketona dobijenih tokom α -oksidacije masnih kiselina, kao i preko oksaloacetata, koji nastaju katabolizmom asparaginske kiseline, a 3-metilbutan-1-ol kao metil-alkohol dobija se iz aminokiselina razgranatog lanca preko redukcije nastalih Strecker-ovih aldehida, kao što je 3-metilbutanal (Park i sar., 2009; Liu i sar., 2014; Silva i sar., 2017; Ozkara i sar., 2019). 1-okten-3-ol nastaje autooksidacijom linolne kiseline (preko mononezasićenog hidroperoksida u položaju alil grupe) ili drugih polinezasićenih masnih kiselina, kao što je arahidonska kiselina (kroz 12-hidroperoksidne proizvode), kao i β -oksidacijom lipida (Olivares i sar., 2011; Resconi i sar., 2013; Diez-Simon i sar., 2019; Schilling i sar., 2019). U odnosu na formulaciju frankfurtera, sadržaj pentan-2-ola, butan-2,3-diola i 1-okten-3-ola povećao se od CON do G100, s izuzetkom pentan-2-ola 42. dana, gde je utvrđeno sniženje koje se može objasniti reakcijama smanjenja redukcije ketona ili povećanja oksidacije i esterifikacije alkohola u GF frankfurterima u poređenju sa CON, kao i mogućom inhibicijom rasta mikroorganizama, pri čemu se smanjuje stvaranje sekundarnog alkohola (Martínez-Onandi i sar., 2016; Diez-Simon i sar., 2019; Ozkara i sar., 2019). Trendovi povećanja sadržaja navedenih alkohola mogu se objasniti većom količinom ukupne masti i nezasićenih masnih kiselina u GF frankfurterima u odnosu na CON (tabela 5.3 i tabele 5.7–5.9), budući da se autooksidacija lipida povećava sa porastom stepena nezasićenosti i sadržaja ukupne masti (Olivares i sar., 2011; Diez-Simon i sar., 2019), kao i povećanjem sadržaja ketona sa porastom stepena nezasićenosti (Resconi i sar., 2013), koji svojom redukcijom delimično doprinose većem sadržaju alkohola (Liu i sar., 2014; Ozkara i sar., 2019), a u slučaju butan-2,3-diola redukcijom metil-ketona koji su dobijeni oksidacijom masnih kiselina (Ozkara i sar., 2019). Pored toga, rastući trendovi ovih alkohola od CON do G100 mogu se objasniti i nižim sadržajem sumpornih aminokiselina u kozjem mesu u odnosu na goveđe meso (tabele 5.17–5.18) (Mazhangara i sar., 2019), jer time nastaje manja količina vodonik-sulfida (Strecker-ovo proizvod), koji može da reaguje sa alkoholima i nagradi, na primer, tiole (Ba i sar., 2013). Takođe, veći sadržaj aminokiselina razgranatog lanca (npr. leucin i izoleucin) u GF frankfurterima u poređenju sa CON (tabela 5.17) doprinosi povećanju količine butan-2,3-diola putem Strecker-ove degradacije (Park i sar., 2009). Sadržaj 3-metilbutan-1-ola je opadao od CON do G100, s izuzetkom 21. dana, gde je utvrđeno povećanje, verovatno zbog drugih povezanih reakcija, kao što su, veća redukcija 3-metilbutanala (Strecker-ov aldehyd) ili smanjena oksidacija i esterifikacija ovog alkohola (Diez-Simon i sar., 2019; Ozkara i sar., 2019). Opadajući trendovi sadržaja 3-metilbutan-1-ola mogu se objasniti nižom količinom glutaminske kiseline i ugljenih hidrata u mesu starih i izlučenih koza u poređenju sa goveđim mesom (Fazlani i sar., 2019; Mazhangara i sar., 2019), budući da ovaj alkohol potiče od razgradnje glutaminske kiseline preko α -keto kiselina, kao i iz piruvata, koji je glavni proizvod glikolize (Park i sar., 2009). Razlike u sadržaju ugljenih hidrata uzrokovane su ishranom, uticajem vrsta ili fiziološkom starosti životinja (Koutsidis i sar., 2008; Meinert i sar., 2009; Madruga i sar., 2010; Khan i sar., 2015).

Tabela 5.12. Promene sadržaja alkohola i karboksilnih kiselina ($\mu\text{g}/\text{kg}$) u frankfurterima u odnosu na formulaciju (F), vreme skladištenja (S) i njihovu interakciju (F×S)

Parametar	Vreme skladištenja	Formulacija				Nivo značajnosti			
		CON	G25	G50	G75	G100	F	S	F×S
pentan-2-ol	Dan 0	0,14±0,02 ^B	0,14±0,02 ^B	0,15±0,02 ^B	0,16±0,02 ^C	0,20±0,02 ^C			
	Dan 21	0,20±0,02 ^{cB}	0,24±0,03 ^{CB}	0,43±0,04 ^{bcB}	0,76±0,07 ^{abB}	0,86±0,08 ^{abB}	***	***	***
	Dan 42	3,85±0,24 ^{aA}	3,60±0,25 ^{aA}	3,05±0,23 ^{bA}	2,95±0,23 ^{bA}	2,77±0,23 ^{bA}			
3-metilbutan-1-ol	Dan 0	1,48±0,13 ^{aB}	nd	nd	0,07±0,01 ^{bC}	0,09±0,01 ^{bC}			
	Dan 21	0,22±0,03 ^{bcC}	nd	0,11±0,01 ^{bB}	0,89±0,09 ^{aB}	1,05±0,11 ^{aB}	***	***	***
	Dan 42	4,31±0,28 ^{aA}	1,81±0,15 ^{cA}	1,76±0,15 ^{cA}	1,53±0,14 ^{cA}	2,15±0,16 ^{bA}			
butan-2,3-diol	Dan 0	0,02±0,00 ^B	0,09±0,01 ^C	0,11±0,01 ^C	0,12±0,01 ^B	0,16±0,02 ^C			
	Dan 21	0,04±0,01 ^{dB}	0,24±0,03 ^{CB}	0,34±0,04 ^{cB}	0,70±0,07 ^{bA}	0,93±0,09 ^{aB}	***	***	***
	Dan 42	0,62±0,06 ^{bA}	0,65±0,07 ^{bA}	0,60±0,06 ^{bA}	0,71±0,07 ^{bA}	1,12±0,11 ^{aA}			
1-okten-3-ol	Dan 0	0,71±0,07 ^{cB}	0,97±0,10 ^{cB}	1,48±0,14 ^b	1,89±0,14 ^a	1,99±0,15 ^{aB}			
	Dan 21	0,81±0,08 ^{cB}	1,33±0,13 ^{bA}	1,49±0,14 ^b	1,95±0,15 ^a	2,05±0,15 ^{aB}	***	***	***
	Dan 42	1,22±0,12 ^{cA}	1,66±0,16 ^{bA}	1,69±0,16 ^b	1,87±0,14 ^b	2,57±0,18 ^{aA}			
propanska kiselina	Dan 0	0,58±0,06 ^{aB}	0,23±0,03 ^{bbB}	0,26±0,03 ^{bbB}	0,25±0,03 ^{bbB}	0,16±0,02 ^{bbB}			
	Dan 21	0,80±0,08 ^{aB}	0,40±0,04 ^{bbB}	0,27±0,03 ^{bbB}	0,29±0,03 ^{bbB}	0,21±0,02 ^{bbB}	***	***	***
	Dan 42	2,28±0,20 ^{abA}	2,36±0,20 ^{aA}	2,25±0,19 ^{abA}	2,08±0,18 ^{abA}	0,75±0,07 ^{cA}			
heksanska kiselina	Dan 0	0,55±0,05 ^{aA}	0,38±0,04 ^{bA}	0,16±0,02 ^d	0,18±0,02 ^{dB}	0,28±0,03 ^{CB}			
	Dan 21	0,22±0,03 ^{bcB}	0,29±0,03 ^{bbB}	0,22±0,03 ^{bc}	0,20±0,02 ^{cB}	0,37±0,04 ^{aA}	***	***	***
	Dan 42	0,13±0,02 ^{dC}	0,32±0,03 ^{bAB}	0,16±0,02 ^{cd}	0,42±0,04 ^{aA}	0,22±0,03 ^{CB}			
heptanska kiselina	Dan 0	0,24±0,03 ^{aC}	0,07±0,01 ^{bC}	0,07±0,01 ^{bC}	0,11±0,01 ^{bbB}	0,21±0,02 ^a			
	Dan 21	0,49±0,05 ^{aA}	0,20±0,02 ^{cB}	0,16±0,02 ^{cB}	0,27±0,03 ^{bA}	0,23±0,03 ^{bc}	***	***	***
	Dan 42	0,40±0,04 ^{aB}	0,40±0,04 ^{aA}	0,39±0,04 ^{aA}	0,33±0,03 ^{aA}	0,23±0,03 ^b			
nonanska kiselina	Dan 0	0,51±0,05 ^{aA}	0,51±0,05 ^a	0,47±0,04 ^{aB}	0,47±0,04 ^{aB}	0,19±0,02 ^{bC}			
	Dan 21	0,48±0,05 ^{abAB}	0,60±0,05 ^a	0,60±0,05 ^{aA}	0,42±0,04 ^{bbB}	0,36±0,04 ^{bbB}	***	***	***
	Dan 42	0,37±0,04 ^{dB}	0,57±0,05 ^c	0,72±0,06 ^{bA}	0,77±0,07 ^{bA}	0,90±0,07 ^{aA}			
3-metilbutanska kiselina	Dan 0	0,10±0,01 ^{bA}	0,12±0,02 ^b	0,22±0,03 ^{aB}	0,10±0,01 ^{bbB}	0,07±0,01 ^{bbB}			
	Dan 21	0,05±0,01 ^{cB}	0,10±0,01 ^c	0,32±0,04 ^{aA}	0,23±0,03 ^{bA}	0,10±0,01 ^{cB}	***	***	***
	Dan 42	0,11±0,01 ^{cA}	0,07±0,01 ^{cd}	0,05±0,01 ^{dC}	0,27±0,03 ^{aA}	0,21±0,02 ^{bA}			

a, b, c, d Vrednosti u istom redu s različitim slovima u superskriptu za isti parametar se statistički značajno razlikuju ($P<0,05$);

A, B, C Vrednosti u istoj koloni s različitim slovima u superskriptu za isti parametar se statistički značajno razlikuju ($P<0,05$); *** $P<0,001$; nd - nije detektovano

S druge strane, kako se sadržaj leucina povećavao sa većim udelom kozjeg mesa u šaržama frankfurtera (tabela 5.17), njegov doprinos nastajanju 3-metilbutan-1-ola je bio zanemarljiv. Tokom vremena skladištenja povećani su sadržaji ovih alkohola u svim frankfurterima, s izuzetkom 3-metilbutan-1-ola 21. dana u CON, gde je utvrđeno smanjenje, a nakon toga porast do 42. dana i trendovi dobijenih rezultata su u saglasnosti sa nalazima drugih istraživača (Park i sar., 2009; Olivares i sar., 2011; Purriños i sar., 2011; Watanabe i sar., 2015; Schilling i sar., 2019). Na vremenski zavisne promene sadržaja alkohola utiču razvoj procesa lipolize, proteolize i autooksidacije lipida, Strecker-ova degradacija i pH vrednost, koji su povezani sa povećanjem sadržaja slobodnih masnih kiselina i aminokiselina i njihovom konverzijom u alkohole.

- Karboksilne kiseline

Karboksilne kiseline nastaju putem oksidacije lipida, Strecker-ovom degradacijom aminokiselina u Maillard-ovoj reakciji, metabolizmom ugljenih hidrata i aminokiselina u mikroorganizmima rumena (Jurado i sar., 2009; Olivares i sar., 2011; Purriños i sar., 2011; Resconi i sar., 2013; Liu i sar., 2014; Martínez-Onandi i sar., 2016) ili oksidacijom aldehida (Ozkara i sar., 2019).

Propanska, heksanska, heptanska i nonanska kiselina, kao alifatične kiseline ravnog lanca, dobijaju se autooksidacijom lipida (Olivares i sar., 2011; Martínez-Onandi i sar., 2016; Schilling i sar., 2019), takođe propanska kiselina nastaje i mikrobnom fermentacijom ugljenih hidrata u rumenu (Oliveira i sar., 2011; Kawas i sar., 2012). 3-metilbutanska kiselina, kao kiselina razgranatog lanca, nastaje iz leucina u prisustvu glukoze ili α -dikarbonila putem Strecker-ove degradacije u Maillard-ovoj reakciji, a isto tako i mikrobnom aktivnošću u rumenu (Purriños i sar., 2011; Resconi i sar., 2013). U odnosu na formulaciju frankfurtera, sadržaj propanske kiseline opao je od CON do G100, kao i sadržaj heptanske kiseline i nonanske kiseline 0. i 21. dana. Suprotno tome, sadržaj nonanske kiseline povećao se 42. dana od CON grupe do ogleadne grupe G100. Trend opadanja sadržaja propanske kiseline može se delimično objasniti većom količinom ugljenih hidrata u goveđem mesu nego u mesu starih i izlučenih koza, što zavisi od ishrane, uticaja vrste ili fiziološke starosti životinja (Koutsidis i sar., 2008; Meinert i sar., 2009; Madruga i sar., 2010; Khan i sar., 2015), jer nastaje fermentacijom ugljenih hidrata (Schilling i sar., 2019). S druge strane, količina heksanske i 3-metilbutanske kiseline povećala se od CON grupe do G100 eksperimentalne grupe, s izuzetkom 0. dana, gde je uočeno smanjenje sadržaja heksanske kiseline, a za 3-metilbutansku kiselinu povećanje sadržaja do G50 i nakon toga opadanje. Kako je sadržaj nezasićenih masnih kiselina i aminokiseline leucina veći u kozjem mesu u odnosu na goveđe meso (Madruga i sar., 2013; Moawad i sar., 2013), moglo bi se očekivati da sa povećanjem udela kozjeg mesa u šaržama frankfurtera rastu količine ispitanih karboksilnih kiselina, kao jedinjenja koja potiču iz lipida i Maillard-ove reakcije. Ipak, rezultati pokazuju varijabilnost (promenljivost), što se uglavnom može objasniti složenošću dobijanja ovih jedinjenja putem hemijskih (npr. proces autooksidacije lipida, Strecker-ove reakcije, oksidacija aldehida) i enzimskih reakcija ili njihovim daljim učešćem u drugim hemijskim reakcijama (npr. esterifikaciji) (Jurado i sar., 2009; Olivares i sar., 2011; Resconi i sar., 2013; Liu i sar., 2014; Martínez-Onandi i sar., 2016; Resconi i sar., 2018; Diez-Simon i sar., 2019; Schilling i sar., 2019). Tokom vremena skladištenja povećao se sadržaj propanske, heptanske i nonanske kiseline u svim frankfurterima, osim nonanske kiseline u CON, gde je utvrđeno smanjenje, verovatno zbog favorizovanja konverzije kiseline u druga isparljiva jedinjenja u odnosu na njeno nastajanje usled specifičnosti intramuskularne goveđe masti (Resconi i sar., 2018), kao i nižeg pH koji utiče na adsorpcionu sposobnost miofibrilarnih proteina i dužeg hidrofobnog dela lanca kiseline koji povećava afinitet za proteinima (Yang i sar., 2017). Trendovi rasta sadržaja ovih karboksilnih kiselina mogu se objasniti razvojem procesa lipolize i autooksidacije lipida tokom vremena, koje prouzrokuju povećanje sadržaja slobodnih masnih kiselina, kao i njihovom daljom oksidacijom (Olivares i sar., 2011; Purriños i sar., 2011). Prema tome, trend utvrđenih rezultata za heptansku kiselinu je u saglasnosti sa nalazima Purriños i sar.

(2011), dok je za nonansku kiselinu delimično u skladu sa nalazima Watanabe i sar. (2015). S druge strane, jasni obrasci promena sadržaja heksanske i 3-metilbutanske kiseline u svim šaržama frankfurtera od 0. do 42. dana nisu utvrđeni, iako napredovanje procesa lipolize i autooksidacije lipida, kao i procesa proteolize i glikolize tokom vremena (Purriños i sar., 2011; Watanabe i sar., 2015; Schilling i sar., 2019) doprinosi stvaranju ovih karboksilnih kiselina, kroz povećani sadržaj slobodnih masnih kiselina, slobodnih aminokiselina i redukujućih šećera (Schilling i sar., 2019). To se može objasniti kako složenošću nastajanja karboksilnih kiselina, koja uključuje oksidaciju nezasićenih masnih kiselina za heksansku kiselinu ili Strecker-ove reakcije za 3-metilbutansku kiselinu, ali i oksidaciju odgovarajućih aldehida (Resconi i sar., 2013; Liu i sar., 2014; Resconi i sar., 2018; Schilling i sar., 2019), tako i daljim učešćem karboksilnih kiselina u reakcijama esterifikacije ili redukcije u aldehide, koje bi se mogle dogoditi (Jurado i sar., 2009; Diez-Simon i sar., 2019). Prema tome, utvrđeni rezultati za heksansku kiselinu nisu u skladu sa nalazima Olivares i sar. (2011), dok se za 3-metilbutansku kiselinu delimično slažu sa nalazima Purriños i sar. (2011) i Schilling i sar. (2019).

- Estri

Estri nastaju enzimskom ili hemijskom esterifikacijom alkohola, karboksilnih kiselina i njihovih derivata, koji su dobijeni oksidacijom lipida ili Maillard-ovom reakcijom (Strecker-ovom degradacijom) (García-González i sar., 2013; Liu i sar., 2014; Martínez-Onandi i sar., 2016; Narváez-Rivas i sar., 2016; Resconi i sar., 2018; Chigwedere i sar., 2019; Diez-Simon i sar., 2019). Mikrobnost aktivnost razgradnje nezasićenih masnih kiselina putem β -oksidacije takođe doprinosi stvaranju estara (Martínez-Onandi i sar., 2016).

Karboksilne kiseline i alkoholi su glavni prekursori estara (Liu i sar., 2014), pa se etil butanoat, etil 2-metilbutanoat, etil 3-oksoheksanoat i etil oktanoat dobijaju u reakciji esterifikacije etanola sa butanskom kiselinom, 2-metilbutanskom kiselinom, 3-oksoheksanskom kiselinom i oktanskom kiselinom, respektivno, dok se 2-metilpropil acetat, 2-metilbutil acetat, 3-metilbutil acetat i heksil acetat dobijaju u reakciji esterifikacije sirćetne kiseline sa 2-metilpropan-1-olom, 2-metilbutan-1-olom, 3-metilbutan-1-olom i heksan-1-olom, respektivno. U odnosu na formulaciju frankfurtera, sadržaj etil butanoata i 2-metilpropil acetata smanjio se od CON do G100, isto kao i 3-metilbutil acetata 21. dana, dok se količina etil oktanoata, etil 2-metilbutanoata (izuzev 21. dana) i heksil acetata (izuzev 0. dana) povećala od CON do G100, slično kao 3-metilbutil acetata 42. dana. S druge strane, sadržaj etil 3-oksoheksanoata opadao je od CON do G50 21. dana i do G75 42. dana, posle čega se povećao do G100, suprotno količini 2-metilbutil acetata koja je rasla od CON do G50, nakon čega se smanjila do G100. Takođe, utvrđeno je da sadržaji etil 3-oksoheksanoata i 3-metilbutil acetata nisu pokazali značajne promene ($P > 0,05$) 0. dana. Trendovi opadanja sadržaja etil butanoata i 2-metilpropil acetata u šaržama frankfurtera mogu se delimično objasniti nižom količinom ugljenih hidrata u kozjem mesu (stare i izlučene kože) u poređenju sa goveđim mesom (Koutsidis i sar., 2008; Madruga i sar., 2010; Fazlani i sar., 2019) koja zavisi od ishrane, uticaja vrste ili fiziološke starosti životinja (Meinert i sar., 2009; Khan i sar., 2015). Ovim je u GF frankfurterima uslovljeno nastajanje manjih količina butanske kiseline kao proizvoda dobijenog delom iz ugljenih hidrata (a delom iz lipida), a koja je neposredno uključena u esterifikaciju (Olivares i sar., 2011; Gardner i Legako, 2018), ali i 2-metilpropanala koji nastaje u Maillard-ovoj reakciji (Gardner i Legako, 2018) i koji je prekursor odgovarajućeg alkohola uključenog u stvaranje estara. Trendovi rasta sadržaja etil 2-metilbutanoata, etil oktanoata i heksil acetata u frankfurterima mogu se objasniti većim količinama nezasićenih masnih kiselina i aminokiseline izoleucina (tabele 5.7–5.9 i tabela 5.17) u kozjem mesu u poređenju sa goveđim mesom (Madruga i sar., 2013; Moawad i sar., 2013). Izoleucin je putem Strecker-ove degradacije prekursor u nastajanju 2-metilbutanske kiseline, koja doprinosi stvaranju etil-estra (Liu i sar., 2014; Kosowska i sar., 2017).

Tabela 5.13. Promene sadržaja estara i alkana ($\mu\text{g}/\text{kg}$) u frankfurterima u odnosu na formulaciju (F), vreme skladištenja (S) i njihovu interakciju (F×S)

Parametar	Vreme skladištenja	Formulacija					Nivo značajnosti		
		CON	G25	G50	G75	G100	F	S	F×S
etil butanoat	Dan 0	0,79±0,08 ^{abC}	0,42±0,05 ^{abC}	0,13±0,02 ^{BB}	0,11±0,01 ^{BB}	0,12±0,02 ^b			
	Dan 21	3,12±0,27 ^{aB}	3,03±0,27 ^{aB}	2,09±0,20 ^{BA}	0,49±0,05 ^{CB}	0,26±0,03 ^c	***	***	***
	Dan 42	4,74±0,34 ^{aA}	4,18±0,34 ^{BA}	2,50±0,23 ^{CA}	1,04±0,11 ^{dA}	0,43±0,05 ^e			
etil 2-metilbutanoat	Dan 0	0,03±0,00 ^{bC}	0,04±0,01 ^{bC}	0,05±0,01 ^{BB}	0,05±0,01 ^{BB}	0,41±0,04 ^{aA}			
	Dan 21	0,29±0,03 ^{aA}	0,28±0,03 ^{aA}	0,20±0,02 ^{BA}	0,20±0,02 ^{BA}	0,16±0,02 ^{bC}	***	***	***
	Dan 42	0,14±0,02 ^{BB}	0,15±0,02 ^{BB}	0,16±0,02 ^{BA}	0,19±0,02 ^{BA}	0,34±0,04 ^{AB}			
etil 3-oksoheksanoat	Dan 0	0,15±0,02 ^C	0,47±0,07 ^C	0,34±0,05 ^C	0,46±0,06 ^C	0,39±0,06 ^C			
	Dan 21	10,69±1,16 ^{BB}	6,28±0,74 ^{CB}	4,54±0,56 ^{CB}	7,46±0,85 ^{CB}	16,23±1,57 ^{aB}	***	***	***
	Dan 42	23,90±1,92 ^{BA}	17,89±1,69 ^{CA}	14,25±1,48 ^{dA}	13,49±1,42 ^{dA}	32,84±2,34 ^{aA}			
etil oktanoat	Dan 0	0,22±0,03 ^b	0,28±0,03 ^{ab}	0,23±0,03 ^b	0,21±0,03 ^b	0,33±0,04 ^a			
	Dan 21	0,25±0,03 ^b	0,28±0,03 ^{ab}	0,25±0,03 ^b	0,24±0,03 ^b	0,35±0,04 ^a	***	NS	NS
	Dan 42	0,27±0,03 ^b	0,28±0,03 ^b	0,26±0,03 ^b	0,29±0,03 ^b	0,40±0,04 ^a			
2-metilpropil acetat	Dan 0	0,14±0,02 ^{AB}	0,10±0,01 ^{abB}	0,07±0,01 ^{bcB}	0,09±0,01 ^{bcB}	0,06±0,01 ^{cB}			
	Dan 21	0,19±0,02 ^{aA}	0,13±0,02 ^{BB}	0,11±0,01 ^{BB}	0,10±0,01 ^{bcB}	0,06±0,01 ^{cB}	***	***	***
	Dan 42	0,20±0,02 ^{aA}	0,20±0,02 ^{aA}	0,16±0,02 ^{abA}	0,15±0,02 ^{BA}	0,17±0,02 ^{abA}			
2-metilbutil acetat	Dan 0	0,33±0,04 ^{cB}	0,56±0,06 ^{BB}	1,23±0,11 ^{aA}	0,25±0,03 ^{CB}	0,20±0,03 ^{CB}			
	Dan 21	0,54±0,06 ^{cA}	0,78±0,08 ^{BA}	0,99±0,09 ^{AB}	0,64±0,07 ^{bcA}	0,57±0,07 ^{cA}	***	***	***
	Dan 42	0,50±0,06 ^{cAB}	0,85±0,09 ^{BA}	1,07±0,10 ^{aAB}	0,58±0,07 ^{cA}	0,51±0,06 ^{cA}			
3-metilbutil acetat	Dan 0	0,08±0,01 ^B	0,07±0,01 ^B	0,05±0,01 ^C	0,06±0,01 ^B	0,04±0,01 ^C			
	Dan 21	0,22±0,03 ^{aA}	0,18±0,02 ^{abA}	0,16±0,02 ^{bcB}	0,18±0,02 ^{abA}	0,12±0,02 ^{cB}	***	***	***
	Dan 42	0,19±0,02 ^{BA}	0,23±0,03 ^{abA}	0,26±0,03 ^{aA}	0,24±0,03 ^{abA}	0,25±0,03 ^{aA}			
heksil acetat	Dan 0	0,88±0,09 ^a	0,87±0,09 ^{AB}	0,80±0,09 ^{aC}	0,21±0,03 ^{BC}	0,22±0,03 ^{BC}			
	Dan 21	0,83±0,09 ^c	1,02±0,10 ^{cB}	1,51±0,14 ^{BB}	1,75±0,16 ^{abB}	1,92±0,16 ^{abB}	***	***	***
	Dan 42	0,76±0,09 ^c	1,48±0,15 ^{dA}	1,86±0,17 ^{cA}	2,44±0,20 ^{BA}	2,78±0,22 ^{aA}			
heptan	Dan 0	0,43±0,05	0,51±0,06 ^{AB}	0,44±0,05 ^B	0,41±0,05 ^C	0,43±0,05 ^C			
	Dan 21	0,31±0,04 ^c	0,49±0,06 ^{cB}	0,56±0,06 ^{cB}	0,85±0,08 ^{BB}	1,30±0,12 ^{AB}	***	***	***
	Dan 42	0,35±0,04 ^e	0,74±0,07 ^{dA}	1,69±0,16 ^{cA}	1,98±0,17 ^{BA}	2,40±0,20 ^{aA}			

a, b, c, d, e Vrednosti u istom redu s različitim slovima u superskriptu za isti parametar se statistički značajno razlikuju ($P<0,05$);

A, B, C Vrednosti u istoj koloni s različitim slovima u superskriptu za isti parametar se statistički značajno razlikuju ($P<0,05$); *** $P<0,001$; NS - nije značajno

Drugi prekursori posmatranih estara, kao što su oktanska kiselina i heksan-1-ol, dobijaju se oksidacijom lipida (Pugliese i sar., 2010; Resconi i sar., 2018) i to u većem obimu ukoliko je stepen nezasićenosti lipida veći (Resconi i sar., 2013; Diez-Simon i sar., 2019). Pošto je nivo količine estara u pozitivnoj korelaciji sa koncentracijom karboksilne kiseline i alkohola (Pugliese i sar., 2010; García-González i sar., 2013), heterogenost rezultata za sadržaj etil 3-oksoheksanoata, 2-metilbutil acetata i 3-metilbutil acetata od CON do G100 grupe može se objasniti promenama sadržaja odgovarajućih karboksilnih kiselina, alkohola i njihovih prekursora usled reakcija sa drugim jedinjenjima ili nastajanja u autooksidaciji lipida, Strecker-ovoj degradaciji, Maillard-ovoj reakciji, reakcijama oksidacije i redukcije aldehida i konačno transesterifikaciji (Pugliese i sar., 2010; Purriños i sar., 2011; Resconi i sar., 2013; Liu i sar., 2014; Martínez-Onandi i sar., 2016; Diez-Simon i sar., 2019; Ozkara i sar., 2019; Schilling i sar., 2019). Tokom vremena skladištenja, sadržaj etil butanoata, etil 2-metilbutanoata, etil 3-oksoheksanoata, 2-metilpropil acetata, 2-metilbutil acetata, 3-metilbutil acetata i heksil acetata povećao se u svim frankfurterima, s izuzetkom etil 2-metilbutanoata u CON i G25 (42. dan) i G100 (21. dan), kao i 2-metilbutil acetata u G50 (21. dan), gde su uočena smanjenja sadržaja. U slučaju etil 2-metilbutanoata, do smanjenja sadržaja dolazi usled nedovoljnog stvaranja njegovog prekursora 2-metilbutanske kiseline, kako zbog gubitka izoleucina kao njenog prekursora koji učestvuje u reakcijama građenja drugih jedinjenja u okviru Strecker-ove degradacije aminokiselina i Maillard-ove reakcije, tako i smanjene oksidacije 2-metilbutanala u 2-metilbutansku kiselinu, ali i daljeg uključivanja etanola i kiseline u druge hemijske reakcije (Jurado i sar., 2009; Liu i sar., 2014). S druge strane, sadržaj heksil acetata u CON nije se značajno promenio ($P>0,05$) tokom vremena skladištenja, kao ni količina etil oktanoata u svim šaržama, na koju takođe ne utiče značajno ($P>0,001$) interakcija faktora ($F\times S$). Trendovi povećanja sadržaja estara mogu se objasniti smanjenjem adsorpcione sposobnosti miofibrilarnih proteina sa sniženjem pH (Yang i sar., 2017), kao i napredovanjem procesa lipolize, proteolize i glikolize tokom skladištenja, što dovodi do porasta sadržaja slobodnih masnih kiselina i aminokiselina, kao i redukujućih šećera (Purriños i sar., 2011; Watanabe i sar., 2015; Resconi i sar., 2018). Ova jedinjenja, dalje su podložna reakcijama autooksidacije, Strecker-ovoj degradaciji i Maillard-ovoj reakciji (Martínez-Onandi i sar., 2016), pri čemu nastaju karboksilne kiseline i alkoholi (prekursori estara), koji putem esterifikacije doprinose stvaranju estara (Liu i sar., 2014). Prema tome, porast sadržaja estara je u korelaciji sa većom koncentracijom karboksilnih kiselina i alkohola (Pugliese i sar., 2010; García-González i sar., 2013). Trend rezultata sadržaja etil butanoata je u skladu sa trendom koji su ustanovili Pugliese i sar. (2010), ali se ne slaže sa nalazima Olivares i sar. (2011), dok su nalazi trendova u radovima Pugliese i sar. (2010) i Olivares i sar. (2011) za etil oktanoat odgovarali tendenciji naših rezultata, posmatrano za isti vremenski interval. Takođe, kao prekursore ispitanih estara potrebno je navesti etanol i sirćetnu kiselinu, koji nastaju fermentacijom ugljenih hidrata i aktivnošću mikroorganizama (Olivares i sar., 2011), kao i oksidacijom lipida i redukcijom i oksidacijom aldehida dobijenih tokom Strecker-ove degradacije aminokiselina alanina i valina (Ozkara i sar., 2019; Schilling i sar., 2019).

- Alkani

Alkani su alifatični ugljovodonici koji nastaju tokom autooksidacije lipida, ali i termičke oksidacije (Olivares i sar., 2011; Purriños i sar., 2011; Watanabe i sar., 2015).

Heptan nastaje oksidacijom lipida, uglavnom iz oleinske kiseline (Jurado i sar., 2009; Domínguez i sar., 2019). U odnosu na formulaciju frankfurtera, količina heptana se povećala od CON do G100, osim 0. dana, gde nije utvrđena značajna razlika ($P>0,05$) između šarži frankfurtera, a trendovi rasta sadržaja mogu se objasniti većom količinom ukupne masti i nezasićenih masnih kiselina u GF frankfurterima u odnosu na CON (tabela 5.3 i tabele 5.7–5.9), jer se autooksidacija lipida povećava sa porastom stepena nezasićenosti i sadržaja ukupne masti (Olivares i sar., 2011; Diez-Simon i sar., 2019). Tokom vremena skladištenja, sadržaj heptana značajno se povećao ($P<0,05$) u svim frankfurterima, s izuzetkom u CON, usled razvoja vremenski zavisnih procesa, kao

što su lipoliza i autooksidacija lipida (Olivares i sar., 2011; Watanabe i sar., 2015), a trendovi utvrđenih rezultata su u skladu sa nalazima Olivares i sar. (2011) i Purriños i sar. (2011).

5.7.2. O-heterociklična isparljiva organska jedinjenja

Rezultati ispitivanja O-heterocikličnih isparljivih organskih jedinjenja u odnosu na formulaciju i vreme skladištenja frankfurtera prikazani su u tabeli 5.14. Heterociklična jedinjenja kiseonika nastaju u mnogim procesima, kao što su oksidacija lipida, vitamina C i karotenoida, termička razgradnja ugljenih hidrata, lipida i aminokiselina, Maillard-ova reakcija (uključujući Strecker-ovu degradaciju), ali i metabolizmom mikroorganizama ili su prirodni proizvodi biljaka (Gianelli i sar., 2012; Huang i Ho, 2012; Ba i sar., 2013; Resconi i sar., 2013; Watanabe i sar., 2015; Diez-Simon i sar., 2019; Song i sar., 2019).

- Furanoni

3-metil-2(5H)-furanon nastaje metaboličkim procesima u mikroorganizmima, termičkom razgradnjom ugljenih hidrata (npr. saharoze i glukoze) i Maillard-ovom reakcijom (Jiang, 1999; Huang i Ho, 2012; Paravisini i sar., 2015). Takođe, 3-metil-2(5H)-furanon je prirodni proizvod biljaka i prekursor u građenju alkaloida (Jiang, 1999; Wakte i sar., 2012). Između ostalog, izolat proteina soje koji smo dodali tokom pravljenja nadeva svih šarži frankfurtera je jedan od izvora 3-metil-2(5H)-furanona, što je u skladu sa rezultatima istraživanja Jiang-a (1999). U odnosu na formulaciju frankfurtera, sadržaj furanona se povećao od CON do G100, osim 21. dana, gde je utvrđeno smanjenje. Mogući razlozi trenda povećanja sadržaja su ishrana životinja koja je izvor ovog jedinjenja biljnog porekla, zatim tip i količina ugljenih hidrata i aminokiselina uključenih u Maillard-ovu reakciju koji zavise od vrste, starosti i stresa životinja, ali i proces karamelizacije i oksidacija furan-2-karbaldehida, dok su napredovanja drugih hemijskih i biohemijskih reakcija (npr. adicije, esterifikacije/transesterifikacije, hidrolize, hidrogenizacije) nezasićenog laktona pod uticajem različitih faktora (temperatura, vreme, pH vrednost, vlažnost itd.) uglavnom doprinela trendu smanjenja sadržaja (Jiang, 1999; Van Boekel, 2006; Belitz i sar., 2009; Meinert i sar., 2009; Joule i Mills, 2010; Bombarelli i sar., 2013; Schwab, 2013; Khan i sar., 2015; Paravisini i sar., 2015; Fazlani i sar., 2019; Zvarych i sar., 2019). Tokom vremena skladištenja, sadržaj ovog laktona (prema podeli, furanoni se ubrajaju i u klasu jedinjenja laktona) povećao se do 21. dana u svim frankfurterima (osim u G100), a zatim se smanjio do 42. dana (s izuzetkom u G75 i G100), gde su doprinosi porastu sadržaja mogući oksidacijom furan-2-karbaldehida (furfurala) čija je koncentracija vremenom opadala (tabela 5.14) i Maillard-ovom reakcijom putem 2,3-enolizacije Amadori jedinjenja praćeno produženjem lanca Strecker-ovim aldehydima i redukcijom nastalih jedinjenja (Schwab, 2013; Chigwedere i sar., 2019; Zvarych i sar., 2019). Smanjenje sadržaja se može objasniti reakcijama nezasićenog laktona pod uticajem temperature, vremena, pH vrednosti i sadržaja vlage (Van Boekel, 2006; Yu i Zhang, 2010).

- Laktoni

Za 4-metil-oksetan-2-on (β -butirolakton) se smatra da nastaje, kao i drugi laktoni, oksidacijom lipida, termičkom razgradnjom lipida i Maillard-ovim reakcijama (Gianelli i sar., 2012; Resconi i sar., 2013; Chigwedere i sar., 2019; Ozkara i sar., 2019). U odnosu na formulaciju frankfurtera, sadržaj β -butirolaktona povećao se od CON do G100, s izuzetkom 21. dana, gde je utvrđeno smanjenje, a prvobitna razlika je nastala iz uslova proizvodnje i prerade, gde se prema Resconi i sar. (2013), butirolakton više pojavljivao u lipidima životinja hranjenih koncentratom, nego kod onih hranjenih na ispaši ili travom, zbog stvaranja hidroksi kiselina oksidacijom masnih kiselina u rumenu, ali i usled nedostatka glikogena kod starih životinja što je dovelo do povećanja oksidacije lipida i visoke koncentracije hidroksi kiselina u samoj životinji, npr. 3-hidroksibutanske kiseline kao prekursora β -butirolaktona (Marutsova i Marutsov, 2018; Fazlani i sar., 2019).

Tabela 5.14. Promene sadržaja O-heterocikličnih isparljivih organskih jedinjenja ($\mu\text{g}/\text{kg}$) u frankfurterima u odnosu na formulaciju (F), vreme skladištenja (S) i njihovu interakciju (F×S)

Parametar	Vreme skladištenja	Formulacija				Nivo značajnosti			
		CON	G25	G50	G75	G100	F	S	F×S
Furanoni									
3-metil-2(5H)-furanon	Dan 0	0,60±0,05 ^{BB}	0,72±0,06 ^{BB}	0,75±0,06 ^{BC}	0,77±0,06 ^{BB}	1,19±0,09 ^{AB}			
	Dan 21	2,52±0,17 ^{AA}	2,41±0,15 ^{AA}	1,85±0,14 ^{BA}	1,27±0,11 ^{CA}	0,20±0,02 ^{DC}	***	****	****
	Dan 42	0,56±0,05 ^{CB}	0,90±0,08 ^{BB}	1,23±0,09 ^{AB}	1,37±0,10 ^{AA}	1,46±0,10 ^{AA}			
Laktoni									
4-metil-oksetan-2-on (β -butirolakton)	Dan 0	0,06±0,01 ^{BB}	0,07±0,01 ^{BB}	0,19±0,02 ^{BB}	0,60±0,06 ^{AA}	0,69±0,07 ^{AB}			
	Dan 21	1,85±0,17 ^{AA}	0,26±0,03 ^{BA}	0,09±0,01 ^{BCB}	0,08±0,01 ^{CB}	0,11±0,02 ^{BCB}	***	****	****
	Dan 42	0,19±0,02 ^{CB}	0,16±0,02 ^{CAB}	0,48±0,05 ^{BA}	0,43±0,04 ^{BA}	2,19±0,16 ^{AA}			
Furani									
2-pentilfuran	Dan 0	0,28±0,03 ^{BB}	0,49±0,05 ^{AB}	0,48±0,05 ^{AB}	0,29±0,03 ^{BB}	0,08±0,01 ^{CB}			
	Dan 21	0,40±0,04 ^{BA}	0,69±0,06 ^{AA}	0,79±0,07 ^{AA}	0,69±0,06 ^{AA}	0,16±0,02 ^{CB}	***	****	****
	Dan 42	0,29±0,03 ^{CAB}	0,42±0,04 ^{BB}	0,55±0,05 ^{AB}	0,15±0,02 ^{DC}	0,30±0,03 ^{CA}			
furan-2-karbaldehid	Dan 0	0,81±0,08 ^{AA}	0,43±0,05 ^{BA}	0,39±0,04 ^{BCA}	0,37±0,02 ^{BC}	0,29±0,03 ^{CA}			
	Dan 21	0,56±0,05 ^{AB}	0,35±0,04 ^{BAB}	0,29±0,03 ^{BAB}	0,28±0,03 ^B	0,11±0,01 ^{CB}	***	****	****
	Dan 42	0,47±0,04 ^{AB}	0,33±0,04 ^{BB}	0,27±0,03 ^{BB}	0,28±0,03 ^B	0,06±0,01 ^{CB}			

a, b, c, d Vrednosti u istom redu s različitim slovima u superskriptu za isti parametar se statistički značajno razlikuju ($P < 0,05$);

A, B, C Vrednosti u istoj koloni s različitim slovima u superskriptu za isti parametar se statistički značajno razlikuju ($P < 0,05$);

*** $P < 0,001$

Promenljivost kasnijih trendova sadržaja je prouzrokovana reakcijama nastajanja β -butirolaktona (oksidacija lipida i Maillard-ove reakcije), ali i daljim interakcijama isparljivih jedinjenja i sredine (matriksa) gde učestvuje kao intermedijer u drugim reakcijama (Gianelli i sar., 2012; Khalil i sar., 2019). Tokom vremena skladištenja, sadržaj ovog laktona povećao se u CON kontrolnoj i G25 ogleđnoj grupi do 21. dana, a zatim je opao do 42. dana, dok se u ostalim šaržama frankfurtera smanjio do 21. dana, a onda povećao do 42. dana, gde je moguće objašnjenje za rast količine intenzivnija oksidacija lipida i razvijanje Maillard-ove reakcije, pod uticajem različitih faktora (temperatura, vreme, pH vrednost, sadržaj vlage, prisustvo metala, kiseonika, svetlosti i dr.), dok je smanjenje količine pod istim uslovima najverovatnije prouzrokovano reakcijama laktone, uglavnom putem nukleofilno zasnovanog otvaranja prstena u položajima 2 (acil-položaj) i 4 (β -položaj) (Ba i sar., 2012; Böttchera i Sieber, 2012; Khalil i sar., 2019; Ozkara i sar., 2019).

- Furani

2-pentilfuran je alkil-furan i dobija se uglavnom autooksidacijom lipida i termičkom lipidnom razgradnjom linolne i drugih n-6 masnih kiselina, a u manjem obimu i oleinske i linoleinske kiseline, ali i kao proizvod razgradnje termičke Maillard-ove reakcije (Elmore i sar., 2002; Olivares i sar., 2011; Purriños i sar., 2011; Ba i sar., 2013; Ning-Ping i sar., 2014; Watanabe i sar., 2015; Hou i sar., 2018; Han i sar., 2019; Song i sar., 2019). U odnosu na formulaciju frankfurtera, iako se sadržaj 2-pentilfurana povećao od CON do G50, nakon toga je utvrđeno smanjenje do G100. Iz razloga, jer je proizvod oksidacije lipida, očekivano je da količina raste sa povećanjem udela kozjeg mesa u frankfurterima, jer je ono bogatije sadržajem nezasićenih masnih kiselina u odnosu na goveđe meso (tabele 5.7–5.9), pa je sa stepenom nezasićenosti masti povećan i obim autooksidacije (Madruga i sar., 2013; Diez-Simon i sar., 2019). Maillard-ova reakcija doprinosi uvećanju sadržaja 2-pentilfurana (Song i sar., 2019). Međutim, trend pada sadržaja 2-pentilfurana od G50 do G100 može se objasniti njegovim učešćem kao intermedijera u drugim hemijskim reakcijama (npr. dobijanju 2-pentiltiofena) i smanjenim doprinosom Maillard-ove reakcije u frankfurterima sa preovlađujućim sadržajem mesa izlučenih (starih) koza, s obzirom na niži sadržaj cisteina i glukoze u poređenju sa goveđim mesom (Ba i sar., 2013; Fazlani i sar., 2019; Mazhangara i sar., 2019; Song i sar., 2019). Tokom vremena skladištenja, u uzorcima svih ogleđnih i kontrolnoj grupi frankfurtera, sadržaj 2-pentilfurana se povećavao do 21. dana, a nakon toga se smanjivao do kraja skladištenja (42. dan), osim u ogleđnoj grupi G100, gde je sadržaj 2-pentilfurana nastavio da se uvećava do 42. dana. Trendovi utvrđenih rezultata delimično su u saglasnosti sa nalazima koje su dobili Olivares i sar. (2011) i Purriños i sar. (2011), uzimajući u obzir da se sadržaj 2-pentilfurana povećao tokom početnog perioda čuvanja (osim u G100, gde se rast nastavio do 42. dana), zbog napredovanja oksidacionih reakcija nezasićenih masnih kiselina i Maillard-ove reakcije, na primer, reakcija između glukoze, cisteina i (E)-2-nonenala (Diez-Simon i sar., 2019; Song i sar., 2019). U kasnijem periodu čuvanja, sadržaj 2-pentilfurana se smanjio, između ostalog i zbog učešća u drugim hemijskim reakcijama, na primer, reakcija sa vodonik-sulfidom, pri čemu nastaje 2-pentiltiofen, kao i zbog usporavanja reakcija oksidacije lipida (Jurado i sar., 2009; Ba i sar., 2013).

Furan-2-karbaldehid (furfural) nastaje putem Maillard-ove reakcije kroz termičko razlaganje, ali i preuređenje samih ugljenih hidrata ili u prisustvu aminokiselina, gde pentozni šećeri (posebno, riboza) i inozin-5'-monofosfat (5'-IMP) imaju značajnu ulogu (Madruga i Mottram, 1998; Madrugua i sar., 2010; Watanabe i sar., 2015; Diez-Simon i sar., 2019). U odnosu na formulaciju frankfurtera, sadržaj furan-2-karbaldehida smanjio se od CON do G100, a mogući razlozi su niži sadržaj riboze (kao ključnog prekursora) u kozjem mesu usled ishrane, uticaja vrste ili fiziološke starosti životinja (Koutsidis i sar., 2008; Madrugua i sar., 2010; Khan i sar., 2015), ali i pH zavisne interakcije furfurala sa drugim reaktivnim jedinjenjima kao što su vodonik-sulfid, amonijak, aldehidi, aminokiseline i amini, pri čemu nastaju isparljiva jedinjenja koja sadrže kiseonik, azot i sumpor (Meynier i Mottram, 1995; Jayasena i sar., 2013). Sadržaj furan-2-karbaldehida se značajno

smanjio ($P < 0,05$) tokom vremena skladištenja u svim frankfurterima, osim u G75 gde nije utvrđena značajna razlika ($P > 0,05$), a mogući razlozi pada sadržaja su stvaranje furan-2-ilmetantiola, u reakciji sa vodonik-sulfidom, koja je potpomognuta sniženom pH vrednosti i proces redukcije kojim nastaje 2-furanmetanol (Madruga i Mottram, 1998; Ba i sar., 2012; Ozkara i sar., 2019). Utvrđeni rezultati se ne slažu sa nalazima Watanabe i sar. (2015), koji su pronašli značajan porast.

5.7.3. N-heterociklična isparljiva organska jedinjenja

Rezultati ispitivanja N-heterocikličnih isparljivih organskih jedinjenja u odnosu na formulaciju i vreme skladištenja frankfurtera prikazani su u tabeli 5.15. Heterociklična jedinjenja azota nastaju putem Maillard-ove reakcije (uključujući Strecker-ovu degradaciju), interakcijom proizvoda dobijenih oksidacijom lipida i Maillard-ovom reakcijom, kao i metabolizmom mikroorganizama (Ba i sar., 2013; Resconi i sar., 2013; Watanabe i sar., 2015; Gąsior i Wojtyca, 2016; Diez-Simon i sar., 2019).

- Pirazini

Uopšteno govoreći, u mesu i proizvodima od mesa, stvaranje pirazina vođeno je nizom reakcija, polazeći od Maillard-ove reakcije putem Amadori ili Heyns intermedijera (npr. 1-dezoksireduktona) koji reaguju sa amonijakom (proizvod Strecker-ove reakcije) ili Strecker-ove reakcije putem kondenzacije dva α -aminokarbonila (proizvod Strecker-ove reakcije između aminokiseline i α -karbonilnog jedinjenja) kada nastaje dihidropirazin koji slobodno oksiduje u odgovarajući pirazin ili bez oksidacije, kada dihidropirazin reaguje sa karbonilnim jedinjenjima gradeći pirazine, a nastaju i iz derivata furana koji lako zamenjuju kiseonik sa azotom (Resconi i sar., 2013; Khan i sar., 2015; Watanabe i sar., 2015; Diez-Simon i sar., 2019). Takođe, reakcioni uslovi su veoma važni (visoka temperatura, vreme, nizak sadržaj vlage, pH vrednost) (Resconi i sar., 2013). Pored toga, aminokiseline kao što su arginin i lizin preko visoko reaktivne nukleofilne amino grupe, dok glicin svojom fleksibilnošću usled nepostojanja bočnog lanca, doprinose stvaranju pirazina, dok serin i treonin kao hidroksi aminokiseline putem dekarbonizacije i dehidratacije grade pirazine bez učešća ugljenih hidrata kao izvora intermedijera, suprotno tome cistein, aldehidi lipidne oksidacije i polifenoli umanjuju stvaranje pirazina (Resconi i sar., 2013; Diez-Simon i sar., 2019).

2-metilpirazin, 2,5-dimetilpirazin i 2,6-dimetilpirazin su alkil N-heterociklična aromatična jedinjenja nastala putem Strecker-ove degradacije, kao dela Maillard-ove reakcije (Resconi i sar., 2013; Watanabe i sar., 2015; Diez-Simon i sar., 2019). U odnosu na formulaciju frankfurtera, sadržaj navedenih pirazina se smanjio od CON kontrolne do G100 ogledne grupe, što se može povezati sa nižim sadržajem ugljenih hidrata i aminokiselina u kozjem mesu u poređenju sa goveđim mesom (tabele 5.10, 5.17, 5.18), s obzirom da prirodne koncentracije ugljenih hidrata i aminokiselina zavise od ishrane, vrste i starosti životinja (Resconi i sar., 2013; Fazlani i sar., 2019; Mazhangara i sar., 2019). Takođe, relativno povećanje sadržaja vlage od CON do G100 (tabela 5.3) nepovoljno utiče na stvaranje pirazina u Maillard-ovoj reakciji (Martínez-Onandi i sar., 2016). Fazlani i sar. (2019) navode da starije koze imaju niži sadržaj ugljenih hidrata, dok Mazhangara i sar. (2019) ukazuju na niži ukupni sadržaj aminokiselina u odnosu na goveđe meso. Pored toga, niža količina pirazina u GF frankfurterima u odnosu na CON može se obrazložiti i većim sadržajem nezasićenih masnih kiselina u tim proizvodima (tabele 5.7–5.9), jer doprinose stvaranju većih količina aldehida tokom oksidacije lipida, koji dalje reaguju sa amonijakom stvarajući Schiff-ovu bazu, a time se smanjuje dostupnost amonijaka za građenje pirazina (Madruga i sar., 2013; Resconi i sar., 2013).

Tabela 5.15. Promene sadržaja N-heterocikličnih isparljivih organskih jedinjenja ($\mu\text{g}/\text{kg}$) u frankfurterima u odnosu na formulaciju (F), vreme skladištenja (S) i njihovu interakciju (F×S)

Parametar	Vreme skladištenja	Formulacija				Nivo značajnosti			
		CON	G25	G50	G75	G100	F	S	F×S
Pirazini									
2-metilpirazin	Dan 0	0,33±0,03 ^C	0,33±0,04 ^C	0,35±0,04 ^C	0,32±0,03 ^B	0,32±0,03 ^B			
	Dan 21	0,71±0,07 ^{ab}	0,69±0,06 ^{ab}	0,51±0,05 ^{bb}	0,36±0,04 ^{cb}	0,37±0,04 ^{bcB}	***	***	***
	Dan 42	0,99±0,08 ^{aA}	0,84±0,07 ^{ba}	0,70±0,07 ^{ca}	0,65±0,07 ^{ca}	0,66±0,07 ^{ca}			
2,6-dimetilpirazin	Dan 0	0,44±0,05 ^B	0,44±0,05 ^B	0,41±0,04 ^B	0,43±0,04 ^B	0,40±0,04			
	Dan 21	0,47±0,05 ^B	0,41±0,04 ^B	0,47±0,05 ^{AB}	0,44±0,05 ^{AB}	0,42±0,05	***	***	NS
	Dan 42	0,61±0,06 ^{abA}	0,64±0,06 ^{aA}	0,57±0,06 ^{abA}	0,56±0,06 ^{abA}	0,50±0,05 ^b			
2,5-dimetilpirazin	Dan 0	0,22±0,03 ^{ab}	0,21±0,03 ^{ab}	0,22±0,03 ^a	0,09±0,01 ^{bb}	0,06±0,01 ^{bb}			
	Dan 21	0,26±0,03 ^{aAB}	0,28±0,03 ^{aA}	0,25±0,03 ^a	0,18±0,02 ^{ba}	0,13±0,02 ^{ba}	***	***	***
	Dan 42	0,31±0,03 ^{aA}	0,26±0,03 ^{abAB}	0,26±0,03 ^{ab}	0,21±0,03 ^{bcA}	0,17±0,02 ^{ca}			

^{a, b, c} Vrednosti u istom redu s različitim slovima u superskriptu za isti parametar se statistički značajno razlikuju ($P < 0,05$);

^{A, B, C} Vrednosti u istoj koloni s različitim slovima u superskriptu za isti parametar se statistički značajno razlikuju ($P < 0,05$);

*** $P < 0,001$; NS - nije značajno

Sadržaji ispitanih pirazina, u svim frankfurterima, povećani su tokom vremena skladištenja od 0. do 42. dana, što je u skladu sa nalazima Olivares i sar. (2011) i Watanabe i sar. (2015), a utvrđeni trendovi mogu se objasniti hidrolizom, tokom koje je rastao sadržaj slobodnih aminokiselina i heksoznih ugljenih hidrata i posledično njihovim reakcijama kroz Maillard-ovu reakciju, koje su favorizovane dehidratacijom, pri čemu su nastale veće količine pirazina (Martínez-Onandi i sar., 2016; Resconi i sar., 2018; Yang i sar., 2019).

5.7.4. S-heterociklična isparljiva organska jedinjenja

Rezultati ispitivanja S-heterocikličnih isparljivih organskih jedinjenja u odnosu na formulaciju i vreme skladištenja frankfurtera prikazani su u tabeli 5.16. Tiofeni i tioli su heterociklična jedinjenja sumpora, uglavnom nastala Maillard-ovom reakcijom i Strecker-ovom degradacijom, lipid-Maillard-ovim interakcijama, termičkom razgradnjom vitamina (tiamin, askorbinska kiselina) i termičkom razgradnjom nukleotida, gde kao prekursori učestvuju sumporne aminokiseline (npr. cistein, cistin, metionin), peptidi, redukujući šećeri, vitamini i lipidi, a takođe pojava sumpornih jedinjenja povezana je i sa dodacima hrane (npr. beli luk ili biber) (Ba i sar., 2013; Resconi i sar., 2013; Watanabe i sar., 2015; Diez-Simon i sar., 2019).

- Tiofeni

Tiofen, 2-metiltiofen i 2,5-dimetiltiofen su heterociklična jedinjenja sumpora, dobijena Maillard-ovom reakcijom (uključujući Strecker-ovu degradaciju), interakcijom proizvoda oksidacije lipida i Maillard-ove reakcije, kiselom i termičkom razgradnjom tiamina, termičkom razgradnjom nukleotida ili iz derivata furana koji lako zamenjuju kiseonik sa sumporom, a u svim navedenim procesima učestvuju reakcije sumpornih aminokiselina (npr. cistein, cistin, metionin), vodonik-sulfida ili drugih isparljivih sumpornih jedinjenja nastalih iz tiamina (preko intermedijera 5-hidroksi-3-merkaptopentan-2-ona) ili sumpornih aminokiselina, sa derivatima razgradnje ugljenih hidrata nastalih u Maillard-ovoj reakciji (Macleod, 1998; Huang i Ho, 2001; Corral i sar., 2016; Diez-Simon i sar., 2019).

Tiofen može da nastane putem aldolne kondenzacije formaldehida sa 2-oksopropanalom (npr. intermedijeri razgradnje askorbinske kiseline), praćene redukcijom dva karbonilna dela stvorenog kondenzacionog proizvoda, koji zatim reaguje sa vodonik-sulfidom, daljom dehidratacijom kojom nastaje 2,5-dihidrotiofen i njegovom kasnijom dehidrogenizacijom (Yu i sar., 2012). Drugi način dobijanja je preko reakcije cisteina i ugljenih hidrata (npr. glukoze, riboze) u Maillard-ovoj reakciji (Song i sar., 2019). 2-metiltiofen može da nastane Strecker-ovom degradacijom cisteina i furaneola, takođe je proizvod termičke razgradnje sumpornih aminokiselina (npr. cisteina) i riboze tokom Maillard-ove reakcije, ali važan put nastajanja je aldolna kondenzacija 2-oksopropanala (proizvod razgradnje askorbinske kiseline) i acetaldehida (proizvod razgradnje cisteina i askorbinske kiseline), praćena tautomerizacijom, reakcijom sa vodonik-sulfidom, zatim zatvaranjem prstena, redukcijom i dehidratacijom (Macleod, 1998; Huang i Ho, 2001; Yu i sar., 2012). Termička reakcija lipida, cisteina i ksiloze takođe je značajna za stvaranje 2-metiltiofena (Song i sar., 2019). 2,5-dimetiltiofen može da nastane putem Maillard-ove reakcije ili Strecker-ove degradacije cisteina sa furaneolom, a takođe i učešćem vodonik-sulfida u termičkoj razgradnji furaneola, dok je drugi mogući put stvaranja primećen u sistemu glutationa i glukoze (Huang i Ho, 2001; Song i sar., 2019). U odnosu na formulaciju frankfurtera, sadržaj tiofena, 2-metiltiofena i 2,5-dimetiltiofena smanjio se od kontrolne grupe frankfurtera (CON) do ogledne grupe G100. Ova tendencija povezana je sa nižim sadržajem njihovih glavnih prekursora, kao što su tiamin, sumporne aminokiseline (npr. cistein) i riboza, u kozjem mesu u poređenju sa goveđim mesom, usled uticaja ishrane, vrste ili fiziološke starosti životinja (Koutsidis i sar., 2008; Madruga i sar., 2010; Kadim i Mahgoub, 2012; Resconi i sar., 2013; Khan i sar., 2015; Mazhangara i sar., 2019).

Tabela 5.16. Promene sadržaja S-heterocikličnih isparljivih organskih jedinjenja ($\mu\text{g}/\text{kg}$) u frankfurterima u odnosu na formulaciju (F), vreme skladištenja (S) i njihovu interakciju (F×S)

Parametar	Vreme skladištenja	Formulacija					Nivo značajnosti			
		CON	G25	G50	G75	G100	F	S	F×S	
Tiofeni										
tiofen	Dan 0	0,33±0,04 ^{aa}	0,30±0,03 ^{abA}	0,27±0,03 ^{ba}	0,22±0,03 ^{ca}	0,20±0,03 ^{ca}				***
	Dan 21	nd	nd	nd	nd	nd				***
	Dan 42	nd	nd	nd	nd	nd				***
2-metiltiofen	Dan 0	0,11±0,01 ^{ac}	0,10±0,01 ^{abC}	0,10±0,01 ^{abB}	0,06±0,01 ^{bcB}	0,04±0,01 ^{cb}				***
	Dan 21	0,17±0,02 ^{ab}	0,17±0,02 ^{ab}	0,11±0,01 ^{bb}	0,09±0,01 ^{bb}	0,09±0,01 ^{ba}				***
	Dan 42	0,31±0,03 ^{aa}	0,26±0,03 ^{ba}	0,17±0,02 ^{ca}	0,15±0,02 ^{ca}	0,13±0,02 ^{ca}				***
2,5-dimetiltiofen	Dan 0	0,07±0,01 ^B	0,08±0,01 ^C	0,07±0,01 ^B	0,08±0,01 ^B	0,08±0,01				***
	Dan 21	0,65±0,06 ^{aa}	0,33±0,03 ^{bb}	0,25±0,03 ^{bcA}	0,19±0,02 ^{cdA}	0,13±0,02 ^d				***
	Dan 42	0,68±0,06 ^{aa}	0,54±0,05 ^{ba}	0,28±0,03 ^{ca}	0,25±0,03 ^{ca}	0,12±0,01 ^d				***
Tioli										
butan-2-tiol	Dan 0	0,80±0,07 ^C	0,91±0,08 ^C	0,83±0,08 ^C	0,67±0,07 ^C	0,76±0,07 ^C				***
	Dan 21	1,78±0,13 ^{ca}	2,00±0,15 ^{bcA}	2,12±0,15 ^{ba}	2,15±0,15 ^{abA}	2,44±0,17 ^{aA}				***
	Dan 42	1,23±0,10 ^{bb}	1,56±0,12 ^{ab}	1,66±0,12 ^{ab}	1,73±0,12 ^{ab}	1,85±0,13 ^{ab}				***
2-metil-3-furantiol	Dan 0	0,18±0,02 ^{ac}	0,09±0,01 ^{bb}	0,06±0,01 ^{bcB}	0,04±0,01 ^{cb}	0,02±0,00 ^{cb}				***
	Dan 21	0,25±0,03 ^{ab}	0,11±0,01 ^{bb}	0,08±0,01 ^{bb}	0,08±0,01 ^{ba}	0,10±0,01 ^{ba}				***
	Dan 42	0,33±0,04 ^{aa}	0,24±0,03 ^{ba}	0,14±0,02 ^{ca}	0,10±0,01 ^{ca}	0,11±0,01 ^{ca}				***
furan-2-ilmetantiol	Dan 0	0,26±0,03 ^B	0,23±0,03 ^B	0,28±0,03	0,26±0,03 ^B	0,24±0,03				NS
	Dan 21	0,32±0,03 ^{AB}	0,34±0,04 ^A	0,30±0,03	0,30±0,03 ^{AB}	0,28±0,03				NS
	Dan 42	0,37±0,04 ^A	0,35±0,04 ^A	0,32±0,03	0,35±0,04 ^A	0,31±0,04				NS

^{a, b, c, d} Vrednosti u istom redu s različitim slovima u superskriptu za isti parametar se statistički značajno razlikuju ($P < 0,05$);

^{A, B, C} Vrednosti u istoj koloni s različitim slovima u superskriptu za isti parametar se statistički značajno razlikuju ($P < 0,05$);

*** $P < 0,001$; NS - nije značajno; nd - nije detektovano

Trendu smanjenja sadržaja doprinose povećana pH vrednost i veće količine nezasićenih masnih kiselina (n-3, n-6 i n-9 masne kiseline) (tabela 5.3 i tabele 5.7–5.9), posebno oleinske i linoleinske masne kiseline, u GF frankfurterima u odnosu na CON (Madruga i Mottram, 1998; Ba i sar., 2013), gde u slučaju nezasićenih masnih kiselina zbog reakcija između proizvoda nastalih njihovom oksidacijom i Strecker-ovog proizvoda vodonik-sulfida, smanjena je dostupnost vodonik-sulfida za reakcije sa proizvodima iz Maillard-ove reakcije (Ba i sar., 2013). Pored toga, trend smanjenja sadržaja tiofena mogao bi se tumačiti i građenjem fuzionisanih bicikličnih jedinjenja usled kondenzacije dva molekula tiofena, kojoj pogoduje viša pH vrednost (Ba i sar., 2013) u GF proizvodima u poređenju sa goveđim frankfurterom (tabela 5.3). U odnosu na vreme skladištenja, u svim frankfurterima, sadržaj tiofena smanjivao se od 0. dana i nije detektovan 21. i 42. dana, a trend se može objasniti razvojem procesa oksidacije lipida, pri čemu nezasićene masne kiseline (npr. linolna i linoleinska masna kiselina) obezbeđuju proizvode oksidacije, kao što su nezasićeni aldehidi (npr. (E)-2-nonenal), koji inhibiraju stvaranje tiofena kroz interakcije sa njegovim prekursorima nastalim u Maillard-ovoj reakciji (npr. vodonik-sulfidom) (Madruga i Mottram, 1998; Ba i sar., 2013; Resconi i sar., 2013; Khan i sar., 2015; Watanabe i sar., 2015; Diez-Simon i sar., 2019). U tom smislu, utvrđeni rezultati su u saglasnosti sa nalazima Song i sar. (2019). Nasuprot opšteprihvaćenom pravilu da niže pH vrednosti pogoduju stvaranju jedinjenja koja sadrže sumpor (Ba i sar., 2013; Resconi i sar., 2013), u ovom istraživanju, pad pH tokom vremena (tabela 5.3) rezultirao je smanjenjem količine tiofena, što odgovara trendu utvrđenom od strane Ba i sar. (2013). U svim frankfurterima, sadržaj 2-metil-3-tiofena i 2,5-dimetil-3-tiofena povećao se od 0. do 42. dana, što je u pozitivnoj korelaciji sa napredovanjem proteolitičkih i glikolitičkih procesa tokom vremena, koji doprinose rastu sadržaja prekursora, kao što su slobodne sumporne aminokiseline (npr. cistein, cistin, metionin), redukujući šećeri (npr. glukoza, riboza) i njihovi proizvodi razgradnje, a shodno tome i rastu količine proizvoda izvedenih iz Maillard-ove reakcije (Resconi i sar., 2013; Khan i sar., 2015; Watanabe i sar., 2015; Diez-Simon i sar., 2019). Sniženje pH vrednosti tokom skladištenja (tabela 5.3) doprinelo je većoj stvorenoj količini 2-metil-3-tiofena i 2,5-dimetil-3-tiofena, budući da kiseli uslovi pogoduju stvaranju tiofena (Madruga i Mottram, 1998; Ba i sar., 2013).

- Tioli

Butan-2-tiol, 2-metil-3-furantiol i furan-2-ilmetantiol su jedinjenja klase tiola, koja uglavnom nastaju termičkom razgradnjom tiamina ili Maillard-ovom reakcijom između aminokiselina i riboze, kroz složene procese oksidativne deaminacije-dekarboksilacije Strecker-ove degradacije sumpornih aminokiselina (metionin, cistein i cistin) ili peptida (glutation) i Maillard-ove reakcije stvaranja dikarbonilnih jedinjenja, gde dalje nastali vodonik-sulfid reaguje sa karbonilnim jedinjenjima dobijenim u Maillard-ovoj reakciji (Purriños i sar., 2011; Ba i sar., 2013; Resconi i sar., 2013; Khan i sar., 2015; Diez-Simon i sar., 2019; Schilling i sar., 2019).

2-metil-3-furantiol nastaje na nekoliko ispitanih načina, npr. iz reakcija između furfurala i cisteina, 2-metil-3-furanona (proizvod ribonukleotida) i vodonik-sulfida, 4-hidroksi-5-metil-3(2H)-furanona (nastao iz 1,4-dioksi-2,3-diketoznog proizvoda riboze) i vodonik-sulfida ili razgradnjom tiamina preko intermedijera 5-hidroksi-3-merkaptio-2-pentanona (Ba i sar., 2013; Resconi i sar., 2013; Watanabe i sar., 2015; Gąsior i Wojtyca, 2016). Furan-2-ilmetantiol potiče iz reakcija između furfurala i cisteina, 2-furanmetanola i vodonik-sulfida ili furan-2-ilmetanola nakon eliminacije vode i reakcije sa vodonik-sulfidom (Belitz i sar., 2009; Ba i sar., 2013; Watanabe i sar., 2015; Gąsior i Wojtyca, 2016). U odnosu na formulaciju frankfurtera, trend sadržaja 2-metil-3-furantiola i furan-2-ilmetantiola opadao je od CON do G100, ali nije utvrđen uticaj faktora ($P > 0,001$) na furan-2-ilmetantiol, dok je postojao značajan uticaj ($P < 0,001$) na 2-metil-3-furantiol, verovatno zbog opadanja količina tiamina, sumpornih aminokiselina (npr. cistein) i riboze kao njegovih glavnih prekursora sa rastom udela kozjeg mesa u šaržama, zbog njihovog nižeg sadržaja u kozjem mesu u poređenju sa goveđim mesom usled uticaja ishrane, vrste ili fiziološke starosti životinja (Koutsidis i sar., 2008; Madruga i sar., 2010; Kadim i Mahgoub, 2012; Resconi i sar.,

2013; Khan i sar., 2015; Mazhangara i sar., 2019). Povećana pH vrednost i veće količine nezasićenih masnih kiselina (n-3, n-6 i n-9 masne kiseline) (tabela 5.3 i tabele 5.7–5.9), posebno oleinske i linoleinske masne kiseline, doprinose trendu smanjenja količine 2-metil-3-furantiola u GF frankfurterima u poređenju sa frankfurterom od goveđeg mesa (Madruga i Mottram, 1998; Ba i sar., 2013). U slučaju nezasićenih masnih kiselina, zbog reakcija između proizvoda nastalih njihovom oksidacijom i vodonik-sulfida (Strecker-ov proizvod) smanjena je dostupnost vodonik-sulfida za reakcije sa proizvodima iz Maillard-ove reakcije (Ba i sar., 2013). S druge strane, sadržaj butan-2-tiola povećao se od CON do G100, verovatno zbog većeg sadržaja oleinske kiseline u frankfurterima sa udelom kozjeg mesa u poređenju sa frankfurterom od goveđeg mesa (tabele 5.7–5.9), budući da njeni oksidacioni proizvodi učestvuju sa sumpornim aminokiselinama i ribozom u važnim procesima stvaranja proizvoda Maillard-ove reakcije, kao što je, između ostalih i butan-2-tiol (Ba i sar., 2013). U odnosu na vreme skladištenja, u svim frankfurterima, sadržaj 2-metil-3-furantiola i furan-2-ilmetantiola povećao se od 0. do 42. dana, a ovaj trend potvrđen je i u istraživanjima Watanabe i sar. (2015) i Kosowska i sar. (2017), budući da se količine slobodnih sumpornih aminokiselina i riboze iz inozin-5'-monofosfata tokom vremena stalno povećavaju zbog proteolitičkih i glikolitičkih procesa, prema tome i sadržaj nastalih tiola. Isti trend rezultata potvrđen je i nalazima Ba i sar. (2013), gde su količine ovih isparljivih sumpornih jedinjenja povećane na nižim pH vrednostima. U njihovom stvaranju važnu ulogu ima i furan-2-karbaldehid, čiji se sadržaj delimično smanjio (tabela 5.14) i zbog reakcije sa cisteinom (Ba i sar., 2013; Watanabe i sar., 2015). S druge strane, sadržaj butan-2-tiola povećao se od 0. do 21. dana, a zatim smanjio do 42. dana, gde se trend rasta može objasniti povećanjem koncentracije cisteina i riboze tokom čuvanja (Ba i sar., 2013; Kosowska i sar., 2017). Trend pada sadržaja javlja zbog učešća butan-2-tiola u reakcijama adicije karbonilnih grupa ili dvostrukih veza, kao i oksidacije, izomerizacije i premeštanja, pri čemu je značajna i reakcija sa 2-metoksifenolom (Ellis, 2001; Belitz i sar., 2009; Chen i sar., 2019).

5.8. Profil aminokiselina

- Aminokiselinski sastav

Rezultati ispitivanja aminokiselinskog sastava u odnosu na formulaciju i vreme skladištenja frankfurtera prikazani su u tabelama 5.17–5.18. U osnovi, formulacija frankfurtera, vreme skladištenja i njihova interakcija nisu imali značajan uticaj ($P > 0,001$) na sadržaj ukupnih esencijalnih aminokiselina, dok je na sadržaj ukupnih neesencijalnih aminokiselina značajno uticala ($P < 0,001$) formulacija frankfurtera, ali nisu značajno uticali ($P > 0,001$) vreme skladištenja i interakcija faktora. Posmatrano pojedinačno za svaku aminokiselinu, utvrđen je značajan uticaj ($P < 0,001$) formulacije frankfurtera, vremena skladištenja i njihove interakcije na sadržaj cisteina, zatim značajan uticaj ($P < 0,001$) formulacije frankfurtera i vremena skladištenja na sadržaj fenilalanina i tirozina, odnosno značajan uticaj ($P < 0,001$) formulacije frankfurtera na sadržaj treonina, metionina, izoleucina, leucina, histidina, glicina, alanina i prolina.

Aminokiseline su sastavni deo proteina, peptida i mnogih drugih jedinjenja, imaju značajnu ulogu u metabolizmu, regulaciji nivoa šećera u krvi, u funkcionisanju nervnog, digestivnog i kardiovaskularnog sistema, stvaranju antioksidanasa i drugo (Simon-Sarkadi, 2019). U odnosu na formulaciju frankfurtera, utvrđen je značajan ($P < 0,05$) porast sadržaja esencijalnih aminokiselina treonina, izoleucina i leucina (osim sadržaja leucina, 42. dana) od kontrolne grupe pripremljene isključivo od mesa goveđeg buta (CON) do ogleadne grupe pripremljene u maniru potpune zamene goveđeg mesa kozjim mesom poreklom od starijih grla (G100), dok su značajno ($P < 0,05$) smanjene količine esencijalnih aminokiselina metionina (osim 21. dana) i fenilalanina, odnosno neesencijalnih aminokiselina histidina, glicina, alanina, tirozina, cisteina i prolina.

Tabela 5.17. Promene esencijalnih aminokiselina (g/100 g proteina) u aminokiselinskom profilu frankfurtera u odnosu na formulaciju (F), vreme skladištenja (S) i njihovu interakciju (F×S)

Parametar	Vreme skladištenja	Formulacija						Nivo značajnosti		
		CON	G25	G50	G75	G100	F	S	F×S	
treonin	Dan 0	4,34±0,18 ^b	4,49±0,18 ^{ab}	4,63±0,19 ^{ab}	4,80±0,19 ^{ab}	4,90±0,20 ^a				
	Dan 21	4,30±0,18 ^b	4,45±0,18 ^{ab}	4,59±0,19 ^{ab}	4,78±0,20 ^{ab}	4,88±0,20 ^a	***	NS	NS	
	Dan 42	4,24±0,17 ^b	4,37±0,20 ^{ab}	4,51±0,19 ^{ab}	4,70±0,20 ^{ab}	4,78±0,20 ^a				
valin	Dan 0	4,78±0,20	4,85±0,20	4,90±0,20	4,96±0,20	5,01±0,20				
	Dan 21	4,86±0,22	4,92±0,21	4,84±0,20	4,88±0,20	4,93±0,19	NS	NS	NS	
	Dan 42	4,71±0,17	4,74±0,21	4,74±0,20	4,78±0,20	4,84±0,21				
metionin	Dan 0	3,40±0,14 ^a	3,32±0,14 ^{ab}	3,24±0,13 ^{ab}	3,16±0,13 ^{ab}	3,05±0,12 ^b				
	Dan 21	3,25±0,14	3,15±0,11	3,03±0,13	2,97±0,15	2,92±0,12	***	NS	NS	
	Dan 42	3,14±0,13 ^a	3,07±0,13 ^{ab}	2,95±0,13 ^{ab}	2,86±0,13 ^{ab}	2,82±0,12 ^b				
fenilalanin	Dan 0	4,34±0,18 ^a	4,13±0,17 ^{abA}	3,88±0,16 ^{bc}	3,52±0,14 ^{cd}	3,41±0,14 ^d				
	Dan 21	4,19±0,18 ^a	3,89±0,19 ^{abAB}	3,76±0,14 ^{bc}	3,43±0,14 ^{cd}	3,32±0,14 ^d	***	***	NS	
	Dan 42	4,04±0,16 ^a	3,72±0,17 ^{abB}	3,57±0,15 ^{bc}	3,29±0,13 ^c	3,18±0,16 ^c				
izoleucin	Dan 0	4,09±0,17 ^c	4,35±0,17 ^{bc}	4,51±0,18 ^{abc}	4,78±0,17 ^{ab}	4,94±0,21 ^a				
	Dan 21	4,05±0,18 ^c	4,31±0,18 ^{bc}	4,40±0,20 ^{abc}	4,62±0,19 ^{ab}	4,81±0,21 ^a	***	NS	NS	
	Dan 42	4,00±0,18 ^b	4,26±0,18 ^{ab}	4,30±0,20 ^{ab}	4,52±0,19 ^a	4,71±0,20 ^a				
leucin	Dan 0	7,94±0,33 ^b	8,24±0,35 ^{ab}	8,52±0,35 ^{ab}	8,78±0,35 ^{ab}	8,94±0,37 ^a				
	Dan 21	7,89±0,33 ^b	8,19±0,35 ^{ab}	8,45±0,36 ^{ab}	8,70±0,37 ^{ab}	8,84±0,36 ^a	***	NS	NS	
	Dan 42	7,85±0,34	8,15±0,34	8,39±0,35	8,60±0,35	8,73±0,36				
lizin	Dan 0	8,35±0,34	8,45±0,40	8,13±0,32	7,81±0,29	7,72±0,29				
	Dan 21	8,27±0,34	8,33±0,36	8,05±0,33	7,72±0,31	7,61±0,32	NS	NS	NS	
	Dan 42	8,16±0,34	8,21±0,34	7,89±0,32	7,56±0,33	7,50±0,33				
ukupne EAK	Dan 0	37,23±0,50	37,81±1,26	37,81±1,46	37,82±0,64	37,97±0,10				
	Dan 21	36,80±0,53	37,22±1,22	37,11±1,45	37,09±0,60	37,31±0,13	NS	NS	NS	
	Dan 42	36,13±0,62	36,52±1,18	36,35±1,43	36,31±0,58	36,56±0,16				

a, b, c, d Vrednosti u istom redu s različitim slovima u superskriptu za isti parametar se statistički značajno razlikuju (P<0,05);

A, B Vrednosti u istoj koloni s različitim slovima u superskriptu za isti parametar se statistički značajno razlikuju (P<0,05);

*** P<0,001; NS - nije značajno

Tabela 5.18. Promene neesencijalnih aminokiselina (g/100 g proteina) u aminokiselinskom profilu frankfurtera u odnosu na formulaciju (F), vreme skladištenja (S) i njihovu interakciju (F×S)

Parametar	Vreme skladištenja	Formulacija				Nivo značajnosti			
		CON	G25	G50	G75	G100	F	S	F×S
asparaginska kiselina	Dan 0	9,55±0,39	9,28±0,27	9,26±0,24	9,15±0,26	8,97±0,37			
	Dan 21	9,46±0,37	9,18±0,27	9,16±0,24	9,05±0,26	8,87±0,37	NS	NS	NS
	Dan 42	9,37±0,37	9,08±0,27	9,06±0,24	8,98±0,26	8,79±0,37			
glutaminska kiselina	Dan 0	15,17±0,62	15,20±0,48	14,86±0,61	14,64±0,52	14,56±0,59			
	Dan 21	15,07±0,62	15,10±0,48	14,78±0,61	14,57±0,49	14,48±0,55	NS	NS	NS
	Dan 42	14,99±0,62	15,04±0,49	14,53±0,45	14,50±0,45	14,38±0,55			
serin	Dan 0	4,22±0,17	4,14±0,19	4,12±0,22	4,03±0,24	4,05±0,17			
	Dan 21	4,10±0,16	4,07±0,28	4,02±0,30	3,98±0,26	3,94±0,20	NS	NS	NS
	Dan 42	4,02±0,12	3,97±0,28	3,96±0,29	3,87±0,31	3,89±0,23			
histidin	Dan 0	3,82±0,16 ^a	3,64±0,18 ^{ab}	3,34±0,15 ^{bc}	3,03±0,14 ^{cd}	2,87±0,12 ^d			
	Dan 21	3,72±0,15 ^a	3,54±0,18 ^{ab}	3,24±0,15 ^{bc}	2,94±0,13 ^{cd}	2,76±0,21 ^d	***	NS	NS
	Dan 42	3,57±0,16 ^a	3,44±0,18 ^a	3,16±0,14 ^{ab}	2,92±0,16 ^{bc}	2,67±0,23 ^c			
glicin	Dan 0	4,58±0,19 ^a	4,49±0,24 ^a	4,13±0,22 ^{ab}	3,84±0,18 ^b	3,76±0,15 ^b			
	Dan 21	4,45±0,15 ^a	4,35±0,24 ^a	4,00±0,24 ^{ab}	3,71±0,18 ^b	3,67±0,15 ^b	***	NS	NS
	Dan 42	4,32±0,13 ^a	4,26±0,19 ^a	3,93±0,24 ^{ab}	3,59±0,15 ^b	3,56±0,15 ^b			
arginin	Dan 0	6,39±0,26	6,42±0,25	6,47±0,24	6,62±0,23	6,59±0,26			
	Dan 21	6,31±0,26	6,33±0,26	6,38±0,26	6,52±0,26	6,43±0,26	NS	NS	NS
	Dan 42	6,23±0,26	6,28±0,25	6,27±0,25	6,41±0,26	6,32±0,25			
alanin	Dan 0	6,64±0,27 ^a	6,26±0,26 ^{ab}	6,12±0,24 ^{ab}	5,85±0,25 ^b	5,76±0,23 ^b			
	Dan 21	6,44±0,27 ^a	6,05±0,28 ^{ab}	5,95±0,25 ^{ab}	5,68±0,27 ^b	5,57±0,27 ^b	***	NS	NS
	Dan 42	6,27±0,23 ^a	5,84±0,28 ^{ab}	5,78±0,25 ^{ab}	5,48±0,27 ^b	5,37±0,26 ^b			
tirozin	Dan 0	3,67±0,15 ^{abA}	3,56±0,19 ^{abA}	3,33±0,17 ^{bA}	2,73±0,12 ^c	2,43±0,10 ^c			
	Dan 21	3,38±0,16 ^{abAB}	3,19±0,14 ^{ab}	3,15±0,13 ^{abAB}	2,68±0,12 ^b	2,22±0,11 ^c	***	***	NS
	Dan 42	3,19±0,14 ^{ab}	3,06±0,12 ^{ab}	2,88±0,13 ^{abAB}	2,60±0,11 ^b	2,16±0,11 ^c			
cistein	Dan 0	1,54±0,06 ^{abA}	1,44±0,06 ^{abA}	1,32±0,07 ^{ba}	1,16±0,06 ^{ca}	1,05±0,04 ^c			
	Dan 21	1,32±0,08 ^{abB}	1,25±0,05 ^{abb}	1,12±0,08 ^{bcB}	1,07±0,05 ^{cdAB}	0,98±0,04 ^d	***	***	***
	Dan 42	1,19±0,05 ^{abB}	1,14±0,05 ^{abb}	1,04±0,05 ^{bcB}	0,97±0,05 ^{cb}	0,92±0,04 ^c			
prolin	Dan 0	5,12±0,21 ^a	4,97±0,24 ^a	5,02±0,15 ^a	4,02±0,18 ^b	3,74±0,15 ^b			
	Dan 21	5,05±0,21 ^a	4,91±0,23 ^a	4,94±0,20 ^a	3,90±0,17 ^b	3,53±0,16 ^b	***	NS	NS
	Dan 42	4,96±0,20 ^a	4,83±0,22 ^a	4,82±0,22 ^a	3,69±0,17 ^b	3,34±0,15 ^b			
ukupne NEAK	Dan 0	60,72±2,48 ^a	59,40±2,06 ^{ab}	57,96±1,22 ^{abc}	55,07±1,18 ^{bc}	53,77±2,19 ^c			
	Dan 21	59,30±2,37 ^a	57,96±2,08 ^{ab}	56,74±1,24 ^{abc}	54,11±1,31 ^{bc}	52,44±2,23 ^c	***	NS	NS
	Dan 42	58,13±2,16 ^a	56,95±1,98 ^{ab}	55,43±0,98 ^{abc}	52,99±1,24 ^{bc}	51,41±2,14 ^c			

^{a, b, c, d} Vrednosti u istom redu s različitim slovima u superskriptu za isti parametar se statistički značajno razlikuju (P<0,05);

^{A, B} Vrednosti u istoj koloni s različitim slovima u superskriptu za isti parametar se statistički značajno razlikuju (P<0,05);

*** P<0,001; NS - nije značajno

Utvrđeni trendovi se mogu objasniti nasledno uslovljenim aminokiselinskim sastavom proteina goveđeg i kozjeg mesa, koji se ne menja značajno u pripremljenoj hrani, kao i razlikama u starosti životinja (Ahmad i sar., 2018; Simon-Sarkadi, 2019). Iako nisu utvrđene značajne razlike ($P > 0,05$) u količinama esencijalnih aminokiselina valina i lizina i neesencijalnih aminokiselina asparaginske kiseline, glutaminske kiseline, serina i arginina od CON do G100, primetan je rast sadržaja valina i arginina, odnosno pad sadržaja lizina, asparaginske kiseline, glutaminske kiseline i serina. Pored toga, povećanje sadržaja arginina, leucina i izoleucina sa rastom udela kozjeg mesa u frankfurterima (tabele 5.17–5.18) u korelaciji je sa većim sadržajem ovih aminokiselina u kozjem mesu u odnosu na goveđe meso (Moawad i sar., 2013). Utvrđene vrednosti sadržaja pojedinačnih aminokiselina u proteinima CON (samo goveđe meso) i G100 (samo kozje meso) frankfurtera odgovaraju vrednostima sadržaja koje su prikazali Mazhangara i sar. (2019) u aminokiselinskom profilu proteina goveđeg i kozjeg mesa, s izuzetkom aminokiselina u goveđem mesu za koje su saopštili niže vrednosti sadržaja metionina, histidina i glicina (23, 29 i 29 mg/g proteina, respektivno), odnosno više vrednosti sadržaja valina i izoleucina (57 i 51 mg/g proteina, respektivno), a u kozjem mesu niže vrednosti sadržaja glicina (21 mg/g proteina), odnosno više vrednosti sadržaja arginina (75 mg/g proteina). Slično tome, utvrđene vrednosti sadržaja pojedinačnih aminokiselina u proteinima G100 (samo kozje meso) frankfurtera odgovaraju vrednostima sadržaja koje su saopštili Ivanović i sar. (2014) u aminokiselinskom profilu proteina mesa Srpske bele kože i Balkanske kože, s izuzetkom fenilalanina, histidina i tirozina (4,22 i 4,55, 3,62 i 3,84, 4,17 i 4,44 g/100 g proteina, respektivno), za koje su utvrdili veće vrednosti sadržaja, odnosno manju vrednost sadržaja za arginin (5,44 i 5,54 g/100 g proteina). Razlog postojanja razlika u sadržaju aminokiselina u poređenju sa prethodno navedenim istraživanjima može se objasniti različitom starosti životinja, rasom i vrstom mišića (Ahmad i sar., 2018). Sa nutritivnog stanovišta, važna je procena kvaliteta proteina, a prema tome i odnosa između esencijalnih i neesencijalnih aminokiselina. U tom smislu, utvrđeno povećanje prosečne vrednosti odnosa esencijalnih i neesencijalnih aminokiselina u nizu CON, G25, G50, G75 i G100 (0,62, 0,64, 0,65, 0,69 i 0,71, respektivno), ukazuje na veći kvalitet proteina u frankfurterima sa većim udelom kozjeg mesa. Moawad i sar. (2013) utvrdili su veću vrednost ovog odnosa (0,8) u poređenju sa G100 (0,71), što se može objasniti razlikom u rasi, jer su koristili meso 6–7 meseci starih koza egipatske rase Baladi. U odnosu na vreme skladištenja, nisu utvrđene značajne promene ($P > 0,05$) sadržaja aminokiselina u proizvodnim partijama frankfurtera od 0. do 42. dana, s uzuzetkom značajnog smanjenja ($P < 0,05$) količine fenilalanina kod G25, tirozina kod CON, G25 i G50 i cisteina kod CON, G25, G50 i G75. Trend opadanja sadržaja fenilalanina, tirozina i cisteina tokom vremena, pre svega je karakterističan za frankfurtere do G75 zbog većeg sadržaja ovih aminokiselina u goveđem mesu, a može se objasniti razvojem procesa proteolize i oksidacije proteina, s obzirom da primarni i sekundarni proizvodi oksidacije lipida podstiču oksidaciju proteina (Rabie i sar., 2014; Wazir i sar., 2019). Sličan trend rezultata za fenilalanin i tirozin utvrdili su Wazir i sar. (2019), koji su ispitivali aminokiselinski sastav proizvoda od goveđeg mesa tokom 24 nedelje skladištenja.

Takođe, razlike u koncentracijama određenih grupa isparljivih organskih jedinjenja u šaržama frankfurtera (tabele 5.11–5.16) povezane su sa većim sadržajem fenilalanina, tirozina, prolina, cisteina i metionina, ali i ukupnih aminokiselina u goveđem mesu, odnosno većim sadržajem izoleucina i leucina u kozjem mesu (tabele 5.17–5.18) gde putem Strecker-ove degradacije kao dela Maillard-ove reakcije doprinose nastajanju većih količina aldehida (Strecker-ovih aldehida), fenolnih jedinjenja, N- i S-heterocikličnih isparljivih organskih jedinjenja, odnosno kiseline razgranatog lanca (2-metilbutanska kiselina i 3-metilbutanska kiselina) i ostalih karboksilnih kiselina, alkohola, estara i dr.

5.9. Senzorna analiza

- Testiranje potrošača

Rezultati senzornih svojstava ispitivanih frankfurtera testiranjem potrošača u odnosu na njihovu formulaciju i vreme skladištenja su prikazani u tabeli 5.19. U osnovi, formulacija frankfurtera, vreme skladištenja i njihova interakcija nisu imali značajan uticaj ($P > 0,001$) na senzorna svojstva.

Tabela 5.19. Promene senzornih svojstava frankfurtera tokom testiranja potrošača u odnosu na formulaciju (F), vreme skladištenja (S) i njihovu interakciju (F×S)

Svojstvo	Vreme skladištenja	Formulacija					Nivo značajnosti		
		CON	G25	G50	G75	G100	F	S	F×S
boja	Dan 0	7,38±1,08	7,48±1,06	7,63±1,13	7,40±0,93	7,60±1,06			
	Dan 21	7,55±0,93	7,60±1,32	7,60±1,22	7,40±1,03	7,25±1,43	NS	NS	NS
	Dan 42	7,30±1,14	7,38±1,10	7,58±0,81	7,50±0,82	7,40±1,10			
miris	Dan 0	7,18±1,15	7,03±1,37	7,35±1,21	7,58±1,20	7,25±1,33			
	Dan 21	6,93±1,44	6,98±1,25	7,43±1,06	7,05±1,34	7,15±1,56	NS	NS	NS
	Dan 42	7,10±1,10	6,75±1,28	7,00±1,20	6,95±1,41	6,60±1,45			
ukus	Dan 0	7,35±1,19	7,48±1,22	7,43±1,41	7,55±1,11	7,50±1,34			
	Dan 21	7,03±1,59	7,03±1,62	7,43±1,24	7,35±1,39	7,30±1,56	NS	NS	NS
	Dan 42	6,68±1,19	6,48±1,34	7,08±1,25	6,93±1,25	6,53±1,43			
tekstura	Dan 0	7,15±1,08	7,30±1,11	7,38±1,13	7,10±0,93	7,48±1,13			
	Dan 21	7,15±1,44	7,38±1,33	7,10±1,24	7,35±1,05	7,65±1,10	NS	NS	NS
	Dan 42	6,78±1,12	6,75±1,19	7,18±0,98	7,03±1,07	6,88±1,45			
ukupna prihvatljivost	Dan 0	7,38±1,03	7,28±1,22	7,58±1,01	7,53±0,88	7,50±1,34			
	Dan 21	7,20±1,44	7,15±1,37	7,45±1,11	7,38±1,05	7,38±1,33	NS	NS	NS
	Dan 42	6,80±0,99	6,75±1,28	7,18±0,96	7,00±1,01	6,85±1,41			
atipičan miris	Dan 0	2,08±0,00	2,45±0,00	2,05±0,00	2,10±0,00	1,88±0,00			
	Dan 21	3,38±0,00	2,93±0,00	3,10±0,00	2,70±0,00	2,70±0,00	NS	NS	NS
	Dan 42	2,40±0,00	3,18±0,00	3,20±0,00	2,60±0,00	3,45±0,00			
atipičan ukus	Dan 0	2,58±0,00	2,55±0,00	2,18±0,00	2,00±0,00	1,98±0,00			
	Dan 21	3,55±0,00	3,10±0,00	3,18±0,00	2,53±0,00	2,80±0,00	NS	NS	NS
	Dan 42	3,03±0,00	3,18±0,00	3,05±0,00	2,90±0,00	3,60±0,00			

NS - nije značajno

Rezultati CATA analize pokazuju da su šarže frankfurtera imale vrlo slične senzorne profile ($P = 0,151$). Međutim, Cochran-ov Q test za svako ispitano svojstvo pokazuje da su postojale značajne razlike ($P < 0,05$) između GF frankfurtera u određenim posmatranim svojstvima (tabela 5.20).

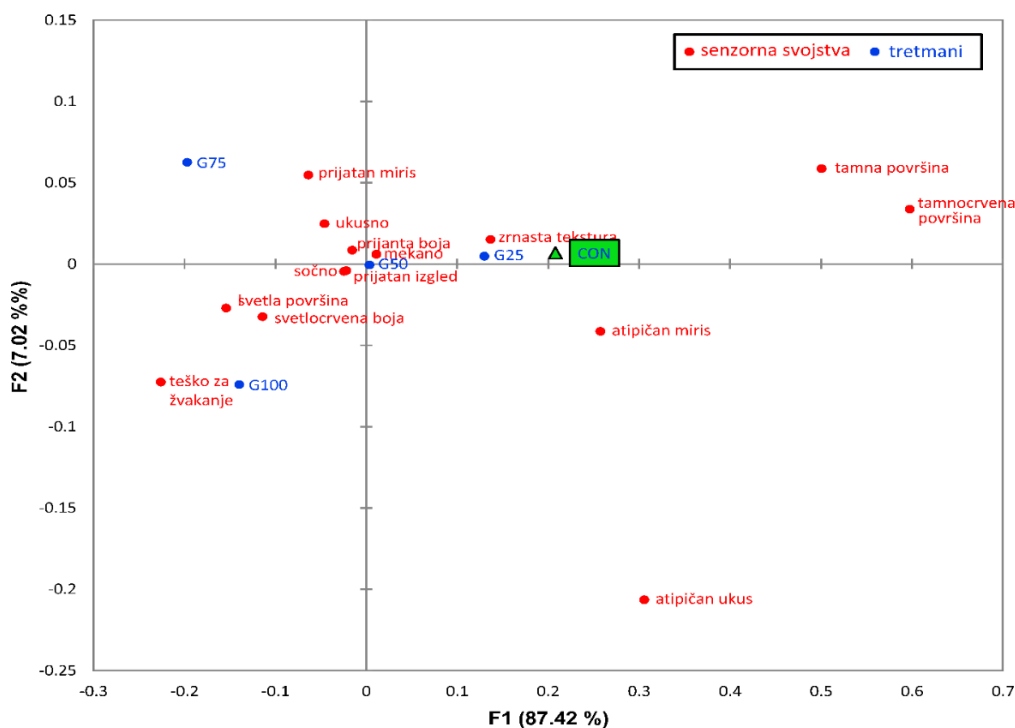
Analiza korespondencije koja se koristila za procenu deskriptora objasnila je 94,44% ukupnih varijacija (grafikon 5.1). Grafikon 5.1 pokazuje da su svi frankfurteri bili vrlo slični u pogledu senzornih svojstava. Od svih šarži, G75 se najmanje odlikuje atipičnim mirisom i atipičnim ukusom. Ogledna grupa G100 (koja sadrži samo meso starih koza) se najmanje odlikuje tamnom površinom i tamnocrvenom bojom, dok upoređivanjem sa drugim šaržama, uglavnom je uočena slaba žvakljivost.

Više od 70% potrošača smatralo je da su pozitivna senzorna svojstva prisutna i u GF i u CON (Da/Da - grafikon 5.2a). S druge strane, između 6,7% (za prijatnu boju) i 11,3% (za ukusno) potrošača označilo je da su ova svojstva prisutna u CON, ali ne i u GF (Ne/Da - grafikon 5.2a).

Tabela 5.20. Cochran-ov Q test za svako svojstvo frankfurtera

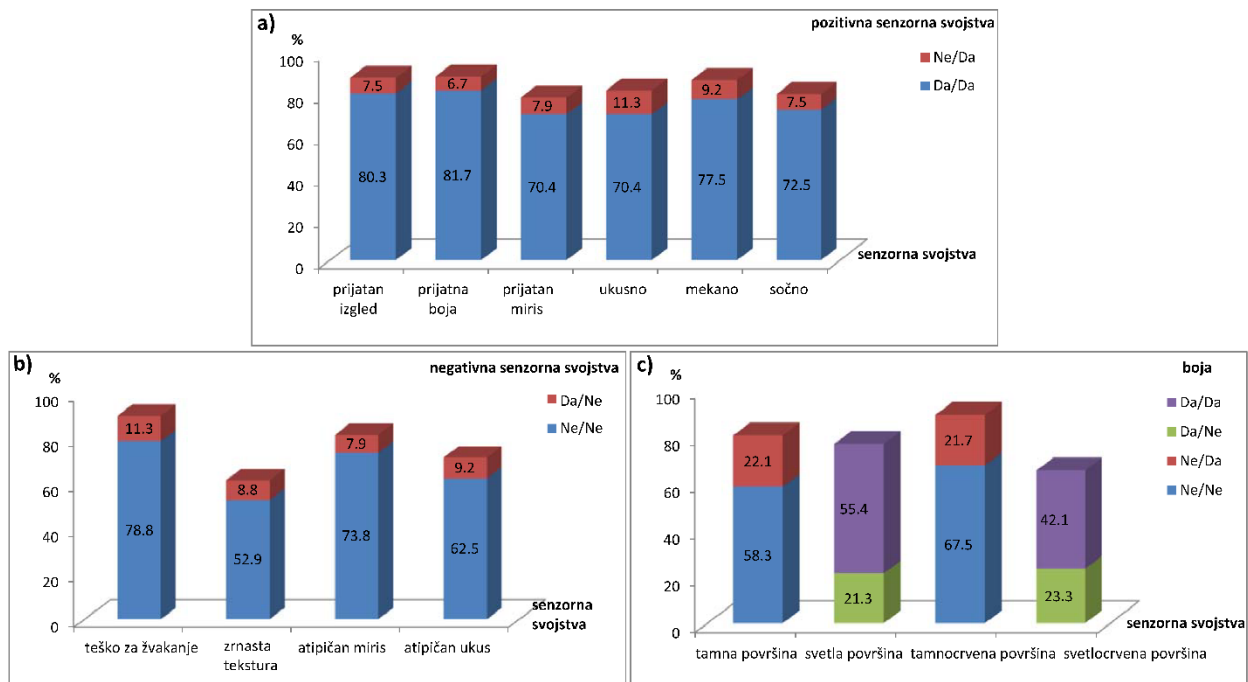
Svojstvo	P vrednost	Formulacija			
		G25	G50	G75	G100
prijatan izgled	0,354	0,867	0,883	0,933	0,933
prijatna boja	0,543	0,867	0,883	0,933	0,900
prijatan miris	0,002	0,783 ^b	0,783 ^b	0,983 ^a	0,817 ^b
ukusno	0,032	0,733	0,833	0,917	0,833
mekano	0,891	0,833	0,867	0,850	0,833
sočno	0,520	0,783	0,833	0,850	0,850
atipičan miris	0,036	0,183	0,183	0,083	0,117
atipičan ukus	0,030	0,233 ^a	0,183 ^{ab}	0,067 ^b	0,217 ^{ab}
teško za žvakanje	0,418	0,083	0,100	0,150	0,167
zrnasta tekstura	0,343	0,383	0,333	0,283	0,283
tamna površina	0,000	0,333 ^a	0,250 ^{ab}	0,100 ^b	0,100 ^b
svetla površina	0,000	0,617 ^b	0,700 ^{ab}	0,867 ^a	0,883 ^a
tamnocrvena boja	0,008	0,200	0,117	0,050	0,067
svetlocrvena boja	0,233	0,583	0,667	0,667	0,700

^{a, b} Vrednosti u istom redu s različitim slovima u superskriptu za isti parametar se statistički značajno razlikuju ($P < 0,05$)



Grafikon 5.1. Biplot projekcija šarži frankfurtera i senzornih svojstva u prvoj i drugoj dimenziji analize korespondencije, izvršene na osnovu podataka dobijenih iz CATA pitanja

U tom slučaju, srednje ocene prihvatljivosti bile su niže, od 1,0 (za mekano) do 2,9 (za ukusno). Rezultati u tabeli 5.20 pokazuju da je većina potrošača označila sva pozitivna senzorna svojstva kao prisutna u svim GF. Cochran-ov Q test pokazuje značajne razlike unutar GF samo u prijatnom mirisu i to između G75 i drugih GF. Takođe, većina potrošača, njih 78,3%, označili su da prijatan miris postoji i kod CON, dok je 86,7% označilo i CON grupu da je mekana.



Grafikon 5.2. Učestalost (%) odsustva (Ne) i prisustva (Da) senzornih svojstva u kozjim frankfurterima (GF) i njihovog istovremenog odsustva i prisustva u goveđim frankfurterima (CON) - GF/CON.

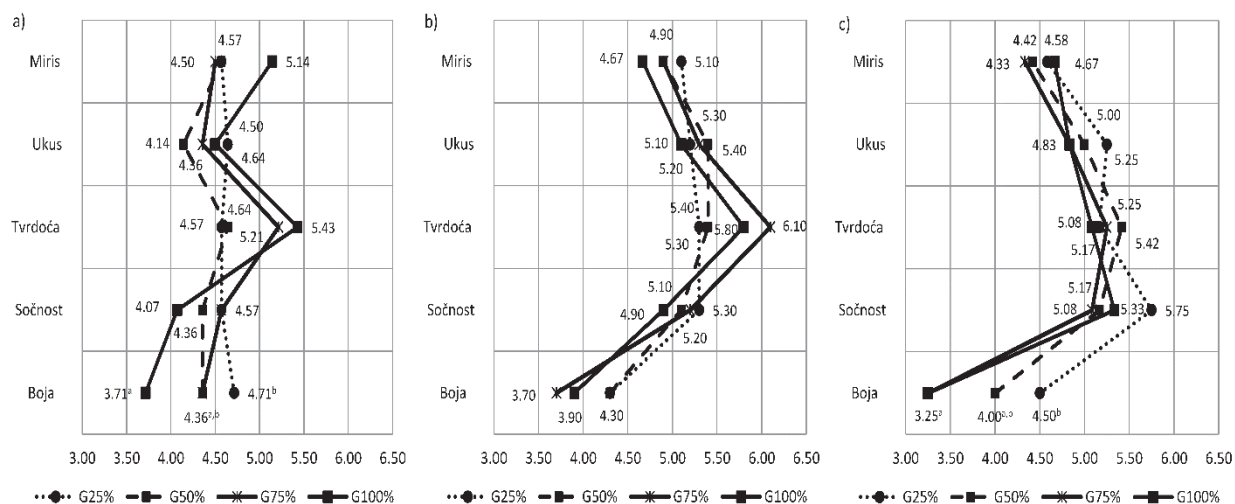
Negativna senzorna svojstva većinom nisu bila prisutna u GF i u CON (Ne/Ne - grafikon 5.2b). S druge strane, između 7,9% (za atipičan miris) i 11,3% (za teško za žvakanje) potrošača je označilo da su ova svojstva prisutna u GF, a nisu istovremeno prisutna u CON (Da/Ne - grafikon 5.2b). U tom slučaju, srednje ocene prihvatljivosti bile su niže, od 0,8 za zrnastu teksturu do 1,2 za atipičan miris. Rezultati u tabeli 5.20, takođe pokazuju da ova senzorna svojstva nisu bila često primećena kod pojedinačnih GF. Značajne razlike utvrđene su samo za atipičan ukus između G25 i G75. CON je bila češće obeležavana u odnosu na GF, od 18,3% za atipičan miris do 38,3% za zrnastu teksturu, osim za svojstvo teško za žvakanje (10%). Vrednosti za zrnastu teksturu i teško za žvakanje menjaju se postepeno sa povećanjem sadržaja kozjeg mesa, mada ne značajno ($P > 0,05$).

Većina potrošača označila je da tamna površina i tamnocrvena boja nisu bile prisutne kod GF i kod CON (Ne/Ne - grafikon 5.2c), dok je približno jedan od pet potrošača obeležio da nisu bile prisutne kod GF, ali prisutne kod CON (Ne/Da - grafikon 5.2c). Međutim, u tom slučaju, srednje ocene prihvatljivosti bile su niže za manje od 0,4, što zajedno sa rezultatima za prijatnu boju ukazuje da potrošači to ne doživljavaju kao negativan uticaj. Potrošači su češće primećivali ova svojstva sa povećanjem sadržaja kozjeg mesa, a značajne razlike su utvrđene između G25 i G75, a i G100 u pogledu tamne površine. CON je bila češće označena za ova svojstva nego GF: 38,3% (tamna površina) i 28,3% (tamnocrvena boja). U odnosu na svetlu površinu i svetlocrvenu boju, oko jedan od pet potrošača označio ih je kao prisutne u GF, ali ne i u CON (Da/Ne - grafikon 5.2c), što je u korelaciji sa rezultatima za tamnu površinu i tamnocrvenu boju. Oko 55% i 42% potrošača označilo je da su ova svojstva bila prisutna u GF i u CON (Da/Da - grafikon 5.2c). Ali u oba slučaja, srednje ocene prihvatljivosti nisu bile različite za više od 0,5. Učestalost potrošača koji su navodili ova dva svojstva postepeno se povećala kod kozjih frankfurtera. Značajne razlike utvrđene su kod svojstva svetla površina između G25 i G75, a i G100. CON je bila u manjem obimu označena za ova svojstva u odnosu na GF: 60,0% (svetla površina) i 46,7% (svetlocrvena boja). Ovi rezultati, zajedno sa rezultatima panel testa za boju, ukazuju da su razlike u svetloći i udelu crvene boje dobijene instrumentalnim merenjem boje primećene od strane potrošača i ocenjivača. Međutim, ovo nije doživljeno kao negativno, s obzirom da je više od 85% potrošača (tabela 5.20) označilo prijatnu boju prisutnom u svim GF.

Podaci u literaturi retki su u vezi sa kozjim frankfurterima, ali slično istraživanje ukazalo je na mogućnost upotrebe kozjeg mesa u proizvodnji usitnjenih proizvoda od mesa. Rezultati ovog istraživanja u skladu su sa istraživanjima Marshall i sar. (1977), koji su koristili do 40% mehanički otkoštenog kozjeg mesa u goveđim frankfurterima i izvestili da se senzorna svojstva frankfurtera nisu negativno izmenila. Bratcher i sar. (2011) su izvestili da kozji frankfurteri sa goveđom masnoćom i uljem od kanola nisu bili neprihvatljivi. Istraživanja drugih vrsta proizvoda od kozjeg mesa takođe su prijavila njihovu dobru prihvatljivost. Das i sar. (2009) su u svojim istraživanjima utvrdili dobru prihvatljivost proizvoda sličnog pljeskavici (engl. *patties*) od kozjeg mesa i zaključili da kozja mast može smanjiti ocene za aromu i opštu prihvatljivost. Paulos i sar. (2015) navode da su sveže kobasice od kozjeg mesa tvrđe i vlaknastije od onih koje su pripremljene od ovčetine i zaključili su da sveže kobasice pripremljene od mesa izlučenih koza mogu da nađu svoje mesto na tržištu. O dobroj prihvatljivosti svežih kobasica pripremljenih od mesa izlučenih koza i 30% svinjske masti takođe su izvestili Leite i sar. (2015).

- Panel test

Rezultati ispitivanja senzornih svojstava panela u odnosu na formulaciju i tokom vremena skladištenja frankfurtera prikazani su na grafikonu 5.3 i u tabeli 5.21.



Grafikon 5.3. Semantički diferencijalni grafikoni; (a) Dan 0; (b) Dan 21; (c) Dan 42. Srednje vrednosti u istom redu s različitim slovima u superskriptu za isti parametar se statistički značajno razlikuju ($P < 0,05$); Za svih pet senzornih svojstva, vrednost jednaka 5 odgovara CON.

Rezultati senzorne analize panela skale intenziteta (engl. *intensity scale test*) pokazuju da su GF ocenjeni vrlo slično CON i nisu utvrđene značajne razlike između njih u pogledu mirisa, ukusa, tvrdoće i sočnosti. Formulacija frankfurtera jedino je značajno uticala na boju. Ocenjivači su opisali GF kao svetlije u poređenju sa CON i više svetlije kako se povećavao sadržaj kozjeg mesa. Uzorci ogleadne grupe G25 su ocenjeni kao najpribližniji uzorcima frankfurtera kontrolne grupe (CON) i značajno različitim u odnosu na frankfurtere od samo kozjeg mesa (G100) 0. i 42. dana i u odnosu na G75 42. dana ispitivanja.

Rangiranje prema preferenciji (engl. *ranking test*) zahteva ocenjivanje upoređivanjem tri ili više uzoraka, koji se potom poređaju u niz prema dopadanju (Hein i sar., 2008). Rezultati pokazuju da je G50 kozji frankfurter sa najvišom sumom ranga u sva tri ocenjivanja, dok je frankfurter od samo kozjeg mesa (G100) bio najmanje poželjan (tabela 5.21). Nakon tri nedelje, promene koje su nastupile pokazuju statistički značajne razlike u opažaju dopadljivosti četiri uzorka (Friedman-ov

test $\chi^2=11,229$; $P<0,05$). Post hoc LSD test je utvrdio tri homogena podskupa sume ranga. Nisu utvrđene statistički značajne razlike na početku i na kraju vremena skladištenja (0. i 42. dan).

Tabela 5.21. Test rangiranja prema preferenciji frankfurtera tokom panel testa u odnosu na formulaciju (F) i vreme skladištenja (S)

Suma ranga ^{†,‡}							
Homogenost podskupa za $\alpha=0,05$							
Dan 0	Dan 21			Dan 42			
Preferencija	1	Preferencija	1	2	3	Preferencija	1
G50	41	G50	46			G50	42
G75	38	G75	39	39		G25	37
G100	32	G25		30	30	G75	31
G25	29	G100			25	G100	30

[†]n=14 (potpuni blok dizajn);

[‡]Četiri uzorka poređana su od 1 - najmanje poželjno do 4 - najviše poželjno (zasnovano na prihvatljivosti ocenjivača tokom panel testa)

5.10. Mikrobiološki kvalitet i bezbednost

Rezultati ispitivanja mikrobiološkog kvaliteta i bezbednosti u odnosu na formulaciju i vreme skladištenja frankfurtera prikazani su u tabeli 5.22. Formulacija frankfurtera, vreme skladištenja i njihova interakcija značajno ($P<0,001$) su uticali na ukupan broj bakterija iz familije *Enterobacteriaceae* (izuzev roda *Salmonella* spp. i *Escherichia coli*).

U odnosu na formulaciju frankfurtera, detektovano je jedino prisustvo bakterija iz familije *Enterobacteriaceae* (izuzev roda *Salmonella* spp. i *Escherichia coli*), međutim nije primećen jasan obrazac trenda ukupnog broja bakterija, osim što je utvrđena njihova najveća vrednost u G100, a promenljivost rezultata može se objasniti inicijalnom mikrobnom populacijom u nadevima frankfurtera koja je neujednačena i obično slična populaciji u svežem mesu (Ordóñez i sar., 1999) na koju mogu uticati različiti izvori (npr. kontaminacija tkiva životinja tokom klanja ili rasecanja bakterijama koje nastanjuju gastrointestinalni trakt i drugo) (Ferreira i sar., 2007). U odnosu na vreme skladištenja, detektovano je jedino prisustvo bakterija iz familije *Enterobacteriaceae* (izuzev roda *Salmonella* spp. i *Escherichia coli*), čiji se broj povećavao do 42. dana u CON, G25 i G100, dok u G50 i G75 nije detektovano prisustvo ovih bakterija. Trend porasta broja bakterija familije *Enterobacteriaceae* u saglasnosti je sa rezultatima Amaral i sar. (2020), koji su ispitivali kozju kobasicu sa udelom 75% mlevenog kozjeg mesa i utvrdili da se broj bakterija *Enterobacteriaceae* značajno povećao nakon 21 dana čuvanja na 4° C, kao i sa rezultatima Dharmaveer i sar. (2007), koji su ispitivali *chevon* kobasicu pripremljenu od mesa četiri godine starih koza, gde su utvrdili porast broja bakterija nakon 21 dana čuvanja u vakuum pakovanju na 4±1° C. Takođe, može se smatrati da su bakterije familije *Enterobacteriaceae*, katabolizmom slobodnih aminokiselina, doprinele stvaranju S- i N-heterocikličnih isparljivih organskih jedinjenja (tabele 5.15–5.16), koja su uglavnom povezana sa razgradnjom aminokiselina i oslobađanjem vodonik-sulfida (proizvod sumpornih aminokiselina), amonijaka iz mnogih aminokiselina i indola iz triptofana (Baylis i sar., 2011).

Opšte je poznato da *Enterobacteriaceae* pripadaju grupi Gram-negativnih, fakultativno anaerobnih asporogenih štapića. Međutim, potrebno je napomenuti, da je prisustvo niskog broja bakterija *Enterobacteriaceae* u hrani prihvatljivo i da kao takve ne predstavljaju neposrednu pretnju za bezbednost (Cordier, 2006) i često se koriste kao indikatori loše higijene tokom pripreme i proizvodnje hrane ali i merilo kvaliteta hrane i mogućeg kvara (Cordier, 2006; Baylis i sar., 2011).

Tabela 5.22. Promene broja bakterija (log CFU/g) familije *Enterobacteriaceae*, roda *Salmonella* spp. i *Escherichia coli* familije *Enterobacteriaceae*, *Listeria monocytogenes* i *Clostridium perfringens* u frankfurterima u odnosu na formulaciju (F), vreme skladištenja (S) i njihovu interakciju (F×S)

Bakterije	Vreme skladištenja		Formulacija					Nivo značajnosti				
	CON	G25	G50	G75	G100	F	S	F×S				
<i>Enterobacteriaceae</i>	Dan 0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd			
	Dan 21	nd	1,40±0,14 ^{bB}	nd	nd	3,22±0,30 ^a	***	***	***	***	***	***
	Dan 42	3,05±0,14 ^{aA}	1,70±0,10 ^{bA}	nd	nd	3,31±0,18 ^a						
<i>Salmonella</i> spp.	Dan 0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd		
	Dan 21	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd		
	Dan 42	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd		
<i>Escherichia coli</i>	Dan 0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd		
	Dan 21	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd		
	Dan 42	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd		
<i>Listeria monocytogenes</i>	Dan 0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd		
	Dan 21	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd		
	Dan 42	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd		
<i>Clostridium perfringens</i>	Dan 0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd		
	Dan 21	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd		
	Dan 42	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd		

^{a, b} Vrednosti u istom redu s različitim slovima u superskriptu za isti parametar se statistički značajno razlikuju (P<0,05);

^{A, B} Vrednosti u istoj koloni s različitim slovima u superskriptu za isti parametar se statistički značajno razlikuju (P<0,05);

*** P<0,001; nd - nije detektovano

Iako su šarže frankfurtera (CON i GF) prolazile kroz postupak termičke obrade, a zatim čuvane tokom skladištenja u vakuum pakovanju i na hladnom (0–4° C), prema Baylis i sar. (2011) prisustvo *Enterobacteriaceae* u ohlađenim namirnicama ne mora nužno ukazivati na propuste u procesu hlađenja ili nepravilno skladištenje, jer se na temperaturi 0–8° C samo podstiče inhibicija rasta ovih bakterija, ali ne i njihova inaktivacija. Preživljavanje, rast, kao i dugotrajni opstanak ovih bakterija u mesu i proizvodima od mesa zavise od nekoliko faktora, među kojima su prema Baylis i sar. (2011) najvažnija temperatura, pri čemu otpornost na toplotu zavisi od soja i karakteristika hrane (sadržaj masti i a_w vrednost preko 0,95), pH vrednost (najmanje 3,8) i pakovanje, mada je meso upakovano u vakuum podložno kvaru od strane bakterija iz familije *Enterobacteriaceae*.

Bakterije roda *Salmonella* spp. i *Escherichia coli* familije *Enterobacteriaceae*, *Listeria monocytogenes* i *Clostridium perfringens* nisu detektovane na početku, u toku i na kraju vremena skladištenja u šaržama frankfurtera, što ukazuje da nije bilo higijenskih propusta i da su sprovedene mere kontrole i održavanja visokog nivoa higijene (sprovedene su mere predviđene dobrom higijenskom praksom - engl. *Good Hygienic Practices - GHP*), kao i pravilne toplotne obrade (pasterizacija). Takođe, upotrebljena nitritna so u pripremi nadeva frankfurtera koja je koristan antimikrobni aditiv, kao i natrijum hlorid koji snižava aktivnost vode (a_w vrednost), zajedno doprinose sprečavanju razvoja patogenih mikroorganizama tokom vremena skladištenja (Nkrumah i Akwetey, 2018; Teixeira i sar., 2020).

6. ZAKLJUČCI

Na osnovu dobijenih rezultata ispitivanja o uticaju upotrebe različitih udela mesa od izlučenih koza u formulaciji fino usitnjenih barenih kobasica, u tipu frankfurtera od govedeg mesa, na kraju procesa proizvodnje i tokom skladištenja u vakuum pakovanju, izvedeni su sledeći zaključci:

1. Formulacija frankfurtera, vreme skladištenja i njihova interakcija nisu značajno uticali na osnovni hemijski sastav, kolo toplote obrade i sadržaj ukupnog fosfora. Sve šarže frankfurtera ispunjavaju zahteve propisane za kvalitet proizvoda od mesa u pogledu sadržaja proteina (>11% za frankfurtere i >10% za ostale proizvode) i sadržaja ukupnog fosfora (<8,0 g/kg).
2. Tokom skladištenja nisu utvrđene značajne razlike između frankfurtera različitih formulacija u pogledu iscedka, iako su se vrednosti sadržaja iscedka značajno povećale kod oglednih grupa G25, G50 i G75 na kraju perioda skladištenja. Formulacija frankfurtera značajno je uticala na sadržaj kolagena u ukupnim proteinima, tako da su u svim GF frankfurterima utvrđene veće vrednosti u poređenju sa CON, uz značajne razlike na početku procesa proizvodnje i na kraju perioda skladištenja kod G75 i G100. Sve ogledne grupe frankfurtera ispunjavaju zahtev propisan za kvalitet proizvoda od mesa u pogledu sadržaja kolagena u ukupnim proteinima (<20% za frankfurtere i <25% za ostale proizvode).
3. Formulacija frankfurtera, vreme skladištenja i njihova interakcija uticali su značajno na promene pH vrednosti i sadržaja rezidualnog nitrita. Kod oba ova parametra u svim GF frankfurterima utvrđene su veće vrednosti u poređenju sa CON. Tokom 42 dana skladištenja obimi smanjenja pH vrednosti u svim šaržama frankfurtera bili su veoma slični (0,24–0,26 jedinica), dok je najveće smanjenje sadržaja rezidualnog nitrita utvrđeno u G100 (48,1%), a najmanje u CON (6,7%). Sve šarže frankfurtera ispunjavaju zahtev propisan za upotrebu prehrambenih aditiva u proizvodima od mesa u pogledu količine nitrita koja se može dodati tokom proizvodnje (<150 mg/kg).
4. Formulacija frankfurtera i vreme skladištenja značajno su uticali na instrumentalne parametre boje (L*, a*, b*, C*), dok je na ugao *hue* (h) uticalo samo vreme skladištenja, pri čemu interakcija faktora nije značajno uticala na bilo koji od posmatranih parametara. Suprotno vrednostima parametra svetloće (L*), vrednosti za udeo crvene boje (a*), udeo žute boje (b*) i zasićenost (intenzitet) boje (C*) postepeno su opadale sa povećanjem sadržaja kozjeg mesa. U svim frankfurterima izmerene vrednosti za L*, b* i h bile su veće tokom skladištenja sa značajnim razlikama između početka i kraja skladištenja (kod L* i 21. dana), dok su izmerene vrednosti za a* i C* u svim frankfurterima bile manje, ali bez značajnih razlika, osim u šarži G75. Vrednosti TCD postepeno su se povećavale sa rastom sadržaja kozjeg mesa u formulaciji.
5. U pogledu parametara instrumentalne teksture rezultati ukazuju da formulacija frankfurtera nije značajno uticala na tvrdoću, adhezivnost i žvakljivost. Trend značajnog povećanja vrednosti za elastičnost i kohezivnost utvrđen je sa povećanjem sadržaja kozjeg mesa u formulaciji frankfurtera. Tokom skladištenja vrednosti svih ispitivanih parametara instrumentalne teksture nisu se (uglavnom) značajno menjali.
6. Formulacija frankfurtera, vreme skladištenja i njihova interakcija imali su značajan uticaj na stabilnost masti, odnosno na sadržaj slobodnih masnih kiselina i vrednost peroksidnog broja. Sadržaj slobodnih masnih kiselina smanjio se sa povećanjem udela kozjeg mesa samo na početku skladištenja, sa značajnom razlikom između CON i svih GF šarži (osim G25). Tokom skladištenja značajno se povećao u svim šaržama frankfurtera, sa najvećim relativnim procentualnim rastom na kraju skladištenja kod G100 (40%), a najmanjim kod CON (19,4%). Vrednosti peroksidnog broja značajno su bile veće u frankfurterima sa 75% i

- više udela kozjeg mesa od 21. dana, sa značajnim povećanjem (osim kod G25) 42. dana, pri čemu je najveći relativni procentualni rast tokom skladištenja utvrđen kod CON (71,4%).
7. Formulacija frankfurtera je imala značajan uticaj na profil masnih kiselina. Sadržaj SFA postepeno je opadao, dok je sadržaj PUFA postepeno rastao sa povećanjem udela kozjeg mesa u formulaciji, uz značajne razlike između CON i G100. Povećanjem sadržaja kozjeg mesa u frankfurterima, u sva tri preseka (termina ispitivanja) je utvrđen trend progresivnog povećanja sadržaja α -linoleinske kiseline (ALA), eikozapentaenoinske kiseline (EPA) i dokozaheksaenoinske kiseline (DHA), sa značajnom razlikom između CON i svih GF frankfurtera. Odnosi n-6/n-3 progresivno i značajno su se smanjili od CON do G100, približavajući se preporučenim vrednostima.
 8. U smislu nutritivnih svojstava, formulacija frankfurtera, vreme skladištenja i njihova interakcija imali su značajan uticaj na sadržaj ugljenih hidrata, aterogeni indeks (AI), trombogeni indeks (TI) i indeks kvaliteta lipida mesa (FLQ), na energetske vrednosti nisu imali značajan uticaj, dok je na koeficijent rastojanja (D) značajno uticalo samo vreme skladištenja. U suštini, sadržaj ugljenih hidrata je bio niži kod GF sa značajnim razlikama između CON i G100. Tokom skladištenja značajne promene sadržaja ugljenih hidrata utvrđene su samo kod CON i G25. Vrednosti aterogenog i trombogenog indeksa bile su niže od CON do G100, dok je vrednost indeksa kvaliteta lipida mesa bila viša. Najmanje vrednosti nutritivnih indeksa AI i TI (0,89–0,91 i 2,99–3,02, respektivno) i najveće vrednosti indeksa kvaliteta lipida mesa (0,13–0,15) utvrđene su u šarži G100. Tokom skladištenja, ne može se govoriti o postojanju trendova značajnih promena u vrednostima aterogenog indeksa, trombogenog indeksa i indeksa kvaliteta lipida mesa. Između vrednosti D nisu utvrđene značajne razlike sa povećanjem sadržaja kozjeg mesa, mada je trend povećanja primetan. Slično tome primećen je trend povećanja od 0. do 42. dana, mada je značajna razlika utvrđena u $D_{CON-G25}$ (poređenje CON i G25) i $D_{CON-G75}$ (poređenje CON i G75).
 9. Formulacija frankfurtera i vreme skladištenja, kao i njihova interakcija, značajno su uticali na sadržaj isparljivih organskih jedinjenja, s izuzetkom etil oktanoata (samo pod uticajem formulacije), furan-2-ilmetantiola (samo pod uticajem vremena skladištenja) i 2,6-dimetilpirazina (nema značajnog uticaja interakcije F×S). Razlike u sadržajima isparljivih organskih jedinjenja prema formulaciji i vremenu skladištenja prvenstveno su posledica manjeg stepena nezasićenosti masti i većeg sadržaja fenilalanina, tirozina, prolina, cisteina i metionina, ali i ukupnih aminokiselina i redukujućih šećera u goveđem mesu, odnosno većeg stepena nezasićenosti masti i većeg sadržaja izoleucina i leucina u kozjem mesu, što je uslovljeno načinom ishrane, uticajem vrsta i fiziološkom starosti životinja.
 10. Formulacija frankfurtera, vreme skladištenja i njihova interakcija nisu imali značajan uticaj na sadržaj ukupnih esencijalnih aminokiselina, dok je na sadržaj ukupnih neesencijalnih aminokiselina značajno uticala samo formulacija frankfurtera. Posmatrano pojedinačno za svaku aminokiselinu, utvrđen je značajan uticaj formulacije frankfurtera, vremena skladištenja i njihove interakcije na sadržaj cisteina, zatim značajan uticaj formulacije frankfurtera i vremena skladištenja na sadržaj fenilalanina i tirozina, odnosno značajan uticaj formulacije frankfurtera na sadržaj treonina, metionina, izoleucina, leucina, histidina, glicina, alanina i prolina. Povećanje prosečne vrednosti odnosa esencijalnih i neesencijalnih aminokiselina utvrđeno je u nizu CON, G25, G50, G75 i G100 (0,62, 0,64, 0,65, 0,69 i 0,71, respektivno). Tokom skladištenja značajno smanjenje sadržaja je određeno kod fenilalanina u G25, odnosno tirozina i cisteina u frankfurterima do 50% i 75% udela kozjeg mesa, respektivno.
 11. Progresivno veće izmerene vrednosti svetloće i manji udeo crvene boje (L^* i a^* vrednosti) sa povećanjem udela kozjeg mesa u formulaciji, takođe je primećeno od strane potrošača, ali nije negativno percipirano. Analiza check-all-that-apply (CATA) pokazuje da je više od

80% potrošača označilo prijatnu boju kao prisutnu i kod kozjih frankfurtera i kod CON. Slično je utvrđeno i za prijatan izgled, prijatan miris, ukusno, mekano i sočno. Pored toga, atipičan ukus i miris uglavnom nisu prepoznati kao prisutni (73,8% i 62,5%, respektivno). Ocenjivači su istakli uzorke frankfurtera ogledne grupe G50 kao najpoželjnije, a za potrošače su to bili uzorci iz ogledne grupe G75.

12. Mikrobiološkim ispitivanjem frankfurtera nije utvrđeno prisustvo bakterija roda *Salmonella* spp. i *Escherichia coli* familije *Enterobacteriaceae*, *Listeria monocytogenes* i *Clostridium perfringens*. Formulacija frankfurtera, vreme skladištenja i njihova interakcija značajno su uticali na ukupan broj bakterija familije *Enterobacteriaceae* (izuzev roda *Salmonella* spp. i *Escherichia coli*), ali nije uočen jasan obrazac trenda, osim što je utvrđena najveća vrednost kod G100 i povećanje do 42. dana u oglednim grupama CON, G25 i G100.

Istraživanja sprovedena u okviru ove disertacije nisu utvrdila negativan uticaj upotrebe mesa od izlučenih koza na fizičko-hemijska, tehnološka, nutritivna, senzorna i mikrobiološka svojstva fino usitnjenih barenih kobasica, u tipu frankfurtera, kao ni na njihovu stabilnost tokom šestonedelnog skladištenja u vacuum pakovanju. U pogledu senzornih svojstava mogu se izdvojiti frankfurteri sa 50% i 75% kozjeg mesa u formulaciji, koje su panel ocenjivači i potrošači, respektivno, ocenili kao najprihvatljiviji. Bolja iskorišćenost i dodatna vrednost mesa od starih i izlučenih koza mogu se postići njegovom eksploatacijom u proizvodnji dobro poznatih i rado konzumiranih proizvoda od mesa, kao što su frankfurteri.

7. LITERATURA

- Adler-Nissen, J., Ekgreen, M. H., Risum, J. (2014). Practical use of nitrite and basis for dosage in the manufacture of meat products. Technical University of Denmark, National Food Institute, Søborg, Denmark, pp. 7-11. (www.food.dtu.dk)
- Ahmad, R. S., Imran, A., Hussain, M. B. (2018). Nutritional composition of meat. In: Arshad, M. S. (Ed.), *Meat Science and Nutrition*. IntechOpen, London, UK, pp. 61-77. (<https://doi.org/10.5772/intechopen.77045>)
- Akhtar, T. A., Pichersky, E. (2013). Veratrole biosynthesis in white campion. *Plant Physiology*, 162 (1): 52-62. (<https://doi.org/10.1104/pp.113.214346>)
- Alirezalu, K., Hesari, J., Nemati, Z., Munekata, P. E. S., Barba, F. J., Lorenzo, J. M. (2019). Combined effect of natural antioxidants and antimicrobial compounds during refrigerated storage of nitrite-free frankfurter-type sausage. *Food Research International*, 120: 839-850. (<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.11.048>)
- Amaral, A. B., Silva, M. V., Lannes, S. C. S. (2018). Lipid oxidation in meat: mechanisms and protective factors - a review. *Food Science and Technology*, 38 (Suppl. 1): 1-15. (<https://dx.doi.org/10.1590/fst.32518>)
- Amaral, D. S., Cardelle-Cobas, A., Dias, C. C. Q., Lima, D. A. S., Pereira, S. F., Arcanjo, N. M. O., Dalmás, P. S., Madruga, M. S., Pintado, M. M. E. (2020). Low fat goat meat sausage with chitosan-glucose Maillard reaction product: impact on quality and shelf life. *Food Science and Technology (Campinas)*, 40 (1): 132-139. (<https://doi.org/10.1590/fst.34018>)
- Anaeto, M., Adeyeye, J. A., Chioma, G. O., Olarinmoye, A. O., Tayo, G. O. (2010). Goat products: Meeting the challenges of human health and nutrition. *Agriculture and Biology Journal of North America*, 1 (6): 1231-1236. (<http://dx.doi.org/10.5251/abjna.2010.1.6.1231.1236>)
- Ansorena, D., Astiasaran, I. (2008). Ingredients: Meat, fat and salt. In: Nollet, L. M. L., Toldrá, F. (Eds.), *Handbook of processed meats and poultry analysis*. CRC Press, Boca Raton, USA, pp. 69-91. (<https://doi.org/10.1201/9781420045338>)
- AOAC 982.30 (2006). Protein Efficiency Ratio. In: *Official Methods of Analysis*. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA.
- AOAC 986.25 (1988). Proximate analysis of milk-based infant formula. In: *Official Methods of Analysis*. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA.
- Ba, H. V., Hwang, I., Jeong, D., Amna, T. (2012). Principle of meat aroma flavors and future prospect. In: Akyar, I. (Ed.), *Latest research into quality control*. IntechOpen Limited, London, UK, pp. 145-176. (<http://dx.doi.org/10.5772/51110>)
- Ba, H. V., Amna, T., Hwang, I. (2013). Significant influence of particular unsaturated fatty acids and pH on the volatile compounds in meat-like model systems. *Meat Science*, 94 (4): 480-488. (<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.04.029>)
- Babiker, S. A., El Khider, I. A., Shafie, S. A. (1990). Chemical composition and quality attributes of goat meat and lamb. *Meat Science*, 28 (4): 273-277. ([https://doi.org/10.1016/0309-1740\(90\)90041-4](https://doi.org/10.1016/0309-1740(90)90041-4))
- Banerjee, R., Verma, A. K., Das, A. K., Rajkumar, V., Shewalkar, A. A., Narkhede, H. P. (2012). Antioxidant effects of broccoli powder extract in goat meat nuggets. *Meat Science*, 91 (2): 179-184. (<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.01.016>)

- Banerjee, D. K., Das, A. K., Banerjee, R., Pateiro, M., Nanda, P. K., Gadekar, Y. P., Biswas, S., McClements, D. J., Lorenzo, J. M. (2020). Application of Enoki mushroom (*Flammulina Velutipes*) stem wastes as functional ingredients in goat meat nuggets. *Foods*, 9 (4): 432. (<https://doi.org/10.3390/foods9040432>)
- Bao, Y., Ertbjerg, P. (2019). Effects of protein oxidation on the texture and water-holding of meat: a review. *Critical Reviews in Food, Science and Nutrition*, 59 (22): 3564-3578. (<https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1498444>)
- Barbut, S. (1999). Advances in Determining Meat Emulsion Stability. In: Xiong, Y. L., Chi-Tang, H., Shahidi, F. (Eds.), *Quality Attributes of Muscle Foods*. Springer, Boston, MA, USA, pp. 353-364. (https://doi.org/10.1007/978-1-4615-4731-0_24)
- Barros, J. C, Munekata, P. E. S., de Carvalho, F. A. L., Pateiro, M., Barba, F. J., Domínguez, R., Trindade, M. A., Lorenzo, J. M. (2020). Use of Tiger nut (*Cyperus esculentus* L.) oil emulsion as animal fat replacement in beef burgers. *Foods*, 9 (1): 44. (<https://doi.org/10.3390/foods9010044>)
- Batista, A. S. M., Beserra, F. J., Silva, E. M. C. (2005). Exploitation of goat meat of animals of discarding in the formularization of a raw inlaid work type to hamburger. *Higiene Alimentar*, 19 (136): 13-18. (<https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-421569>)
- Bawa, A. S., Singh, N. (2000). Effect of incorporating extruded wheat flour on the quality of goat meat sausages. *Journal of Scientific and Industrial Research*, 59 (3): 241-245. (<http://nopr.niscair.res.in/handle/123456789/17771>)
- Baylis, C., Uyttendaele, M., Joosten, H., Davies, A. (2011). The *Enterobacteriaceae* and their significance to the Food industry. ILSI Europe, Brussels, Belgium, pp. 1-48. (<http://ilsi.eu/wp-content/uploads/sites/3/2016/06/EP-Enterobacteriaceae.pdf>)
- Beilenson, S. (2016). *The pocket calorie counter - The complete, discreet and portable guide for managing your health (revised and updated edition)*. Peter Pauper Press Inc., NY, USA, pp. 53-54. (<https://books.google.rs/books?id=NjupDAAAQBAJ>)
- Belitz, H. D., Grosch, W., Schieberle, P. (2009). Aroma compounds. In: Belitz, H. D., Grosch, W., Schieberle, P. (Eds.), *Food chemistry (4th revised and extended edition)*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, Germany, pp. 340-402. (https://doi.org/10.1007/978-3-540-69934-7_6)
- Benjamin, N., Collins, J. (2003). Nitrite. In: Russell, N. J., Gould, G. W. (Eds.), *Food Preservatives (2nd edition)*. Springer, Boston, MA, USA, pp. 102-118. (https://doi.org/10.1007/978-0-387-30042-9_6)
- Beserra, F. J., Melo, L. R. R., Rodrigues, M. C. P., Silva, E. M. C., Nassu, R. T. (2003). Development and physico-chemical and sensory characterization of a ham-like cooked product of goat meat. *Ciência Rural*, 33 (6): 1141-1147. (<https://doi.org/10.1590/S0103-84782003000600022>)
- Bhandare, S. G. (2014). Ethnic meat products: India and Pakistan. In: Dikeman, M., Devine, C. (Eds.), *Encyclopedia of Meat Sciences (2nd edition)*. Elsevier, London, UK, Volume 1, pp. 538-542. (<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384731-7.00220-8>)
- Bilecen, D., Kiliç, B. (2019). Determining the effects of encapsulated polyphosphates on quality parameters and oxidative stability of cooked ground beef during storage. *Food Science and Technology*, 39 (Suppl. 1): 341-347. (<https://dx.doi.org/10.1590/fst.03518>)

- Biller, E., Boselli, E., Obiedziński, M., Karpiński, P., Waszkiewicz-Robak, B. (2016). The profile of volatile compounds in the outer and inner parts of broiled pork neck is strongly influenced by the acetic-acid marination conditions. *Meat Science*, 121: 292-301. (<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.06.029>)
- Bombarelli, R. G., Calle, E., Casado, J. (2013). Mechanisms of lactone hydrolysis in acidic conditions. *The Journal of Organic Chemistry*, 78 (14): 6880-6889. (<https://doi.org/10.1021/jo4002596>)
- Böttchera, T., Sieber, S. A. (2012). β -Lactams and β -lactones as activity-based probes in chemical biology. *Medicinal Chemistry Communications*, 3 (4): 408-417. (<http://dx.doi.org/10.1039/C2MD00275B>)
- Bourne, M. C. (2002). Texture, Viscosity and Food. In: Bourne, M. C. (Ed.), *Food Texture and Viscosity* (2nd edition). Academic Press, London, UK, pp. 1-32. (<https://doi.org/10.1016/B978-012119062-0/50001-2>)
- Brainard, D. H. (2003). Color appearance and color difference specification. In: Shevell, S. K. (Ed.), *The science of color* (2nd edition). Elsevier Science Ltd., Amsterdam, NL, pp. 191-216. (<https://doi.org/10.1016/B978-044451251-2/50006-4>)
- Bratcher, C. L., Dawkins, N. L., Solaiman, S., Kerth, C. R., Bartlett, J. R. (2011). Texture and acceptability of goat meat frankfurters processed with 3 different sources of fat. *Journal of Animal Science*, 89 (5): 1429-1433. (<https://doi.org/10.2527/jas.2010-3398>)
- Breukink, H. R., Casey, N. H. (1989). Assessing the acceptability of processed goat meat. *South African Journal of Animal Science*, 19 (2): 76-80. (<https://www.ajol.info/index.php/sajas/article/view/138954>)
- Brookfield (2014). What is texture analysis?. In: *Brookfield engineering catalogue 2014*, pp. 56-57. (<https://www.scribd.com/document/323227071/2014-Catalog>)
- CAC/GL 2-1985 (2017). Guidelines on Nutrition Labelling. Codex Alimentarius Commission, Food and Agriculture Organization of the United Nations and World Health Organization, Rome, Geneva.
- Casey, N. H. (1992). Goat meat in human nutrition. In: *Proceedings of the International Conference on Goats*, New Delhi, 2 (Part II): 582-596. (<https://pdfs.semanticscholar.org/1162/716037f673b436bb47e638ccec1ee40683c9.pdf>)
- Casey, N. H., Webb, C. (2010). Managing goat production for meat quality. *Small Ruminant Research*, 89 (2-3): 218-224. (<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2009.12.047>)
- Castrica, M., Rebucci, R., Giromini, C., Tretola, M., Cattaneo, D., Baldi, A. (2019). Total phenolic content and antioxidant capacity of agri-food waste and by-products. *Italian Journal of Animal Science*, 18 (1): 336-341. (<https://doi.org/10.1080/1828051X.2018.1529544>)
- Chattoraj, D. K., Bose, A. N., Sen, M., Chatterjee, P. (1979). Physico-chemical studies of model meat emulsion in relation to the preparation of stable sheep and goat meat sausage. *Journal of Food Science*, 44 (6): 1695-1699. (<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1979.tb09118.x>)
- Chen, L., Capone, D. L., Jeffery, D. W. (2019). Analysis of potent odour-active volatile thiols in foods and beverages with a focus on wine. *Molecules*, 24 (13): 2472. (<https://doi.org/10.3390/molecules24132472>)

- Cherroud, S., Cachaldora, A., Fonseca, S., Laglaoui, A., Carballo, J., Franco, I. (2014). Microbiological and physicochemical characterization of dry-cured Halal goat meat. Effect of salting time and addition of olive oil and paprika covering. *Meat Science*, 98 (2): 129-134. (<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.05.018>)
- Chigwedere, C. M., Tadele, W. W., Yi, J., Wibowo, S., Kebede, B. T., Van Loey, A. M., Grauwet, T., Hendrickx, M. E. (2019). Insight into the evolution of flavor compounds during cooking of common beans utilizing a headspace untargeted fingerprinting approach. *Food Chemistry*, 275: 224-238. (<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.080>)
- CIE Colorimetry (1986). CIE No. 15.2 (2nd edition). Central Bureau of the Commission Internationale de L'Ectarge, Vienna.
- Claus, J. R., Hunt, M. C., Kastner, C. L., Kropf, D. H. (1990). Low-fat, high-added water bologna: effects of massaging, preblending, and time of addition of water and fat on physical and sensory characteristics. *Journal of Food Science*, 55 (2): 338-341. (<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1990.tb06757.x>)
- Cobos, Á., Díaz, O. (2014). Chemical Composition of Meat and Meat Products. In: Cheung, P. C. K., Mehta, B. M. (Eds.), *Handbook of Food Chemistry*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, Germany, pp. 1-32. (https://doi.org/10.1007/978-3-642-41609-5_6-1)
- Corazzin, M., Del Bianco, S., Bovolenta, S., Piasentier, E. (2019). Carcass characteristics and meat quality of sheep and goat. In: Lorenzo, J. M., Munekata, P. E. S., Barba, F. J., Toldrá, F. (Eds.), *More than beef, pork and chicken - The production, processing, and quality traits of other sources of meat for human diet*. Springer International Publishing, Cham, CH, pp. 119-165. (https://doi.org/10.1007/978-3-030-05484-7_6)
- Cordier, J. L. (2006). 17 - Enterobacteriaceae. In: Motarjemi, Y., Adams, M. (Eds.), *Woodhead publishing series in food science, technology and nutrition, Emerging foodborne pathogens*. Woodhead Publishing, Cambridge, UK, pp. 450-475. (<https://doi.org/10.1533/9781845691394.2.450>)
- Corley, M. M., Ward, J. (2013). Expression of fat and cholesterol biomarkers in meat goats. *Journal of Molecular Biology Research*, 3 (1): 78-90. (<http://dx.doi.org/10.5539/jmbr.v3n1p78>)
- Corral, S., Leitner, E., Siegmund, B., Flores, M. (2016). Determination of sulphur and nitrogen compounds during the processing of dry fermented sausages and their relation to amino acid generation. *Food Chemistry*, 190: 657-664. (<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.06.009>)
- Cosenza, G. H., Williams, S. K., Johnson, D. D., Sims, C., McGowan, C. H. (2003a). Development and evaluation of a fermented cabrito snack stick product. *Meat Science*, 64 (1): 51-57. ([https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(02\)00147-X](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(02)00147-X))
- Cosenza, G. H., Williams, S. K., Johnson, D. D., Sims, C., McGowan, C. H. (2003b). Development and evaluation of a cabrito smoked sausage product. *Meat Science*, 64 (2): 119-124. ([https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(02\)00148-1](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(02)00148-1))
- Dalmás, P. S., Bezerra, T. K. A., Morgano, M. A., Milani, R. F., Madruga, M. S. (2011). Development of goat pâté prepared with 'variety meat'. *Small Ruminant Research*, 98 (1-3): 46-50. (<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.03.016>)

- Das, H. (2003). Quality and stability of marinated and cooked goat meat stored at ambient temperature. *Journal of Food Science and Technology – Mysore*, 40 (6): 615-621. (<https://www.semanticscholar.org/paper/Quality-and-stability-of-marinated-and-cooked-goat-Das/b490804b0aea4c48d56450ed34340c39608e187d>)
- Das, A. K., Anjaneyulu, A. S. R., Kondaiah, N., Verma, A. K. (2007). Effect of levels of full-fat soy paste on quality of goat meat patties. *Journal of Food Science and Technology – Mysore*, 44 (3): 323-326. (https://www.academia.edu/19155232/Effect_of_levels_of_full_fat_soy_paste_on_quality_of_goat_meat_patties)
- Das, A. K., Anjaneyulu, A. S. R., Gadekar, Y. P., Singh, R. P., Pragati, H. (2008). Effect of full-fat soy paste and textured soy granules on quality and shelf-life of goat meat nuggets in frozen storage. *Meat Science*, 80 (3): 607-614. (<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.02.011>)
- Das, A. K., Anjaneyulu, A. S. R., Rajendran, T., Kondaiah, N. (2009). Effect of different fats on the quality of goat meat patties incorporated with full-fat soy paste. *Journal of Muscle Foods*, 20 (1): 37-53. (<https://doi.org/10.1111/j.1745-4573.2008.00132.x>)
- Das, A. K., Rajkumar, V., Verma, A. K., Swarup, D. (2012). *Moringa oleifera* leaves extract: A natural antioxidant for retarding lipid peroxidation in cooked goat meat patties. *International Journal of Food Science and Technology*, 47 (3): 585-591. (<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02881.x>)
- Das, A. K., Rajkumar, V., Verma, A. K. (2015). Bael pulp residue as a new source of antioxidant dietary fiber in goat meat nuggets. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39 (6): 1626-1635. (<https://doi.org/10.1111/jfpp.12392>)
- Delgado-Pando, G., Cofrades, S., Ruiz-Capillas, C., Jiménez-Colmenero, F. (2010). Healthier lipid combination as functional ingredient influencing sensory and technological properties of low-fat frankfurters. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 112 (8): 859-870. (<https://doi.org/10.1002/ejlt.201000076>)
- Devatkal, S. K., Narsaiah, K., Borah, A. (2010). Anti-oxidant effect of extracts of kinnow rind, pomegranate rind and seed powders in cooked goat meat patties. *Meat Science*, 85 (1): 155-159. (<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.12.019>)
- Devatkal, S. K., Manjunatha, M., Narsaiah, K., Patil, E. T. (2014). Evaluation of quality characteristics of chicken meat emulsion/nuggets prepared by using different equipment. *Journal of Food Science and Technology*, 51 (3): 511-518. (<https://doi.org/10.1007/s13197-011-0518-6>)
- Devendra, C. (2010). Concluding synthesis and the future for sustainable goat production. *Small Ruminant Research*, 89 (2-3): 125-130. (<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2009.12.034>)
- De Queiroz, A. L. M., Brasil, L. M. S., Da Silva, J., Magnani, M., De Souza, E. L., Madruga, M. S. (2013). Microbiological and nutritional quality of “buchada caprina”, an edible goat meat by-product. *Small Ruminant Research*, 115 (1-3): 62-66. (<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2013.08.006>)
- Dhanda, J. S., Taylor, D. G., Murray, P. J., McCosker, J. E. (1999). The influence of goat genotype on the production of Capretto and Chevon carcasses. 2. Meat quality. *Meat Science*, 52 (4): 363-367. ([https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(99\)00015-7](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(99)00015-7))

- Dharmaveer, S., Rajkumar, V., Mukesh, K. P. (2007). Quality and shelf-life of smoked Chevron sausages packed under vacuum and stored at 4±1°C. *American Journal of Food Technology*, 2 (4): 238-247. (<https://scialert.net/abstract/?doi=ajft.2007.238.247>)
- Diez-Simon, C., Mumm, R., Hall, R. D. (2019). Mass spectrometry-based metabolomics of volatiles as a new tool for understanding aroma and flavour chemistry in processed food products. *Metabolomics*, 15 (41): 1-20. (<https://doi.org/10.1007/s11306-019-1493-6>)
- Domínguez, R., Pateiro, M., Gagaoua, M., Barba, F. J., Zhang, W., Lorenzo, J. M. (2019). A comprehensive review on lipid oxidation in meat and meat products. *Antioxidants*, 8 (10): 429. (<https://doi.org/10.3390/antiox8100429>)
- Dorfner, R., Ferge T., Kettrup, A., Zimmermann, R., Yeretian, C. (2003). Real-time monitoring of 4-vinylguaiacol, guaiacol, and phenol during coffee roasting by resonant laser ionization time-of-flight mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51 (19): 5768-5773. (<https://doi.org/10.1021/jf0341767>)
- Dubeuf, J.-P., Morand-Fehr, P., Rubino, R. (2004). Situation, changes and future of goat industry around the world. *Small Ruminant Research*, 51 (2): 165-173. (<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2003.08.007>)
- Dzudie, T., Okubanjo, A. (1998). Effect of rigor state on quality and stability of goat sausages. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 37 (1): 69-77. (<http://www.jstor.org/stable/25562319>)
- Dzudie, T., Ndjouenkeu, R., Okubanjo, A. (2000). Effects of cooking methods and rigor state on the composition, tenderness and eating quality of cured goat loins. *Journal of Food Engineering*, 44 (3): 149-153. ([https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(99\)00173-9](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(99)00173-9))
- Ellis, D. F. (2001). Meat smoking technology. In: Hui, Y. H., Nip, W. K., Rogers, R. W., Young, O. A. (Eds.), *Meat science and applications*. Marcel Dekker Inc., New York, USA, pp. 509-520. (<https://doi.org/10.1201/9780203908082>)
- Elmore, J. S., Campo, M. M., Enser, M., Mottram, D. S. (2002). Effect of lipid composition on meat-like model systems containing cysteine, ribose, and polyunsaturated fatty acids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50 (5): 1126-1132. (<https://doi.org/10.1021/jf0108718>)
- Elmore, J. S., Cooper, S. L., Enser, M., Mottram, D. S., Sinclair, L. A., Wilkinson, R. G., Wood, J. D. (2005). Dietary manipulation of fatty acid composition of lamb meat and its effect on the volatile aroma compounds of grilled lamb. *Meat Science*, 69 (2): 233-242. (<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.07.002>)
- FAOSTAT (2018). Countries by Commodity. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QA>)
- Fazlani, S., Khaskheli, A. A., Magsi, A. S., Khaskheli, G. B., Barham, G. S., Fazlani, H. N. (2019). Influence of glycogen level on physical characteristics of goat meat. *Pure and Applied Biology*, 8 (4): 2409-2419. (<http://dx.doi.org/10.19045/bspab.2019.80186>)
- Feiner, G. (2006). 12 - Cooked sausages. In: *Feiner, G. (Ed.), Meat Products Handbook, Practical science and technology*, Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, UK, pp. 239-286. (<https://doi.org/10.1533/9781845691721.2.239>)

- Feng, C. H., Li, C., García-Martín, J. F., Malakar, P. K., Yan, Y., Liu, Y. W., Wang, W., Liu, Y. T., Yang, Y. (2017). Physical properties and volatile composition changes of cooked sausages stuffed in a new casing formulation based in surfactants and lactic acid during long-term storage. *Journal of Food Science*, 82 (3): 594-604. (<https://doi.org/10.1111/1750-3841.13641>)
- Fernández-López, J., Lucas-González, R., Viuda-Martos, M., Sayas-Barberá, E., Navarro, C., Haros, C. M., Pérez-Álvarez, J. A. (2019). Chia (*Salvia hispanica* L.) products as ingredients for reformulating frankfurters: effects on quality properties and shelf-life. *Meat Science*, 156: 139-145. (<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.05.028>)
- Ferreira, V., Barbosa, J., Silva, J., Vendeiro, S., Mota, A., Silva, F., Monteiro, M. J., Hogg, T., Gibbs, P., Teixeira, P. (2007). Chemical and microbiological characterisation of “Salpicão de Vinhais” and “Chouriça de Vinhais”: Traditional dry sausages produced in the North of Portugal. *Food Microbiology*, 24 (6): 618-623. (<https://doi.org/10.1016/j.fm.2006.12.007>)
- Figueiredo, M. J., Madruga, M. S., Nunes, M. L., Lima, F. M. S. (2003). Influência de emulsificantes e estabilizantes industriais nas características físico-químicas e funcionais de lingüiças frescas elaboradas com carne caprina. *Revista Nacional da Carne*, 27 (317): 133-137.
- Folch, J., Lees, M. B., Stanley, G. H. S. (1957). A simple method for isolation and purification of total lipids from animal tissue. *Journal of Biological Chemistry*, 226 (1): 497-509. (<http://www.jbc.org/content/226/1/497.short>)
- Franco, D., Martins, A. J., López-Pedrouso, M., Purriños, L., Cerqueira, M. A., Vicente, A. A., Pastrana, L. M., Zapata, C., Lorenzo, J. M. (2019). Strategy towards replacing pork backfat with a linseed oleogel in frankfurter sausages and its evaluation on physicochemical, nutritional, and sensory characteristics. *Foods*, 8 (9): 366. (<https://doi.org/10.3390/foods8090366>)
- Freire, M., Bou, R., Cofrades, S., Solas, M. T., Jiménez-Colmenero, F. (2016). Double emulsions to improve frankfurter lipid content: impact of perilla oil and pork backfat. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96 (3): 900-908. (<https://doi.org/10.1002/jsfa.7163>)
- Fuchs, R. H. B., Ribeiro, R. P., Matsushita, M., Tanamati, A. A. C., Bona, E., de Souza, A. H. P. (2013). Enhancement of the nutritional status of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) croquettes by adding flaxseed flour. *LWT - Food Science and Technology*, 54 (2): 440-446. (<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.07.004>)
- Gadekar, Y. P., Sharma, B. D., Shinde, A. K., Verma, A. K., Mendiratta, S. K. (2014a). Effect of natural antioxidants on the quality of cured, restructured goat meat product during refrigerated storage (4±1°C). *Small Ruminant Research*, 119 (1-3): 72-80. (<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2014.03.005>)
- Gadekar, Y. P., Sharma, B. D., Shinde, A. K., Mendiratta, S. K. (2014b). Effect of different phosphates on quality of goat meat and restructured goat meat product. *Agricultural Research*, 3: 370-376. (<https://doi.org/10.1007/s40003-014-0129-3>)
- Gadiyaram, K. M., Kannan, G. (2004). Comparison of textural properties of low-fat chevon, beef, pork and mixed-meat sausages. *South African Journal of Animal Science*, 34 (5): 212-214. (https://www.sasas.co.za/wp-content/uploads/2012/09/gadiyaramgoat04_0.pdf)
- García-González, D. L., Aparicio, R., Aparicio-Ruiz, R. (2013). Volatile and amino acid profiling of dry cured hams from different swine breeds and processing methods. *Molecules*, 18 (4): 3927-3947. (<https://doi.org/10.3390/molecules18043927>)

- Gardner K., Legako J. F. (2018). Volatile flavor compounds vary by beef product type and degree of doneness. *Journal of Animal Science*, 96 (10): 4238-4250. (<https://doi.org/10.1093/jas/sky287>)
- Gasior, R., Wojtycza, K. (2016). Sense of smell and volatile aroma compounds and their role in the evaluation of the quality of products of animal origin - a review. *Annals of Animal Science*, 16 (1): 3-31. (<https://doi.org/10.1515/aoas-2015-0047>)
- Gianelli, M. P., Salazar, V., Mojica L., Friz, M. (2012). Volatile compounds present in traditional meat products (charqui and longaniza sausage) in Chile. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 55 (4): 603-612. (<http://dx.doi.org/10.1590/S1516-89132012000400017>)
- Glorieux, S., Goemaere, O., Steen, L., Fraeye, I. (2017). Phosphate reduction in emulsified meat products: Impact of phosphate type and dosage on quality characteristics. *Food Technology and Biotechnology*, 55 (3): 390-397. (<https://doi.org/10.17113/ftb.55.03.17.5089>)
- Goodwin, B. L. (2004). Part 1 - Reactions of individual compounds. In: Goodwin, B. L. (Ed.), *Handbook of biotransformations of aromatic compounds*. CRC Press, Boca Raton, FL, USA, p. V5. (<https://doi.org/10.1201/9780203641965>)
- Guerra, I. C. D., Félix, S. S. S., Meireles, B. R. L. M., Dalmás, P. S., Moreira, R. T., Honório, V. G., Morgano, M. A., Milani, R. F., Benevides, S. D., Queiroga, R. C. R. E., Madruga, M. S. (2011). Evaluation of goat mortadella prepared with different levels of fat and goat meat from discarded animals. *Small Ruminant Research*, 98 (1-3): 59-63. (<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.03.019>)
- Guerrero, A., Valero, M. V., Campo, M. M., Sañudo, C. (2013). Some factors that affect ruminant meat quality: from the farm to the fork. *Review. Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 35 (4): 335-347. (<https://dx.doi.org/10.4025/actascianimsci.v35i4.21756>)
- Han, D., Mi, S., Zhang, C. H., Li, J., Song, H. L., Fauconnier, M. L., Tyteca, E. (2019). Characterization and discrimination of chinese marinated pork hocks by volatile compound profiling using solid phase microextraction gas chromatography-mass spectrometry/olfactometry, electronic nose and chemometrics. *Molecules*, 24 (7): 1385. (<https://doi.org/10.3390/molecules24071385>)
- Harris, W. S., Schacky, C. (2004). The omega-3 index: a new risk factor for death from coronary heart disease? *Preventive Medicine*, 39 (1): 212-220. (<https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2004.02.030>)
- Hein, K. A., Jaeger, S. R., Tom Carr, B., Delahunty, C. M. (2008). Comparison of five common acceptance and preference methods. *Food Quality and Preference*, 19 (7): 651-661. (<https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2008.06.001>)
- Herrero, A. M., de la Hoz, L., Ordóñez, J. A., Herranz, B., Romero de Ávila, M. D., Cambero, M. I. (2008). Tensile properties of cooked meat sausages and their correlation with texture profile analysis (TPA) parameters and physico-chemical characteristics. *Meat Science*, 80 (3): 690-696. (<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.03.008>)
- Hierro, E., Hoz, L., Ordóñez, J. A. (2004). Headspace volatile compounds from salted and occasionally smoked dried meat (cecinas) as affected by animal species. *Food Chemistry*, 85 (4): 649-657. (<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.07.001>)

- Holck, A., Heir, E., Johannessen, T. C., Axelsson, L. (2014). Northern european products. In Toldrá, F., Hui, Y. H., Astiasarán, I., Sebranek, J. G., Talon, R. (Eds.), Handbook of Fermented Meat and Poultry. Wiley, Chichester, UK, pp. 313-320. (<https://doi.org/10.1002/9781118522653.ch36>)
- Hou, M., Liu, D., Xu, X., Zhou, G., Li, C. (2018). Effect of postmortem aging time on flavor profile of stewed pork rib broth. International Journal of Food Properties, 21 (1): 1449-1462. (<https://doi.org/10.1080/10942912.2018.1479859>)
- Huang, T. C., Ho, C. T. (2001). Flavors of Meat Products. In: Hui, Y. H., Nip, W. K., Rogers, R. W., Young, O. A. (Eds.), Meat science and applications. Marcel Dekker, Inc., New York, USA, pp. 78-110. (<https://doi.org/10.1201/9780203908082>)
- Huang, T. C., Ho, C. T. (2012). Flavors and flavor generation of meat products. In: Hui, Y. H. (Ed.), Handbook of meat and meat processing. CRC Press, Boca Raton, FL, USA, pp. 107-139. (<https://doi.org/10.1201/b11479>)
- Hunt, M. R., Legako, J. F., Dinh, T. T. N., Garmyn, A. J., O'Quinn, T. G., Corbin, C. H., Rathmann, R. J., Brooks, J. C., Miller, M. F. (2016). Assessment of volatile compounds, neutral and polar lipid fatty acids of four beef muscles from USDA Choice and Select graded carcasses and their relationships with consumer palatability scores and intramuscular fat content. Meat Science, 116: 91-101. (<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.02.010>)
- Hwang, Y. H., Bakhsh, A., Lee, J. G., Joo, S. T. (2019). Differences in muscle fiber characteristics and meat quality by muscle type and age of Korean Native Black goat. Food Science of Animal Resources, 39 (6): 988-999. (<https://doi.org/10.5851/kosfa.2019.e92>)
- Intarapichet, K., Sihaboot, W., Chungsirawat, P. (1995). Chemical and sensory characteristics of emulsion goat meat sausages containing pork fat or shortening. ASEAN Food Journal, 10 (3): 57-61. (<http://www.thaiscience.info/Article%20for%20ThaiScience/Article/1/10015445.pdf>)
- Ivanović, S. D., Stojanović, Z. M., Nešić, K. D., Pisinov, B. P., Baltić, M. Ž., Popov-Raljić, J. V., Đurić, J. M. (2014). Effect of goat breed on the meat quality. Hemijska industrija, 68 (6): 801-807. (<https://doi.org/10.2298/HEMIND131201006I>)
- Ivanović, S., Pavlović, I., Vuković, S. (2015). Proizvodnja i osobine mesa koza. Meat Technology, 56 (2): 96-102. (http://www.journalmeattechnology.com/index.php/meat_technology/article/view/76)
- Ivanović, S., Nesić, K., Pisinov, B., Pavlović, I. (2016). The impact of diet on the quality of fresh meat and smoked ham in goat. Small Ruminant Research, 138: 53-59. (<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2016.04.005>)
- Jagtap, N. S., Wagh, R. V., Chatli, M. K., Malav, O. P., Kumar, P., Mehta, N. (2019). Functional goat meat nuggets fortified with novel bioactive *Carica papaya* L. and *Origanum vulgare* extracts and storage stability thereof. Nutrition & Food Science, 50 (2): 402-414. (<https://doi.org/10.1108/NFS-12-2018-0334>)
- Jayasena, D. D., Ahn, D. U., Nam, K. C., Jo, C. (2013). Flavour chemistry of chicken meat: a review. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 26 (5), 732-742: (<http://dx.doi.org/10.5713/ajas.2012.12619>)
- Jiang, J. (1999). Volatile composition of pandan leaves (*Pandanus Amaryllifolius*). In: Shahidi, F., Ho, C. T. (Eds.), Flavor chemistry of ethnic foods. Springer, Boston, MA, USA, pp. 105-109. (https://doi.org/10.1007/978-1-4615-4783-9_10)

- Jiménez-Colmenero, F. (2007). Healthier lipid formulation approaches in meat-based functional foods. Technological options for replacement of meat fats by non-meat fats. *Trends in Food Science and Technology*, 18 (11): 567-578. (<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2007.05.006>)
- Jin, S., Ha, S., Hur, S., Choi, J. (2016). Effect of the ratio of raw material components on the physico-chemical characteristics of emulsion-type pork sausages. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 29 (2): 263-270. (<https://doi.org/10.5713/ajas.15.0129>)
- Joule, J. A., Mills, K. (2010). *Heterocyclic chemistry* (5th edition). John Wiley & Sons Ltd., Chichester, UK, pp. 289-363.
- Jurado, Á., Carrapiso, A. I., Ventanas, J., García, C. (2009). Changes in SPME-extracted volatile compounds from Iberian ham during ripening. *Grasas y Aceites*, 60 (3): 262-270. (<http://dx.doi.org/10.3989/gya.131008>)
- Kadim, I. T., Mahgoub, O. (2012). Nutritive value and quality characteristics of goat meat. In: Mahgoub, O., Kadim, I. T., Webb, E. C. (Eds.), *Goat meat production and quality*. CABI Publishing, Wallingford, UK, pp. 292-323. (<https://doi.org/10.1079/9781845938499.0292>)
- Kamel, B. S. (1991). Emulsifiers. In: Smith, J. (Ed.), *Food Additive User's Handbook*. Springer, Boston, MA, USA, pp. 169-201. (https://doi.org/10.1007/978-1-4757-5247-2_8)
- Kang, G., Cho, S., Seong, P., Park, B., Kim, S., Kim, D., Kim, Y., Kang, S., Park, K. (2013). Effects of high pressure processing on fatty acid composition and volatile compounds in Korean native black goat meat. *Meat Science*, 94 (4): 495-499. (<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.03.034>)
- Kannan, G., Chawan, C. B., Kouakou, B., Gelaye, S. (2002). Influence of packaging method and storage time on shear value and mechanical strength of intramuscular connective tissue of chevon. *Journal of Animal Science*, 80 (9): 2383-2389. (<https://doi.org/10.1093/ansci/80.9.2383>)
- Kazhybayeva, G., Agibayeva, A., Kuderinova, N., Harlap, S., Fedoseeva, N., Usov, V., Zhumanova, G., Bakirova, L. (2019). Development of technology and assessment of nutritional value of a delicacy goat meat product. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 8 (5): 239-242. (<https://www.ijitee.org/wp-content/uploads/papers/v8i5/E2989038519.pdf>)
- Kawas, J. R., Mahgoub, O., Lu, C. D. (2012). Nutrition of the meat goat. In: Mahgoub, O., Kadim, I. T., Webb, E. C. (Eds.), *Goat meat production and quality*. CABI Publishing, Wallingford, UK, pp. 161-195. (<https://doi.org/10.1079/9781845938499.0161>)
- Khalil, A., Cammas-Marion, S., Coulembier, O. (2019). Organocatalysis applied to the ring-opening polymerization of β -lactones: A brief overview. *Journal of Polymer Science, Part A: Polymer Chemistry*, 57 (6): 657-672. (<https://doi.org/10.1002/pola.29322>)
- Khan, M. I., Jo, C., Tariq, M. R. (2015). Meat flavor precursors and factors influencing flavor precursors - A systematic review. *Meat Science*, 110: 278-284. (<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.08.002>)
- Khan, I. A., Xu, W., Wang, D., Yun, A., Khan, A., Zongshuai, Z., Ijaz, M. U., Yiqun, C., Hussain, M., Huang, M. (2020). Antioxidant potential of chrysanthemum *morifolium* flower extract on lipid and protein oxidation in goat meat patties during refrigerated storage. *Journal of Food Science*, 85 (3): 618-627. (<https://doi.org/10.1111/1750-3841.15036>)

- Kim, H. J., Kim H. J., Jang, A. (2019). Nutritional and antioxidative properties of black goat meat cuts. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 32 (9): 1423-1429. (<https://doi.org/10.5713/ajas.18.0951>)
- Knipe, C. L. (2014a). Sausages, types of: Cooked. In: Dikeman, M., Devine, C. (Eds.), *Encyclopedia of Meat Sciences*, volume 3 (2nd Edition). Academic Press, London, UK, pp. 241-247. (<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384731-7.00144-6>)
- Knipe, C. L. (2014b). Sausages, types of: Emulsion. In: Dikeman, M., Devine, C. (Eds.), *Encyclopedia of Meat Sciences*, volume 3 (2nd Edition). Academic Press, London, UK, pp. 256-260. (<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384731-7.00143-4>)
- Kosowska, M., Majcher, M. A., Fortuna, T. (2017). Volatile compounds in meat and meat products. *Food Science and Technology (Campinas)*, 37 (1): 1-7. (<https://dx.doi.org/10.1590/1678-457x.08416>)
- Koutsidis, G., Elmore, J. S., Oruna-Concha, M. J., Campo, M. M., Wood, J. D., Mottram, D. S. (2008). Water-soluble precursors of beef flavour: I. Effect of diet and breed. *Meat Science*, 79 (1): 124-130. (<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.08.008>)
- Laskar, S. K., Jebin, N., Nath, D. R., Hazarika, M. (2013). Studies on composition and sensory quality of fat reduced chevon salamis incorporated with glutinous rice flour. *Asian Journal of Dairy and Food Research*, 32 (2): 149-151. (<https://arccjournals.com/journal/asian-journal-of-dairy-and-food-research/ARCC348>)
- Leite, A., Rodrigues, S., Pereira, E., Paulos, K., Oliveira, A. F., Lorenzo, J. M., Teixeira A. (2015). Physicochemical properties, fatty acid profile and sensory characteristics of sheep and goat meat sausages manufactured with different pork fat levels. *Meat Science*, 105: 114-120. (<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.03.015>)
- León-López, A., Morales-Peñaloza, A., Martínez-Juárez, V. M., Vargas-Torres, A., Zeugolis, D. I., Aguirre-Álvarez, G. (2019). Hydrolyzed collagen - Sources and applications. *Molecules*, 24 (22): 4031. (<https://doi.org/10.3390/molecules24224031>)
- Likens, S. T., Nickerson, G. B. (1964). Detection of certain hop oil constituents in brewing products. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 22 (1): 5-13. (<https://doi.org/10.1080/00960845.1964.12006730>)
- Lima, F. M. S., Madruga, M. S., Nunes, M. L., Figueiredo, M. J., Arrola, F., Biscontini, T. M. (2004). Influência da refrigeração e do congelamento nas características funcionais e sensoriais de linguiças frescas caprinas formuladas a partir de diferentes emulsificantes. *Revista Nacional da Carne*, 28 (329): 10-28.
- Lima, C. V., Alves, V. R., Costa, Z. R. T., Sousa, A. B. B., Soares, D. J. (2015). Preparation and evaluation of Tuscan sausage of goat meat with the addition of oatmeal. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 10 (4): 72-75. (<https://doi.org/10.18378/rvads.v10i4.3403>)
- Liu, X. S., Liu, J. B., Yang, Z. M., Song, H. L., Liu, Y., Zou, T. T. (2014). Aroma-active compounds in Jinhua ham produced with different fermentation periods. *Molecules*, 19 (11): 19097-19113. (<https://doi.org/10.3390/molecules191119097>)
- Liu, J., Liu, M., He, C., Song, H., Chen, F. (2015). Effect of thermal treatment on the flavor generation from Maillard reaction of xylose and chicken peptide. *LWT - Food Science and Technology*, 64 (1): 316-325. (<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.05.061>)

- Long, N. H. B. S., Gál, R., Buñka, F. (2011). Use of phosphates in meat products. *African Journal of Biotechnology*, 10 (86): 19874-19882. (<https://doi.org/10.5897/AJBX11.023>)
- Lorenzo, J. M., Pateiro, M., Fontán, M. C. G., Carballo, J. (2014). Effect of fat content on physical, microbial, lipid and protein changes during chill storage of foal liver pâté. *Food Chemistry*, 155: 57-63. (<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.01.038>)
- Lorenzo, J. M., Carballo, J. (2015). Changes in physico-chemical properties and volatile compounds throughout the manufacturing process of dry-cured foal loin. *Meat Science*, 99: 44-51. (<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.08.013>)
- Lorenzo, J. M., Munekata, P. E. S., Pateiro, M., Campagnol, P. C. B., Domínguez, R. (2016). Healthy Spanish *salchichón* enriched with encapsulated n-3 long chain fatty acids in konjac glucomannan matrix. *Food Research International*, 89 (Pt 1): 289-295. (<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.08.012>)
- Luo, J., Yan, W., Nasiru, M. M., Zhuang, H., Zhou, G., Zhang, J. (2019). Evaluation of physicochemical properties and volatile compounds of Chinese dried pork loin curing with plasma-treated water brine. *Scientific Reports*, 9: 13793. (<https://doi.org/10.1038/s41598-019-50351-5>)
- Machado, B. A. S., Gomes, I. S., Nunes, C. S. O., Andrade, G. Q., Nery, T. B. R., Reis, J. H. O., Barbosa, J. D. V., Druzian, J. I. (2019). Lipid content and fatty acids compositions in commercial cuts of young goat meat. *Ciência Rural*, 49 (2): e20180587. (<https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20180587>)
- Macleod, G. (1998). The flavour of beef. In: Shahidi, F. (Ed.), *Flavor of meat, meat products and seafoods* (2nd edition). Blackie Academic and Professional, London, UK, pp. 27-60. ([https://pdf.zlibcdn.com/dtoken/61230c71836c0e3b6520bd66c8412f95/Flavor of Meat, Meat Products and Seafood by Ferei 895130 \(z-lib.org\).pdf](https://pdf.zlibcdn.com/dtoken/61230c71836c0e3b6520bd66c8412f95/Flavor_of_Meat,_Meat_Products_and_Seafood_by_Ferei_895130_(z-lib.org).pdf))
- Madrugá, M. S., Mottram, D. S. (1998). The effect of pH on the formation of volatile compounds produced by heating a model system containing 5'-Imp and Cysteine. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 9 (3): 261-271. (<https://dx.doi.org/10.1590/S0103-50531998000300010>)
- Madrugá, M. S., Elmore, J. S., Dodson, A. T., Mottram, D. S. (2009). Volatile flavour profile of goat meat extracted by three widely used techniques. *Food Chemistry*, 115 (3): 1081-1087. (<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.12.065>)
- Madrugá, M. S., Elmore, J. S., Oruna-Concha, M. J., Balagiannis, D., Mottram, D. S. (2010). Determination of some water-soluble aroma precursors in goat meat and their enrolment on flavour profile of goat meat. *Food Chemistry*, 123 (2): 513-520. (<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.04.004>)
- Madrugá, M. S., Bressan, M. C. (2011). Goat meats: Description, rational use, certification, processing and technical developments. *Small Ruminant Research*, 98 (1-3): 39-45. (<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.03.015>)
- Madrugá, M., Dantas, I., Queiroz, A., Brasil, L., Ishihara, Y. (2013). Volatiles and water- and fat-soluble precursors of Saanen goat and cross Suffolk lamb flavour. *Molecules*, 18 (2): 2150-2165. (<https://doi.org/10.3390/molecules18022150>)

- Maheswarappa, N. B., Rani, K. U., Kumar, Y. P., Kulkarni, V. V., Rapole, S. (2016). Proteomic based approach for characterizing 4-hydroxy-2-nonenal induced oxidation of buffalo (*Bubalus bubalis*) and goat (*Capra hircus*) meat myoglobins. *Proteome Science*, 14: 18. (<https://doi.org/10.1186/s12953-016-0108-7>)
- Mahgoub, O., Kadim, I. T., Lu, C. D. (2012). Overview of the global goat meat sector. In: Mahgoub, O., Kadim, I. T., Webb, E. C. (Eds.), *Goat meat production and quality*. CABI Publishing, Wallingford, Oxfordshire, UK, pp. 1-14. (<https://doi.org/10.1079/9781845938499.0001>)
- Malekian, F., Khachaturyan, M., Gebrelul, S., Henson, J. F. (2014). Composition and fatty acid profile of goat meat sausages with added rice bran. *International Journal of Food Science*, 2014: 1-8. (<http://dx.doi.org/10.1155/2014/686298>)
- Malekian, F., Khachaturyan, M., Gebrelul, S., Henson, J. F. (2016). Nutritional characteristics and consumer acceptability of sausages with different combinations of goat and beef meats. *Functional Foods in Health and Disease*, 6 (1): 42-58. (<https://doi.org/10.31989/ffhd.v6i1.224>)
- Marshall, W. H., Smith, G. C., Dutson, T. R., Carpenter, Z. L. (1977). Mechanically deboned goat, mutton and pork in frankfurters. *Journal of Food Science*, 42: 193-196. (<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1977.tb01250.x>)
- Martillanes, S., Rocha-Pimienta, J., Cabrera-Bañegil, M., Martín-Vertedor, D., Delgado-Adámez, J. (2017). Application of phenolic compounds for food preservation: Food additive and active packaging. In: Soto-Hernandez, M., Palma-Tenango, M., del Rosario García-Mateos, M. (Eds.), *Phenolic compounds - biological activity*. IntechOpen, London, UK, pp. 39-58. (<https://doi.org/10.5772/66885>)
- Martínez-Onandi, N., Rivas-Cañedo, A., Picon, A., Nuñez, M. (2016). Influence of physicochemical parameters and high pressure processing on the volatile compounds of Serrano dry-cured ham after prolonged refrigerated storage. *Meat Science*, 122: 101-108. (<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.07.027>)
- Martins, T. S., Lemos, M. V. A., Mueller, L. F., Baldi, F., Amorim, T. R., Ferrinho, A. M., Muñoz, J. A., Fuzikawa, I. H. S., Moura, G. V., Gemelli, J. L., Pereira, A. S. C. (2018). Fat deposition, fatty acid composition, and its relationship with meat quality and Human Health. In: Arshad, M. S. (Ed.), *Meat Science and Nutrition*. IntechOpen, London, UK, pp. 17-37. (<http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.77994>)
- Marutsova, V., Marutsov, P. (2018). Subclinical and clinical ketosis in sheep - relationships between body condition scores and blood β -hydroxybutyrate and non-esterified fatty acids concentrations. *Tradition and Modernity in Veterinary Medicine*, 3, 1 (4): 30-36. (<http://doi.org/10.5281/zenodo.1217859>)
- Mazhangara, I. R., Chivandi, E., Mupangwa, J. F., Muchenje, V. (2019). The potential of goat meat in the red meat industry. *Sustainability*, 11 (13): 3671. (<https://doi.org/10.3390/su11133671>)
- McAfee, A. J., McSorley, E. M., Cuskelly, G. J., Moss, B. W., Wallace, J. M. W., Bonham, M. P., Fearon, A. M. (2010). Red meat consumption: an overview of the risks and benefits. *Meat Science*, 84 (1): 1-13. (<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.08.029>)
- Meinert, L., Schäfer, A., Bjerregaard, C., Aaslyng, M. D., Bredie, W. L. P. (2009). Comparison of glucose, glucose 6-phosphate, ribose, and mannose as flavour precursors in pork; the effect of monosaccharide addition on flavour generation. *Meat Science*, 81 (3): 419-425. (<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.08.018>)

- Metri, J. C., Andrade, S. A. C., Machado, E. C. L., Shinohara, N. K. S., Biscontini, T. M. B. (2006). Bacteriological control of goat meat to elaboration of smoked goat hamburger. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 58 (3): 427-431. (<https://doi.org/10.1590/S0102-09352006000300022>)
- Meynier, A., Mottram, D. S. (1995). The effect of pH on the formation of volatile compounds in meat-related model systems. *Food Chemistry*, 52 (4): 361-366. ([https://doi.org/10.1016/0308-8146\(95\)93282-V](https://doi.org/10.1016/0308-8146(95)93282-V))
- Minh, N. P. (2017). Various factors affecting to the dried goat meat production. *International Journal of Applied Engineering Research*, 12 (24): 15316-15318. (https://www.ripublication.com/ijaer17/ijaerv12n24_193.pdf)
- Mir, S. A., Masoodi, F. A. (2017). Effect of packaging on lipid oxidation, sensory and color attributes of the value added mutton meat balls during refrigeration. *Journal of Nutritional Health and Food Engineering*, 7 (3): 301-309. (<https://doi.org/10.15406/jnhfe.2017.07.00240>)
- Mittal, G. S. (2005). Meat in emulsion type sausages – An overview. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 3 (2): 101-108. (<https://www.wflpublisher.com/Abstract/581>)
- Moawad, R. K., Mohamed, G. F., Ashour, M. M. S., El-Hamzy, E. M. A. (2013). Chemical composition, quality characteristics and nutritive value of goat kids meat from Egyptian Baladi breed. *Journal of Applied Sciences Research*, 9 (8): 5048-5059. (<http://www.aensiweb.com/old/jasr/jasr/2013/5048-5060.pdf>)
- Mottram, D. S. (1998). Flavour formation in meat and meat products: A review. *Food Chemistry*, 62 (4): 415-424. ([https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(98\)00076-4](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00076-4))
- Msagati, T. A. M. (2012). Emulsifiers. In: Msagati, T. A. M. (Ed.), *Chemistry of Food Additives and Preservatives*. John Wiley & Sons Ltd., Chichester, UK, pp. 33-66. (<https://doi.org/10.1002/9781118274132.ch2>)
- Nachtigall, F. M., Vidal, V. A. S., Pyarasani, R. D., Domínguez, R., Lorenzo, J. M., Pollonio, M. A. R., Santos, L. S. (2019). Substitution effects of NaCl by KCl and CaCl₂ on lipolysis of salted meat. *Foods*, 8 (12): E595. (<https://doi.org/10.3390/foods8120595>)
- Narváez-Rivas, M., Gallardo, E., León-Camacho, M. (2016). Study of volatile alcohols and esters from the subcutaneous fat during ripening of Iberian dry-cured ham. A tool for predicting the dry-curing time. *Grasas y Aceites*, 67 (4): e166. (<http://dx.doi.org/10.3989/gya.0559161>)
- Nassu, R. T., Gonçalves, L. A. G., Beserra, F. J., Feitosa, T. (2001). Study of the physical-chemical, microbiologic and sensorial characteristics of salami type fermented sausages formulated with different proportions of pork and goat meat. *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*, 19 (2): 243-256. (<http://dx.doi.org/10.5380/cep.v19i2.1236>)
- Nassu, R. T., Gonçalves, L. A. G., Beserra, F. J. (2002). Effect of fat level in chemical and sensory characteristics of goat meat fermented sausage. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37 (8): 1169-1173. (<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2002000800015>)
- Nassu, R. T., Gonçalves, L. A. G., Silva, M. A. A. P., Beserra, F. J. (2003). Oxidative stability of fermented goat meat sausage with different levels of natural antioxidant. *Meat science*, 63 (1): 43-49. ([https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(02\)00051-7](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(02)00051-7))

- Nediani, M. T., García, L., Saavedra, L., Martínez, S., López Alzogaray, S., Fadda, S. (2017). Adding value to goat meat: Biochemical and technological characterization of autochthonous lactic acid bacteria to achieve high-quality fermented sausages. *Microorganisms*, 5 (2): 26. (<https://doi.org/10.3390/microorganisms5020026>)
- Neklyudov, A. D. (2003). Nutritive fibers of animal origin: Collagen and its fractions as essential components of new and useful food products. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 39 (3): 229-238. (<https://doi.org/10.1023/A:1023589624514>)
- Nieva-Echevarría, B., Goicoechea, E., Guillén, M. D. (2017). Effect of the presence of protein on lipolysis and lipid oxidation occurring during *in vitro* digestion of highly unsaturated oils. *Food Chemistry*, 235: 21-33. (<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.05.028>)
- Ning-Ping, T., Rong, W., Pei-Gen, Z., Sai-Qi, G., Wei, W. (2014). Characterization of odor-active compounds in cooked meat of farmed obscure puffer (*Takifugu obscurus*) using gas chromatography-mass spectrometry-olfactometry. *Journal of Food and Drug Analysis*, 22 (4): 431-438. (<https://doi.org/10.1016/j.jfda.2014.02.005>)
- Nkrumah, T., Akwetey, W. Y. (2018). Microbiological and nutritional properties of frankfurter-type fish sausage. *International Journal of Nutrition*, 2 (4): 27-34. (<https://doi.org/10.14302/issn.2379-7835.ijn-18-2212>)
- Olivares, A., Navarro, J. L, Flores, M. (2011). Effect of fat content on aroma generation during processing of dry fermented sausages. *Meat Science*, 87 (3): 264-273. (<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.10.021>)
- Oliveira, J. S., Queiroz, A. C., Mantovani, H. C., Melo, M. R., Detmann, E., Santos, E. M., Bayão, G. F. V. (2011). Effect of propionic and lactic acids on *in vitro* ruminal bacteria growth. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40 (5): 1121-1127. (<http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982011000500025>)
- Oliveira, A. F., Rodrigues, S., Leite, A., Paulos, K., Pereira, E., Teixeira, A. (2014). Short Communication: Quality of ewe and goat meat cured product *mantas*. An approach to provide value added to culled animals. *Canadian Journal of Animal Science*, 94 (3): 459-462. (<https://doi.org/10.4141/cjas2013-200>)
- Ordóñez, J. A., Hierro, E. M., Bruna, J. M., Hoz, L. (1999). Changes in the components of dry-fermented sausages during ripening. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 39 (4): 329-367. (<https://doi.org/10.1080/10408699991279204>)
- Ortega, A., Chito, D., Teixeira, A. (2016). Comparative evaluation of physical parameters of salted goat and sheep meat blankets “mantas” from Northeastern Portugal. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 10 (3): 670-675. (<https://doi.org/10.1007/s11694-016-9350-z>)
- Ossom, R. N., Teye, G. A., Adzitey, F. (2020). Sensory and nutritional qualities of frankfurter sausages with sweet potato as extender. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 20 (1): 15222-15234. (<https://dx.doi.org/10.18697/ajfand.89.18720>)
- Ozkara, K. T., Amanpour, A., Guclu, G., Kelebek, H., Selli, S. (2019). GC-MS-Olfactometric differentiation of aroma-active compounds in turkish heat-treated sausages by application of aroma extract dilution analysis. *Food Analytical Methods*, 12 (3): 729-741. (<https://doi.org/10.1007/s12161-018-1403-y>)

- Özvrural, E. B., Vural, H. (2012). The effects of grape seed extract on quality characteristics of frankfurters. *Journal of Food Processing and Preservation*, 36 (4): 291-297. (<https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2011.00587.x>)
- Pal, U. K., Agnihotri, M. K. (1996). Effect of vegetable oil on the quality of fresh chevon sausages. *Journal of Applied Animal Research*, 9 (2): 187-191. (<https://doi.org/10.1080/09712119.1996.9706120>)
- Paleari, M. A., Bersani, C., Vittorio, M. M., Beretta, G. (2002). Effect of curing and fermentation on the microflora of meat of various species. *Food Control*, 13 (3): 195-197. ([https://doi.org/10.1016/S0956-7135\(02\)00009-9](https://doi.org/10.1016/S0956-7135(02)00009-9))
- Paleari, M. A., Moretti, V. M., Beretta, G., Mentasti, T., Bersani, C. (2003). Cured products from different animal species. *Meat Science*, 63 (4): 485-489. ([https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(02\)00108-0](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(02)00108-0))
- Paleari, M. A., Moretti, V. M., Beretta, G., Caprino, F. (2008). Chemical parameters, fatty acids and volatile compounds of salted and ripened goat thigh. *Small Ruminant Research*, 74 (1-3): 140-148. (<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2007.05.002>)
- Paravisini, L., Prot, A., Gouttefangeas, C., Moreton, C., Nigay, H., Dacremont, C., Guichard, E. (2015). Characterisation of the volatile fraction of aromatic caramel using heart-cutting multidimensional gas chromatography. *Food Chemistry*, 167: 281-289. (<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.06.101>)
- Park, S. Y., Yoon, Y. M., Schilling, M. W., Chin, K. B. (2009). Evaluation of volatile compounds isolated from pork loin (*longissimus dorsi*) as affected by fiber type of solid-phase microextraction (SPME), preheating and storage time. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 29 (5): 579-589. (<https://doi.org/10.5851/kosfa.2009.29.5.579>)
- Paulos, K., Rodrigues, S., Oliveira, A. F., Leite, A., Pereira, E., Teixeira, A. (2015). Sensory characterization and consumer preference mapping of fresh sausages manufactured with goat and sheep meat. *Journal of Food Science*, 80 (7): S1568-S1573. (<https://doi.org/10.1111/1750-3841.12927>)
- Pawar, V. D., Veer, D. G., Machewad, G. M. (2005). Effect of sodium chloride and sodium tripolyphosphate on the quality attributes of goat meat patties. *Journal of Food Science and Technology – Mysore*, 42 (4): 331-336. (<https://www.tib.eu/de/suchen/id/BLSE%3ARN175094670>)
- Pereira, D. M., Valentão, P., Pereira, J. A., Andrade, P. B. (2009). Phenolics: from chemistry to biology. *Molecules*, 14 (6): 2202-2211. (<https://doi.org/10.3390/molecules14062202>)
- Pešović, B., Petrović, Lj. (2008a). Fino usitnjene barene kobasice. Enciklopedija, Tehnologija hrane. (<https://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/fino-usitnjene-barene-kobasice>) (pristupljeno 15.09.2020)
- Pešović, B., Petrović, Lj. (2008b). Formiranje mesne emulzije. Enciklopedija, Tehnologija hrane. (<https://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/formiranje-mesne-emulzije>) (pristupljeno 15.09.2020)
- Petit, G., Jury, V., de Lamballerie, M., Duranton, F., Pottier, L., Martin, J. L. (2019). Salt intake from processed meat products: Benefits, risks and evolving practices. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18 (5): 1453-1473. (<https://doi.org/10.1111/1541-4337.12478>)

- Piao, M. Y., Lee, H. J., Yong, H. I., Beak, S. H., Kim, H. J., Jo, C., Wiryawan, K. G., Baik, M. (2019). Comparison of reducing sugar content, sensory traits, and fatty acids and volatile compound profiles of the *longissimus thoracis* among Korean cattle, Holsteins, and Angus steers. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 32 (1): 126-136. (<https://doi.org/10.5713/ajas.18.0065>)
- Pintado, T., Herrero, A. M., Jiménez-Colmenero, F., Ruiz-Capillas, C. (2016). Strategies for incorporation of chia (*Salvia hispanica* L.) in frankfurters as a health-promoting ingredient. *Meat Science*, 114: 75-84. (<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.12.009>)
- Pirini, M., Gatta, P. P., Testi, S., Trigari, G., Monetti, P. G. (2000). Effect of refrigerated storage on muscle lipid quality of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fed on diets containing different levels of vitamin E. *Food Chemistry*, 68 (3): 289-293. ([https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(99\)00190-9](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(99)00190-9))
- Pogorzelska-Nowicka, E., Atanasov, A. G., Horbańczuk, J., Wierzbicka, A. (2018). Bioactive compounds in functional meat products. *Molecules*, 23 (2): 307. (<https://doi.org/10.3390/molecules23020307>)
- Popović, S., Čolović, D., Ikonić, P., Tasić, T., Kostadinović, Lj., Lević, J. (2017). Influence of temperature regime in gas chromatography on polyunsaturated fatty acid determination in Petrovskáklobasá. *Romanian Biotechnological Letters*, 22 (4): 12812-12820. (<https://e-repository.org/rbl/vol.22/iss.4/16.pdf>)
- Priolo, A., Micol, D., Agabriel, J. (2001). Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour. A review. *Animal Research*, 50 (3): 185-200. (<https://doi.org/10.1051/animres:2001125>)
- Pugliese, C., Sirtori, F., Calamai, L., Franci, O. (2010). The evolution of volatile compounds profile of "Toscano" dry-cured ham during ripening as revealed by SPME-GC-MS approach. *Journal of Mass Spectrometry*, 45 (9): 1056-1064. (<https://doi.org/10.1002/jms.1805>)
- Purriños, L., Bermúdez, R., Franco D., Carballo, J., Lorenzo, J. M. (2011). Development of volatile compounds during the manufacture of dry-cured "Lacon" a spanish traditional meat product. *Journal of Food Science*, 76 (1): C89-C97. (<https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01955.x>)
- Rabie, M. A., Peres, C., Malcata, F. X. (2014). Evolution of amino acids and biogenic amines throughout storage in sausages made of horse, beef and turkey meats. *Meat Science*, 96 (1): 82-87. (<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.05.042>)
- Rai, A. K., Palni, U., Tamang, J. P. (2009). Traditional knowledge of the ethnic Himalayan people on production of indigenous meat products. *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 8 (4): 586-591. (<http://nopr.niscair.res.in/handle/123456789/6265>)
- Rai, A. K., Tamang, J. P., Uma Palni, U. (2010). Microbiological studies of ethnic meat products of the Eastern Himalayas. *Meat Science*, 85 (3): 560-567. (<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.03.006>)
- Ramírez-Navas, J. S., Rodríguez De Stouvenel, A. (2012). Characterization of colombian queso cheese by spectrophotometry. *Vitae*, 19 (2): 178-185. (http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-40042012000200004&lng=en&nrm=iso)
- Republički zavod za statistiku (2015). Statistički godišnjak Republike Srbije 2012, 48: 235. (<https://stat.gov.rs>)

- Resconi, V. C., Campo, M. M., Montossi, F., Ferreira, V., Sañudo, C., Escudero, A. (2012). Gas chromatographic-olfactometric aroma profile and quantitative analysis of volatile carbonyls of grilled beef from different finishing feed systems. *Journal of Food Science*, 77 (6): S240-S246. (<https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2012.02720.x>)
- Resconi, V. C., Escudero, A., Campo, M. M. (2013). The development of aromas in ruminant meat. *Molecules*, 18 (6): 6748-6781. (<https://doi.org/10.3390/molecules18066748>)
- Resconi, V. C., Bueno, M., Escudero, A., Magalhaes, D., Ferreira, V., Campo, M. M. (2018). Ageing and retail display time in raw beef odour according to the degree of lipid oxidation. *Food Chemistry*, 242: 288-300. (<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.09.036>)
- Rhee, K. S., Cho, S. H., Pradahn, A. M. (1999). Composition, storage stability and sensory properties of expanded extrudates from blends of corn starch and goat meat, lamb, mutton, spent fowl meat, or beef. *Meat Science*, 52 (2): 135-141. ([https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(98\)00157-0](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(98)00157-0))
- Riyad, Y. M., Ismail, I. M. M., Abdel-Aziz, M. E. (2018). Effect of vegetable powders as nitrite sources on the quality characteristics of cooked sausages. *Bioscience Research*, 15 (3): 2693-2701. ([http://www.isisn.org/BR15\(3\)2018/2693-2701-15\(3\)2018BR-311.pdf](http://www.isisn.org/BR15(3)2018/2693-2701-15(3)2018BR-311.pdf))
- Rodrigues, S., Almeida, S., Pereira, E., Teixeira, A. (2019). How does the added fat source affect sensory quality of sheep and goat pâtés?. *Ciência Rural*, 49 (5): e20190029. (<https://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20190029>)
- Salcedo-Sandoval, L., Cofrades, S., Ruiz-Capillas Pérez, C., Solas, M. T., Jiménez-Colmenero, F. (2013). Healthier oils stabilized in konjac matrix as fat replacers in n-3 PUFA enriched frankfurters. *Meat Science*, 93 (3): 757-766. (<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.11.038>)
- Santhi, D., Kalaikannan, A., Sureshkumar, S. (2015). Factors influencing meat emulsion properties and product texture: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57 (10): 2021-2027. (<https://doi.org/10.1080/10408398.2013.858027>)
- Schilling, M. W., Pham-Mondala, A. J., Dhowlaghar, N., Campbell, Y. L., Dinh, T. T., Tolentino, A. C., Williams, J. B., Xiong, Y. L. (2019). Changes in the volatile composition of fresh pork sausage with natural antioxidants during long-term frozen storage. *Meat and Muscle Biology*, 3 (1): 194-209. (<https://dx.doi.org/10.22175/mmb2019.03.0007>)
- Schwab, W. (2013). Natural 4-Hydroxy-2,5-dimethyl-3(2H)-furanone (Furaneol®). *Molecules*, 18 (6): 6936-6951. (<https://doi.org/10.3390/molecules18066936>)
- Scollan, N. D., Dannenberger, D., Nuernberg, K., Richardson, I., MacKintosh, S., Hocquette, J. F., Moloney, A. P. (2014). Enhancing the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat Science*, 97 (3): 384-394. (<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.02.015>)
- Seabra, L. M. J., Zapata, J. F. F., Nogueira, C. M., Dantas, M. A., Almeida, R. B. (2002). Cassava starch and oatmeal as fat replacers of lamb burgers. *Food Science and Technology*, 22 (3): 245-248. (<https://doi.org/10.1590/S0101-20612002000300008>)
- Sebranek, J. G., Bacus, J. N. (2007). Cured meat products without direct addition of nitrate or nitrite: What are the issues?. *Meat Science*, 77 (1): 136-147. (<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.03.025>)

- Seideman, S. C., Cross, H. R., Smith, G. C., Durland, P. R. (1984). Factors associated with fresh meat color: A review. *Journal of Food Quality*, 6: 211-237. (<https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.1984.tb00826.x>)
- Senso, L., Suárez, M. D., Ruiz-Cara, T., García-Gallego, M. (2007). On the possible effects of harvesting season and chilled storage on the fatty acid profile of the fillet of farmed gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Food Chemistry*, 101 (1): 298-307. (<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.01.036>)
- Silva, F. A. P., Amaral, D. S., Guerra, I. C. D., Dalmás, P. S., Arcanjo, N. M. O., Bezerra, T. K. A., Beltrão Filho, E. M., Moreira, R. T., Madruga, M. S. (2013). The chemical and sensory qualities of smoked blood sausage made with the edible by-products of goat slaughter. *Meat Science*, 94 (1): 34-38. (<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.01.004>)
- Silva, F. A. P., Ferreira, V. C. S., Madruga, M. S., Estévez, M. (2017). Aroma profile and consumer liking of salted and dried chicken meat: Effects of desalting and cooking methods. *International Journal of Food Properties*, 20 (12): 2954-2965. (<https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1263653>)
- Silvis, I. C. J., Luning, P. A., Klose, N., Jansen, M., Van Ruth, S. M. (2019). Similarities and differences of the volatile profiles of six spices explored by Proton Transfer Reaction Mass Spectrometry. *Food Chemistry*, 271: 318-327. (<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.07.021>)
- Simon-Sarkadi, L. (2019). Amino acids and biogenic amines as food quality factors. *Pure and Applied Chemistry*, 91 (2): 289-300. (<https://doi.org/10.1515/pac-2018-0709>)
- Službeni glasnik RS 72/10 (2010). Pravilnik o opštim i posebnim uslovima higijene hrane u bilo kojoj fazi proizvodnje, prerade i prometa.
- Službeni glasnik RS 19/17 (2017). Pravilnik o deklarisanju, označavanju i reklamiranju hrane.
- Službeni glasnik RS 22/18 (2018). Pravilnik o maksimalno dozvoljenim količinama ostataka sredstava za zaštitu bilja u hrani i hrani za životinje i o hrani i hrani za životinje za koju se utvrđuju maksimalno dozvoljene količine ostataka sredstava za zaštitu bilja.
- Službeni glasnik RS 53/18 (2018). Pravilnik o prehranbenim aditivima.
- Službeni glasnik RS 50/19 (2019). Pravilnik o kvalitetu usitnjenog mesa, poluproizvoda od mesa i proizvoda od mesa.
- Smith, S. B., Smith, D. R. (2014). Chemical and physical characteristics of meat - adipose tissue. In: Dikeman, M., Devine, C. (Eds.), *Encyclopedia of Meat Sciences* (2nd edition). Academic Press, Oxford, UK, pp. 222-234. (<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384731-7.00089-1>)
- Song, Z., Jia, Q., Shi, M., Feng, T., Song, S. (2019). Studies on the origin of carbons in aroma compounds from [¹³C₆]glucose-cysteine-(E)-2-nonenal model reaction systems. *Polymers*, 11 (3): 521. (<https://doi.org/10.3390/polym11030521>)
- Sousa, S. C., Frago, S. P., Penna, C. R. A., Arcanjo, N. M. O., Silva, F. A. P., Ferreira, V. C. S., Barreto, M. D. S., Araújo, Í. B. S. (2017). Quality parameters of frankfurter-type sausages with partial replacement of fat by hydrolyzed collagen. *LWT - Food Science and Technology*, 76 (Part B): 320-325. (<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.06.034>)
- SRPS EN ISO 660 (2015). Masti i ulja biljnog i životinjskog porekla - Određivanje kiselinskog broja i kiselosti. Institut za standardizaciju Srbije.

- SRPS EN ISO 3960 (2017). Ulja i masti biljnog i životinjskog porekla - Određivanje peroksidnog broja - Jodometrijsko (vizuelno) određivanje završne tačke. Institut za standardizaciju Srbije.
- SRPS EN ISO 6579-1 (2017). Mikrobiologija lanca hrane - Horizontalna metoda za otkrivanje, određivanje broja i serotipizaciju *Salmonella* - Deo 1: Otkrivanje *Salmonella* spp. Institut za standardizaciju Srbije.
- SRPS EN ISO 7937 (2010). Mikrobiologija hrane i hrane za životinje - Horizontalna metoda za određivanje broja *Clostridium perfringens* - Tehnika brojanja kolonija. Institut za standardizaciju Srbije.
- SRPS EN ISO 11290-1 (2017). Mikrobiologija lanca hrane - Horizontalna metoda za otkrivanje i određivanje broja *Listeria monocytogenes* i *Listeria* spp. - Deo 1: Metoda otkrivanja. Institut za standardizaciju Srbije.
- SRPS EN ISO 11290-2 (2017). Mikrobiologija lanca hrane - Horizontalna metoda za otkrivanje i određivanje broja *Listeria monocytogenes* i *Listeria* spp. - Deo 2: Metoda određivanja broja. Institut za standardizaciju Srbije.
- SRPS EN ISO 15303 (2012). Ulja i masti biljnog i životinjskog porekla - Detekcija i identifikacija isparljivog organskog kontaminanta pomoću GC/MS. Institut za standardizaciju Srbije.
- SRPS EN ISO 21528-1 (2017). Mikrobiologija lanca hrane - Horizontalna metoda za otkrivanje i određivanje broja Enterobacteriaceae - Deo 1: Otkrivanje Enterobacteriaceae. Institut za standardizaciju Srbije.
- SRPS EN ISO 21528-2 (2017). Mikrobiologija lanca hrane - Horizontalna metoda za otkrivanje i određivanje broja Enterobacteriaceae - Deo 2: Tehnika brojanja kolonija. Institut za standardizaciju Srbije.
- SRPS ISO 936 (1999). Meso i proizvodi od mesa - Određivanje ukupnog pepela. Institut za standardizaciju Srbije.
- SRPS ISO 937 (1992). Meso i proizvodi od mesa - Određivanje sadržaja azota (referentna metoda). Institut za standardizaciju Srbije.
- SRPS ISO 1442 (1998). Meso i proizvodi od mesa - Određivanje sadržaja vlage (referentna metoda). Institut za standardizaciju Srbije.
- SRPS ISO 1443 (1992). Meso i proizvodi od mesa - Određivanje sadržaja ukupne masti. Institut za standardizaciju Srbije.
- SRPS ISO 2917 (2004). Meso i proizvodi od mesa - Merenje pH (referentna metoda). Institut za standardizaciju Srbije.
- SRPS ISO 2918 (1999). Meso i proizvodi od mesa - Određivanje sadržaja nitrita (referentna metoda). Institut za standardizaciju Srbije.
- SRPS ISO 3496 (2002). Meso i proizvodi od mesa - Određivanje sadržaja hidroksiprolina. Institut za standardizaciju Srbije.
- SRPS ISO 13730 (1999). Meso i proizvodi od mesa - Određivanje sadržaja ukupnog fosfora (spektrometrijska metoda). Institut za standardizaciju Srbije.

- SRPS ISO 16649-1 (2018). Mikrobiologija lanca hrane - Horizontalna metoda za određivanje broja beta-glukuronidaza pozitivnih *Escherichia coli* - Deo 1: Tehnika brojanja kolonija na 44°C pomoću membrana i 5-bromo-4-hloro-3-indolil beta-D-glukuronida. Institut za standardizaciju Srbije.
- Stajić, S., Stanišić, N., Perunović, M., Živković, D., Žujović, M. (2011). Possibilities for the use of goat meat in the production of traditional sucuk. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 27 (4): 1489-1497. (<https://doi.org/10.2298/BAH1104489S>)
- Stajić, S., Perunović, M., Stanišić, N., Žujović, M., Živković, D. (2013). Sucuk (turkish-style dry-fermented sausage) quality as an influence of recipe formulation and inoculation of starter cultures. *Journal of Food Processing and Preservation*, 37 (5): 870-880. (<http://dx.doi.org/10.1111/j.1745-4549.2012.00709.x>)
- Stajić, S., Stanišić, N., Tomašević, I., Đekić, I., Ivanović, N., Živković, D. (2018). Use of linseed oil in improving the quality of chicken frankfurters. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42 (2): e13529. (<https://doi.org/10.1111/jfpp.13529>)
- Stajić, S., Pisinov, B., Tomasevic, I., Djekic, I., Čolović, D., Ivanović, S., Živković, D. (2020). Use of culled goat meat in frankfurter production - effect on sensory quality and technological properties. *International Journal of Food Science and Technology*, 55 (3): 1032-1045. (<https://doi.org/10.1111/ijfs.14346>)
- Stocchi, V., Piccoli, G., Magnani, M., Palma, F., Biagiarelli, B., Cucchiaroni, L. (1989). Reversed-phase high-performance liquid chromatography separation of dimethylaminoazobenzene sulfonyl- and dimethylaminoazobenzene thiohydantoin-amino acid derivatives for amino acid analysis and microsequencing studies at the picomole level. *Analytical Biochemistry*, 178 (1): 107-117. ([https://doi.org/10.1016/0003-2697\(89\)90364-3](https://doi.org/10.1016/0003-2697(89)90364-3))
- Sudheer, K., Das, C., Mandal, P. K., Pal, U. K., Rao, V. K. (2011). Effect of frozen storage on the physico-chemical, microbiological and sensory quality of low fat restructured chicken block incorporated with gizzard. *International Journal of Meat Science*, 1 (1): 62-69. (<http://dx.doi.org/10.3923/ijmeat.2011.62.69>)
- Suman, S. P., Joseph, P., Li, S., Steinke, L., Fontaine, M. (2009). Primary structure of goat myoglobin. *Meat Science*, 82 (4): 456-460. (<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.02.017>)
- Suvitha, A., Periandy, S., Gayathri, P. (2015). NBO, HOMO-LUMO, UV, NLO, NMR and vibrational analysis of veratrole using FT-IR, FT-Raman, FT-NMR spectra and HF-DFT computational methods. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 138: 357-369. (<https://doi.org/10.1016/j.saa.2014.11.011>)
- Tantikarnjathep, K., Sebranek, J. G., Topel, D. G., Rust, R. E. (1983). Use of vacuum during formation of meat emulsions. *Journal of Food Science*, 48 (4): 1039-1041. (<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1983.tb09156.x>)
- Teixeira, A., Pereira, E., Rodrigues, E. S. (2011). Goat meat quality. Effects of salting, air-drying and ageing processes. *Small Ruminant Research*, 98 (1-3): 55-58. (<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.03.018>)
- Teixeira, A., Fernandes, A., Pereira, E., Manuel, A., Rodrigues, S. (2017). Effect of salting and ripening on the physicochemical and sensory quality of goat and sheep cured legs. *Meat Science*, 134, 163-169. (<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.08.002>)

- Teixeira, A., Almeida, S., Pereira, E., Mangachaia, F., Rodrigues, S. (2019). Physicochemical characteristics of sheep and goat pâtés. Differences between fat sources and proportions. *Heliyon*, 5 (7): e02119. (<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02119>)
- Teixeira, A., Silva, S., Guedes, C., Rodrigues, S. (2020). Sheep and goat meat processed products quality: A Review. *Foods*, 9 (7): 960. (<https://doi.org/10.3390/foods9070960>)
- Todaro, M., Corrao, A., Alicata, N. L., Shinelli, R., Giaccone, P., Priolo, A. (2004). Effects of litter size and sex on meat quality traits of kid meat. *Small Ruminant Research*, 54 (3): 191-196. (<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2003.11.011>)
- Tomašević, I., Tomović, V., Milovanović, B., Lorenzo, J., Đorđević, V., Karabasil, N., Đekić, I. (2019). Comparison of a computer vision system vs. traditional colorimeter for color evaluation of meat products with various physical properties. *Meat Science*, 148: 5-12. (<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.09.015>)
- Tompkin, R. B., Christiansen, L. N., Shaparis, A. B. (1978). Enhancing nitrite inhibition of *Clostridium botulinum* with isoascorbate in perishable canned cured meat. *Applied and Environmental Microbiology*, 35 (1): 59-61. (<https://doi.org/10.1128/AEM.35.1.59-61.1978>)
- Tornberg, E. (2005). Effect of heat on meat proteins - Implications on structure and quality of meat products. *Meat Science*, 70 (3): 493-508. (<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.11.021>)
- Turan, H., Sönmez, G., Kaya, Y. (2007). Fatty acid profile and proximate composition of the thornback ray (*Raja clavata*, L. 1758) from the Sinop coast in the Black Sea. *Journal of Fisheries Sciences*, 1 (2): 97-103. (<https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.581.8838&rep=rep1&type=pdf>)
- Turgut, H. (1984). Emulsifying capacity and stability of goat, waterbuffalo, sheep and cattle muscle proteins. *Journal of Food Science*, 49 (1): 168-171. (<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1984.tb13698.x>)
- USDA (2002). Nutritive value of foods. Home and Garden Bulletin, 72: 60. (https://www.ars.usda.gov/ARUserFiles/80400525/data/hg72/hg72_2002.pdf)
- Van Boekel, M. A. J. S. (2006). Formation of flavour compounds in the Maillard reaction. *Biotechnology Advances*, 24 (2): 230-233. (<https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2005.11.004>)
- Velasco, V., Williams, P. (2011). Improving meat quality through natural antioxidants. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 71 (2): 313-322. (<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392011000200017>)
- Verešbaranji, I. (1996). Animal and vegetable fats and oils - Preparation of methyl esters of fatty acids. In: Karlović, Đ., Andrić, N., Jakovljević, J. B., Tanasković, V. R., Berić, B. (Eds.), *Kontrola kvaliteta semena uljarica*. Tehnološki fakultet Novi Sad, Savezni zavod za standardizaciju, Beograd, Srbija, pp. 311-314.
- Verma, A. K., Rajkumar, V., Kumar, M. S., Jayant, S. K. (2019). Antioxidative effect of drumstick (*Moringa oleifera* L.) flower on the quality and stability of goat meat nuggets. *Nutrition & Food Science*, 50 (1): 84-95. (<https://doi.org/10.1108/NFS-12-2018-0348>)
- Vuković, I. K. (2006). *Osnove tehnologije mesa* (3. izdanje). Veterinarska komora Srbije. Beograd, pp. 207-218.

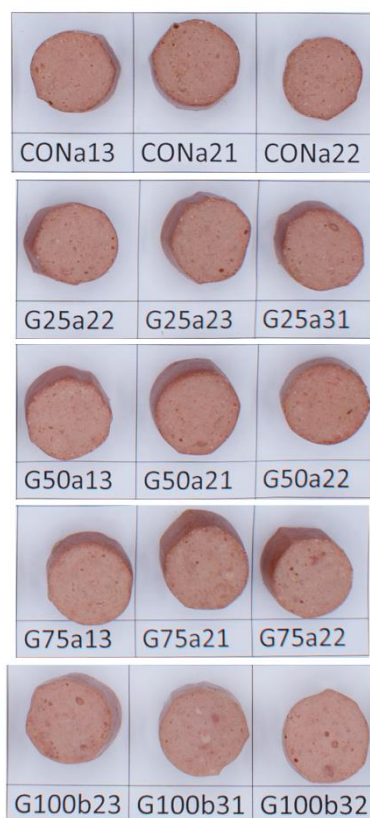
- Vural, H., Javidipour, I. (2002). Replacement of beef fat in frankfurters by interesterified palm, cottonseed and olive oils. *European Food Research and Technology*, 214: 465-468. (<https://doi.org/10.1007/s00217-002-0502-5>)
- Zanardi, E., Ghidini, S., Battaglia, A., Chizzolini, R. (2004). Lipolysis and lipid oxidation in fermented sausages depending on different processing conditions and different antioxidants. *Meat Science*, 66 (2): 415-423. ([https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(03\)00129-3](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(03)00129-3))
- Zhang, W., Xiao, S., Samaraweera, H., Lee, E. J., Ahn, D. U. (2010). Improving functional value of meat products. *Meat Science*, 86 (1): 15-31. (<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.04.018>)
- Zhao, L., Jin, Y., Ma, C., Song, H., Li, H., Wang, Z., Xiao, S. (2011). Physico-chemical characteristics and free fatty acid composition of dry fermented mutton sausages as affected by the use of various combinations of starter cultures and spices. *Meat Science*, 88 (4): 761-766. (<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.03.010>)
- Zvarych, V., Nakonechna, A., Marchenko, M., Khudiyi, O., Lubenets, V., Khuda, L., Kushniryk, O., Novikov, V. (2019). Hydrogen peroxide oxygenation of furan-2-carbaldehyde via an easy, green method. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67 (11): 3114-3117. (<https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b06284>)
- Živković, D., Perunović, M. (2012). *Poznavanje mesa*. Poljoprivredni fakultet, Beograd.
- Živković, D., Stajić, S. (2016). *Tehnologija mesa 1*. Poljoprivredni fakultet, Beograd, pp. 71-100.
- Quasem, J. M., Mazahreh, A. S., Al-Shawabkeh, A. F. (2009). Nutritive value of seven varieties of meat products (sausage) produced in Jordan. *Pakistan Journal of Nutrition*, 8 (4): 332-334. (<http://docsdrive.com/pdfs/ansinet/pjn/2009/332-334.pdf>)
- Wakte, K. V., Zanan, R. L., Thengane, R. J., Jawali, N., Nadaf, A. B. (2012). Identification of elite population of *Pandanus amaryllifolius* Roxb. for higher 2-acetyl-1-pyrroline and other volatile contents by HS-SPME/GC-FID from peninsular India. *Food Analytical Methods*, 5 (6): 1276-1288. (<https://doi.org/10.1007/s12161-012-9373-y>)
- Watanabe, A., Kamada, G., Imanari, M., Shiba, N., Yonai, M., Muramoto, T. (2015). Effect of aging on volatile compounds in cooked beef. *Meat Science*, 107: 12-19. (<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.04.004>)
- Wattanachant, S., Sornprasitt, T., Polpara, Y. (2008). Quality characteristics of raw and canned goat meat in water, brine, oil and Thai curry during storage. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 30 (Suppl.1), 41-50. (<https://rdo.psu.ac.th/sjstweb/journal/30-Suppl-1/0125-3395-30-S1-41-50.pdf>)
- Wazir, H., Chay, S. Y., Zarei, M., Hussin, F. S., Mustapha, N. A., Wan Ibadullah, W. Z., Saari, N. (2019). Effects of storage time and temperature on lipid oxidation and protein co-oxidation of low-moisture shredded meat products. *Antioxidants*, 8 (10): 486. (<https://doi.org/10.3390/antiox8100486>)
- Webb, E. C., Casey, N. H., Simela, L. (2005). Goat meat quality. *Small Ruminant Research*, 60 (1-2): 153-166. (<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.06.009>)
- Webb, E. C. (2014). Goat meat production, composition, and quality. *Animal Frontiers*, 4 (4): 33-37. (<https://doi.org/10.2527/af.2014-0031>)
- Wiley Registry of Mass Spectral Data (11th edition). (Dostupno sa: <http://www.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-1119171016.html>)

- Williams, P. (2007). Nutritional composition of red meat. *Nutrition & Dietetics*, 64 (s4): S113-S119. (<https://doi.org/10.1111/j.1747-0080.2007.00197.x>)
- Woitel, F. R., Trushenski, J. T., Schwarz, M. H., Jahncke, M. L. (2014). More judicious use of fish oil in Cobia feeds: I. Assessing the relative merits of alternative lipids. *North American Journal of Aquaculture*, 76 (3): 222-231. (<http://dx.doi.org/10.1080/15222055.2014.893469>)
- Wood, J. D., Richardson, R. I., Nute, G. R., Fisher, A. V., Campo, M. M., Kasapidou, E., Sheard, P. R., Enser, M. (2004). Effects of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Science*, 66 (1): 21-32. ([https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(03\)00022-6](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(03)00022-6))
- Wyness, L. (2016). The role of red meat in the diet: Nutrition and health benefits. *Proceedings of the Nutrition Society*, 75 (3): 227-232. (<https://doi.org/10.1017/S0029665115004267>)
- Xia, W., Budge, S. M. (2017). Techniques for the analysis of minor lipid oxidation products derived from triacylglycerols: epoxides, alcohols, and ketones. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16 (4): 735-758. (<https://doi.org/10.1111/1541-4337.12276>)
- Xiong, Y. L. (2007). *Meat Binding: Emulsions and Batters*. American Meat Science Association, Champaign, IL, USA, pp. 1-28.
- Yanfang, Z., Wenyi, T. (2009). Flavor and taste compounds analysis in Chinese solid fermented soy sauce. *African Journal of Biotechnology*, 8 (4): 673-681. (<https://academicjournals.org/journal/AJB/article-abstract/79E07E98437>)
- Yang, Q. L., Lou, X. W., Wang, Y., Pan, D. D., Sun, Y. Y., Cao, J. X. (2017). Effect of pH on the interaction of volatile compounds with the myofibrillar proteins of duck meat. *Poultry Science*, 96 (6): 1963-1969. (<http://dx.doi.org/10.3382/ps/pew413>)
- Yang, J., Dashdorj D., Hwang I. (2019). Volatile flavor components as a function of electrical stimulation and chiller aging for *m. longissimus* and *biceps femoris* of Hanwoo beef. *Food Science of Animal Resources*, 39 (3): 474-493. (<https://doi.org/10.5851/kosfa.2019.e43>)
- Yotsuyanagi, S. E., Contreras-Castillo, C. J., Hagiwara, M. M. H., Cipolli, K. M. V. A. B., Lemos, A. L. S. C., Morgano, M. A., Yamada, E. A. (2016). Technological, sensory and microbiological impacts of sodium reduction in frankfurters. *Meat Science*, 115: 50-59. (<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.12.016>)
- Yu, A. N., Zhang, A. D. (2010). The effect of pH on the formation of aroma compounds produced by heating a model system containing L-ascorbic acid with L-threonine/L-serine. *Food Chemistry*, 119 (1): 214-219. (<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.06.026>)
- Yu, A. N., Tan, Z. W., Wang, F. S. (2012). Mechanism of formation of sulphur aroma compounds from L-ascorbic acid and L-cysteine during the Maillard reaction. *Food Chemistry*, 132 (3): 1316-1323. (<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.11.111>)

PRILOZI

PRILOG A

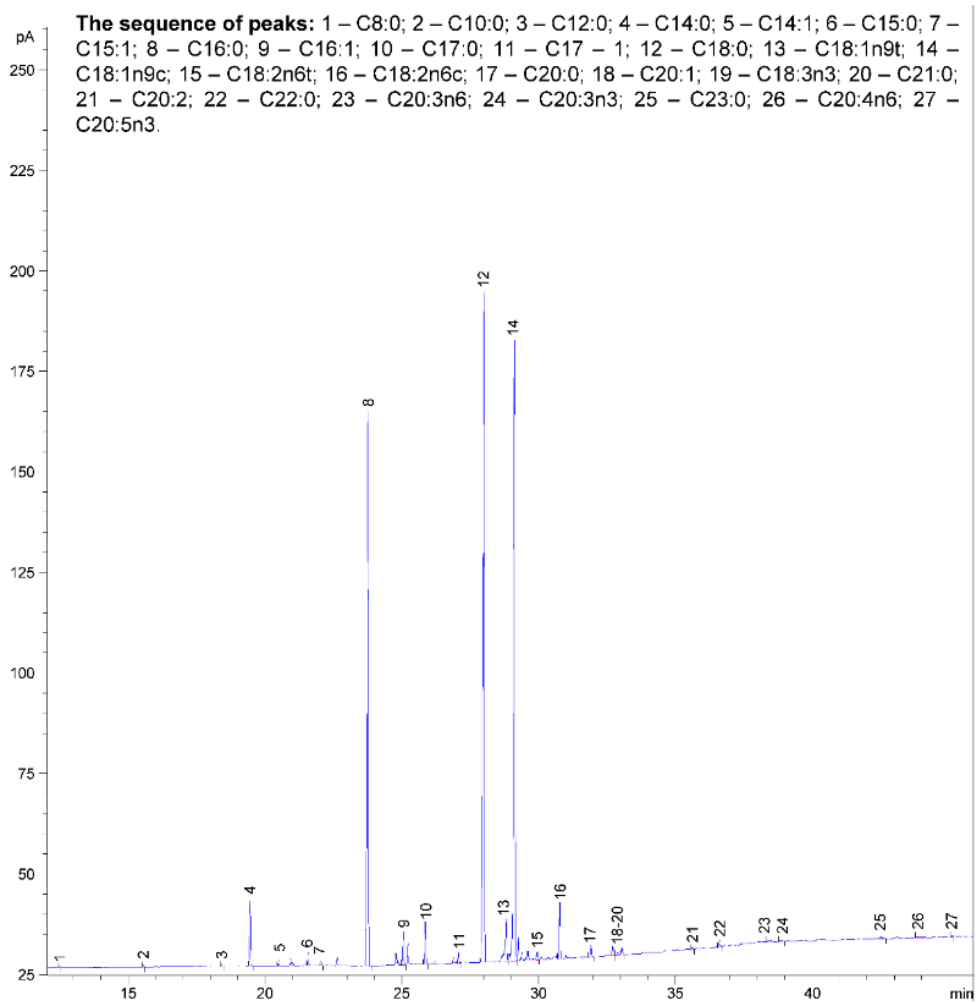
INSTRUMENTALNO MERENJE BOJE FRANKFURTERA



Slika 1. Izgled preseka dela uzoraka frankfurtera (sa šiframa) pripremljenih za instrumentalno merenje boje

PRILOG B

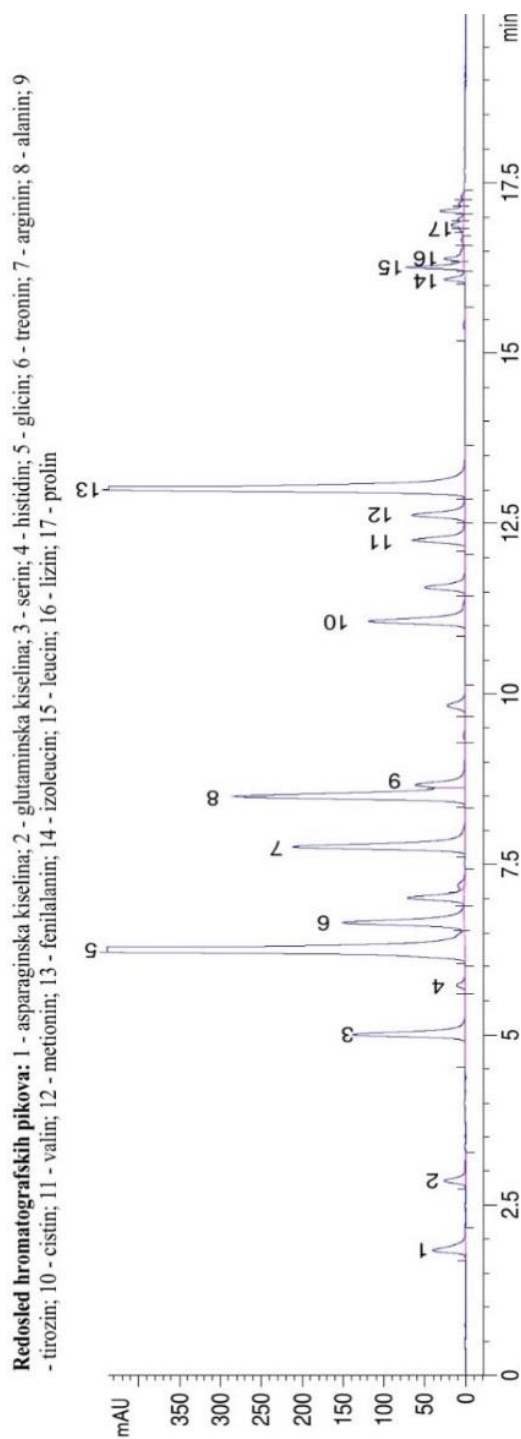
MASNOKISELINSKI PROFIL FRANKFURTERA



Slika 2. Hromatogram masnih kiselina jednog uzorka šarže G100 za 0. dan

PRILOG C

AMINOKISELINSKI PROFIL FRANKFURTERA



Slika 3. Hromatogram amino kiselina jednog uzorka šarže G100 za 21. dan

PRILOG D

SENZORNA ANALIZA FRANKFURTERA

узорак својство	284	124	326	673	958
Пријатан мирис					
Светлоцрвена боја					
Тешко за жвакање					
Сочно					
Зрнаста/песковита текстура					
Атипичан мирис					
Тамноцрвена боја					
Пријатан изглед					
Тамна површина					
Пријатна боја					
Атипичан укус					
Укусно					
Мекано					
Светла површина					
Колико ми се допада 0–10					

Slika 4. Izgled ocenjivačkog lista za potrošače - CATA

производ: Барене кобасице – **франкфуртер**

датум оцењивања: _____

године оцењивача _____

пол оцењивача: _____

Показатељ квалитета	<i>ВАРИЈАНТЕ И ОЦЕНА У БОДОВИМА</i>				
	284	124	326	673	958
Боја					
Мирис					
Укус					
Текстура					
Укупна прихватљивост					

- | | |
|-----------------------------------|--------------------------|
| 9 изузетно прихватљиво | 4 умерено неприхватљиво |
| 8 веома прихватљиво | 3 неприхватљиво |
| 7 прихватљиво | 2 веома неприхватљиво |
| 6 умерено прихватљиво | 1 изузетно неприхватљиво |
| 5 ни прихватљиво ни неприхватљиво | |

Показатељ квалитета	<i>ВАРИЈАНТЕ И ОЦЕНА У БОДОВИМА</i>				
	284	124	326	673	958
Атипичан мирис					
Атипичан укус					

- | |
|--------------|
| 1 не постоји |
| 9 изражен |

Slika 5. Izgled ocenjivačkog lista za potrošače

Ime i prezime

Datum

Senzorno testiranje – Skala stepena i smera razlika u odnosu na kontrolni proizvod.

Neprihvatljiva razlika	Značajna razlika	Marginalna razlika	Mala razlika	Kao kontrolni uzorak	Mala razlika	Marginalna razlika	Značajna razlika	Neprihvatljiva razlika
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<<< manje od <<<					>>> više od >>>			
Senzorno svojstvo								
Kontrolni uzorak je GOVEDA VIRŠLA (govede meso + govedí loj)								
Boja (svetlo - 1 / tamno - 9)								
Intenzitet boje proizvoda								
Sočnost / jućiness								
Intenzitet soćnosti proizvoda (suvu - 1 / soćno - 9)								
Tvrdoća / hardness								
Sila sabíjanja proizvoda između jezika i nepca (meko - 1 / tvrdo - 9)								
Ukus mesa (manje - 1 / više - 9)								
Intenzitet ukusa viršle (mesa) u odnosu na kontrolni								
Atípićan ukus viršle								
Intenzitet ostalih ukusa (kozje meso) u odnosu na kontrolni (veliki defekti - 9)								
Miris mesa (manje - 1 / više - 9)								
Intenzitet mirisa viršle (mesa) u odnosu na kontrolni								
Atípićan miris viršle								
Intenzitet ostalih mirisa (kozje meso) u odnosu na kontrolni (veliki defekti - 9)								
Senzorno testiranje – Stepén prihvatljivosti proizvoda sa aspekta kvaliteta								
Izuzetno mi se ne sviđa								
Veoma mi se ne sviđa								
Umereno mi se ne sviđa								
Malo mi se ne sviđa								
Niti mi se sviđa niti mi se ne sviđa								
Donekle mi se sviđa								
Umereno mi se sviđa								
Veoma mi se sviđa								
Izuzetno mi se sviđa								
Šifra uzorka								
PRIHVATLJIVOST PROIZVODA SA ASPEKTA KVALITETA								
Oćena kvaliteta								
Oćenite prihvatljivost sa aspekta kvaliteta								
Stepén prihvatljivosti								
Poređajte uzorke po stepenu prihvatljanja (1 – najviše mi se sviđa, 4 najmanje mi se sviđa)								

Slika 6. Izgled oćenjivaćkog lista za panel

BIOGRAFIJA

Boris Pisinov je rođen 21. aprila 1975. godine u Beogradu, Republika Srbija, gde je završio osnovnu i srednju medicinsku školu. Školske 1994/1995. godine upisao je Hemijski fakultet, PMF, Univerziteta u Beogradu, odsek za istraživanje i razvoj, smer diplomirani hemičar, na kome je diplomirao 2006. godine, sa prosečnom ocenom 7,77 i ocenom 9 na diplomskom radu „*Određivanje koncentracije olova, kadmijuma i arsena u stočnoj hrani*”.

Od aprila 2006. godine radio je kao stručni saradnik u oblasti hemije na Odeljenju za hemiju i biohemiju, Zavoda za kontrolu hrane i lekova, NIVS, u Beogradu. U periodu, 2011-2013. godine, radio je na poslovima šefa Fizičko-hemijskog odeljenja, JPS Zavod za mlekarstvo, u Beogradu. Nakon toga, u periodu 2013-2018. godine, bio je zaposlen na poslovima šefa Odeljenja za hemiju i biohemiju i ispitivanje lekova, Zavoda za kontrolu hrane i lekova, NIVS, u Beogradu. Godine 2013. izabran je u istraživačko zvanje, istraživač saradnik. Doktorske akademske studije, studijski program Prehrambena tehnologija upisao je školske 2013/2014. godine, na Poljoprivrednom fakultetu, Univerziteta u Beogradu.

Pored ranije navedenog, 2016. godine učestvovao je na univerzitetskom letnjem kursu „*Mycotoxin Summer Academy 2016*”, BOKU University, u Beču, dok je 2017. godine bio angažovan kao tehnički konsultant za Nacionalnu laboratoriju SEPA, na projektu Ujedinjenih nacija za životnu sredinu „*Assistance to the Republic of Serbia in the Implementation of MEAs and EU Obligations through Improvement of Pollution Monitoring of Soil Quality at Industrial Sites*” i kao stručna podrška (mentorstvo) polaznika Regionalnog centra za talente Beograd.

Samostalno i u saradnji sa drugim autorima, objavio je u domaćim i međunarodnim časopisima i saopštio na skupovima, 37 naučnih radova.

IZJAVE

Izjava o autorstvu

Ime i prezime autora **Boris Pisinov**

Broj indeksa **TH 13/10**

Izjavljujem

da je doktorska disertacija pod naslovom

Fizičko-hemijska, nutritivna i senzorna svojstva kobasica u tipu frankfurtera od mesa izlučenih koza

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

Potpis autora

U Beogradu, 25.10.2020

Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije doktorskog rada

Ime i prezime autora **Boris Pisinov**

Broj indeksa **TH 13/10**

Studijski program **Prehrambena tehnologija**

Naslov rada **Fizičko-hemijska, nutritivna i senzorna svojstva kobasica u tipu frankfurtera od mesa izlučenih koza**

Mentor **dr Slaviša Stajić, docent**

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

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

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

Potpis autora

U Beogradu, 25.10.2020

Izjava o korišćenju

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

Fizičko-hemijska, nutritivna i senzorna svojstva kobasica u tipu frankfurtera od mesa izlučenih koza

koja je moje autorsko delo.

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

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

1. Autorstvo (CC BY)
2. Autorstvo – nekomercijalno (CC BY-NC)
- ③ Autorstvo – nekomercijalno – bez prerada (CC BY-NC-ND)
4. Autorstvo – nekomercijalno – deliti pod istim uslovima (CC BY-NC-SA)
5. Autorstvo – bez prerada (CC BY-ND)
6. Autorstvo – deliti pod istim uslovima (CC BY-SA)

Potpis autora

U Beogradu, 25.10.2020

1. **Autorstvo.** Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence, čak i u komercijalne svrhe. Ovo je najslobodnija od svih licenci.
2. **Autorstvo – nekomercijalno.** Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela.
3. **Autorstvo – nekomercijalno – bez prerada.** Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, bez promena, preoblikovanja ili upotrebe dela u svom delu, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela. U odnosu na sve ostale licence, ovom licencom se ograničava najveći obim prava korišćenja dela.
4. **Autorstvo – nekomercijalno – deliti pod istim uslovima.** Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence i ako se prerada distribuira pod istom ili sličnom licencom. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela i prerada.
5. **Autorstvo – bez prerada.** Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, bez promena, preoblikovanja ili upotrebe dela u svom delu, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca dozvoljava komercijalnu upotrebu dela.
6. **Autorstvo – deliti pod istim uslovima.** Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence i ako se prerada distribuira pod istom ili sličnom licencom. Ova licenca dozvoljava komercijalnu upotrebu dela i prerada. Slična je softverskim licencama, odnosno licencama otvorenog koda.