

UNIVERZITET U BEOGRADU
FAKULTET VETERINARSKJE MEDICINE

Jelena M. Babić

doktor veterinarske medicine

**ISPITIVANJE UTICAJA ODABRANIH
FILTERA NA KONCENTRACIJU
POLICIKLIČNIH AROMATIČNIH
UGLJOVODONIKA KOD PROIZVODNJE
TOPLO DIMLJENOG ŠARANA**

Doktorska disertacija

Beograd, 2018

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF VETERINARY MEDICINE

Jelena M. Babić

doctor of veterinary medicine

**EXAMINATION OF INFLUENCE OF
SELECTED FILTERS AT
CONCENTRATION OF POLYCYCLIC
AROMATIC HYDROCARBONS IN
PRODUCTION OF HOT SMOKED
COMMON CARP**

PhD THESIS

Belgrade, 2018

Mentori:

Dr Vlado Teodorović, redovni profesor

Fakultet veterinarske medicine Univerzitet u Beogradu

Dr Miroslav Ćirković, naučni savetnik

Naučni institut za veterinarstvo „Novi Sad“

Članovi komisije:

Dr Nedeljko Karabasil, vanredni profesor

Fakultet veterinarske medicine Univerzitet u Beogradu

Dr Mirjana Dimitrijević, vanredni profesor

Fakultet veterinarske medicine Univerzitet u Beogradu

Dr Đorđe Okanović, naučni savetnik

Institut za prehrambene tehnologije, Novi Sad

Datum odbrane doktorske disertacije

.....

Rezultati istraživanja ove doktorske disertacije deo su istraživanja u okviru projekta „Uticaj kvaliteta komponenata u ishrani ciprinida na kvalitet mesa, gubitka i ekonomičnost proizvodnje“ TR 31011, koji se finansira od strane Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije kojim rukovodi prof. dr Miroslav Ćirković.

“Kada izražavamo svoju zahvalnost, nikada ne smemo zaboraviti da nije najveća zahvalnost izustiti reči hvale, nego živeti po njima” – J.F. Kennedy

Pre svega, zahvaljujem se svom mentoru prof. dr Vladi Teodoroviću na pomoći, savetima i primedbama tokom izrade ove doktorske disertacije.

Veliku zahvalnost dugujem mentoru prof. dr Miroslavu Ćirkoviću na ukazanom poverenju, na pruženoj šansi da uđem u naučno-istraživački svet. Na ideji, pomoći, kritikama i savetima, ne samo oko izrade ove doktorske teze, već naučno-istraživačkog rada uopšte.

Prof. dr Danijeli Kirovski i sekretaru Petru Sikimiću se zahvaljujem na razumevanju i uputstvima za snalaženje u administrativnim lavirintima.

Veliku pomoć u razumevanju tehnologije proizvodnje pružio mi je prof. dr Đorđe Okanović i na tome mu se posebno zahvaljujem, kao i koleginci Kartalović Brankici koja je realizovala laboratorijski deo utvrđivanja prisustva PAH jedinjenja.

Zahvaljujem svim profesorima Departmana veterinarske medicine, Poljoprivrednog fakulteta u Novom Sadu i Fakulteta veterinarske medicine u Beogradu, a posebno Katedre za Higijenu i tehnologiju namirnica animalnog porekla koji su se nesebično trudili da prenesu svoje znanje i iskustvo tokom ovih godina studiranja, kao i asistentima koji su uvek bili spremni za pomoć i saradnju.

Iskreno se zahvaljujem svojim kolegama, koji su mi pre svega u životu predivni prijatelji: Suzani Vidaković, Mariji Bošković i Snežani Škaljac na prelepim trenucima provedenim u zajedničkom radu, prenošenju stečenog znanja i izuzetnoj kolegijalnosti, kao i na toplim i prijateljskim razgovorima i dobronamernim savetima.

Kolektivu Instituta za higijenu i tehnologiju mesa, a posebno dr Jasni Đinović koja je bila voljna da podeli svoj rad i znanje o policikličnim aromatičnim ugljovodonicima.

Kolektivu Instituta za prehrambene tehnologije, a posebno kolegici Slađani Rakita i njenoj tehničarki, ekipi sa Tehnološkog fakulteta Univerziteta u Novom Sadu na čelu sa prof. dr Natalijom Džinić, kao i prof. dr. Jovanki Popov-Raljić.

Srdačno se zahvaljujem svim prijateljima i kolegama na svim korisnim savetima i sugestijama.

Takođe, što bi Marija rekla: “Hvala i svima onima koji su me razočarali i izneverili, zato što ste me spremili za ono što me čeka van korica ove doktorske disertacije, za sve ono što me čeka van granica nauke”.

Uf... bilo je teško, to znaju samo najbliži. Oni uvek imaju i vremena i strpljenja i volje da saslušaju, a opet i da iskreno kažu šta i kako dalje. Neću vas nabrajati, vi najbolje znate ko ste i koliko mi značite.

Znam, nije ti lako, ali sam si birao ☺. Hvala ti što ispunjavaš moj život bezgraničnom ljubavlju, pažnjom i razumevanjem. Hvala na “Jelena, uključi mozak”, na neprespavanim noćima uz mene, na strpljenju, motivaciji i pomoći. A pre svega, Zorane, hvala ti na onome što nas tek očekuje.

Hoću li vas sve nabrajati- da, hoću! Mama, tata, Bila, Tina, Igore, Mirko, Ana, Marko, Miloše, Nikola.... Hm... Hm... Džaba - Nema pravih reči. Zato ću reći samo: “Volim vas”!

I evo nas opet, još jedan vrh osvojen, a tata znaš da i kada ti se čini da te ne slušam, ja uvek uradim baš onako kako si me ti savetovao i ne bojim se da ću pogrešiti. Zato, sad već tradicionalno, i ovo “pisanije” posvećujem tebi! P.S. Ništa bez mame!

“Ne boj se, samo veruj”- Свети Владика Николај

REZIME

Dimljena riba, uključujući hladno i toplo dimljenu, ubraja se među proizvode od riba čija se potrošnja znatno povećala u svim evropskim zemljama uključujući i Srbiju. Znajući za visoku nutritivnu vrednost koja se ogleda u bogatstvu polinezasićenih masnih kiselina, vitamina, minerala i proteina, kao i poželjnih senzornih vrednosti, ovaj proizvod dobija značajno mesto na našoj trpezi. Uprkos pomenutom kvalitetu dimljene ribe, u ovakvom tipu proizvoda postoji rizik od karcinogenih svojstava zbog prisustva policikličnih aromatičnih ugljovodonika (PAH) poreklom iz dima. Činjenica da dimljena riba može da sadrži karcinogena PAH jedinjenja može imati značajan uticaj na prihvatanje ovih proizvoda od strane potrošača.

Radi smanjenja karcinogenog uticaja sastojaka dima na zdravlje potrošača rađeni su ogledi u proizvodnji dimljenog šarana primenom filtera sa zeolitom, aktivnim ugljem i šljunkom. Dimljenje je vršeno u komorama za toplo dimljenje – TDK i „ATMOS“ i tradicionalnoj zanatskoj pušnici na različitim temperaturama. Ogledi su pokazali da je koncentracija PAH jedinjenja u mesu šarana koje je dimljeno sa primenom filtera statistički značajno manja nego u mesu šarana koje je dimljeno u istim uslovima, ali bez primene filtera. Filteri sa zeolitom i aktivnim ugljem su se pokazali kao efikasniji u smanjenju koncentracije PAH jedinjenja u odnosu na šljunčani filter. Prednost je data zeolitu jer su finalni proizvodi dobijeni primenom ovog filtera pokazali statistički manju vrednost sume svih 16 ispitanih PAH jedinjenja, kao i fluorena, antracena i pirena. Primenom različitih temperatura ustanovljeno je da u procesu toplog dimljenja nije potrebno koristiti temperaturu višu od 63 °C sa aspekta senzornih svojstava i mikrobiološkog statusa.

U sklopu ovog naučnog rada, praćena je i održivost proizvoda toplo dimljenog šarana upakovanog u modifikovanoj atmosferi sa argonom i u vakuumu tokom skladištenja na temperaturi od 4 °C. Pakovanja nisu pokazala različit uticaj na rok trajanja, ali se pakovanje u modifikovanoj atmosferi sa argonom pokazalo statistički bolje u pogledu senzornih svojstava i mikrobiološkog statusa proizvoda.

Jedan od najznačajnijih rezultata u ovim istraživanjima je da je dimljeni šaran, dimljen na tradicionalan način, kao i u industrijskim uslovima, uz korišćenje filtera bezbedan za potrošače sa aspekta sadržaja PAH jedinjenja, jer su svi ispitani uzorci ispunjavali uslove propisane domaćim i evropskim propisima.

Ključne reči: dimljenje, riba, PAH, zeolit, aktivni ugalj, šljunak

Naučna oblast: Veterinarska medicina

Uža naučna oblast: Bezbednost hrane

UDK broj: 637.56:597.555.3

SUMMARY

Smoked fish, both cold and hot, is one of the fish product whose consumption significantly increased over the past few decades in all European countries, including Serbia, due to their desirable sensory properties, high nutritional value, reflected in the richness of polyunsaturated fatty acids, vitamins, minerals and proteins. In spite of all qualities of smoked fish, there is a risk of carcinogenic properties in this type of fish product due to the presence of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) from smoke. Fact that smoked fish may contain carcinogenic PAHs could have a significant impact on the acceptance of these products by consumers.

In order to decrease the carcinogenic effects of smoke components on the health of consumers, experiments of smoked fish production were done by using zeolite filters, activated carbon and gravel. Smoking processes were done in the chambers for hot smoking – TDK and "ATMOS" and in traditional kiln at different temperatures. Our experiments have shown that the concentration of PAH compounds in hot smoked common carp meat is significantly lower than in hot smoked common carp meat under the same conditions, but without filters. Zeolite filters and activated carbon have been shown to be more effective in reducing the concentration of PAHs in relation to the gravel filter. The advantage was given to zeolite since the final products using this filter showed a significantly lower value of the sum of all 16 PAHs examined, as well as fluorene, anthracene and pyrene. Using different temperatures it was found that in the process of hot smoke it is not needed to use a temperature higher than 63 ° C from the aspect of microbiological correctness and sensory properties.

As part of this scientific paper, the sustainability of the products of hot smoked carp, packed in a modified atmosphere with argon and in a vacuum was monitored during storage at a temperature of 4 ° C. Packages did not show a different effect on the shelf life, but packaging in a modified atmosphere with argon was statistically better in terms of the sensory properties and microbiological status of the product.

One of the most significant results in these studies is that smoked carp smoked in a traditional way, as well as in industrial conditions, using filters, is safe for consumers in terms of the content of PAH compounds, because all tested samples fulfilled the conditions prescribed by domestic and European regulations.

Key words: smoking, fish, PAH, zeolite, activated carbon, gravel

Scientific area: Veterinary medicine

Specific scientific field: Food safety

UDK number: 637.56:597.555.3

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. PREGLED LITERATURE.....	4
2.1. RIBARSTVO - NEKAD I SAD	4
2.2. BEZBEDNOST HRANE I ZNAČAJ RIBE U ISHRANI LJUDI.....	10
2.2.1. KVALITET MESA RIBA	14
2.2.1.1. OCENA SVEŽINE RIBE I ODRŽIVOST.....	17
2.3. ŠARAN	21
2.4. PROIZVODI OD RIBE	25
2.4.1. DIMLJENA RIBA	28
2.5. DIMLJENJE.....	30
2.5.1. PRIMARNA OBRADA	32
2.5.2. SOLJENJE	34
2.5.3. SUŠENJE	35
2.5.4. DOBIJANJE DIMA	36
2.5.5. SASTAV DIMA.....	37
2.6. POLICIKLIČNI AROMATIČNI UGLJOVODONICI	42
2.6.1. KARCINOGENI EFEKAT POLICIKLIČNIH AROMATIČNIH UGLJOVODONIKA	46
2.6.2. METODE ANALIZIRANJA POLICIKLIČNIH AROMATIČNIH UGLJOVODONIKA	51
2.6.2.1. GASNA HROMATOGRAFIJA.....	52
2.6.2.2. MASENA SPEKTROMetriJA.....	54
2.6.3. VALIDACIJA METODE	54
2.6.4. FAKTORI KOJI MOGU UTICATI NA SMANJENJE KONCENTRACIJE POLICIKLIČNIH AROMATIČNIH UGLJOVODONIKA	57
2.6.4.1. FILTERI	59
2.6.4.1.1. ZEOLIT	59
2.6.4.4.2. AKTIVNI UGALJ	60

2.6.4.4.3. ŠLJUNAK.....	61
2.7. ODRŽIVOST DIMLJENOG MESA RIBA	62
2.8. PAKOVANJA.....	67
2.8.1. VAKUUM PAKOVANJE	70
2.8.2. PAKOVANJE U MODIFIKOVANOJ ATMOSFERI.....	71
2.8.2.1. ARGON	73
3. CILJ I ZADACI ISTRAŽIVANJA	74
4. MATERIJAL I METODI RADA	77
4.1. UZGOJ I ODABIR SIROVINE.....	77
4.2. HEMIJSKE ANALIZE ZA DEFINISANJE STATUSA SIROVINE	79
4.2.1 SADRŽAJ UKUPNIH MASTI	79
4.2.2. SADRŽAJ PROTEINA.....	79
4.2.3. SADRŽAJ UKUPNOG HOLESTEROLA	80
4.3. TEHNOLOGIJA PROIZVODNJE DIMLJENOG MESA ŠARANA	81
4.3.1. SOLJENJE	81
4.3.2. PRANJE POD PRITISKOM I CEĐENJE.....	82
4.3.3. SUŠENJE	82
4.3.4. DIMLJENJE.....	83
4.3.4.1. FILTERI	83
4.3.4.1.1. ZEOLIT	84
4.3.4.1.2. GRANULIRANI AKTIVNI UGALJ	84
4.3.4.1.3. ŠLJUNČANI FILTER	85
4.3.4.2. DIMLJENJE U KOMORI ZA TOPLO DIMLJENJE - TDK	86
4.3.4.2.1. DIMLJENJE U KOMORI ZA TOPLO DIMLJENJE – PRIMENA FILTERA	86
4.3.4.2.2. DIMLJENJE U KOMORI ZA TOPLO DIMLJENJE – RAZLIČITE TEMPERATURE U CENTRU MESA ŠARANA	87
4.3.4.3. DIMLJENJE U TRADICIONALNOJ ZANATSKOJ PUŠNICI.....	88
4.3.4.4. DIMLJENJE U KOMORI ZA TOPLO DIMLJENJE “ATMOS”	89
4.3.5. HLAĐENJE	90
4.3.6. SKLADIŠTENJE I TRANSPORTOVANJE.....	90

4.4. HEMIJSKE ANALIZE ZA DEFINISANJE STATUSA DIMLJENOG MESA ŠARANA	91
4.4.2. SADRŽAJ PROTEINA.....	91
4.4.3. SADRŽAJ UKUPNIH MASTI.....	91
4.4.5. SADRŽAJ UKUPNOG HOLESTEROLA	92
4.5. ODREĐIVANJE POLICIKLIČNIH AROMATIČNIH UGLJOVODONIKA ..	93
4.5.1. STANDARDI I REAGENSI.....	93
4.5.2. PRIPREMA I PREČIŠĆAVANJE UZORKA	94
4.5.3. ODREĐIVANJE POLICIKLIČNIH AROMATIČNIH UGLJOVODONIKA GASNOM HROMATOGRAFIJOM SA MASENOM SPEKTROMETRIJOM	95
4.5.4. VALIDACIJA METODE	96
4.6. PAKOVANJE	97
4.6.1. VAKUUM PAKOVANJE	97
4.6.2. PAKOVANJE U MODIFIKOVANOJ ATMOSFERI.....	97
4.7. ODREĐIVANJE SADRŽAJA MASNIH KISELINA	98
4.8. METOD ODREĐIVANJA AKTIVNOSTI VODE.....	99
4.9. SENZORNA ANALIZA	100
4.10. METODE MIKROBIOLOŠKIH ISPITIVANJA	101
4.10.1. UKUPAN BROJ AEROBNIH MEZOFILNIH BAKTERIJA	101
4.10.2. DETEKCIJA <i>LISTERIA MONOCYTOGENES</i>	102
4.10.3. ODREĐIVANJE BROJA <i>LISTERIA MONOCYTOGENES</i>	103
4.10.4. ODREĐIVANJE BROJA <i>ESCHERICHIA COLI</i>	103
4.10.5. ODREĐIVANJE BROJA SULFITOREDUKUJUĆIH KLOSTRIDIJA	104
4.11. STATISTIČKA OBRADA PODATAKA	105
5. REZULTATI	106
5.1. HEMIJSKI STATUS SIROVINE.....	106
5.2. HEMIJSKI STATUS TOPLO DIMLJENOG ŠARANA	108
5.3. KONCENTRACIJA POLICIKLIČNIH AROMATIČNIH UGLJOVODONIKA	109
5.3.1. VALIDACIJA METODE	116
5.4. MASNOKISELINSKI SASTAV.....	118

5.5. AKTIVNOST VODE.....	120
5.6. SENZORNA OCENA	121
5.6.1.SENZORNA OCENA DIMLJENOG ŠARANA DOBIJENOG DIMLJENJEM SA I BEZ ODABRANIH FILTERA	121
5.6.2. SENZORNA OCENA TOPLO DIMLJENOG ŠARANA DIMLJENOG U KOMORI ZA TOPLO DIMLJENJE I UPAKOVANOG U VAKUUM I MAP SA ARGONOM TOKOM SKLADIŠTENJA	123
5.6.3. SENZORNA OCENA TOPLO DIMLJENOG ŠARANA DIMLJENOG U KOMORI ZA TOPLO DIMLJENJE “ATMOS” I UPAKOVANOG U VAKUUM I MAP SA ARGONOM TOKOM SKLADIŠTENJA	124
5.7. MIKROBIOLOŠKI STATUS TOPLO DIMLJENOG ŠARANA	127
5.7.1. MIKROBIOLOŠKI STATUS TOPLO DIMLJENOG ŠARANA DIMLJENOG U KOMORI ZA TOPLO DIMLJENJE	127
5.7.2. MIKROBIOLOŠKI STATUS TOPLO DIMLJENOG ŠARANA DIMLJENOG U KOMORI ZA TOPLO DIMLJENJE “ATMOS”	129
6. DISKUSIJA	132
7. ZAKLJUČCI.....	162
8. LITERATURA	165

1. UVOD

Naučna istraživanja u oblasti bezbednosti hrane u poslednje vreme se sve više bave proučavanjem operacija i procesa koji za cilj imaju proizvodnju prehrambenih proizvoda bezbednih po zdravlje ljudi, sa što većom nutritivnom vrednošću i što boljim organoleptičkim svojstvima. Pritom, akcenat se stavlja na odabir odgovarajućih operacija i uređaja, kao i na optimizaciju procesa proizvodnje kako bi se, u što je moguće manjoj meri narušio izvorni kvalitet sirovine, a samim tim i dobio proizvod visokog kvaliteta. Posledično tome, razvoj procesa proizvodnje hrane usmerava se u tri glavna pravca:

1. prema proizvodnji tzv. minimalno procesuiranje hrane,
2. prema unapređenju postojećih postupaka i uređaja,
3. prema primeni novih tzv. alternativnih postupaka proizvodnje.

Sve veći broj savremenih istraživanja ukazuje na direktnu povezanost između očuvanja zdravlja ljudi i načina ishrane, odnosno vrste i kvaliteta hrane koju potrošači konzumiraju. Informatičko doba u kojem živimo karakteriše se mogućnostima pojedinaca da slobodno razmenjuju informacije i da imaju brz i jednostavan pristup istima. Povećanjem zainteresovanosti potrošača za zdravstvena pitanja vezana za ishranu, raste i njihova svest o značaju načina ishrane na zdravlje. Potrošači sve više vode brigu o svojoj ishrani, zdravlju i uticaju na životnu sredinu i zahtevaju proizvode koji su proizvedeni u skladu sa njihovim uverenjima i životnim stilom. Sa druge strane, promenjene navike u ishrani i izmenjena ekonomsko-socijalna struktura stanovništva, pri čemu sve veći broj ljudi živi u industrijskim centrima i gradskim naseljima, doveli su do sve veće potražnje hrane proizvedene u obliku višeg nivoa obrade i dužeg roka trajanja. Hrana u obliku polugotovih i gotovih jela sve brže osvaja potrošače. U skladu

sa trendom, potrošnja dimljene ribe kao hrane spremne za konzumiranje (RTE; *Ready, T-to, E- Eat*) beleži rast na globalnom nivou. Taj porast potrošnje je uslovljen i značajnim povećanjem uzgoja ribe, a pre svega lososa (*Atlantic salmon*) u akvakulturi.

Uprkos stabilnom globalnom rastu akvakulture, i dalje postoji značajna razlika u zastupljenosti proizvoda od ribe iz akvakulture u ishrani ljudi u razvijenim zemljama i zemljama u razvoju, kao i načinu na koji se ovi proizvodi koriste. Većina razlika pripisuje se razlikama u nivou prihoda, navikama u ishrani, tradiciji, dostupnosti i ceni riba, socio–ekonomskom statusu i godišnjem dobu. S tim u vezi, kako je proizvodnja dimljenog mesa karakteristična za područje Srbije i regiona i kako su dimljeni proizvodi veoma cenjeni i često se konzumiraju, dimljenje predstavlja faktor povećanja konzumiranja ribe na našem tržištu. I pored veoma male potrošnje ribe sa pet do sedam kilograma po glavi stanovnika koja nas svrstava među najmanje potrošače u Evropi, potrošnja konzumnog šarana ima veoma dugu tradiciju. Riba, pogotovo šaran, se u najvećem obimu konzumira za vreme Božićnog posta kada se u našoj zemlji u zanatskim pušnicama dime tradicionalni proizvodi od mesa. Upravo u takvim zanatskim uslovima sve češće se zajedno sa proizvodima od mesa sisara, dimi i riba i to pre svega šaran. Tehnološki postupci prerade, čuvanja i skladištenja ribe razlikuju se od tehnoloških postupaka za meso sisara. Prilikom prerade mesa ribe, potrebno je dobro poznavati sastav i osobine svežeg mesa ribe, kako bi se primenio najpogodniji tehnološki postupak i kako bi se proizvodni proces prilagodio pojedinim vrstama riba.

Dim koji nastaje sagorevanjem drveta u ložištim nalazi se direktno ispod mesa šarana (celog ili u obliku fileta) koji se najčešće u zanatskim pušnicama kače na kuke ili manilu. Nemogućnost da se obezbedi optimalna temperatura pirolize drveta, kao i neprečišćavanje dobijenog dima, nose sa sobom rizik da gotov proizvod u većoj ili manjoj meri bude opasan po zdravlje potrošača, pre svega zbog povećanog prisustva policikličnih aromatičnih ugljovodonika za koje je dokazano da imaju karcinogena svojstva. Kvalitet toplo dimljenog šarana zavisi od mnogobrojnih činilaca koji su vezani za uzgoj riba, izlov, transport, odabir sirovine, omamljivanje, klanje, odsecanje glave i škrge, skidanje krljušti, egzenteraciju, pranje, rasecanje, suvo soljenje, pranje pod pritiskom i ceđenje, vrsta drveta tj. piljevine, ložište, sušenje, dimljenje, temperatura u

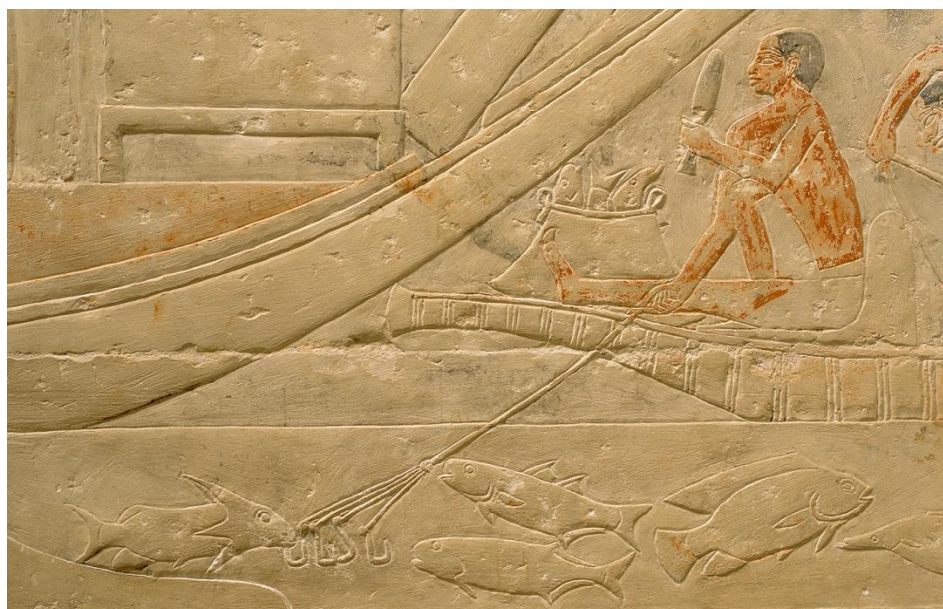
centru proizvoda, hlađenje, pakovanje i skladištenje. Kombinacijom svih pobrojanih činilica potrebno je pronaći optimalan način dimljenja mesa šarana.

Prateći trend bezgranične trke za profitom, u ovako minimalno tretiranoj hrani ne može se postići komercijalna sterilnost, pa se posebna pažnja posvećuje produženju roka trajanja. Razvijen je veliki broj fizičkih i hemijskih metoda za konzervisanje hrane, međutim prehrambena industrija se i dalje bori sa problemima patogenih mikroorganizama, kvara i zahtevima potrošača koji teže prirodnoj, zdravoj i tradicionalnoj ishrani. Tradicionalni način pakovanja je ograničen u svom potencijalu da produži rok održivosti hrane. Kao jedan od načina za produženje održivosti proizvoda i redukciju patogenih mikroorganizama sve češće se u prehrambenoj industriji koriste vakuum pakovanje i pakovanje u modifikovanoj atmosferi. Tehnologija pakovanja koja se danas primenjuje u prehrambenoj industriji omogućava transport namirnica na velike udaljenosti, odnosno od mesta gde su namirnice proizvedene do mesta gde će biti ponudene potrošačima. Međutim, tehnologija pakovanja mora da bude u ravnoteži između očuvanja i bezbednosti upakovane hrane, sa jedne strane, i potrošnje energije, cene koštanja, zaštite životne sredine, strogim propisima koji se odnose na zagađivače i odlaganje otpada, sa druge strane.

2. PREGLED LITERATURE

2.1. RIBARSTVO - NEKAD I SAD

Još od praistorijskog vremena, lov na divlje životinje i ribolov su predstavljali važan deo svakodnevnog života svake društvene zajednice kao jedan od načina dolaženja do osnovnih životnih namirnica. Za razliku od lova, ribolov je od samog početka imao najvažniju ulogu u ishrani ljudi, dok se u manjoj meri koristio kao izvor materijala za kuću, odeću i alat (Sahrhage i Lundbeck, 1992). Ribolov je predstavljao lak i jednostavan način dolaska do hrane, za razliku od lova ostalih životinjskih vrsta koji je zahtevao više okretnosti, umešnosti, lukavosti i bio, pre svega, dosta opasniji. O značajnoj ulozi ribolova u životu čoveka govori i veliki broj istorijskih spomenika starog veka koji sadrže ucrtane tj. isklesane motive ribolova (Slika 1.).



Slika 1. Pecanje u drevnom Egiptu, 24 vek p.n.e. (fotografija: *Hervé Champollion*)

Među isklesanim motivima tog doba ima i onih koji svedoče da su još tada bili poznati neki tehnološki postupci prerade mesa riba kao što su soljenje i sušenje (Baltić i Teodorović, 1997). Smatra se da su Kinezi prvi, još pre 2.500 godina pre nove ere, počeli da se bave ribarstvom, tako što su nakon povlačenja vode usled poplava, hvatali ribe i to najčešće šarane i smeštali ih u jezera (Borgese, 1977). U literaturi se mogu pronaći podaci da su Evropljani u XVIII veku saznali od Kineza za uzgoj ribe (Kišpatić, 1893). Tokom vremena, šaran je postao najčešće gajena vrsta riba u Evropi zbog relativno jednostavnog gajenja u ribnjacima (Stanković, 2013).

Za povećanje konzumacije mesa riba među potrošačima odgovorna je akvakultura koja je 1974. godine činila samo 7% proizvodnje ribe za ljudsku ishranu, dok je njeno učešće 1997. godine poraslo na 26%, a 2004. godine na 39%. Najznačajniju ulogu u rastu akvakulture odigrala je Kina, koja i danas predstavlja više od 60% svetske proizvodnje akvakulture (Hastein i sar, 2006). Smatra se da je prvim ulovima ribe i začecima akvakulture, počeo i proces domestikacije riba. Prva domestikovana vrsta riba je šaran, kako zbog jednostavnog sakupljanja iz prirodnih vodenih ekosistema, tako i zbog proste ishrane i relativno lakog razmnožavanja u veštačkim uslovima (Balon, 2004). U ukupnoj svetskoj proizvodnji slatkovodnih riba, šaranske vrste riba su ubedljivo najzastupljenije (71,9% u 2010. godini) (FAO, 2012). Stagnacija količine ulovljene ribe, povećanje broja stanovnika, promene u kulturi ishrane čoveka, povećanje bogatstva i pozitivne slike o značaju mesa riba i proizvoda od ribe za posledicu imaju veliki napredak i razvoj akvakulture (Bostock i sar, 2009). U poslednje tri decenije (od 1980. do 2010. godine), ukupna proizvodnja hrane poreklom iz akvakulture u svetu se povećala gotovo 12 puta, sa prosečnim godišnjim rastom od 8,8% (FAO, 2012).

Krajem prošlog veka ulov ribe u Republici Srbiji je dostigao svoj maksimum i smatra se da dalje povećanje ulova nije moguće, bez posledica za opstanak pojedinih vrsta riba i narušavanja ekosistema (Ivanović i sar, 2015). Ideja o uzgoju šarana u našu zemlju je došla iz Mađarske. Prvi pisani dokument na našim prostorima je ucrtana karta ribnjaka u okviru manastira Hopovo iz 1875. godine (izvorni podaci manastira Hopovo). Za početak savremene akvakulture u Vojvodini se smatra 1894. godina koja je

povezana sa osnivanjem najstarijeg i najvećeg ribnjaka u Srbiji, ribnjaka „Ečka“. Od tada je izgrađen veći broj ribnjaka, a procenjuje se da ih u Srbiji ima oko 200 pastrmskih i šaranskih ribnjaka (Marković i Poleksić, 2009). Proizvodnja šaranskih riba se odvija na oko 85 ribnjaka (Ćirković i sar, 2015). Do 2003. godine 95% ribnjaka je bilo u vlasništvu državnih firmi koje su registrovane za ovu vrstu poljoprivredne proizvodnje, dok je samo 5% malih ribnjaka bilo u privatnom vlasništvu. U poslednje vreme je obrnuta situacija - najveći procenat ribnjaka je privatizovan. Privatizacijom je zabeležen trend rasta proizvodnje. Novi vlasnici su više motivisani da ulažu u proizvodnju i tako uvećavaju prinos i profit.

Nekada jedno od najstarijih i egzistencijalnih zanimanja čoveka, za neke narode način življenja, izvor ekonomskih prihoda i snabdevanja proizvodima visoke biološke vrednosti (Milanov, 2014), a danas, ribarstvo se smatra savremenom privrednom granom za proizvodnju raznih vrsta morskih i rečnih organizama, a posebno riba. Kao jedna od najprofitabilnijih poljoprivrednih grana u svetu, ribarstvo obuhvata akvakulturu (gajenje vodenih organizama) i ribarstvo otvorenih voda (privredni i sportski - rekreativni ribolov). Smatra se veoma važnom granom privrede kada je u pitanju razvoj i ekonomija mnogih članica EU, posebno manjih. Oko 270.000 ljudi EU je zaposleno kao profesionalni ili polu-profesionalni ribari, a zajedno sa ljudima zaposlenim u industrijama prerade ribe čine oko 400.000 zaposlenih (Štrbac i Savić, 2011). Procenjuje se da je na svetskom nivou oko 55,3 miliona ljudi zaposleno u ovom sektoru, sa delimičnim ili punim radnim vremenom, u primarnoj proizvodnji ribe ili u njegovom izlovu. U poslednje tri decenije, broj zaposlenih u ribarstvu se povećao brže od svetske populacije i zapošljavanja u tradicionalnoj poljoprivredi (Stefanović i sar, 2014). Akvakultura predstavlja najbrži sektor za proizvodnju hrane, koji se neprestano razvija, širi i intenzivira u skoro svim delovima sveta (Stanković, 2013).

U Srbiji, akvakultura, pre svega, podrazumeva gajenje riba u ribnjacima. Drugi oblici akvakulture su slabo zastupljeni, u vidu gajenja tropskih vrsta riba u akvarijumima (uglavnom u domenu hobija), gajenja toplovodnih vrsta riba u ograđenim ili pregrađenim delovima prirodnih vodenih ekosistema i gajenja u kaveznim sistemima (Marković i Mitrović–Tutundžić, 2003; Stanković, 2013).

Riba iz akvakulture je na svetskom tržištu cenjenija jer se smatra zdravijom i bezbednijom od ribe iz slobodnog izlova, s obzirom na činjenicu da su ribnjaci, u većini slučajeva, udaljeni od velikih zagađivača (Đinović i sar, 2010). Međutim, potrošači bi bili iznenađeni rezultatima nekih istraživanja koja pokazuju da je koncentracija nekih zagađivača veća u mesu riba iz akvakulture u odnosu na meso riba iz slobodnog izlova (Minh i sar, 2006), ali postoje i oprečna mišljenja (Janković i sar, 2002).

Grupa istraživača Marković i sar, (2009) navodi da je oko 13.500 – 14.000 hektara ukupne površine Srbije pod ribnjacima, od toga je svega 0,1% pastrmskih ribnjaka, dok ostatak čine šaranski ribnjaci. Grupa istraživača Baltić i sar, (2009a) navodi da Srbija poseduje 14.600 hektara šaranskih i 17 hektara pastrmskih ribnjaka. Najveći procenat, skoro 97% šaranskih ribnjaka je sa teritorije Vojvodine. Na osnovu podataka dobijenih JVP „Vode Vojvodine“, na teritoriji AP Vojvodine trenutno je evidentirano oko 8.400 ha (neto površina - pod vodenim ogledalom, angažovani kapacitet) odnosno oko 12.000 ha (bruto površina). Najčešće se ribe gaje u toplovodnim (šaranskim) ribnjacima, i to u ekstenzivnom, poluintenzivnom i intenzivnom sistemu gajenja. U poslednje vreme na ribnjacima u Republici Srbiji se sve češće koriste kombinacije industrijski proizvedenih smeša uz iskorišćavanje prirodne hrane i na ovaj način se dobija riba mnogo boljeg kvaliteta mesa, a pre svega u pogledu manjeg sadržaja masti i značajno povoljnijeg masnokiselinskog sastava (Trbović i sar, 2013; Ćirković i sar, 2015). Prema podacima Republičkog zavoda za statistiku, ukupna proizvodnja ribe na šaranskim ribnjacima u periodu od 2008. do 2015. godine kretala se u rasponu od 5.080 do 7.322 t. Najčešće je to poluintenzivno gajenje riba u polukulturi, gde šaran predstavlja dominantnu vrstu, a najčešće se sa njim gaje sivi tolstolobik, beli tolstolobik i amur, a manje som i smuđ, dok kompleks tzv. „kineskih šarana“ koji čine amur, sivi i beli tolstolobik u današnje vreme se u šaranskim ribnjacima nalazi u udelu i do 20 - 30% (Marković i sar, 2009; Marković i Poleksić, 2009; Ćirković i sar, 2012).

Ukupna proizvodnja ribe iznosi oko 15.000 t, i to oko 13.000 t šarana i 2.000 t dužičaste pastrmke. Podaci Organizacije Ujedinjenih Nacija za hranu i poljoprivredu (FAO; F- *Food and*, A- *Agriculture*, O- *Organization of the United Nations*) „kažu“ da proizvodnja ribe na teritoriji Srbije varira od 9.000 do 13.000 t godišnje, pri čemu

šaranske vrste predstavljaju 85 – 90% proizvodnje toplovodnih vrsta. Statistički podaci (nepublikovani) ukazuju na znatno manju proizvodnju (od 3.170 do 7.404 t), što je posledica činjenice da ribnjaci ne prijavljuju pravo stanje proizvodnje, kao i da se deo prometa ribom obavlja ilegalnim putem (Marković i sar, 2009).

Rast globalnog snabdevanja ribe za ishranu ljudi je nadmašila rast stanovništva u proteklih pet decenija. Potrošnja ribe po glavi stanovnika se povećala sa prosečnih 9,9 kg iz 1960. godine na 14,4 kg devedesetih godina prošlog veka, da bi taj broj u 2013. godini iznosio 19,7 kg, a procene su da ta vrednost i dalje raste (FAO, 2016). Potrošnja ribe po glavi stanovnika u poslednjih 10ak godina raste i u Srbiji. Prema zvaničnim podacima Zavoda za statistiku, potrošnja ribe je 1996. godine iznosila 1,83 kg, a 2003. godine 3,67 kg. Prema FAO izveštaju za Srbiju (*National Aquaculture Sector Overview-Serbia*) taj broj je bio 5,4 kg u 2004. godini, 5,1 kg u 2005. godini i 5,2 kg u 2006. godini, a prema nekim literaturnim podacima potrošnja ribe po glavi stanovnika u Srbiji iznosi od 4 do 6 kg (Marković i sar, 2015), odnosno 7 kg (Ivanović i sar, 2015). Potrošnja ribe u svetu pokazuje veliku različitost od zemlje do zemlje, a razlozi za to su geografski položaj, tradicija, ekonomski razvoj, navike itd. (Lekić-Arandelović i sar, 2008).

Suočene sa jednim od najvećih svetskih izazova - kako da se nahrani više od 9 milijardi ljudi do 2050. godine u ovo vreme klimatskih promena, ekonomske i finansijske neizvesnosti, borbe za prirodnim resursima, članice UN su usvojile Agendu 2030 za održivi razvoj (FAO, 2016). Agenda 2030 za održivi razvoj, između ostalog, ima za cilj da doprinese razvoju ribarstva i akvakulture kako bi se obezbedila bezbednost hrane. Odnosno kako bi se na što bolji način iskoristili prirodni resursi u ishrani ljudi i omogućio održivi razvoj. Prekretnica za ovakav korak je bila 2014. godina kada je ustanovljeno da je sektor akvakulture prvi put pretekao divlji ulov konzumne ribe. Isključujući Kinu, ostatak sveta je uključivanjem akvakulture u proizvodnju riba za ishranu ljudi povećao potrošnju ribe kod potrošača za 50% u poređenju sa 1995. godinom. Ribarstvo predstavlja jedinu granu poljoprivrede koja je u poslednjih deset godina udvostručila promet i ima trend rasta, odnosno povećanja površina pod ribnjacima.

Uvažavajući zahteve potrošača, Srbija je jedna od retkih država u Evropi gde možemo sa sigurnošću planirati prodaju ribe zahvaljujući običajima i tradiciji srpskog naroda. Potrošnja ribe nije kontinuirana tokom cele godine. Ona ima svoje „pikove“ u vezi sa verskim tradicijama, odnosno najveća količina ribe se konzumira u periodu od oktobra do decembra, tj. u periodu Božićnog posta. Procenju se da nepoljoprivredna domaćinstva troše 4,1 kg ribe, mešovita 3 kg, a poljoprivredna 2,9 kg godišnje, a da se riba koristi u 95,07% domaćinstva, dok 57,3% domaćinstava koristi ribu jednom nedeljno, a 39,55% samo za vreme pravoslavnog posta (Ćirković i sar, 2002; Vranić i sar, 2011; Baltić i sar, 2015). Razlog relativno niske potrošnje mesa ribe u Srbiji je slaba kupovna moć stanovništva, ali i ograničen asortiman i neadekvatna ponuda na tržištu, kao i nedostatak navike korišćenja ribe u ishrani (Baltić i sar, 2009a). Od plave morske ribe u ponudi su skuša, haringa, srdela, a od bele ribe oslić, škarčina, brancin, zubatac, orada i losos. Kada je u pitanju slatkovodna riba, u ponudi je najzastupljenija riba iz akvakulture, odnosno šaranske i pastrmske vrste riba (Milijašević i sar, 2010). Najveći deo godišnje proizvodnje tj. ulova u Srbiji se organizovano otkupi, jedan mali deo se izveze, a ostalo se može naći u maloprodaji na pijacama. Više od 50% ribe se prodaje u svežem stanju, dok se oko jedne četvrtine u prometu nalazi kao zamrznuta riba i isto tolika količina u različitim oblicima proizvoda od ribe, pre svega u obliku dimljene ribe (Tešić i sar, 2013). U ponudi su najčešće živa ili zamrznuta riba, što nije povoljno za kupca, jer on traži ribu koja je očišćena, kofekcionirana i delimično pripremljena ili spremljena za konzumiranje (Baltić i sar, 2015). Ulovljena riba, kao i riba proizvedena u akvakulturi koja nije namenjena za ishranu ljudi, najčešće se koristi za proizvodnju ribljeg brašna (od 70,4% do 82%), ali i za druge svrhe, kao što su ishrana riba u akvakulturi, ishrana pasa i drugih karnivora, tehničko ulje, đubrenje zemljišta, galanterija i drugo (Mirilović i sar, 2008).

Izvoz ribe i proizvoda od ribe je u 2015. godini povećan za 53% u odnosu na 2011. godinu, dok je uvoz ribe u istom period smanjen za 7%. Izvoz ribe i proizvoda od ribe u prvih 9 meseci 2016. godine je povećan je za 126% u odnosu na isti period 2015. godine i iznosi 10.245.000,00 USD, dok je uvoz ribe i prerađevina od ribe u istom periodu vrednosno smanjen za 7% (Republički zavod za statistiku).

Čanak (2012) je u svojim istraživanja analizirao prirodne karakteristike koje utiču na izgradnju i eksploataciju šaranskih ribnjaka u Srbiji i konstatovao:

- Republika Srbija poseduje zemljišta odgovarajućeg kvaliteta za šaranske ribnjake;
- Dostupne površine za proširenje šaranskih ribnjaka u Srbiji se procenjuju na preko 100.000 ha;
- U Srbiji su na raspolaganju velike zalihe vode za napajanje postojećih i budućih šaranskih ribnjaka;
- Kvalitet vode za snabdevanje ribnjaka, iako se trenutno ne može oceniti kao optimalan, može se smatrati dovoljno dobrim za gajenje šaranskih riba;
- Klima na teritoriji Srbije spada u najpovoljnije za gajenje šaranskih riba u okviru evropskog kontinenta.

Na osnovu toga je zaključio da Srbija ima vrlo dobre uslove za gajenje šaranskih riba i veliki potencijal za proširenje površina pod šaranskim ribnjacima. Nažalost, najveći problem predstavlja nedovoljno organizovano tržište i marketing ribe i proizvoda od ribe.

2.2. BEZBEDNOST HRANE I ZNAČAJ RIBE U ISHRANI LJUDI

Doba u kojem živimo bi se moglo deklarirati kao “bezgranična trka za profitom” koje za posledicu ima opštu destrukciju prirode, zanemarivanje ekologije, etike i morala. Dinamično povećanje broja stanovništva sa sobom nosi i potrebu za povećanjem prirodnih resursa i hrane, kojih je, kao što i sami znamo, sve manje. Borba za opstanak i napadi na prirodne resurse ne biraju sredstva, te je upravljanje preostalim prirodnim resursima od velikog značaja za našu budućnost.

Urađene su brojne studije o kvalitetu i zdravstvenoj ispravnosti namirnica, kao i o stepenu njihove kontaminacije koji podrazumevaju izvore i puteve transfera toksičnih supstanci, način njihovog dospevanja i migracije, kao i njihov sadržaj u krajnjim

proizvodima. Rezultati ovakvih istraživanja su osnova za mere higijene zaštite biotehnologije koje bi trebalo preduzimati u bilo kojoj fazi proizvodnje, prerade i prometa. Sem toga, proizašle su i maksimalno dozvoljene granice za pojedine toksikante, postupci i metode praćenja toksičnih supstanci u pojedinim karikama, kao i osnovni elementi za zakonske regulative u oblasti ograničavanja ili zabrane upotrebe neodgovarajućih sirovina, postupaka u procesu proizvodnje i samih proizvoda. Stalno poboljšanje kvaliteta, neizostavno vodeći računa o bezbednosti hrane, predstavlja i osnovu poslovnog uspeha proizvođača, jačanja konkurentnosti na domaćem i inostranom tržištu i njihovog opstanka na tržištu hrane.

Snadbevanje potrošača hranom koja ne sadrži mikrobiološke, hemijske ili bilo koje druge kontaminante predstavlja osnovni princip programa proizvodnje bezbedne hrane i zaštite zdravlja stanovništva. Presudnu ulogu u donošenju odluke potrošača kada je u pitanju izbor hrane jeste očuvanje bezbednosti, celovitosti i nutritivnih vrednosti proizvoda za ishranu ljudi. Ukoliko postoji sumnja kod potrošača da proizvod nije očekivanog visokog kvaliteta i nivoa bezbednosti - neće ga konzumirati (Aćamović i Kljajić, 2003). Pravilna ishrana je ključna za očuvanje dobrog zdravlja čovaka i osnova pravilnog rasta i razvoja dece i adolescenata. Neadekvatna ishrana i nedovoljna fizička aktivnost su među vodećim uzrocima velikog broja slučajeva morbiditeta i mortaliteta. Bolesti i stanja koja se posebno vežu uz neadekvatnu ishranu uključuju dijabetes tipa 2, dislipidemiju, kardiovaskularne bolesti, osteoporozu i neke oblike tumora (Alebić, 2008).

Sa više od 30.000 poznatih vrsta, ribe formiraju najveću grupu u životinjskom carstvu koja se koristi se za proizvodnju hrane animalnog porekla, a od tog broja samo oko 1.000 vrsta se komercijalno lovi i koristi se za proizvodnju hrane za čoveka (Sándor i sar, 2011). Već je napomenuto da je konzumacija ribe, kao i proizvoda od ribe u stalnom porastu širom sveta, što je logična je posledica naučnih istraživanja i saznanja o nutritivnom kvalitetu ribljeg mesa, čime je riba svrstana kao jedna od ključnih namirnica dobro balansirane ishrane i zdravog života savremenog čoveka. U literaturi se spominje još jedan razlog za povećanu potrošnju, a to je saznanje potrošača da je meso ribe u mnogo manjoj meri uzrok zoonoza i značajno manje opterećeno aditivima u

odnosu na meso stoke za klanje (Babić, 2013). Meso ribe se smatra visoko vrednom namirnicom obzirom da predstavlja izvor proteina visoke biološke vrednosti, esencijalnih masnih kiselina, minerala i vitamina (Sándor i sar, 2011; Ćirković i sar, 2012; Ljubojević i sar, 2014; Ivanović i sar, 2015). Meso ribe se jede sveže, konzervisano ili obrađeno, i u formi različitih delikatesa bez obzira na socioekonomske, starosne, verske ili obrazovne barijere (Adelaja i sar, 2013). Smatra se da bi meso ribe trebalo uključiti u svakodnevnu ishranu čoveka iz najmanje tri razloga: niskog sadržaja masti, visokog sadržaja proteina i polinezasićenih masnih kiselina (PUFA; P - *polyunsaturated*, F - *fatty*, A - *acids*). Svetska zdravstvena organizacija (WHO; W - *world*; H- *health*, O - *organization*) u izveštaju sa zajedničke radionice sa FAO iznosi činjenice da postoje ubedljivi dokazi da su linolna i alfa-linoleinska kiselina neophodne za čoveka jer ih on ne može sintetisati, potom i da postoje neosporivi dokazi da zamena zasićenih masnih kiselina (SFA; S- *saturated*, F - *fat*, A- *acids*) sa polinezasićenim masnim kiselinama smanjuje rizik od kardiovaskularnih bolesti, kao i da postoje mogući dokazi o smanjenju rizika od dijabetesa (Lichtenstein i sar, 2006; FAO/WHO, 2008). Preporučeni odnos polinezasićenih i zasićenih masnih kiselina bi trebalo da bude iznad 0,4. Taj odnos kod mesa kopnenih životinja iznosi oko 0,1, dok je on kod mesa riba zbog masti bogatih PUFA dosta viši (Wood i sar, 2008; Ćirković i sar, 2015). Upravo to čini najveću razliku između mesa kopnenih životinja i mesa riba, čime se velika prednost daje mesu ribe u značaju ishrane ljudi (Vladau i sar, 2008). Takođe, prekomerne količine $\omega 6$ PUFA i veoma visok $\omega 6 / \omega 3$ odnos, koji je u današnje vreme prisutan u ishrani zapadnih zemalja, promovišu patogenezu mnogih bolesti, uključujući kardiovaskularne bolesti, rak i inflamatorne i autoimune bolesti, dok povećani nivoi $\omega 3$ PUFA (nizak $\omega 6 / \omega 3$ odnos) vrše supresivne efekte. Niži odnos $\omega 6 / \omega 3$ PUFA je poželjniji u smanjenju rizika od mnogih hroničnih bolesti i trebalo bi da bude manji od 4 (Simopoulos, 2002; Scollan i sar, 2006). Kod mesa kopnenih životinja, ovaj odnos je viši od preporučenog, dok istraživanja grupe autora Ljubojević i sar, (2013b) sprovedenih kod sedam slatkovodnih vrsta riba iz Dunava pokazuju da je odnos $\omega 6 / \omega 3$ PUFA kod mesa riba niži od 4. O povoljnom uticaju $\omega 3$ PUFA mesa ribe na zdravlje čoveka postoje mnogobrojne studije kojima se potvrđuje da povećana potrošnja ribe utiče na sprečavanje nastanka koronarnih oboljenja, posebno infarkta miokarda, ateroskleroze, smanjenju hipertenzije (Calder, 2001) i drugih oboljenja

kardiovaskularnog sistema (Lichtenstein i sar, 2006), kao i povoljan uticaj u prevenciji inflamatornih, autoimunih (Simopoulos, 2002; Wall i sar, 2010) i malignih oboljenja (Schley i sar, 2007), dijabetesa (Risérus i sar, 2009), u prevenciji Alchajmerove bolesti (Morris i sar, 2003), i mnogi drugi povoljni uticaji na zdravlje čoveka. Konzumiranje ribe je povezano i sa manjim rizikom od moždanog udara i depresije (Torpy i sar, 2006). Značaj ribe u ishrani ljudi i prevenciji bolesti ogleđa se i u sadržaju ukupnog holesterola, a rezultati istraživanja pokazuju da je on niži u poređenju sa mesom kopnenih farmških životinja (Ljubojević i sar, 2013a; Ćirković i sar, 2015). Preporučena gornja granica za dnevni unos holesterola je 300 mg (James and Ralph, 2000). Poznavanje sadržaja holesterola u mesu ribe je od velikog značaja obzirom na studije koje ukazuju na povezanost holesterola unetog hranom, holesterola u krvnoj plazmi i ateroskleroze (Orban i sar, 2006).

Ministarstvo poljoprivrede Sjedinjenih Američkih Država (USDA; U- *United*, S- *States*, D- *Department of A- Agriculture*) u svojim smernicama za ishranu (*Dietary Guidelines for Americans*) iz 2005. godine preporučuje konzumiranje otprilike dve porcije mesa ribe nedeljno i smatra da ta količina može smanjiti rizik od mortaliteta uzrokovan koronarnim bolestima srca. Štaviše, potrošnja ω 3 PUFA eikozapentaenske kiseline (EPA; EP- *eicosapentaenoic*, A - *acid*) i dokozaheksaenske kiseline (DHA; DH- *docosahexaenoic*, A - *acid*) može smanjiti rizik od smrtnosti od kardiovaskularnih oboljenja kod ljudi koji su već imali srčani udar. Evropska agencija za bezbednost hrane (EFSA; E- *European*, F - *food*, S - *safety*, A - *agency*) preporučuje unos 6 g ω 6 PUFA, 2 g ω 3 PUFA alfa linoleinske masne kiseline (ALA; A - *alfa*, L - *linolenic*, F - *fatty*, A- *acid*) i po 250 mg ω 3 PUFA eikozapentaenske kiseline i dokozaheksaenske kiseline po danu (EFSA, 2009).

U Velikoj Britaniji i Holandiji postoje zvanični saveti da bi ribu trebalo konzumirati makar dva puta nedeljno, i to u količini od 140 g. U Danskoj se savetuje da se konzumira od 200 do 300 g ribe nedeljno, u Australiji je to 150 g, dok se u Estoniji preporučuje konzumiranje ribe od 2 do 3 puta nedeljno. U Portugaliji se savetuje da se riba jede što češće, a u Litvaniji i Sloveniji je savet da bi trebalo što više jesti živinsko meso i ribu, a manje „masno meso“ (WHO, 2003; Westhoek i sar, 2011)

2.2.1. KVALITET MESA RIBA

Hemijski sastav mesa ribe veoma varira između vrsta, ali i između jedinki iste vrste u zavisnosti od načina i vrste ishrane, starosti, pola, motornih aktivnosti, uslova ambijenta, godišnjeg doba, migracija i promena koje se dešavaju u organizmu ribe pod delovanjem hormona u sezoni parenja (Čelik i sar, 2005; Steffens i Wirth, 2007; Ćirković i sar, 2012; Ljubojević i sar, 2013a). Parenje, bez obzira da li se dešava posle dugotrajnih migracija ili ne, obično crpi velike količine energije kada ribe troše svoje masti kao izvor energije. Neke vrste riba koje pre parenja dugo migriraju troše i svoje proteine da bi proizvele dovoljno energije (Babić, 2013).

U mesu ribe ima relativno mnogo vode, odnosno više nego u mesu kopnenih životinja. Sadržaj vode se obično kreće i do 80%. Nalazi se u obliku slobodne i vezane vode. Slobodna voda je rastvarač mineralnih materija, rastvorljivih proteina i sl. Vezana voda daje osnovna svojstva mesu (ukus, konzistencija i elastičnost) (Cvrtila i Kozačinski, 2006).

Sa najmanje udela, ali ne i najmanje značajnosti, sastav mesa ribe čine i ugljeni hidrati. Ugljenih hidrata u mesu ribe ima manje od 0,5% (Sándor i sar, 2011) odnosno od 0,5 do 0,8% (Cvrtila i Kozačinski, 2006). Tokom života riba, na sadržaj ugljenih hidrata najveći uticaj imaju ishrana, umor i stres, pa je pravilo da dobro hranjena, odmorena i riba koja nije bila izložena stresu sadrži više glikogena. Zbog male količine glikogena konačni pH mesa riba iznosi od 6,4 do 6,8 što se smatra jednim od razloga lake kvarljivosti mesa riba i nepogodnosti za pravljenje proizvoda od ribe (Cvrtila i Kozačinski, 2006).

Procenat proteina u mesu riba varira od 12 do 24% (Cvrtila i Kozačinski, 2006; Babić, 2013), odnosno od 14 do 18% (Ćirković i sar, 2015). Proteini ribljeg mesa se odlikuju povoljnim aminokiselinskim sastavom sa dosta slobodnih aminokiselina, a ukupna količina aminokiselina proteina se ne razlikuje značajno od aminokiselina proteina mesa stoke za klanje (Vladau i sar, 2008; Buchtová i sar, 2011; Baltić i sar,

2015). Procenat aminokiselina u sastavu proteina mesa riba se kreće od 1% (triptofan) do 8,8% (lizin), a u sličnom odnosu se kreće i kod drugih vrsta mesa, kao što su svinjsko, juneće i ovčije meso, jaja i mleko (Vladau i sar, 2008). Meso ribe sadrži sve esencijalne aminokiseline za ljudski organizam i može biti jedini izvor animalnih proteina u ishrani (Vladau i sar, 2008). Dnevne potrebe proteina odraslog čoveka mogu se podmiriti sa oko 400 g mesa ribe. Mišići riba sadrže manje vezivnog tkiva od mišića stoke za klanje, zbog čega proteini iz ribljeg mesa imaju lakšu svarljivost (u proseku od 2 do 3 sata) i bolju iskorišćenost u odnosu na proteine drugih vrsta mesa, meso ribe se brže i lakše resorbuje, odnosno ima tzv. visok koeficijent svarljivosti. Od sveže, zamrznute ili dimljene ribe resorbuje se 95% proteina (Ćirković i sar, 2002; Cvrtila i Kozačinski, 2006; Vranić i sar, 2011; Baltić i sar, 2015).

Količina masti je takođe veoma varijabilna od 0,2 do 25% (Cvrtila i Kozačinski, 2006; Šimat i sar, 2009; Ćirković i sar, 2015). Na osnovu sadržaja masti, ribe se mogu podeliti na nemasne (od 2 do 4%), srednje masne (od 4 do 8%), masne (sa više od 8%) i ekstra masne (sa više od 15%) (Šimat i sar, 2009).

Postoji i druga podela na osnovu sadržaja masti: posne (< 5%), polumasne (5 - 10%) i masne ribe (> 10%). U posne ribe spadaju oslić, škarčina, zubatac, iverak, smuđ, linjak, grgeč, štika, pastrmka, u polumasne ribe spadaju sardela, bakalar, inćun, cipal, ugor, sitna bela riba, beli amur, tolstolobik, deverika, mrena, jesetra, klen, a u masne ribe papalina, skuša, haringa, losos, tuna, šaran, som (Baltić i Teodorović, 1997). Postoji još jedna grupa riba, a to su visokomasne ribe koje gomilaju mast u potkožno masno tkivo, među koje spadaju jegulja, kečiga i šaran koji je kao dodatnu hranu konzumirao kukuruz (Pavličević i sar, 2014; Ćirković i sar, 2015). Osim te podele, na osnovu raspodele masti u telu, postoji i podela na plavu i belu ribu. Kod plave ribe se mast deponuje u masnim ćelijama po celom telu, dok se kod bele ribe ona deponuje u jetri i u nekoj meri u trbušnoj šupljini (Pavličević i sar, 2014). Raspored masnog tkiva, kao i masnokiselinski sastav masti uslovljeni su genetikom, ali i ambijentalnim uslovima, načinom ishrane i starosnom kategorijom (Vranić i sar, 2011; Yeganeh i sar, 2012; Ljubojević i sar, 2013a; Ćirković i sar, 2015). U zavisnosti od sezone ulova, meso šarana je najmasnije u jesen, a najposnije u proleće (Baltić i Teodorović, 1997). Masti

mesa riba sadrže od 17 do 21% SFA i od 60 do 84% PUFA i mononezasićenih masnih kiselina (MUFA; MU – *monounsaturated, F- fatty, A- acids*), što ih čini izrazito podložnim procesima oksidacije, a time i kvarenja (Šimat i sar, 2009).

Svakako da je meso riba veoma cenjeno u ishrani zbog esencijalnih masnih kiselina, posebno polinezasićenih masnih kiselina, koje pogoduju u prevenciji brojnih oboljenja ljudi. Pored unosa optimalnih količina esencijalnih masnih kiselina, veoma je bitan i odnos u kome nalaze esencijalnih masnih kiselina, a koji je kod riba u najvećem broju slučajeva adekvatan (Baltić i sar, 2003; Sándor i sar, 2011; Ćirković i sar, 2012; Ljubojević i sar, 2015; Ljubojević i sar, 2014; Ljubojević i sar, 2013b; Ivanović i sar, 2015). Kao što je već napomenuto, hemijski sastav mesa ribe varira, pa tako i masnokiselinski profil (Ćirković i sar, 2012). S tim u vezi, hrana bogata ugljenim hidratima dovodi do povećanja procenta oleinska masne kiseline u telesnim mastima riba. Istovremeno dolazi do smanjivanja procenta $\omega 3$ polinezasićenih masnih kiselina (Buchtova i sar, 2007). Najpovoljniji odnos polinezasićenih i zasićenih masnih kiselina je prilikom hranjenja kompletnim smešama za ishranu riba, dok je najnepovoljniji kod poluintenzivnog uzgoja sa dodatkom kukuruza i pšenice (Buchtova i sar, 2007; Ćirković i sar, 2012; Ljubojević i sar, 2013b). Još jedno istraživanje uticaja ishrane na masnokiselinski sastav mesa riba sproveda je grupa autora *Chen* i sar, (2006), koji su pokazali da je ishrana pastrmke poboljšana sa lanenim uljima gotovo udvostručila $\omega 3$ PUFA u mesu pastrmke. Daljim istraživanjem se pokazalo da ovakvo povećanje sadržaja $\omega 3$ PUFA u mesu može promovirati oksidaciju čime dolazi do bržeg kvara i smanjenog roka upotrebe (Chen i sar, 2008). Odnos polinezasićenih i zasićenih masnih kiselina mesa toplovodnih riba gajenih u polikulturi se kreće od 0,91 kod belog tostolobika do 1,63 kod linjaka, ovaj odnos kod slatkovodnih vrsta riba izlovljenih iz Dunava se kreće od 0,63 kod deverike do 0,92 kod mreke, dok je taj odnos kod najzastupljenih toplovodnih vrsta riba uzorkovanih iz maloprodajnih objekata bio u rasponu od 0,66 kod šarana do 1,17 kod smuđa (Ćirković i sar, 2015). $\omega 3$ PUFA smanjuju sadržaj triacilglicerola, kao i lipoproteina niske gustine (LDL; L- *low, D- density, L- lipoprotein*) u serumu ljudi i inhibiraju agregaciju trombocita i imaju značajnu ulogu u prenatalnom razvoju i prevenciji bolesti nervnog sistema. Takođe,

dokazana je i njihova uloga u poboljšanju sposobnosti za učenje (Ljubojević i sar, 2013b).

Prema podacima iz literature, sadržaj holesterola u mišićnom tkivu riba značajno varira, u zavisnosti od vrste ribe, starosti, sistema gajenja i godišnjeg doba (Bieniarz i sar, 2001; Ćirković i sar, 2011). Istraživanja koja su sproveli Piironen i sar, (2002) kod različitih vrsta riba ukazuju da sadržaj holesterola u mesu riba nije u korelaciji sa sadržajem masti i da, slično kao i kod mesa krupne stoke, konzumiranje ribe sa smanjenim sadržajem masti nikako ne znači i smanjeno unošenje holesterola. Rezultati analiza mesa toplovodnih riba gajenih u polikulturi (šaran, tostolobik, amur, som i smuđ) ukazuju da je sadržaj ukupnog holesterola veoma varijabilan, pri čemu je najveća prosečna vrednost zabeležena kod belog tostolobika i iznosila 62 mg/100g, a najmanja kod soma sa 34 mg/100g (Ćirković i sar, 2012). Istraživanja sprovedena kod slatkovodnih vrsta riba izlovljenih iz Dunava kretala su se u rasponu od 36,26 (bucov) do 73,59 mg/100g (kečiga) (Ljubojević i sar, 2013b). Uticaj godišnjeg doba na sadržaj ukupnog holesterola je ispitala grupa autora Trbović i sar, (2009) i utvrdili da je sadržaj ukupnog holesterola jednogodišnjeg šarana izlovljenog u junu viši, nego li kod šarana iste uzrasti izlovljenog u aprilu.

Uz osnovne sastojke, meso riba je bogat izvor minerala i vitamina. Od vitamina, tu su pre svega vitamini A, D i niacin (B3) (Westhoek i sar, 2011). U koži riba nalazi se i termostabilan, slabije oksidativan vitamin C (Cvrtila i Kozačinski, 2006). Riblje meso je i bogat izvor vitamina E (Dojčinović, 2009). Mineralne materije se u mesu riba nalaze u obliku soli, i to najvećim delom soli kalijuma (K), natrijuma (Na), kalcijuma (Ca), magnezijuma (Mg) i fosfora (P). Takođe, meso riba je i te kako bogato gvožđem (Fe), bakrom (Cu), jodom (J), cinkom (Zn), fluorom (F) i selenom (Se) (Sándor i sar, 2011; Westhoek i sar, 2011; Cvrtila i Kozačinski, 2006).

2.2.1.1. OCENA SVEŽINE RIBE I ODRŽIVOST

Dobro je poznato da je svežina ribe jedan od najvažnijih parametara kvaliteta mesa ribe kako za proizvođače koji izlovljavaju i transportuju ribu, tako i za prodavce,

prerađivače i krajnjeg korisnika - potrošača (Ćirković i sar, 2015). Svežu ribu nije lako definisati, a ni precizno izmeriti njenu svežinu (Poly i sar, 2005). Nju karakteriše veliki broj parametara koji su povezani sa bezbednošću hrane, nutritivnim kvalitetom, organoleptičkim svojstvima i prihvatljivošću potrošača. Svežina je pod direktnim uticajem rukovanja ribom od momenta izlova, preko prerade, pa do momenta kada spremna za konzumiranje stigne do potrošača (Cheng i sar, 2015).

Za ocenu svežine ribe koriste se različite metode ispitivanja: mikrobiološke, senzorne, hemijske, fizičke i elektrohemijske. Mikrobiološke metode radi ocene svežine ribe se odnose na higijenski status i ukupan broj aerobnih mezofilnih bakterija (UBB). Hemijske metode se zaničaju na utvrđivanju ukupnog azota (N), ukupnih isparljivih azotnih jedinjenja, amonijaka, trimetilamina, formaldehida, vodonik sulfida i drugih jedinjenja koja nastaju tokom skladištenja. Lipoliza i oksidacija masti se takođe mogu koristiti u oceni svežine (TBK test). Tu su i metode održavanja pH, električnog otpora mišića, indeks refrakcije masnog soka, indeks refrakcije očne tečnosti, kao i ispitivanje teksture mesa riba. Ipak, najčešće korišćen metod za ocenu svežine riba je senzorna analiza i to kvantitativna deskriptivna analiza, odnosno odgovarajući bod sistemi (Leroi i sar, 2000; Đorđević i sar, 2006). Svežu ribu odlikuje "miris na ribu", sjajna i svetla površina kože, bistra nazamućena površinska sluz, teško odvajanje krljušti, izražen turgor očiju, jasna i bistra rođnjača, škrge crvene boje, čvrsti i elastični mišići koji čvrsto prijanjaju uz kosti i ne raspadaju se (Ćirković i sar, 2015).

Osnovni tehnološki problem mesa riba jeste njegova laka kvarljivost (Huss, 1995; Adelaja i sar, 2013; Rzepka i sar, 2013; Ćirković i sar, 2015). Kvar je najčešće subjektivna procena, na koju može uticati kulturni i ekonomski status, ali i oštrina čula kako obučanih „senzoričara“, tako i potrošača. Promena boje, neprijatan miris i pojava sluzi su svakako glavni kriterijumi za odbacivanje mesa (Nychas i sar, 2008). Zbog svoje podložnosti kvarenju, riba se ubraja u namirnice visokog rizika (Gram i Dalgaard, 2002).

Kratko vreme održivosti je prvenstveno zbog nutritivnog sastava, visoke vrednosti pH (bliska neutralnoj), visoke vrednosti aktivnosti vode (a_w) koja je veća od

0,95 (Ježek i Buchtova, 2007; Šimat i sar, 2009; Milijašević i sar, 2010). Meso riba ima manji sadržaj vezivnog tkiva, višu pH vrednost, veću količinu vode, kao i niži nivo glukoze u odnosu na meso najčešće korišćenih domaćih životinja u ishrani (Tzouros i Arvanitoyannis, 2000; Ćirković i sar, 2015). Kraćem vremenu održivosti mesa riba doprinosi i specifična mikroflora, kao i enzimi. Kvar ribe jeste posledica koja se zasniva na tri mehanizma (Ghaly i sar, 2010):

1. Enzimski autoliza

U mišićnom tkivu sveže ohlađene ribe odvijaju se proteolitičke promene pod dejstvom enzima mikroorganizama i autolitičke promene katalizovane tkivnim enzimima. Time dolazi do progresivnog razgrađivanja proteina do peptida, aminokiselina, amonijaka, kao i drugih niskomolekularnih supstanci koje sadrže azot.

2. Oksidacija

Oksidacija masti predstavlja najznačajniju promenu koja se dešava posle izlova ribe, a koja utiče na degradaciju riblje sirovine. Kod masnih riba, kao što je šaran, ove promene stvaraju velike probleme kad je u pitanju kvalitet sirovine, a te promene su vidljive promenama mirisa, ukusa, konzistencije i boje. Oksidacija nastaje delovanjem kiseonika iz vazduha na nezasićene masne kiseline. Obzirom na to da riblje masti sadrže više nezasićenih masnih kiselina nego li masti ostalih vrsta životinja koje se koriste u ishrani ljudi, riblje msati su i podložnije oksidacijskim promenama (Šimat i sar, 2009).

3. Mikrobiološki rast

Kontaminacija mesa ribe bakterijama može da bude direktna, kada mikroorganizmi potiču iz zagađene sredine ili indirektna kada je prisustvo bakterija u mesu ribe posledica kontaminacije ribe u toku manipulacije sa ribom od izlova, tokom čuvanja do momenta uključivanje sirovine u proces proizvodnje (Karabasil i sar, 2005). Proizvod aktivnosti pojedinih mikroorganizama mogu biti i toksični biogeni amini: putrescin, kadaverin, spermidin, spermin, histamin, tiramin i triptamin. Akumulacija biogenih amina u mesu riba je povezana sa kontinuiranim kvarom (Ćirković i sar, 2015). Njihova akumulacija zavisi od prisustva specifičnih bakterija, nivoa aktivnosti dekarboksilaze i raspoloživosti supstrata aminokiselina (Naila i sar, 2010). Kod

neprerađene ribe, kvar koji nastaje kao posledica mikrobiološkog rasta je rezultat pre svega gram negativnih bakterija (Ghaly i sar, 2010).

Održivost sveže ohlađene ribe zavisi od mnogobrojnih činilaca, kao što su kvalitet i temperatura vode, bakteriološki status, gladovanja ribe pre izlova, postupanje sa ribom posle izlova, uslova transportovanja, izloženost stresu, način omamljivanja, iskrvarenja, evisceracije, pranja, obrade trupa, higijene procesa i dr. (Baltić i sar, 2009b; Masniyom, 2011).

2.3. ŠARAN

Šaran – *Cyprinus carpio* Linneatus (1758) pripada filumu *Chordata*, klasi *Actinopterygii*, redu *Cypriniformes*, familiji *Cyprinidae* i rodu *Cyprinus*. Smatra se jednom od najstarijih domestifikovanih vrsta koja se koristi u ishrani ljudi. Literaturni podaci navode da gajenje šarana datira još od 5. veka pre nove ere (Ćirković i sar, 2015). Najbliži divlji predak šarana je nastao u pritokama Crnog mora, Kaspijskog i Aralskog jezera, zapadno do reke Dunav i istočno do Sibira (Balon, 1995).

U prirodi šaran je omnivor, koji nastanjuje stajaće i sporotekuće vode čija se temperatura u toku godine zagreva preko 20 °C. Voli meke, muljevite podloge obrasle vodenim rastinjem. Telo „divljeg“ šarana ima izduženu formu, snažno je i zbijeno pokriveno krupnim krljuštima čija boja može varirati i zavisi od staništa. Pa je tako šaran koji živi u bistrim vodama sa peskovitim dnom srebrnasto-žute boje sa izraženo crvenim perajima, što se sreće u Dunavu, dok je šaran koji živi na barskim terenima sa dosta mulja sive do tamnozeleno boje. Može postići dužinu preko 1 m i masu veću od 30 kg. Životni vek može biti duži od 30 godina. U prirodi komadnu masu od 2 kg do 3 kg dostiže sa 4 - 9 godina, dok u ribnjačkim uslovima istu masu dostiže već u drugoj ili trećoj godini (Čanak, 2012). Polnu zrelost stiže u starosti od 3 do 5 godina, s tim da mužjaci polnu zrelost stižu jednu godinu ranije u odnosu na ženke. Plodnost ženki varira od 25.000, pa i preko 1.000.000 komada ikre. Mrest se najčešće događa u kasno proleće kada je temperature vode oko 20 °C. Razvoj ikre u vodi temperature od 15 °C traje pet dana, dok je to vreme nešto kraće pri temperaturi vode od 20 °C (Ćirković i sar, 2002). Smatra se ribljom vrstom velike vrednosti zbog plodnosti, dobrog korišćenja prirodne i dodate hrane, brzog tempa rasta, dobroj otpornosti prema lošim uslovima životne sredine i bolestima, hranljivog i ukusnog mesa (Ćirković i sar, 2015). Kišpatić, sad već davne 1893. godine, kaže da među svim našim ribama niti jedna riba nije zgodna za uzgajanje u ribnjacima kao šaran, da se za njega najlakše nađe hrana, da je „žilava života“, brzo raste, lako se umnožava i da uvek ima dosta kupaca. Spada u grupu srednje masnih riba, pri čemu većinu svojih masti skladišti kao adipozno tkivo u abdominalnom zidu (Ćirković i sar, 2015). Tradicionalni načini gajenja šarana u našoj

zemlji su ekstenzivni i poluintenzivni načini, pri čemu se pored prirodne hrane dodaju žitarice i to najčešće kukuruz. Kao što je već napomenuto ishrana bogata ugljenim hidratima dovodi do povećanog nagomilavanja masti u mesu i oko unutrašnjih organa, zbog čega se šaran često smatra masnom ribom (Ljubojević i sar, 2013b; Trbović i sar, 2013).

Šaran je vrsta ribe koja se gaji u preko sto država sveta (Bostock i sar, 2010). U svetskoj proizvodnji šarana Kina zauzima prvo mesto sa 73,7%, dok najveću proizvodnju u Evropi ima Rusija sa 1,6% svetske proizvodnje (Tacon i Metian, 2008). Ukupna svetska proizvodnja šarana u akvakulturi 2004. godine iznosila je 17,3 miliona tona (Hastein i sar, 2006). Srbija, kao zemlja sa tradicionalnom proizvodnjom šaranskih riba, zauzima treće mesto po proizvodnji šarana sa 1,3 kg po glavi stanovnika, odmah iza Češke i Kine (Marković i sar, 2013)



Slika 2. Teritorije glavnih proizvođača šarana (FAO, 2006)

Šaranske vrste riba imaju mnoge prednosti za gajenje u odnosu na pastrmske, što ih čine popularnim za komercijalno gajenje. To su:

- veoma brz porast
- jako su tolerantni prema manipulaciji
- jednostavna reprodukcija

- sposobni su da se gaje u velikoj gustini nasada sa visokim prinosima po proizvodnoj jedinici
- sposobni su za iskorišćavanje gotovih smeša sa različitim sadržajem proteina.

Najčešće se gaji u trogodišnjem ciklusu, tokom kojeg jednogodišnji šaran dostiže masu od 20 do 100 g, dvogodišnji masu od 200 do 800 g, a trogodišnji, koji se i plasira na tržište može da ima masu od 1200 g, pa čak i preko 3 kg (Ćirković i sar, 2015). U Ribnjaku "Ečka" kao jednom od najpoznatijih šaranskih ribnjaka u našoj zemlji, a ujedno i kao jednom od ribnjaka odakle potiče šaran koji je korišćen u ovoj studiji, šaran se gaji u dvogodišnjem i trogodišnjem ciklusu do kategorije konzumne ribe, kada se plasira na tržište. U ribnjacima u našoj zemlji se najčešće gaji u polikulturi, a svaki ribnjak ima neke svoje specifičnosti. Pored šarana na ribnjaku "Ečka", najzastupljenije vrste su sivi tolstolobik i beli amur. Prisustvo pratećih vrsta u Ribnjaku „Ečka“, ali i nasađivanje manje količine tzv. grabljivica (kako bi se omogućili uslovi što verniji prirodnom okruženju šarana), kao što su som, štika i smuđ imaju poseban značaj za gajenje šarana. Grabljivice u pomenutom akvasistemu imaju ulogu u regulisanju prisustva takozvane korovske ribe, čije je prisustvo inače nepoželjno tokom gajenja šarana. Time se sprečava prenasadenost jezera, opterećenje ihtiomase i procesi truljenja, kojima se narušavaju optimalne vrednosti amonijaka, kiseonika i pH vrednosti ribnjačke vode. Ihtiološke i agrotehničke mere u ribnjaku izvode se na način i intenzitetom koji u najmanjoj mogućoj meri utiču na prirodnu sredinu i tradicionalno gajenje "Ečanskog šarana". Sve mere koje se preduzimaju prilikom uzgoja su poluintenzivne, u cilju stimulacije razvoja prirodne hrane za šarana. Glavnu prirodnu hranu šarana čine fauna dna i zooplankton. Sredinom leta, kada su optimalni uslovi za rast šarana usled visine i ujednačenosti temperature vode (od 24 do 26 °C), dolazi do prirodnog pada produkcije zooplanktona. U tom periodu se dodaju kompletna hraniva koja se razlikuju u svom nutritivnom sastavu u zavisnosti od toga kojoj su uzrasnoj kategoriji namenjeni. Dinamika hranjenja je uslovljena brojnim faktorima kao što su: količina planktona, odnosno prirodne hrane, vremenske prilike, stanje ribe, temperatura vode. Pripremni period za vreme hibernacije tokom prezimljavanja započinje u kasno leto dodavanjem žitarica u ishranu kako bi se stvorile energetske rezerve kao prevencija stresa i gubitka telesne mase (Elaborat o zaštiti intelektualne svojine "Ečanski šaran").

Šaran se na tržište najčešće transportuje živ, a prodaje se ili kao živ ili kao sveže očišćen. Ređe se može naći kao proizvod od mesa šarana. Meso šarana je visoko cenjeno u svetu kulinarstva zbog svoje specifične arome, delikatesnog ukusa, lepeze proizvoda, kratkog vremena potrebnog za pripremanje, nutritivne vrednosti i zbog svoje dobre svarljivosti (Ćirković i sar, 2015). Procenjuje se da se u prodaji može naći oko 15-ak različitih proizvoda šarana, od kojih se kao jedan od najtraženijih svakako smatra dimljeni šaran.

2.4. PROIZVODI OD RIBE

U našoj zemlji je 1978. godine otvorena prva moderna fabrika za preradu mesa slatkovodnih riba sa tunelom za duboko zamrzavanje i hladnjačom kapaciteta 1.500 t u kojoj se sa radom u dve smene dnevno moglo preraditi do 25 t ribe. Jovanović (1985) navodi da se u SFR Jugoslaviji osamdesetih godina XX veka samo 10% proizvedene i ulovljene slatkovodne ribe prerađivalo, a da smo sa takvom proizvodnjom svrstavani među vodeće zemlje u svetu u proizvodnji proizvoda od ribe po jedinici proizvodnih površina.

Riba se na tržište u zavisnosti od načina obrade stavlja u sledećim oblicima (Baltić i Teodorović, 1997):

- živa riba;
- primarno obrađen trup ribe, odnosno trup ribe bez krljušti i unutrašnjih organa;
- obrađen trup, odnosno trup ribe bez krljušti, peraja, unutrašnjih organa i glave;
- naresci od ribe, pod kojim se podrazumevaju delovi obrađenog trupa dobijeni;
- poprečnim sečenjem trupa u delove;
- fileti ribe, što podrazumeva delove obrađenog trupa ribe, odrezane sa obe strane, od grudnog peraja do repa, paralelno sa kičmenim stubom.
- široka lepeza poluproizvoda i proizvoda od ribe

Prerada mesa ribe se može definisati procesima kao što su klasiranje, ocena svežine, klanje, čišćenje, filetiranje, soljenje, sušenje i trimovanje. Takođe, ovde se i te kako podrazumevaju i procesi toplotne obrade, kao što su dimljenje, pečenje, kuvanje itd. Cilj prerade mesa ribe je lakša dostupnost potrošaču (RTE), poboljšanje izgleda i ukusa, viša cena proizvoda i produžen rok trajanja ove lako kvarljive namirnice životinjskog porekla (Thrane i sar, 2009). Za dobijanje proizvoda od ribe može se

koristiti samo sirovina koja bi i sveža i zamrznuta bila pogodna za potrošača, odnosno bezbedna po zdravlje potrošača (Arvanitoyannis i Kotsanopoulos, 2012). Uprkos tome što se preradom mogu maskirati ukus, miris i boja, loš kvalitet početne sirovine naknadnim procesima prerade se ne može popraviti (Grbic, 2014). S tim u vezi, izbor sirovine predstavlja kritičnu tačku u proizvodnji proizvoda od ribe. Preradom mesa ribe se stvaraju nepovoljni uslovi za opstanak mikroorganizama - uzročnika kvara, bilo bakteriostatskim, baktericidnim ili kombinovanim delovanjem. Prerađivačka industrija mesa ribe u našoj zemlji je slabo razvijena, obzirom da je dugi niz godina količina sirovine bila nedovoljna, kao i zbog navike potrošača - sva proizvedena riba je prodavana u svežem stanju (Ćirković i sar, 2015).

Glavni faktori koji utiču na hranljivu vrednost proizvoda od ribe odnose se na to kako se rukuje sa sirovinom, kako se obrađuje i čuva (Kabahenda i sar, 2009). Načine čuvanja mesa ribe koji se danas primenjuju, a koje smatramo klasičnim, čovek je uočio posmatrajući prirodu i njene zakonitosti. Sada već davne 1804. godine, francuski kuvar *Nicolas Appert*, je nakon dužeg eksperimentisanja uspeo stvoriti konzerve sterilisane toplotom, a potom se usavršavanjem uređaja za hlađenje, razvilo i zamrzavanje riba (Kalembert i Jelen, 1998). Riba se najčešće u prometu nalaze kao sveže i zamrznute, dok se manja količina riba prerađuje. Oko 25 do 30% svetskog ulova ribe se konzumira u sušenom, usoljenom, dimljenom ili u obliku kombinacije ovih procesa (Al Ghabshi i sar, 2012).

Ribljí fileti mogu da se pripremaju od sveže i zamrznute ribe. Ribljí fileti predstavljaju komade mesa koji su odrezani sa obe strane trupa ribe, od grudnog do repnog peraja. Preporučuje se da se filetriranje radi nakon što popusti mrtvačka ukočenost (*rigor mortis*) (Roth i sar, 2006; Baltić i sar, 2009). Najčešće vrste fileta su (Baltić i Teodorović, 1997):

- ribljí fileti sa kožom;
- ribljí fileti bez kože;
- „leptir” ribljí filet (levi i desni filet spojen sa trbušnim delom kože).

Loš izbor sirovine, neadekvatni higijenski uslovi i nepažljiva manipulacija sirovinom u toku primarne obrade i prerade mogu dovesti do mikrobiološke kontaminacije gotovog proizvoda (Hastein i sar, 2006). Patogeni mikroorganizmi u proizvodima od ribe mogu se podeliti na (Dimitrijević, 2007):

1. svojstvene patogene bakterije koje potiču iz vodene sredine:

- *Clostridium botulinum* tip E
- *Listeria monocytogenes*
- *Aeromonas hydrophila*
- *Vibrio* sp.

2. nesvojstvene patogene bakterije koje su posledica naknadne kontaminacije u toku procesa proizvodnje:

- *Salmonella* sp.
- *Escherichia coli*
- *Staphylococcus aureus*

Aktivnosti vode (a_w) je, uopšteno, u dobrom uzajamnom odnosu sa potencijalom za rast i metaboličku aktivnost, pa je a_w usvojena kao dobar indikator prisustva vode za mikrobiološku aktivnost. Smanjena aktivnost vode ograničava kako mikrobiološku, tako i enzimsku aktivnost. Smanjivanje aktivnosti vode u namirnici se najčešće koristi kao dodatni faktor u postupku konzervisanja namirnica i to najčešće u kombinaciji sa sniženjem pH vrednosti ili skladištenjem namirnica na temperaturi hlađenja. Najveći broj patogena za svoj rast ili produkciju toksina zahteva aktivnost vode iznad 0,95, dok potencijalno opasna *Listeria monocytogenes* raste i na znatno nižim vrednostima a_w (Dimitrijević, 2007). Aktivnost vode mikrobiološki bezbednog gotovog proizvoda bi trebalo bi da bude u rasponu od 0,77 i 0,85 (Duman i sar, 2007). Najveći broj bakterijskih vrsta rasti pri neutralnom pH, između 6,6 i 7,2. Vrednost pH gotovog proizvoda na 25 °C bi trebalo da bude u rasponu 5,9 i 5,4 (Duman i sar, 2007).

2.4.1. DIMLJENA RIBA

Dimljena riba se smatra hranom spremnom za konzumiranje, čija se potrošnja znatno povećala u poslednje vreme u mnogim evropskim zemljama (Gallart-Jornet i sar, 2007). Potrošnja dimljene ribe započela je u severnoj i centralnoj Evropi i potom se proširila na jug gde su ti proizvodi smatrani za delikates (Arvanitoyannis i Kotsanopoulos, 2012). Brz porast proizvodnje dimljene ribe, pre svega dimljenog mesa lososa sa 850.000 t (1985. godine) na preko 1.800.000 t (2001. godine) i visoke vrednosti ovog proizvoda na tržištu privukli su veliku pažnju istraživača i proizvođača (Varlet i sar, 2007). Proizvodnja dimljene ribe, a posebno dimljenog lososa, predstavlja danas jedan od najvažnijih sektora u ribarstvu Evrope. U Evropi se oko 15% od ukupne količine ribe za ishranu ljudi u ponudi nalazi u obliku hladno ili toplo dimljenih proizvoda (Stolyhwo i Sikorski, 2005). U nekim zemljama sveta, kao što je Nigerija, dimljenje ribe je apsolutno najčešći metod konzerviranja ribe. U Nigeriji se praktično sve dostupne vrste riba dime i procenjeno je da se oko 70 – 80% ulova ribe konzumira kao odimljene (Adeyeye i sar, 2015). Dimljenja riba, uključujući i hladno i toplo dimljenu, se ubrajaju među najatraktivnije proizvode ribe. U prilog tome govori činjenica da od ukupne ponude ribe, na francuskom tržištu blizu 20% čini dimljena riba. Posebnu pažnju privlači hladno dimljena riba, koja, u zavisnosti od vrste, količine soli i visine temperature obrade, može da se koristi bez i sa naknadnom toplotnom obradom (Baltić i sar, 2009). U okviru ovog tipa proizvoda od ribe, u našoj zemlji su prisutne dimljena pastrmka (*Oncorhynchus mykiss*) i dimljeni šaran (*Cyprinus carpio*) koji u poslednje vreme postaju sve prisutniji na tržištu (Pavličević i sar, 2013). Dimljenje ribe je za naše uslove sigurno jedan od najprihvatljivijih načina prerade mesa riba, obzirom da ne zahteva skupu opremu, proizvodnja kratko traje, a prihvatljivost ovog tipa proizvoda na našem tržištu je, obzirom na navike (dimljeno svinjsko meso) veoma dobra (Baltić i sar, 2009).

Iako se postupak dimljenja ribe prvobitno koristio isključivo radi očuvanja i produženja roka trajanja, nakon optimizacije metoda konzervisanja dimljenje se sada skoro isključivo koristi u proizvodnji zbog posebnih senzornih karakteristika koje su privlačne potrošačima (Leroi i sar, 1998). Dimljena riba ima svojstven, prijatan miris i

ukus. Dimljena riba predstavlja značajan deo ishrane ljudi u svetu što zbog svojih poželjnih senzornih svojstava, što zbog svoje visoke nutritivne vrednosti koja se ogleda u bogatstvu polinezasićenih masnih kiselina, liposolubilnih vitaminima, esencijalnih minerala i proteina izgrađenih od esencijalnih aminokiselina (Stołyhwo i Sikorski, 2005; Bilgin i sar, 2008; Bansal i Kim, 2015). Dimljenjem se smanjuje svarljivost proteina, ali je nutritivna vrednost proteina dimljene ribe u odnosu na svežu bez statistički značajne razlike (Šoša, 1989). Pri višim temperaturama dimljenja, količina askorbinske kiseline je manja u gotovom proizvodu, nego li u početnoj sirovini (Espe i sar, 2004).

Yanar i sar (2006) ukazuju na to da je prihvatljivost dimljene ribe u razvijenim zemljama zasnovana na senzorskim karakteristikama proizvoda, dok *Akintola* i sar, (2013) potvrđuju i nutritivni kvalitet kao jedan od faktora prihvaćenosti dimljenih proizvoda od ribe. Istraživanja *Robb* i sar (2002) su pokazala da sa povećanjem sadržaja masti raste i mekoća dimljenog mesa, a time i ocena prihvatljivosti. Senzornom ocenom utvrđena je i veoma jaka korelacija između ocene ukupne prihvatljivosti gotovog proizvoda i sadržaja masti. Ukupan miris i ukus fileta izraženiji kod masnijih fileta dimljene ribe, što pokazuje da je najveći broj komponenata dima koji su nosioci mirisa i ukusa na dim rastvorljiv u mastima. Dimljenje mesa riba i uticaj dimljenja na meso riba su bili predmet interesovanja mnogih istraživanja i većina autora smatra da dimljenje snižava sadržaj vlage, odnosno aktivnost vode i sprečava mikrobiološku aktivnost, čime se dobija bezbedniji proizvod i produžava njegova održivost (*Aba* i sar, 2013). Međutim, tradicionalni proces dimljenja riba je povezan sa neizbežnim i velikim gubicima hranljivih materija (*Kabahenda* i sar, 2009).

Do danas su širom sveta sprovedena mnogo istraživanja u cilju evaluacije karakteristika različitih dimljenih proizvoda od mesa slatkovodnih, morskih riba, ali i drugih organizama akvakulture od tradicionalno dimljenih do dimljenih u najsavremenijim uređajima (*Kolodziejska* i sar, 2002; *Colakoglu* i sar, 2011). Međutim, uprkos velikom broju istraživanja različitih tehnologija za proizvodnju dimljenih proizvoda od ribe, do danas nije mnogo učinjeno kada je dimljeni šaran u pitanju.

2.5. DIMLJENJE

Dimljenje mesa i proizvoda od mesa je jedna od najstarijih tehnologija koja se koristi već oko 80 hiljada godina (Đinović i sar, 2008; Krvavica i sar, 2013). Veruje se da su lovci pri povratku iz lova vešali meso u pećinama u blizini vatre oko koje su se okupljali i tom prilikom primetili da je meso koje je bilo više odimljeno trajalo duže i imalo bolju aromu i ukus. Vremenom je proces usavršavan, pri čemu je utvrđeno da postupak dimljenja ima učinak sušenja, da suzbija oksidativne procese i kvarenje, kao i da povoljno utiče na miris, ukus, aromu i boju proizvoda. Originalan proces dimljenja podrazumeva dimljenje pri čemu se proizvod koji se dimi nalazi iznad ložišta tzv. direktan metod dimljenja (Varlet i sar, 2006). Naučna istraživanja dobijanja dima, sastava dima i primene novih dostignuća su dovela do primene frikcionih dimnih generatora, primene infracrvenih zraka kao izvora toplote, automatskog regulisanja gustine dime i temperature komore, elektrostatskog dimljenja, proizvodnje kondenzata i drugih preparata za bezbedno dimljenje (Stamenković i sar, 2003). Prema „Pravilniku o kvalitetu usitnjenog mesa, poluproizvoda od mesa i proizvoda od mesa“ („Sl. glasnik RS“, br. 31/12) dimljenje jeste postupak konzervisanja dimom ili upotrebom aroma dima. Hladno dimljenje se obavlja na temperaturama do 25 °C, toplo dimljenje na temperaturi do 60 °C i vruće dimljenje na temperaturama višim od 60 °C. Dimljenje se definiše i kao prodiranje isparljivih supstanci nastalih toplotnom razgradnjom drveta u meso i proizvode od mesa (Krvavica i sar, 2013). Dimljenje riba se može podeliti u dve osnovne kategorije: hladno (*cold*) i toplo (*hot*) dimljenje. Hladno dimljenje jeste dimljenje pri kojem se postiže temperatura proizvoda od 33 °C (Arvanitoyannis i Kotsanopoulos, 2012). Toplo dimljenje se vrši pri temperaturi između 50 °C i 80 °C (FAO, 2001), odnosno da je minimalna unutrašnja temperatura proizvoda 63 °C u trajanju od 30 minuta (Flick, 2010), 145 °F (62,778 °C) 30 minuta (www.flseagrant.org, 30.01.2015.), 65 °C 1 h (Ćirković i sar, 2015), 160 °F (71,11 °C) 30 minuta (Oehler, 2013), 150-160 °F (65,556 – 71,11 °C) 30 minuta (Rasco i sar, 2009), a dostiže i temperaturu od 70 do 80 °C u trajanju od 2h (Arvanitoyannis i Kotsanopoulos, 2012).

Toplo dimljenje je tradicionalan postupak i efekti pomenutog tretmana zavise od sastava i pripreme sirovog materijala, temperature, relativne vlažnosti, vrste drveta, dužine trajanja procesa, gustine i sastava dima (Kolodziejska i sar, 2002).

Tehnologija dimljenja se u današnje vreme sve više koristi u proizvodnji i preradi mesa riba kao sredstvo koje ima poseban uticaj na organoleptička svojstva, održavanje i produžavanje roka trajanja lako kvarljivih proizvoda od ribe (Arvanitoyannis i Kotsanopoulos, 2012). Zbog ograničenog delovanja dima kao konzervansa na površinu proizvoda, ono se najčešće koristi u kombinaciji sa drugim postupcima konzervisanja, kao što su soljenje, salamurenje, dodavanje začina, tehnike pakovanja, hladno skladištenje, (Muratore i Licciardello, 2005) sušenje i zagrevanje, (Vuković, 2012) čime se sinergistički deluje na uništavanje mikroorganizama i produžava održivost. Pored konzervišuće uloge, dimljenje ima veći značaj kao način tehnološke obrade kojim se postižu karakteristična boja, miris i ukus dimljenih proizvoda (Hattula i sar, 2001; Kristinsson i sar, 2008; Vuković, 2012). Dim daje koži riba, kao i površinskim delovima mesa karakterističnu boju i sjaj (Baltić i Teodorović, 1997). Dakle, dimljenje mora ispuniti tri osnovna cilja (Sárkány i Kovács, 2015):

1. ujednačeno smanjivanje sadržaja vlage,
2. poboljšanje ukusa,
3. konzervisanje.

Standardan kvalitet u proizvodnji dimljene ribe nije jednostavno održati. On zavisi od mnogobrojnih činilaca. Bezbednost se može osigurati savremenim principima koji se primenjuju u bezbednosti hrane, što znači poštovanjem i primenom principa dobre proizvođačke prakse (GMP; G- *Good*, M- *Manufacturing*, P- *Practice*), dobre higijenske prakse (GHP; G- *Good*, H- *Hygienic*, P- *Practice*), standardnih operativnih procedura (SOP) i konačno, uvođenjem, kako u proizvodnju, tako i u promet HACCP koncepta (HACCP; H- *Hazard*, A- *Analysis*, C- *Critical*, C- *Control*, P- *Points*) (Baltić i sar, 2009). HACCP je sistem bezbednosti hrane koji se zasniva na analizi i kontroli potencijalnih bioloških/mikrobioloških, hemijskih i fizičkih opasnosti kojima su izložene sirovine, mogućih opasnosti pri rukovanju, proizvodnji, distribuciji i

konzumiranju krajnjeg proizvoda. Njegova primena podrazumeva poštovanje standardnih operativnih procedura i uputstava kojima se smanjuju rizici po bezbednosti hrane. Od posebnog značaja kada je prerade riba u pitanju jeste da se proces prerade odvija dovoljno brzo i bez nepotrebnog zadržavanja (Baltić i sar, 2006).

Poznavanjem karakteristika početne sirovine, može se uticati na kvalitet gotovog proizvoda, kao i na prinos (Cardinal i sar, 2001; Ćirković i sar, 2015). Ukupan gubitak prilikom proizvodnje dimljene ribe može biti različit, a u zavisnosti od načina dimljenja može biti i do 50% (Rørå i sar, 1998; Mørkøre i sar, 2001). Sadržaj masti ribe može bitno uticati na kvalitet dimljene ribe. Poznato je i utvrđeno da niža telesna masa znači i manji sadržaj masti u mesu ribe. Sadržaj masti i njen kvalitet utiču, ne samo na energetska i hranjivu vrednost gotovog proizvoda, već i na senzorne karakteristike (miris, okus, tekstura) i prihvatljivost od strane potrošača. Ukupan miris i ukus fileta izraženiji je kod masnijih fileta dimljene ribe, što pokazuje da je najveći broj komponenata dima koji su nosioci karakterističnog mirisa i ukusa na dim rastvorljivi u mastima (Robb i sar, 2002). S tim u vezi, prilikom odabira sirovine za dimljenje, preporučuju se šarani mase od najmanje 2 kg.

2.5.1. PRIMARNA OBRADA

Tokom transporta od mesta uzgoja do mesta gde će se izvršiti klanje, ribe su izložene stresu što kao posledica samog transporta, što usled manipulacije tokom utovara i istovara. Kao odgovor na stres pre klanja, u telu ribe se odvijaju brojni biohemijski procesi, koji imaju negativne posledice na odvijanje procesa proizvodnje i prerade, a samim tim i na kvalitet krajnjeg proizvoda (Duedahl-Olesen i sar, 2006; Poli i sar, 2005).

Nedavno je Svetska organizacija za zdravlje životinja (*the World Organization for Animal Health*), preko Kodeksa o vodnim životinjama (*the Aquatic Animal Code*), postavila preporuke za dobrobit riba, uglavnom u transportu, omamljivanju i klanju za ljudsku potrošnju (OIE, 2015). Ovo je naročito značajno jer ribe spadaju u najviše konzumirane životinje, a takođe su drugi najčešće korišćeni organizmi u naučnim istraživanjima širom sveta (Huntingford i Kadri, 2014; Brown, 2015; Rucinque i sar, 2017). Nakon što se obavi izlov/ulov ribe, postupak primarne obrade ribe uključuje različite operacije:

- **Omamljivanje**

Omamljivanje, kao i kod klanja ostalih vrsta životinja, bi trebalo obaviti u skladu sa savremenim preporukama koje skreću pažnju na dobrobit životinja u toku klanja, odnosno “humano” klanje što u ovom kontekstu označava brzu i bezbolnu smrt (Mikuš i Petak, 2010). Istraživanja u cilju dokazivanja pozitivnog efekta „humanog” klanja riba na njenu održivost, tj. kvalitet sproveli su *Giuffrida i sar, (2007)* u kojima su utvrdili statistički značajno niži broj mezofilnih i psihrotrofnih bakterija u uzorcima šarana omamljenih električnom strujom. Ustanovljeno je da je električno omamljivanje, u odnosu na druge vidove, imalo najmanje nepoželjnih uticaja na kvalitet mesa ribe. Osim sa etičkog, humani postupci omamljivanja riba su važni s aspekta kvaliteta mesa riba. Povećana mišićna aktivnost uzrokovana stresom kod omamljivanja utiče na postmortalne biohemijske procese, uglavnom na povećanu glikolizu i razgradnju adenozin-trifosfata (ATP), što može dovesti do nepoželjnih promena fizikalnih parametara i parametara svežine ribe (Poli i sar, 2005).

- **Klanje i iskrvarenje**

Klanje i iskrvarenje sledi odmah nakon omamljivanja i poželjno je da se obavi brzo i što pre. Neki autori preporučuju da je možda čak bolje da se iskrvarenje obavi dok je riba još uvek živa i da se na taj način omogućava bolje iskrvarenje, obzirom da stres prilikom omamljivanja dovodi do ubrzane koagulacije krvi, što svakako otežava iskrvarenje (Baltić i Teodorović, 1997; Røra i sar, 2004; Olsen i sar, 2006; Olsen i sar, 2008). Iskrvarenje se kod šarana najčešće obavlja zasecanjem duž zamišljene linije između trupa i glave na ventralnom delu vrata.

- **Skidanje krljušti (riba koja ima krljušti) i sluzi**

Skidanje krljušti se može vršiti ručno i mašinski, a samo skidanje je lakše obaviti ukoliko je riba sveža. Tokom skidanja krljušti i sluzi potrebno je obezbediti stalan protok vode (Baltić i Teodorović, 1997).

- **Vadenje unutrašnjih organa (egzenteracija)**

Postupak evisceracije započinje rezom na trbušnoj strani tela ribe od analnog otvora do škruga ručno ili mašinskim putem. Veoma je bitno da se odmah nakon

evisceracije obavi pranje. Cilj pranja ribe je da se odstrane ostaci krvi, utrobe i velike većine akumuliranih bakterija koje su kontaminirale tkivo ribe tokom prethodnih operacija. Istraživanja pokazuju da se broj bakterija sa kože ribe smanjuje nakon pranja (Kolodziejska i sar, 2002). Voda koja se koristi za pranje mora da zadovoljava kvalitete vode za piće. Svaka riba se ispira jakim mlazom vode, i to prvo unutrašnjost stomaka, zatim škrge, i na kraju se ispira spoljašnja strana.

- **Odsecanje glave i škrge**

Odsecanje glave i škrge se vrši nakon evisceracije zbog lakše fiksacije ribe (za glavu i škrge) tokom operacija skidanja krljušti. Može se obavljati ručno ili mašinski.

- **Filetiranje**

Filetiranje ribe se može vršiti mašinski (pomoću mašina za filetiranje) ili ručno (pomoću noževa za filetiranje). Riba se najčešće fileтира ručno na stolu uz stalni protok vode. Filetiranje ribe treba izbegavati za vreme trajanja *rigor mortis*, jer se dobijaju fileti koji nisu dobro povezani (Dojčinović, 2009).

2.5.2. SOLJENJE

Soljenje, takođe, ima i značajan efekat kao konzervans, najviše zahvaljujući tome što redukuje aktivnost vode, što vodi ka prevenciji rasta truležnih mikroorganizama i formiranju membranozne površine koja dodatno inhibira rast mikroorganizama (Mioković i Zdolec, 2004; Frangos i sar, 2010). Najčešće primenjivani načini soljenja ribe u procesu proizvodnje dimljene ribe su suvo soljenje sa kuhinjskom soli (NaCl) i vlažno soljenje (salamurenje) (Espe i sar, 2004).

Prilikom prerade, kada se vrši suvo soljenje, dolazi do dve simultane kontinuirane promene: usvajanje soli od strane mišićnog tkiva i gubitak vode iz istog (Vuković, 2012). Inhibicija mikrobiološkog rasta kod dimljenih proizvoda je linearno proporcionalna sadržaju soli i dima (što je veća koncentracija, veća inhibicija). Međutim nije potvrđen sinergistički uticaj na inhibiciju između ova dva faktora (Leroi i sar, 2000). Sa povećanjem koncentracije soli u dimljenom proizvodu, raste i njegov rok

trajanja. Joni NaCl nakon ulaska u tkivu mogu da se vežu i reaguju sa proteinima. Na taj način zauzimaju mesto vezivanja preteoličkih enzima mikroorganizama (Goulas i Kontominas, 2005).

U literaturi se mogu naći podaci različitih koncentracija soli koje se primenjuju kod proizvodnje dimljene ribe, pa tako ima podataka da se soljenje vrši sa 2,0% do 3,9% (Hansen i sar, 1995; Hansen i sar, 1996; Hansen i sar, 1998), odnosno od 2,9% do 14,0% (Dillon i sar, 1992), odnosno najmanje 3,5% (Heinitz i Johanson, 1998), odnosno 1,4% do 2,7% (Kolodziejska i sar, 2002). Koncentracija soli od 2% pospešuje sposobnost vezivanja vode u mišićima. U koncentraciji od 2% od 5%, miozin jako bubri i voda u tkivu postaje čvrsto vezana za proteine (Sigurisdottir i sar, 2000).

Prema Jittinandana i sar, (2002), sadržaj soli i kao i vreme držanja mesa ribe u soli značajno utiče na teksturu dimljene ribe. Grupa autora Yanar i sar, (2006) je ispitala uticaj koncentracije soli toplo dimljene tilapije (*Oreochromis niloticus*) na održivost proizvoda pri skladištenju na 4 °C i zaključili da je rok trajanja toplo dimljene tilapije 35 dana, a da je optimalna koncentracija soli 5%.

Nakon soljenja sledi pranje vodom čime se riba odsoljava. Odsoljavanje se vrši ili potapanjem u vodu, uz protok vode ili tuširanjem. Odsoljavanje se mora obaviti što brže jer svako zadržavanje vode u mesu smanjuje njegov kvalitet. Odsoljavanje se vrši jer nema potrebe za tako visokom koncentracijom soli u dimljenom proizvodu, zbog dodatnih konzervirajućih efekata sušenja i dimljenja (Kilibarda i sar, 2009).

2.5.3. SUŠENJE

Nakon pranja, odnosno odsoljavanja, sledi sušenje površinskih delova, čime se pospešuje upijanje dima, a sprečava taloženje dima i pucanje kože. Radi što boljeg vezivanja dima, riba se obično suši pri temperaturi oko 50 – 55 °C (Vasiliadou i sar, 2005). Ukoliko se riba izloži dimljenju bez prethodnog sušenja i formiranja kože, može doći do gubitka sočnosti i formiranja bele skrame, a taj nedostatak kože može

usloviti rast mikroorganizama koji mogu dovesti do nepoželjnog mirisa, gorkog ukusa i kašaste konzistencije (Dojčinović, 2009).

2.5.4. DOBIJANJE DIMA

Širom sveta se koriste različiti načini dimljenja, odnosno različite pušnice, peći za dimljenje, komore i dr.. Tradicionalne pušnice, iako jeftinije za nabavku, odnosno za izgradnju, imaju veće operativne troškove zbog veće potrošnje goriva i nemogućnosti kontrolisanja sistema, kao i dobijanja proizvoda konstantnih karakteristika (Arvanitoyannis i Kotsanopoulos, 2012). Unutar klasičnih pušnica, temperatura i vlažnost vazduha zavise od spoljašnjih klimatskih uslova, a dim se dobija sagorevanjem drveta na otvorenim ložištima (direktno dimljenje). Savremena prerada mesa podrazumeva dobijanje dima u generatorima, a za dimljenje se koriste komore opremljene agregatima za kondicioniranje vazduha koji obezbeđuju stalnu temperaturu, optimalnu relativnu vlažnost i cirkulaciju vazduha (indirektno dimljenje) (Vuković, 2012).

Dim nastaje pirolizom drveta na otvorenom ložištu, koje može razvijati temperature od 500 do 700 °C ili pomoću generatora za proizvodnju dima. Dim se stvara u nekoliko faza koje su važne za razumevanje stvaranja aromatičnih hemijskih jedinjenja, pri čemu se najveće izdvajanje isparljivih sastojaka dešava na temperaturama između 250 i 350 °C (Toroman i sar, 2013). Na kvalitet proizvoda, pre svega, utiče tip drveta i temperatura na kojoj se sagorevanje odvija. Značajan uticaj ima i način na koji drvo sagoreva tj. način na koji drvo oslobađa komponente dima (Feiner, 2006). Za dobijanje dima koristi se tvrdo drvo: bukva, hrast, cer, jasen, orah, drvo jabuke, breza, kleke, omorike, javora, lešnika, šljive, topole i dr. (Stumpe-Viksna i sar, 2008; Vuković, 2012; Hitzel i sar, 2013).

Svakako jedan od najčešće primenjivanih metoda proizvodnje dima je metod sporog sagorevanja drveta (tinjanje ili piroliza). Piroliza predstavlja kontrolisano sagorevanje određene količine piljevine ili drvnog otpada pri čemu je najvažnija regulacija dotoka vazduha u prostor za sagorevanje. Piroliza drveta se može odvijati u

sredini bez vazduha ili u vazduhu, s tim da se osnovna razlika između ova dva načina sagorevanja ogleda u krajnjim proizvodima. Krajnji proizvodi pirolize drveta u sredini bez vazduha su dim i kameni ugalj. U prisustvu vazduha, piroliza drveta je veoma burna i u takvoj sredini drvo uglavnom potpuno sagoreva do pepela, a kao proizvod nastaju vodena para i ugljen-dioksid (Vuković, 2012; Krvavica i sar, 2013).

Generatori predstavljaju savremeni način dobijanja dima, pri čemu se dim dobija pri optimalnim temperaturama pirolize - van komore, a u komoru se dim uvodi cevovodima i prema potrebi, dim se može zagrevati, hladiti ili prečišćavati (Heinz i Hautzinger, 2007).

Zagrevanje može biti direktno ili indirektno. Direktno zagrevanje se izvodi uvođenjem vodene pare u dim ili plamenom zemnog gasa, dok se indirektno obavlja prilikom prevođenja dima preko parnih ili električnih grejača (Vuković, 2012). Hlađenje se može obavljati prevođenjem preko hladnjaka ili prilikom filtracije kroz tekuću vodu (vodu zavesu). Procesima hlađenja se ujedno vrši i prečišćavanje dima, jer se u vodi ili na površinama hladnjaka talože čestice dima, a sa njima zajedno i štetne i balastne materije. Pored ovih metodi hlađenja, za prečišćavanje se koristi i elektrostatička filtracija. Tom prilikom se čestice dima prvo jonizuju nanošenjem pozitivnog naelektrisanja, a zatim se talože na uzemljenim pločama kondenzatora. Ovim se osim odstranjivanja štetnih, odstranjuje i deo korisnih materija za dimljenje, kao što su fenoli, karbonilna jedinjenja i kiseline. Nedovoljno prisustvo ovih korisnih materija u dimu se može nadomestiti produženim dimljenjem (Vuković, 2012).

2.5.5. SASTAV DIMA

Hemijski sastav dima zavisi od vrste i vlažnosti drveta, kao i od uslova njegovog sagorevanja tj. metode dobijanja dima. Dim predstavlja veoma kompleksnu mešavinu gasu sličnih supstanci, partikula čvrstih čestica i vode. U fizičkom pogledu, dim predstavlja mešavinu proizvoda pirolize drveta i vazduha. U toj mešavini, sastojci dima se mogu nalaziti u sva tri agregatna stanja: oko 10% zapremine dima su gasovi koji nisu vidljivi golim okom, a oko 90% volumena su pare i čestice, koje čine dim vidljivim.

Dinamička ravnoteža vlada između agregatnih stanja pojedinih sastojaka dima, a količinski odnosi između njih zavise od temperature pirolize, temperature dima, sadržaja vodene pare i vazduha u dimu (Vuković, 2012). Glavne komponente dima koje imaju najznačajniji uticaj na proizvode od mesa su fenoli, organske kiseline i karbonilna jedinjenja (Feiner, 2006).

U postupku pirolize drveta na temperaturi od 160 do 250 °C nastaju alifatične karboksilne kiseline i karbonili koji su važni za stvaranje karakteristične boje dimljenog mesa. Na temperaturi između 250 i 300 °C nastaju uglavnom organske kiseline i karbonilna jedinjenja, a na temperaturi između 300 i 500 °C nastaju fenoli i fenolna jedinjenja koji su osnovni deo karakterističnog ukusa i arome na dim (Krvavica i sar, 2013).

Dim se sastoji od nekoliko desetina hiljada hemijskih supstanci (Vuković, 2012), od kojih su za održivost proizvoda najznačajni fenoli (krezol, kreozot, siringol, pirogalol itd.), karbonilna jedinjenja (aldehidi i ketoni), organske kiseline (sirćetna, mravlja, propionska, buterna itd.) i alkoholi (metil-alkohol, alil-alkohol itd.). Sastav dima, kao i uslovi dimljenja utiču na senzorna svojstva proizvoda, bezbednost i rok trajanja (Stolyhwo i Sikorski, 2005). U procesu dimljenja, fenolna jedinjenja imaju značajnu ulogu za očuvanje i organološka svojstva dimljenog proizvoda. Relativna koncentracija fenolnih jedinjenja upravo zavisi od prirode drveta koji se koristi u procesu dimljenja. Koncentracija fenolnih jedinjenja se u mišićima ribe povećava povećanjem temperature do 75 °C, nakon čega se povećanje temperature njihova koncentracija smanjuje (Serot i sar, 2004). Efekti taloženja fenolnih jedinjenja zavise od vremena trajanja dimljenja, temperature pušnice, dužine prisustva dima u pušnici i početne temperature mesa riba. Tri najznačajnija i najprisutnija fenola koja određuju aromu dima u proizvodima su gvajakol, 4-metil gvajakol i siringol. Glavne komponente dimljenih riba su: fenol, p-krezol, o-krezol, gvajakol, 4-metil gvajakol, 4-etil gvajakol, siringol, eugenol, 4-propil gvajakol i izoeugenol (Serot i Lafficher 2003.). Sem njih, tu su i isparljiva ulja, terpeni, masne kiseline, ugljovodonici i alkoholi koji spadaju u ekstrakte drveta i posebno doprinose stvaranju arome i boje karakteristične za određenu vrstu drveta. Metoksifenoli su najzastupljeniji sastojci dima (20 - 30% 2-metoksifenoli,

a od 70 do 80% 2,6-dimetoksifenoli) što je karakteristično za dim tvrdog drveta, dok dim proizveden od biomase mekih vrsta drveta sadrži veći procenat 2-metoksifenola. Značajno jaču zaštitnu i antioksidativnu ulogu pokazuje 2,6-dimetoksifenol, nego li 2-metoksifenol (Kjallstrand i sar, 2000). Povećanjem temperature sagorevanja drveta i produkcije dima, raste udeo drugih fenola kao što su metilfenoli, dimetilfenoli i etilfenoli. Obzirom da se glavni sastojci drveta termički razlažu na značajno različitim temperaturama, kvalitet dima varira i u odnosu na temperaturu na kojoj drvo izgara, zbog čega je između ostalog, potrebno znati i sadržaj vlage u drvetu (Hui i sar, 2001; Krvavica i sar, 2013). Optimalna temperatura sagorevanja drveta je između 350 i 500 °C, a niže i više temperature uzrokuju značajno povećanje koncentracije neželjenih supstanci u dimu koje u dimljenom mesu ostavljaju rezidue opasne po ljudsko zdravlje (Feiner, 2006).

Procesom dimljenja na površini proizvoda se stvara karakteristična lepa i poželjna zlatno-smeđa boja, koja predstavlja jednu od najznačajnijih karakteristika proizvoda dimljenog mesa koja utiče na izbor potrošača (Erbay i Koca, 2013). Najvažniji sastojci dima koji učestvuju u formiranju boje su karbonilna jedinjenja sa dugim lancima (Vuković, 2012) koji se tokom dimljenja apsorbuju u tanki vlažni površinski sloj proizvoda gde stupaju u reakciju sa amino grupama proteina mesa, gde potom nastupaju reakcije slične *Maillard*-ovim reakcijama potamnjivanja (Martins i sar, 2000; Isamu i sar, 2012; Krvavica i sar, 2103). U formiranju boje učestvuju i više funkcionalnih radikala (glikoaldehid, glioksal, diacetil) koji reaguju s aminima lizina, arginina, aspargina, histidina, glutaminske kiseline i glicina (Vuković, 2012). Boja dimljenih proizvoda zavisi i od pigmenata salamurenog mesa i od pH vrednosti jer kiseline stabilizuju boju (Vuković, 2012). Fenoli, takođe, doprinose stvaranju poželjne boje, zavisno od vrste drveta (Stumpe-Viksna i sar, 2008). Bukva i javor daju zlatno-smeđu boju dima koja ostaje i na mesu, dok hrast i jova daju žuto-smeđu, a kleka crvenkasto-smeđu boju dima. Drvo četinara, kao što su bor i smreka, lipa i druga meka drva nisu pogodna za dimljenje. Oni sadrže veću količinu smole i daju gust dim i tamne proizvode od mesa (Krvavica i sar, 2103). Takođe, važan uticaj na stvaranje poželjne boje ima i procenat vlage na površini proizvoda. Proizvodi sa manje površinske vlage apsorbuju značajno manje dima, a time i pepela i katrana nego li proizvod sa istim

sadržajem vode koji ima veću površinsku vlagu (Feiner, 2006; Krvavica i sar, 2013). Pojava neujednačene boje se najčešće pojavljuje u slučajevima kada pre postupka dimljenja u komori za dimljenje nije postignuta ujednačena vlaga i temperatura u svim delovima komore. Intenzitet boje dimljenog mesa se postiže regulisanjem vlažnosti u fazi sušenja unutar komore za dimljenje, a ujednačenost boje odgovarajućom količinom i načinom punjenja komore (Feiner, 2006; Krvavica i sar, 2013).

Aroma i ukus dimljenih proizvoda se znatno razlikuju od onih proizvoda koji su proizvedeni bez upotrebe dima. Prilikom senzorne ocene proizvoda dobijenih odgovarajućom tehnologijom dimljenja po pravilu se postižu mnogo bolji rezultati od istovrsnih nedimljenih proizvoda (Hui i sar, 2001). Karakteristična aroma dimljenih proizvoda je posledica složene smeše različitih materija dima sa sopstvenom aromom na površini proizvoda i reakcije dima sa sastojcima mesa, prvenstveno sa proteinima (Vuković, 2012).

Antimikrobne osobine dima su prednost i benefit dimljenih proizvoda (Krvavica i sar, 2013). Sastojci dima koji imaju antimikrobno i antioksidativno dejstvo su značajni za održivost dimljenih proizvoda. Antimikrobno dejstvo dima potiče od aldehida, fenola, organskih kiselina i alkohola. U dostupnoj literaturi se navodi da se o antimikrobnim osobinama dima u hrani zna već pedesetak godina, da je njihov antimikrobni efekat ograničen pretežno na površinu proizvoda, tj. tamo gde se antimikrobni sastojci dima talože i gde ih ima najviše (Milly, 2003). Konzervišuće dejstvo dima na površini dimljenih proizvoda vremenom se smanjuje jer antimikrobne materije isparavaju, difunduju u dubinu i reaguju sa proteinima. Antimikrobne supstance dima ne mogu potpuno da inaktiviraju mikroorganizme. Naprotiv, dim čak indirektno pomaže razmnožavanju sulfitoredukujućih klostridija u dimljenom proizvodu jer otežava prodiranje kiseonika u dublje slojeve proizvoda i time omogućava održavanje anaerobne sredine (Vuković, 2012). Smanjivanjem vrednosti aktivnosti vode, soljenjem i dimljenjem na višim temperaturama se povećava antimikrobni efekat dima (Leroi i sar, 2000; Jittinandana i sar, 2002; Yanar i sar, 2006). Sabanadesan i sar, (2000.) su istraživali sposobnost *Listeria innocua* da preživi u filetima lososa tokom dimljenja i konstatovali da temperatura dima nije značajno uticala ($p < 0,005$), dok je

vreme dimljenja imalo značajan uticaj na smanjenje broja *Listeria innocua* u dimljenom mesu riba (dimljenjem u trajanju od 12 h broj *Listeria innocua* je smanjen za 3 log).

Prooksidativni efekat dimu daju alkoholi, aldehidi, ketoni i organske baze, a antioksidativno dejstvo daju fenoli i organske kiseline (Vuković, 2012). Istraživanja pokazuju da i pored toga što neki sastojci dima imaju prooksidativni efekat, a neki antioksidativni efekat, procesi oksidacije u dimljenom mesu teku znatno sporije nego u nedimljenim proizvodima, pri čemu na tu dinamiku značajno utiče i temperatura (Guillen i Cabo, 2004). Od svih antioksidativnih sastojaka dima, najsnažnije antioksidativno dejstvo imaju fenoli (Vuković, 2012; Krvavica i sar, 2013). Fenoli reaguju sa slobodnim radikalima poništavajući njihovu oksidativnu sposobnost. Tri najvažnija fenola koja imaju antioksidativno dejstvo su 4-metoksifenol, 4-etil-2-metoksifenol i 4-propenil-2-metoksifenol (Huang i sar, 2011). Antioksidativno dejstvo dima se ostvaruje na dva načina:

- **Posredno** - antimikrobnim dejstvom na mikroorganizme koji svojim enzimima izazivaju hidrolizu masti i oksidaciju masnih kiselina,
- **Neposredno** - antioksidativnim dejstvom svih sastojaka.

Uprkos očiglednim prednostima procesa, postoje i brojne opasnosti koje se odnose na potrošnju dimljenih proizvoda, a kao jedan od najreprezentativnijih primera u literaturi se navodi uobičajna pojava raznih karcinoma u zemljama kao što su Nigerija i zemlje Baltika zbog visokog sadržaja hrane policikličnim aromatičnim ugljovodonicima nastalim kao nusprodukt procesa. Štaviše, mnoge studije su pokazale da dimljenje ima za posledicu i zagađenje životne sredine. Ove činjenice mogu imati značajan uticaj na prihvatanje ovih proizvoda od strane potrošača (Arvanitoyannis i Kotsanopoulos, 2012).

2.6. POLICIKLIČNI AROMATIČNI UGLJOVODONICI

Tokom sagorevanja različitih vrsta goriva u procesu dimljenja nastaje veliki broj hemijskih zagađivača kao što su policiklični aromatični ugljovodonici, dioksini, formaldehid, azot i sumpor oksidi (FAO & WHO, 2012).

Policiklični aromatični ugljovodonici (PAH; P- *polycyclic*, A- *aromatic*, H- *hydrocarbons*) predstavljaju veliku grupu organskih jedinjenja (preko 200 jedinjenja) koja se sastoje od dva ili više kondenzovana benzenova prstena, a koji se prirodno nalaze u sastavu uglja, sirove nafte i benzina (EFSA, 2008; Muñoz i Albores, A, 2011; Alomirah i sar, 2011; Škaljac, 2014; Domingo i Nadal, 2015; Bansal i Kim, 2015; Abdel-Shafy i Mansour, 2016).

PAH jedinjenja su ubikvitarna, nalaze se u vodi, zemlji i vazduhu, ali i u različitim namirnicama koje konzumiramo skoro svakodnevno (IARC, 2010; Manda i sar, 2012; Pöhlmann i sar, 2013; Duedahl-Olesen, 2013; Škaljac, 2014; Rengarajan i sar, 2015). PAH jedinjenja su na sobnoj temperaturi u čvrstom agregatnom stanju, uglavnom bezbojna, bela ili blede žuta (Abdel-Shafy i Mansour, 2016). Imaju visoku tačku topljenja i ključanja, lipofilna su i hidrofobna. Hidrofobnost je izraženija sa povećanjem broja kondenzovanih prstenova. PAH jedinjenja su veoma postojana u prirodi, jer slabo podležu procesima kao što su isparavanje, rastvaranje, fotohemijska i mikrobiološka degradacija, a obzirom na lipofilne i hidrofobne karakteristike, imaju tendenciju da se akumuliraju u lancu ishrane (Pensado i sar, 2005; Shadi i sar, 2012; Škaljac, 2014). Najveći unos PAH jedinjenja u organizam čoveka nastaje putem hrane, čak 88 – 98% od ukupne kontaminacije (Farhadian i sar, 2011). Jedan od najčešćih izvora PAH jedinjenja u sirovoj hrani (tj. voću i povrću) je životna sredina tj. prisustvo PAH jedinjenja u zemljištu i vazduhu. Ta koncentracija PAH jedinjenja u sirovoj hrani raste ukoliko se takva hrana uzgaja u blizini industrijskih pogona i gustih saobraćajnica. U prilog tome ide podatak grupe autora *Bishnoi* i sar, (2006) da je u blizini guste saobraćajnice u zemljištu na dubini od 5 do 15 cm detektovana količina PAH jedinjenja od oko 3.095 µg/kg. Veliki broj istraživanja pokazuje da u vodenoj sredini veliki broj

organizama lako akumulira PAH jedinjenja iz okoline, pri čemu mogu da dostignu nivoe PAH jedinjenja i veće nego što su prisutne u vodi u kojoj se nalaze (Johnson i sar, 2008; Dhananjayan i Muralidharan, 2012; Shadi i sar, 2012; Abdel-Shafy i Mansour, 2016).

Najčešće se sastoje iz ugljenika i vodonika, a kod njihovih derivata su atomi ugljenika zamenjeni atomima azota, sumpora ili kiseonika čineći tako heterociklična aromatična jedinjenja. Fizičke i hemijske karakteristike PAH jedinjenja zavise od njihove hemijske strukture. Pored različitog broja kondenzovanih prstenova, PAH jedinjenja se razlikuju i po prisustvu i rasporedu prstenova. Tako na primer, PAH jedinjenja koja sadrže isti broj kondenzovanih prstenova, se mogu bitno razlikovati u osobinama u zavisnosti od toga da li su ti prstenovi raspoređeni linearno (npr. antracen), ugaono (npr. dibenz[a,h]antracen) ili u obliku klastera (npr. piren) (Lundstedt, 2003; Abdel-Shafy i Mansour, 2016). Najprostija PAH jedinjenja sadrže tri kondenzovana prstena, kao što su npr. fenantren i antracen. Na osnovu broja benzenovih prstena, PAH jedinjenja su podeljena na laka PAH jedinjenja (sa manje od četiri benzenova prstena i teška PAH jedinjenja (sa više od četiri benzenova prstena). Teška PAH jedinjenja su izrazito stabilna, ali i mnogo štetnija po ljudsko zdravlje (Björseth i sar, 1979; Wenzl i sar, 2006; Ferrarese i sar, 2008; Farhadian i sar, 2010).

PAH jedinjenja se u hrani, osim poreklom iz životne sredine, mogu naći i kao posledica toplotne obrade hrane. Ovim se misli i na industrijsku proizvodnju hrane, ali i na pripremanje hrane u domaćinstvu - pečenje, prženje, roštiljanje i dimljenje (Stolyhwo i Sikorski, 2005; Šarkanj i sar, 2010). Najlakše nastaju iz ugljenih hidrata pri visokim temperaturama obrade bez prisustva kiseonika. Takođe, mogu nastati i iz aminokiselina i masti pod uslovom da se koriste znatno više temperature toplotne obrade hrane. Kao što je već napomenuto, tokom pirolize drveta mogu nastati na stotine različitih PAH jedinjenja koji procesom dimljenja dospevaju u hranu (Janoszka i sar, 2004; Đinović, 2008; Abdel-Shafy i Mansour, 2016). Prisustvo PAH jedinjenja u hrani predstavlja opasnost po zdravlje ljudi, jer je hrana važan i direktan izvor kontaminacije ljudi (Dunn i Fee, 2008). Smatra se da razlike u unosu PAH jedinjenja putem hrane između zemalja

zavise pre svega od korišćenih metodologija koje se bave istraživanjem i praćenjem (Domingo i Nadal, 2015).

Potrošnja ribe i proizvoda od ribe, a pogotovo onih koji se proizvode pod visokim temperaturama kao što su dimljenje (Dunn i Fee, 2008), pečenje i prženje je povezana sa povećanim rizikom od imunosupresije, genotoksičnosti, karcinogenosti, kao što su karcinom kolona i rektuma, i mutagenosti (Olatunji i sar, 2015).

U literaturi se spominju različiti mehanizmi nastanka PAH jedinjenja, pri čemu sva jedinjenja koja sadrže ugljenik i vodonik mogu poslužiti kao prekursori nastanka PAH jedinjenja. Mehanizmi formiranja PAH jedinjenja tokom sagorevanja organskog materijala nisu u potpunosti razjašnjeni, ali se uočavaju dva reakciona procesa: piroliza i pirosinteza. Naime, pri visokim temperaturama u prisustvu relativno malog sadržaja kiseonika, organska jedinjenja se delimično razgrađuju (piroliza) na manje nestabilne fragmente, uglavnom slobodne radikale koji međusobno reaguju stvarajući relativno stabilna PAH jedinjenja (pirosinteza). Organska jedinjenja koja u svojoj strukturi već sadrže aromatični prsten znatno lakše i brže učestvuju u reakcijama nastajanja PAH jedinjenja (Šimko, 2002; Đinović, 2008; Škaljac, 2014). Formiranje PAH jedinjenja tokom dimljenja i sušenja zavisi od više faktora, kao što su gorivo tj. drvo koje se koristi za proizvodnju dima, metode dimljenja i sušenja (direktno ili indirektno), temperature pirolize i dotoka vazduha u generator, rastojanja između hrane i izvora toplote, položaja hrane u odnosu na izvor toplote, sadržaja masti u hrani, trajanja dimljenja i direktnog sušenja, temperature tokom dimljenja i sušenja, čistoće i održavanja opreme, kao i dizajna komore i opreme koja se koristi za dimljenje (FAO & WHO, 2012).

O pojavi i toksičnosti PAH jedinjenja su se bavile mnoge organizacije kao što su Agencija za zaštitu životne sredine Sjedinjenih Američkih Država (US EPA; U-United, S- States, E- Environmental, P- Protection, A- Agency), Internacionalna agencija za istraživanje raka (IARC; I- International, A- Agency for, R- Research on, C- Cancer), Naučni odbor za hranu (SCF; S- Scientific, C- Committee on, F- Food), Zajednički ekspertski komitet FAO/WHO za aditive u hrani (JECFA; J- Joint, E- Expert

C- Committee on, F- Food, A- Additives), Međunarodni program za hemijsku sigurnost (IPCS; I- International, P- Programme on, C- Chemical, S- Safety) i EFSA (Zelinkova i Wenzl, 2015). Davne 1976. godine, US EPA je na osnovu rasprostranjenosti i toksičnosti formirala listu od 16 EPA policikličnih aromatičnih ugljovodonika (16 EPA PAH) koje je smatrala prioritarnim zagađivačima životne sredine (Keith, 2015). Evropska komisija je formirala listu od 16 PAH jedinjenja, a amandmanom EC 835/2011 i posebne dve grupe od 8, odnosno od 4 najznačajnija PAH jedinjenja u hrani, dok je SCF formirao svoju listu od 15 po njima najznačajnijih PAH jedinjenja (SCF PAH). Spisak najznačajnijih PAH jedinjenja navedenih organizacija, kao i spisak PAH jedinjenja ispitivanih u ovoj doktorskoj disertaciji je dat u Tabeli 1.

Tabela 1. Policiklični aromatični ugljovodonici koji se mogu naći u namirnicama
animalnog porekla

PAH	Pun naziv policikličnog aromatičnog ugljovodonika	16 EPA PAH	EU PAH	SCF PAH	PAH 4	PAH 8	Analizirano u ovoj doktorskoj disertaciji
Naph	Naftalen	X					X
Ace	Acenaften	X					X
Acy	Acenaftilen	X					X
Fln	Fluoren	X					X
Phe	Fenantren	X					X
Ant	Antracen	X					X
Flt	Fluoranten	X					X
Pyr	Piren	X					X
BaA	Benz[a]antracen	X	X	X	X	X	X
CHR	Krizen	X	X	X	X	X	X
BbF	Benzo[b]fluoranten	X	X	X	X	X	X
BkF	Benzo[k]fluoranten	X	X	X		X	X
BaP	Benzo[a]piren	X	X	X	X	X	X
IcP	Indeno[1,2,3-cd]piren	X	X	X		X	X
DhA	Dibenz[a,h]antracen	X	X	X		X	X
BgP	Benzo[ghi]perilen	X	X	X		X	X
BcL	Benzo[c]fluoren		X				
CPP	Ciklopenta[c,d]piren		X	X			
5MC	5-metilkrizen		X	X			
BjF	Benzo[j]fluoranten		X	X			
DalP	Dibenzo[a,l]piren		X	X			
DaeP	Dibenzo[a,e]piren		X	X			
DaiP	Dibenzo[a,i]piren		X	X			
DahP	Dibenzo[a,h]piren		X	X			

SCF je procenio da je maksimalni dnevni unos benzo[a]pirena poreklom iz hrane oko 6 - 8 ng/kg po danu za osobu mase 70 kg. Na osnovu podataka dobijenih iz 17 zemalja Evrope, EFSA je 2008. godine izračunala izloženost ljudi PAH jedinjenjima putem hrane. Prosečna dnevna izloženost iznosi između 235 ng/dan (3,9 ng/kg telesne mase po danu) i 389 ng/dan (6,5 ng/kg telesne mase po danu) za BaP, odnosno između 1.168 ng/dan (19,5 ng/kg telesne mase po danu) i 2.068 ng/dan (34,5 ng/kg telesne mase po danu) za PAH4 jedinjenja (BaP, BaA, BbF, CHR). U tim računanjima je bilo veoma malo dostupnih podataka koji su vezani za hranu sa potencijalnom visokim sadržajem PAH jedinjenja, kao što su pečeno meso, dimljeno meso, dimljeni proizvodi od mesa i dr. Kada su u pitanju ribe, stav je da se PAH jedinjenja ne akumuliraju u većoj količini u mišićima ribe zbog veoma brzog metabolizma, i da je prisustvo PAH jedinjenja u mesu ribe prvenstveno povezano sa dimljenim mesom ribe i proizvoda od ribe (EFSA, 2008).

2.6.1. KARCINOGENI EFEKAT POLICIKLIČNIH AROMATIČNIH UGLJOVODONIKA

Maligni tumori u Republici Srbiji, kao i u većini zemalja sveta, predstavljaju značajan zdravstveni problem. Na to ukazuju podaci o stalnom porastu broja obolelih i umrlih od ovih bolesti. U grupi vodećih uzroka umiranja nalaze se na drugom mestu, odmah posle bolesti srca i krvnih sudova. U našoj zemlji se u proseku godišnje dijagnostikuje više od 33.000 novih slučajeva obolelih od nekog malignog tumora, a oko 19.000 ljudi umre (Batut, 2006).

Pušenje, infekcija/inflamacija i ishrana se u današnje vreme smatraju za tri najvažnija činioca koji dovode do nastanka i razvoja malignih bolesti. Sa ishranom, tj. zagađivačima hrane se najviše povezuju tumori dojke u menopauzi, zatim tumori distalnog kolona, prostate, pankreasa, jajnika i endometrijuma (Sugimura, 2000; Radaković i sar, 2004). Procenjuje se da je ishrana doprinela pojavi 80% poznatih slučajeva tumora distalnog kolona (Bingham, 2000).

Zagađivači hrane podrazumevaju sve supstance koje se nenamerno nalaze u hrani, a čije je prisustvo u hrani rezultat tj. posledica uzgoja (uključujući operacije koje se sprovode u poljoprivredi, stočarstvu i veterinarskoj medicini), proizvodnje, obrade, prerade, pripreme, ambalaže za pakovanje, procesa pakovanja, transporta ili skladištenja hrane ili kao rezultat kontaminacije životne sredine (FAO & WHO, 2012). Tokom dimljenja ili procesa direktnog sušenja sagorevanjem uglja, ulja, gasa, drveta ili drugih organskih sirovina nastaju mnogi hemijski zagađivači (Pergal, 2015).

Vrsta i količina kontaminata koja se mogu naći zavise od goriva koje se koristi, temperature i drugih faktora. Neki od moguće prisutnih hemijskih kontaminata koji tom prilikom nastaju su policiklični aromatični ugljovodonici, dioksini, formaldehid, azot i sumpor oksidi (FAO & WHO, 2012).

Lekar, *Percival Pott*, je 1775. godine primetivši porast pojave raka mošnica kod odžaćara došao do zaključka da neka jedinjenja iz dima mogu da prouzrokuju karcinom, ali ne i koja. Skoro 150 godina kasnije, japanski naučnici su na miševima utvrdili da čađ može da prouzrokuje karcinom kože, a prvo karcinogeno jedinjenje izolovano iz čađi je bilo dibenz[a,h]antracen iz grupe policikličnih aromatičnih ugljovodonika (Šimko, 2002; Đinović, 2008).

PAH jedinjenja predstavljaju najveću klasu hemijskih jedinjenja poznatu po tome što mogu dovesti do nastanka i razvoja malignih bolesti, a smatraju se kao jedan od glavnih faktora koji doprinose razvoju karcinoma pluća i kože (Šimko, 2002; Zhang i sar, 2009; Bansal i Kim, 2015). Uticaji PAH jedinjenja na zdravlje ljudi zavise uglavnom od dužine i načina izloženosti, koncentracije i toksičnosti PAH jedinjenja, kao i zdravstvenog statusa i starosti ljudi (Rengarajan i sar, 2015).

Istraživanja pokazuju da izloženost PAH jedinjenjima u toku trudnoće može da dovede do neželjenih ishoda rođenja, uključujući i sitnorodjene bebe i malformacije srca. Visoka prenatalna izloženost PAH jedinjenja je povezana sa nižim IQ kod dece starosti od tri godine, pojavom astme, kao problemima u ponašanju kod dece sa šest i osam godina (Perera i sar, 2012).

Konzumiranjem namirnica koje sadrže ove organske kontaminante, PAH jedinjenja dospevaju u organizam čoveka. Potom se metabolišu u nekoliko organa, uključujući jetru, bubrege i pluća, a deponuju u masnim tkivima. Izlučuju se preko žuči, urina ili majčinog mleka (Muñoz i Albores, 2011). Genotoksični efekti nekih PAH jedinjenja su dokazani u *in vivo* (na glodarima) i *in vitro* (ćelijsama sisara, uključujući i čoveka) uslovima. Većina PAH jedinjenja nisu kao takva genotoksična, nego njihovi metaboliti reaguju sa DNK čime se ispoljava njihov genotoksični efekat (Rengarajan i sar, 2015).

PAH jedinjenja se metabolički pretvaraju u reaktivne elektrofilne intermedijere, koji se kovalentnim vezama mogu vezati za nukleofilna mesta u molekulima dezoksiribonukleinske kiseline, ribonukleinske kiseline i proteinima. Ovako stvoreni reaktivni metaboliti mogu da reaguju sa drugim ćelijskim jedinjenjima i da se uključe u procese sinteze proteina, transkripcije i replikacije DNK (Muñoz i Albores, 2011).

Takođe, PAH jedinjenja imaju visok afinitet prema receptoru aromatičnih ugljovodonika (AhR; A- *aryl*, H- *hydrocarbon*, R- *receptor*). AhR je transkripcijski faktor koji kontroliše ekspresiju citohroma P450 i drugih gena te tako menja (povećava ili snižava) nivo velikog broja genskih produkata. AhR nema poznatih fizioloških liganada, međutim kao ligandi za AhR mogu se vezati planarne aromatske strukture kao što su policiklični aromatični ugljovodonici, polihlorovani bifenili (PCB; P- *poly*, C- *chlorinated*, B- *biphenyl*) dibenzo-dioksini, dibenzo-furani i dr. (Carpenter, 2006). Abnormalna aktivacija AhR može narušiti funkcije ćelije i promeniti transkripciju gena. Nakon izlaganja ćelije PAH jedinjenjima zbog njihove lipofilnosti dolazi do ulaska u ćeliju i vezanja za citosolni AhR koji je vezan za Hsp90 (Hsp; H- *heat*, S- *shock*, P- *protein*). Nakon vezanja liganda za AhR nastaje kompleks visokog afiniteta za DNK, pri čemu dolazi do otpuštanja Hsp90 i translokacije kompleksa u jezgru. Kompleks se veže za Ah - receptorski nuklearni translokator. Novonastali kompleks se tada veže na promotorsku regiju XRE (X- *xenobiotic*, R- *responsive*, E- *element*) na DNK pri čemu dolazi do indukcije gena, odnosno novih genetičkih promena u organizmu (Janošek i sar, 2006; Đinović, 2008). Takođe, postoje dokazi da PAH jedinjenja dovode do

supresije imunoloških reakcija, pa se smatra da je ta imunosupresivnost povezana sa karcinogenim dejstvom PAH jedinjenja (Gao i Burchiel, 2014).

S tim u vezi, određivanje sadržaja PAH jedinjenja veoma važno, posebno kod tradicionalnih proizvoda, gde je proces dimljenja intenzivniji, uslovi pri kojima se dim proizvodi se ne kontroliše, a proizveden dim najčešće direktno dospeva do proizvoda i ne podleže procesu prečišćavanja (Škaljac, 2014).

US-EPA je klasifikovala 7 PAH jedinjenja (BaA, CHR, BbF, BkF, BaP, IcP, DhA – 7 US-EPA PAH) i označila ih kao verovatno karcinogena jedinjenja (US-EPA, 2002). Internacionalna agencija za istraživanje raka (IARC; I- *international*, A- *agency for*, R- *research on*, C- *cancer*) je uspostavila 6 najznačajnijih i najčešće praćenih policikličnih aromatičnih ugljovodonika (6 IARC PAH) zbog njihove potencijalne karcinogenosti. Među 6 IARC PAH spadaju BaA, BaP, BbF, BkF, IcP i DhA (IARC, 2004). Internacionalna agencija za istraživanje karcinoma, sva jedinjenja klasifikuje u više grupa prema njihovoj karcinogenosti kod čoveka (IARC, 2010):

- **Grupa 1** - Karcinogena jedinjenja (*carcinogenic to humans*)
- **Grupa 2A** – Verovatno karcinogena jedinjenja (*probably carcinogenic to humans*)
- **Grupa 2B** – Moguće karcinogena jedinjenja (*possibly carcinogenic to humans*)
- **Grupa 3** – Jedinjenja koja nisu klasifikovana kao karcinogena (*not classifiable as to its carcinogenicity to humans*)
- **Grupa 4** – Verovatno nekarcinogena jedinjenja (*probably not carcinogenic to humans*)

IARC redovno preispituje klasifikaciju jedinjenja po svojim grupama i u skladu sa preispitivanjima radi preklasifikacije. S tim u vezi, često se u literaturi može naći podatak da benzo[a]piren spada u 2A grupu, što on i jeste bio, ali do 2013. godine kada je svrstan u 1 grupu karcinogenih jedinjenja (Tabela 2.).

Tabela 2. Klasifikacija 24 najpoznatija PAH jedinjenja prema IARC

Policiklični aromatični ugljovodonik (PAH)		IARC grupa karcinogenosti	
Benzo[a]piren	BaP	1	
Dibenz[a,h]antracen	DhA	2A	
Ciklopenta[c,d]piren	CPP		
Dibenzo[a,l]piren	DalP		
Naftalen	Naph	2B	
Benz[a]antracen	BaA		
Krizen	CHR		
Benzo[b]fluoranten	BbF		
Benzo[k]fluoranten	BkF		
Indeno[1,2,3-cd]piren	IcP		
5-metilkrizen	5MC		
Benzo[j]fluoranten	BjF		
Dibenzo[a,i]piren	DaiP		
Dibenzo[a,h]piren	DahP		
Acenaften	Ace		3
Fluoren	Fln		
Fenantren	Phe		
Antracen	Ant		
Fluoranten	Flt		
Piren	Pyr		
Benzo[ghi]perilen	BgP		
Benzo[c]fluoren	BcL		
Dibenzo[a,e]piren	DaeP		
Acenaftenilen	Acy	4	

Kao pokazatelj prisustva karcinogenih jedinjenja dima u dimljenim namirnicama dugo godina se koristi benzo[a]piren (BaP), zato što ima najveći karcinogeni potencijal, odnosno nalazi se u 1 grupi IARC karcinogenih jedinjenja (IARC, 2010; Anggraini i Yuniningsih, 2013). BaP, takođe poznat kao i 3,4-benzopiren, je najviše proučen ugljovodonik (Silva i sar, 2011; Rengarajan i sar, 2015). Broj analiziranih PAH jedinjenja i način prikazivanja rezultata ispitanih PAH jedinjenja se razlikuju od istraživanja do istraživanja, ali svakako de je količina BaP i određena i diskutovana u

svima njima. Nekada je propisima EU samo za BaP bila i propisana maksimalno dozvoljena granična vrednost.

U slučaju kontaminata za koje se smatra da su genotoksični ili karcinogeni, ili u slučajevima kad je trenutna izloženost stanovništva ili osetljivih kategorija stanovništva blizu prihvatljivog unosa ili ga premašuje, najveće dopuštene količine bi trebalo utvrditi na najnižem nivou koji je razumno ostvariv (ALARA; A- *As*, L- *Low*, A- *As*, R- *Reasonably*, A- *Achievable*) na temelju dobre proizvođačke i poljoprivredne - ribarske prakse. Takvi pristupi osiguravaju da subjekti u poslovanju hranom u najvećoj mogućoj meri primjenjuju mere za sprečavanje i smanjenje kontaminacije s ciljem zaštite javnog zdravlja (EC 835/2011).

2.6.2. METODE ANALIZIRANJA POLICIKLIČNIH AROMATIČNIH UGLJOVODONIKA

Analiziranje PAH jedinjenja se vrši primenom nekoliko analitičkih metoda kao što su (Chiu i sar, 1997; Popp i sar, 1997; Xu i Hurtubise, 1999; Yusty i Davina, 2005; Purcaro i sar, 2009; Beyer i sar, 2010):

- **Gasna hromatografija** (GC; G- *gas*, C- *chromatography*)
- **Tečna hromatografija visokih performansi** (HPLC; H- *high*, P- *performance*, L- *liquid*, C- *chromatography*)
- **Superkritična tečna hromatografija** (SFC; S- *supercritical*, F- *fluid*, C- *chromatography*)
- **Kapilarna elektroforeza** (CE; C- *capilar*, E- *electroforesis*)

Obzirom da su koncentracije PAH jedinjenja u uzorcima namirnica najčešće male, preporuka je da se koriste metode kod kojih osetljivost i specifičnost zadovoljavaju potrebe analize. Svakako da najširu primenu u analizi PAH jedinjenja imaju HPLC i GC i to u kombinaciji sa masenim detektorom (GC/MS; G- *gas*, C- *chromatography* / M- *mass*, S- *spectrometry*), a zbog svoje veće selektivnosti i osetljivosti prednost ima GC/MS (Chiu i sar, 1997).

2.6.2.1. GASNA HROMATOGRAFIJA

Gasna hromatografija predstavlja metodu razdvajanja i detekcije lako isparljivih organskih jedinjenja. Gasna hromatografija je veoma osetljiv metod, kojim se određivanja izvode veoma brzo, a potrebne su male količine uzorka za ispitivanje (≤ 10 mL). Ovaj tip hromatografije primenjuje se za analizu jedinjenja koja se bez degradacije mogu prevesti u gasovito stanje. Mobilna faza je istovremeno i noseći gas, koji može biti inertan (najčešće argon ili helijum) ili gas koji ne reaguje sa ispitivanim uzorkom (najčešće azot). Stacionarna faza je mikroskopski sloj tečnosti ili polimer na inertnoj čvrstoj podlozi, unutar dela stakla ili metalne cevi koja se naziva kolona.

Ispitivani uzorak koji je rastvoren u pokretnoj, mobilnoj fazi, se kreće kroz nepokretnu, stacionarnu fazu, čime se njegove komponente razdvajaju, a čime je omogućena njihova dalja analiza i određivanje, čak iako su slične strukture ili sličnih fizičko-hemijskih osobina. Različite komponente uzorka imaju različit afinitet ka stacionarnoj fazi, pa usled interakcija koje se tom prilikom odvijaju, dolazi do usporenog kretanja istih kroz kolonu. Pri proticanju mobilne faze preko stacionarne, u hromatografskom sistemu se duže zadržavaju supstance koje imaju veći afinitet prema stacionarnoj fazi. Svaka komponenta ispitivanog uzorka se distribuira između pokretne i stacionarne faze kako bi se uspostavila dinamička ravnoteža koja je definisana koeficijentom raspodele, K:

$$K = \frac{\text{molarna koncentracija u stacionarnoj fazi}}{\text{molarna koncentracija u pokretnoj fazi}}$$

Nakon toga, analit dospeva do detektora koji je povezan sa računarem na čijem se monitoru dobija hromatogram. Svaki pojedinačni signal u hromatogramu odgovara jednom hemijskom jedinjenju pri čemu je kvalitativno i kvantitativno određen retencionim vremenom i površinom.

Kritičnom tačkom analitičkih metoda se smatra priprema uzorka (Chen i sar, 2008). Priprema uzorka je važan korak koji podrazumeva dekompoziciju i rastvaranje

organskih i neorganskih uzoraka, u zatvorenim ili otvorenim sistemima primenom termalne ili energije zračenja.

Kako bi se dobili što bolji rezultati, pored dobre pripreme uzorka, korišćenje autosemplera omogućava dobru ponovljivost i optimizaciju vremena, što je osnovna prednost autosemplera nad manuelnim uzorkovanjem. Za unošenje uzorka u kolonu koristi se injektor.

Prema načinu pripreme i prečniku, kolone za gasnu hromatografiju se dele na:

- **punjene kolone**, koje su izrađene od nerđajućeg čelika ili stakla i inertnog punjenja presvučenog tečnom ili čvrstom stacionarnom fazom. Kolone su od 1,5 do 10 m dužine, a prečnika od 2 do 4 mm, sadržaj tečne faze iznosi od 5 do 10%, a prosečni prečnik zrna inertnog nosača od 100 do 150 μm .
- **kapilarne kolone**, čiji su zidovi obloženi nekom aktivnom materijom. Većina kapilarnih kolona je napravljena od topljenog silika gela sa poliimidnom oblogom. Duže su od punjenih kolona, čak i do 60 m, dok je prečnik manji i kreće se u rasponu od 0,125 do 0,256 mm.

Različiti detektori se koriste u gasnoj hromatografiji, pri čemu su najpoznatiji i najkorišćeniji plameno jonizacioni detektor (FID; F- *flame*, I- *ionization*, D- *detector*) i termalno provodljivi detektor (TCD; T- *thermal*, C- *conductivity*, D- *detector*). Oba detektora mogu detektovati veliki broj komponenata u širokom intervalu koncentracija.

Noseći gas takođe ima značajnu ulogu u gasnoj hromatografiji, njegova čistoća je 99.995% ili čak i više. Protok nosećeg gasa se mora optimizovati zajedno sa optimizacijom dužine kolone i temperaturnim režimom, jer brži protok osim što omogućava bržu analizu, smanjuje mogućnost potpunog razdvajanja komponenti smeše (kraće zadržavanje pojedinih komponenti na teoretskim podovima kolone).

2.6.2.2. MASENA SPEKTROMetriJA

Masena spektrometrija predstavlja analitičku metodu koja zbog svoje osetljivosti, brzine i granice detekcije zauzima vodeće mesto među ostalim analitičkim metodama. Ima široku primenu u oblastima organske, neorganske, organometalne, analitičke, medicinske, farmaceutske hemije, ali i u mnogim drugim disciplinama (De Hoffmann i Stroobant, 2007).

Maseni spektrometar je analitički instrument koji se sastoji od sistema za uvođenje uzorka, jonskog izvora, masenog analizatora i detektora. On razdvaja naelektrisane čestice prema odnosu mase i naelektrisanja, a u kome se dešavaju sledeći procesi:

- nastanak jona iz uzorka u jonizacionom izvoru,
- razdvajanje jona prema njihovom odnosu mase i naelektrisanja (m/z vrednostima) u masenom analizatoru,
- fragmentisanje selektivnih jona i analiziranje fragmenata u drugom analizatoru,
- detektovanje jona koji nastaju iz poslednjeg analizatora i merenje njihovih intenziteta detektorom koji konvertuje jone u električne signale,
- obrađivanje signala iz detektora koji su preneti od računara i kontrolisanje instrumenata kroz povratne informacije.

2.6.3. VALIDACIJA METODE

Primarni zadatak svake analitičke metode jeste dobijanje brzih, tačnih i verodostojnih rezultata analize. Najbolji način izbegavanja problema tokom primene analitičke metode je validacija analitičke metode kojom se osiguravaju tačni, precizni i reproduktivni rezultati tokom dugoročnog korišćenja metode. Kako bi se proverio kvalitet i pouzdanost primenjene analitičke metode za PAH jedinjenja potrebno je izvršiti validaciju metode koja podrazumeva određivanje:

• specifičnost/selektivnost

Svojstvo metode da tačno i specifično odredi željeni analit u prisustvu ostalih komponentata u matrici uzorka pod utvrđenim uslovima ispitivanja.

• linearnost

Mogućnost da se metodom, unutar radnog opsega koncentracije analita, dobije linearna zavisnost analitičkog signala od koncentracije analita. Opseg linearosti zavisi kako od prirode analita, tako i od tipa detektora. U praksi se linearnost određuje merenjem odziva metode na različite poznate koncentracije referentnog materijala, pri čemu se procena vrši matematički i grafički.

• analitički opseg metode (radon područje)

Interval između gornjeg i donjeg nivoa koncentracije merenog analita u uzorku (uključujući i te koncentracije) u kome se analiza može vršiti sa određenom tačnošću, preciznošću i linearnošću. Određivanje ovog parametra ne zahteva izvođenje posebnih eksperimenata, on se može odrediti ispitivanjem tačnosti i linearosti metode.

• preciznost

Parametar koji se određuje prilikom validacije metode koji daje procenu reproduktivnosti rezultata tj. slaganja između numeričkih vrednosti dva ili više merenja izvedenih na isti način. Eksperimenti preciznosti vrše se na homogenom autentičnom uzorku, dok se postupak merenja izvodi najmanje pet puta. Preciznost jeste stepen u kojem ponovljena merenja pod nepromenjenim uslovima pokazuju isti rezultat. Preciznost se izražava preko:

- ponovljivosti (eng. *repeatability*) koja podrazumeva preciznost rezultata analiza istog uzorka kojeg pod istim uslovima analizira isti analitičar, u istoj laboratoriji, na istoj opremi u kratkom vremenskom razmaku.
- međupreciznosti (eng. *intermediate precision*) koja podrazumeva preciznost rezultata analiza istog uzorka, istom metodom, u istoj laboratoriji, a izvodi ga različiti operateri, na različitoj opremi u srednje dugom vremenskom period razmaka između merenja.

- reproduktivnosti (eng. *reproducibility*) koja podrazumeva podudaranje rezultata dobijenih uzastopnim merenjem nekoliko istih uzoraka istom metodom u različitim laboratorijama, odnosno, različiti operateri u različitim radnim uslovima unutar specifičnih parametara metode.

- **tačnost (rikaveri vrednost; eng. *recovery*)**

Stepen saglasnosti između stvarne vrednosti i vrednosti dobijene primenom analitičkog postupka određeni broj puta. Tačnost se definiše i kao ispravnost merenja. U praksi se tačnost analitičke metode proverava:

- analizom standardnih referentnih materijala (SRM)
- određivanjem procenta prinosa tzv. “*recovery*” vrednost
- upoređivanjem sa drugom metodom (ili sa više) koja je potvrđena kao tačna

Dobijena tačnost u velikoj meri zavisi od načina pripreme uzorka, matriksa i koncentracije uzorka. Za određivanje tačnosti treba koristiti najmanje tri različite koncentracije analita u uzorcima i analizu ponoviti tri puta. Određivanje “*recovery*” vrednosti se radi tako što se uzorku i slepoj probi doda poznata količina čistog standarda i meri se porast analitičkog signala.

$$\text{“recovery” (\%)} = \frac{\text{signal (uzorak + dodatak)}}{\text{signal (dodatak)}} * 100\%$$

- **granica kvantifikacije (LOQ; L- limit, O- of, Q- quantification)**

Najmanja količina analita u uzorku koja se može kvantitativno odrediti sa prihvatljivom preciznošću i tačnošću. Ovaj parameter je naročito važan kod analize nečistoća ili degradacionih produkata. Najčešće se određuje preko standardne devijacije odgovora detektora dobijenog višestrukim merenjem slepe probe (σ ; standardna devijacija serije merenja signala uzorka bez analita) i nagiba kalibracionog grafika (a).

$$\text{LOD} = \frac{10 \sigma}{a}$$

- **granica detekcije (LOD; L- limit, O- of, D- detection)**

Najniža koncentracija analita koja se može detektovati u uzorku, ali ne i kvantitativno odrediti. Najčešće se određuje preko standardne devijacije odgovora detektora dobijenog višestrukim merenjem slepe probe (σ ; standardna devijacija serije merenja signala uzorka bez analita) i nagiba kalibracionog grafika (a).

$$\text{LOD} = \frac{3,3 \sigma}{a}$$

- **robusnost**

Mera otpornosti analitičkog postupka na male, namerne promene radnih uslova metode kojim se pomaže u otkrivanju optimalnih uslova za izvođenje metode i na taj način upućuje na one parametre koje treba kontrolisati. Menjanjem radnih uslova unutar stvarnih granica tokom eksperimenata prati se kvantitativna promena rezultata. Ukoliko promena nekog radnog uslova ne utiče bitno na rezultat, kaže se da je on u području robusnosti metode. One uslove za koje je dokazano da utiču na rezultat bi trebalo držati pod nadzorom i to jasno naznačiti u opisu metode. Prema podacima o robusnosti postavljaju se parametri za ispitivanje pogodnosti sistema. Robusnost nije neophodno određivati u svakoj laboratoriji, jer ukoliko se koristi standardizovan metod podrazumeva se da je robusnost metode određena procedurom standardizacije.

2.6.4. FAKTORI KOJI MOGU UTICATI NA SMANJENJE KONCENTRACIJE POLIČIKLIČNIH AROMATIČNIH UGLJOVODONIKA

Proizvodnja dima u modernim industrijskim pogonima za dimljenje se dosta dobro kontroliše, u sistemima kod kojih je ložište odvojeno od same komore za dimljenje. Nasuprot tome, u tradicionalnim uslovima dimljenja to nije slučaj. Znanstvenice se najčešće konstruišu tako da je ložište ispod mesa koje se dimi, a mast koja se tom prilikom topi pada direkto na ložište, a time se podstiče stvaranje PAH jedinjenja (Šimko, 2005; Nollet, 2007). Formiranje PAH jedinjenja tokom dimljenja i sušenja zavisi od više faktora, kao što su gorivo tj. drvo koje se koristi za proizvodnju dima, metode dimljenja i sušenja (direktno ili indirektno), temperature pirolize i dotoka

vazduha u generator, rastojanja između hrane i izvora toplote, položaja hrane u odnosu na izvor toplote, sadržaja masti u hrani, trajanja dimljenja i direktnog sušenja, temperature tokom dimljenja i sušenja, čistoće i održavanja oprema, kao i dizajna komore i opreme koja se koristi za dimljenje (Šimko, 2005; García-Falcón i Simal-Gándara, 2005; FAO & WHO, 2012; Abdel-Shafy i Mansour, 2016). Čak postoje i dokazi koji pokazuju da su ribe ženskog pola pokazale značajno niže srednje koncentracije PAH jedinjenja od muškog pola kod svih ispitivanih vrsta riba, osim *Liza abu* (Rahmanpour i sar, 2014). Sastav drveta, posebno sadržaj lignina, takođe utiče na nivo proizvedenih PAH jedinjenja (Nollet, 2007). Takođe, preporučena je upotreba tvrdog drveta umesto mekog drveta kako bi se smanjilo prisustvo PAH jedinjenja u dimu i dimljenoj hrani (García-Falcón i Simal-Gándara, 2005; Duedahl-Olesen, 2013). Povećanjem temperature ložišta se linearno povećava i količina PAH jedinjenja u dimu, kao i ukoliko sirovina za loženje gori u plamenu (Nollet, 2007; Abdel-Shafy i Mansour, 2016).

Simko i sar, (1991) su pokazali da se sadržaj BaP smanjuje sa dehidratacijom proizvoda, odnosno potvrdili uticaj vlage na koncentraciju PAH jedinjenja u dimljenoj hrani. S obzirom na to da su PAH jedinjenja lipofilna, sadržaj lipida u tkivima je odlučujući faktor u bioakumulaciji PAH jedinjenja u dimljenim proizvodima od ribe (Chen i Chen, 2001; Basak i Karakoç, 2010; Xu i sar, 2011; Ramalhosa i sar, 2012; Essumang i sar, 2014). Pakovanje dimljene hrane u odgovarajući ambalažni materijal takođe može znatno da smanji sadržaj PAH jedinjenja (Šimko, 2005). Različiti delovi dimljenog proizvoda nemaju istu koncentraciju PAH jedinjenja, pa je tako najveća koncentracija na površini. Takođe, koncentracija PAH jedinjenja opada vremenom, najveće vrednosti su odmah nakon dimljenja, dok vremenom ona opada pod dejstvom svetlosti i različitih interakcija sa prisutnim jedinjenjima (Essumang i sar, 2014). *Stołyhwo* i *Sikorski* (2005) u zaključnom delu svog kritičkog pregleda navode da je dimljeno meso riba značajan deo ishrane čoveka zbog poželjnih senzorskih svojstava, visoke hranljive vrednosti i masnokiselinskog sastava, a da način na koji se proizvode može za posledicu da ima veliki broj PAH jedinjenja, uključujući i one najkarcinogenije. Dodaju i to da je upravo način dimljenja ključni faktor u smanjenju koncentracije PAH jedinjenja u dimljenom mesu riba.

2.6.4.1. FILTERI

Prvi podaci o studijama procesa adsorpcije datiraju osamdesetih godina osamnaestog veka, gde su drveni ugalj i glina korišćeni za uklanjanje gasova. Sam pojam adsorpcije je uveo Kajzer (*Kayser*) krajem XIX veka, i od tada se proces adsorpcije široko primenjuje, kako za uklanjanje rastvorene supstance iz rastvora, tako i za uklanjanje gasova iz atmosfere (Bhatnagar i Sillanpää, 2010). Adsorpcija je proces koji se zasniva na upotrebi čvrste faze (adsorbenta) za uklanjanje supstanci iz gasova ili tečnosti (adsorbata).

2.6.4.1.1. ZEOLIT

Zeoliti su klasa materijala koja je otkrivena u 18. veku od strane švedskog naučnika *Axel Frederik Cronstedt*. Naziv zeolit dolazi od grčke reči *zeo lithos* što znači kamenje koje vri, zbog vizuelnog efekta koji je primećen prilikom zagrevanja zeolita (Espin, 2017). Predstavljaju prirodne ili sintetičke visoko porozne aluminosilikate sa otvorenom trodimenzionalnom kristalnom strukturom formiranom od tetraedarskih SiO_4 i AlO_4 jedinica međusobno povezanih atomima kiseonika (Hernandez-Ramirez i Holmes, 2008). Posebno je zanimljiva njihova struktura šupljina i kanala u koje se mogu smestiti joni i molekuli odgovarajućih veličina. Različitim načinom povezivanja gradivnih jedinica (SiO_4 i AlO_4) nastaju i različite strukture, odnosno nastaju veće ili manje šupljine i kanali. Veličina specifične površine, dimenzije šupljina i kanala, aktivna mesta, kao i prisustvo organske materije određuju osobine prirodnih zeolita. U prirodi postoji preko 30 različitih prirodnih zeolita i oko 150 vrsta sintetičkih zeolita koji se prema Međunarodnoj asocijaciji zeolita (*International Zeolite Association*) ubrajaju u grupu novih adsorbenasa za uklanjanje različitih vrsta zagađujućih materija (Mier i sar, 2001).

Zbog svoje velike rasprostranjenosti u prirodi i velikog broja sintetisanih analoga, zeoliti zauzimaju značajno mesto među korišćenim adsorbensima. Prirodne zeolite često nazivaju "magični kamen" zbog njihovog širokog spektra upotrebe: poboljšanje tla, ishrana životinja, insekticidi i pesticidi u zaštiti bilja, pa čak i u

uspešnim primenama zarastanja rana, a primenjuju se i kao antikarcinogena jedinjenja (Eroglu i sar, 2017). Godišnje se u svetu proizvede oko 4 miliona tona prirodnog zeolita, od čega se oko 2,6 miliona tona koristi u Kini. Najveći deo svetske proizvodnje zeolita odvija se u Evropi, Australiji i Aziji (Virta, 2010).

2.6.4.4.2. AKTIVNI UGALJ

Pre korišćenja onoga što danas nazivamo aktivnim ugljem, pepeo ugljenisanog drveta, kamenog uglja ili delimično devolatilizovani materijali sa visokim sadržajem ugljenika su od davnina bili korišćeni kao veoma efikasni adsorbensi. Egipćani i Sumerci su koristili ugljenisani prah drveta za redukciju bakra, cinka i kalaja u postupku proizvodnje bronzе o čemu svedoče prvi zapisi o upotrebi aktivnog uglja iz 3750. godine pre nove ere. Ugljenisano drvo se u to vreme koristilo za grejanje u zatvorenim prostorima jer prilikom sagorevanja ne daje dim. Papirus koji je pronađen u Tebi, u Grčkoj, 1550. godine pre nove ere svedoči o upotrebi preteča aktivnog uglja u medicinske svrhe. Feničani su oko 450. godine pre nove ere vodu za piće na brodovima čuvali u buradima sa ugljenisanim drvetom. Hipokrat je oko 400. godine pre nove ere preporučivao da se voda namenjena za piće pre konzumiranja tretira ugljenisanim drvetom kako bi se eliminisali neprijatan miris i ukus i kako bi se vršila prevencija pojedinih zaraznih bolesti. U industrijskom sektoru se aktivni ugalj prvi put počeo primenjivati u Engleskoj 1794. godine u proizvodnji šećera (Momčilović, 2012).

Masovna primena za adsorpciju iz gasne faze se vezuje za 1854. godinu kada je gradonačelnik Londona naredio postavljanje filtera od ugljenisanog drveta u sistem za ventilaciju kanalizacije kako bi se uklonio jako neprijatan miris. Godine 1872. su gas maske sa filterima od aktivnog uglja korišćene u hemijskoj industriji radi prevencije trovanja parama žive. Formu aktivnog uglja koja nam je danas poznata otkrio je 1881. godine je *von Ostrejko*, koji se i smatra pronalazačem savremene forme aktivnog uglja (Bandosz, 2006). Prvi komercijalni aktivni ugalj pod nazivom „Karborafin“ je proizveden 1914. godine u Češkoj korišćenjem piljevine drveta kao prekursora i cink hlorida kao aktivirajućeg sredstva. Prvi svetski rat je dodatno stimulisao proizvodnju i primenu aktivnog uglja s obzirom na to da je nemačka vojska u bitkama koristila

otrovne gasove, pa su se saveznici susreli sa hitnom potrebom da razviju gas maske u čije kanistere su pakovali aktivni ugalj po ideji moskovskog profesora N. Zelinskog (Momčilović, 2012). Termin aktivni ugalj obuhvata široku grupu amorfnih ugljeničnih materijala koji imaju visok stepen poroznosti, velike vrednosti specifičnih površina i sposobnost da neselektivno uklanjaju veliki broj različitih polutanata iz zagađenih sredina. Zahvaljujući velikom broju mikro i makro pora, među velikim brojem razvijenih metoda za uklanjanje teških metala, pesticida, boja i organskih jedinjenja adsorpcijom, aktivni ugalj se smatra jednim od najefikasnijih i najisplativijih sredstava da se dođe do željenog cilja (Chingombe i sar, 2006; Đukić, 2015). Osnovna podela aktivnog uglja je prema granulaciji, pri čemu se razlikuju praškasti i granulisani aktivni ugalj, a postoje i u sferičnom i vlaknastom obliku, kao i u obliku tkanine kako bi se izašlo u susret sve većim zahtevima potrošača. Granulisani aktivni ugalj ima dimenzije čestica od 1 do 5 mm. Uglavnom se koristi kao filter za prečišćavanje tečnosti i gasova zbog svoje distribucije mikropora, visoke gustine, tvrdoće i niskog abrazionog indeksa (Momčilović, 2012).

Aktivni ugalj se u velikoj meri koristi za uklanjanje mirisa, obojenja, neprijatnog ukusa i raznih neorganskih i organskih nečistoća prisutnih u vodama i vazduhu, u proizvodnji hrane i pića, u hemijskoj i farmaceutskoj industriji, u kontroli zagađenja vazduha u naseljenim i industrijskim zonama i dr. (Nakagawa i sar, 2003; Marsh i Reinoso, 2006). Istraživanjem grupe autora Gong i sar, (2007) je dokazan pozitivan efekat primene aktivnog uglja u remedijaciji zemljišta sa ciljem smanjenja koncentracije PAH jedinjenja u biljkama.

2.6.4.4.3. ŠLJUNAK

Šljunak je sedimentna stena koja se sastoji od nepovezanih zrna određene veličine. U geologiji, šljunak je bilo koja rastresita stena sa zaobljenim zrnima koja su veća od 2 mm i manja od 75 mm. Šljunak je najkorišćeniji materijal u građevinarstvu. U zavisnosti od primene javljaju se potrebe za upotrebom šljunka čija zrna pripadaju određenom opsegu veličina. Takav šljunak se dobija prosejavanjem, odnosno separacijom. Na taj način šljunak se procesom separisanja razvrstava u grupe koje se

nazivaju separacije. Zagađenost sedimenta tj. remedijacija sedimenta je tema velikog broja istraživanja koja podrazumeva upotrebu hemijskih, fizičkih ili bioloških tretmana kako bi se smanjila koncentracija polutanata (uključujući i PAH jedinjenja) u sedimentu. Šljunak se kao jedan od materijala koji se koristi u ovoj nameni, pokazao kao zadovoljavajući (Spasojević, 2015).

U poslednjih nekoliko godina se u našem regionu sve češće u tradicionalnim pušnicama za dimljenje mesa primenjuje šljunčani filter. Međutim, objavljenih rezultata o prednostima i manama dimljenja hrane, na ovakav način nema.

2.7. ODRŽIVOST DIMLJENOG MESA RIBA

Održivost dimljenog mesa ribe u velikoj meri zavisi od inicijalne bakterijske kontaminacije sirovine, smanjenja a_w vrednosti u mesu tokom soljenja odnosno salamurenja i sušenja, aktiviranja mikroflora truljenja tokom toplotnog tretmana, od količine sastojaka dima koji prodiru u proizvod, kao i od temperature, vlažnosti vazduha i nivoa kiseonika tokom skladištenja (Ibrahim i sar, 2008; Saliu, 2008). Ispitivanja održivosti dimljenog mesa riba se zasnivaju na senzornoj oceni, hemijskim analizama (ukupni isparljivi azot, trimetilamin, biogeni amini, i etanol) i bakteriološkim analizama (laktobacili, psihrofilne i mezofilne bakterije, *Enterobacteriaceae*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, *Salmonella* sp. i sulfitoredukujuće klostridije) (Leroi i sar, 2000; Dojčinović, 2009; Dimitrijević, 2007; Baltić i sar, 2009).

Prinos i kvalitet dimljene ribe zavisi od sirovine, kao i od operacija koje su uključene u proizvodnju, kao što su primarna obrada sirovine, skidanje glave, filetiranje, izbora metodi procesa (soljenja, pranja, sušenja i dimljenja) i parametara koji se odnose na ove procese (koncentracija soli, dužina trajanja, temperatura, vlagu) (Rørå i sar, 1998; Cardinal i sar, 2001; Cardinal i sar, 2006). Vreme skladištenja i temperatura se smatraju glavnim faktorima koji utiču na gubitak kvaliteta i rok trajanja (Whittle, 1997).

Broj mikroorganizama koji se može naći u hrani se izražava kao UBB i on varira obzirom na ukupan broj mikroorganizama u sirovini, a koji može da se smanji i poveća

u zavisnosti od procesa proizvodnje, mogućnosti rekontaminacije, uslova čuvanja, prodaje i rukovanja hranom. Mikrobiološka flora se stalno menja, tako npr. broj mikroorganizama svežeg mesa u frižideru tokom čuvanja raste, a kod suve ili zamrznute hrane, ovaj broj je u padu. UBB u hrani varira od 10 do 100.000.000 mikroorganizma po gramu u zavisnosti od proizvoda, dužine i temperature skladištenja. Obično je opseg UBB u hrani animalnog porekla od 1.000 do 10.000 po gramu. Hrana koja je prošla toplotnu obradu bi trebalo da ima manji broj UBB u odnosu na hranu koja nije toplotno obrađena. Loš kvalitet sirovine i dodataka, loša higijena, nezadovoljavajuća temperatura, rekontaminacija ili loše rukovanje hranom i skladištenje utiču da i kod termički obrađene hrane taj broj bude visok (Banwart, 2012). Mikrobiološki kvalitet i rok trajanja hladno dimljenog šarana zavise od načina pakovanja i temperature skladištenja (Løvdal, 2015). Centar za bezbednost hrane (CFS; C - Centre for F- Food, S- Safety) u Hong Kongu u svom uputstvu navodi vrednosti ukupnog broja aerobnih kolonija za toplo dimljenu ribu, pri čemu je zadovoljavajuća vrednost $< 10^5$, prihvatljiva vrednost od 10^5 do 10^7 , a nezadovoljavajuća vrednost $\geq 10^7$. Za hladno dimljenu ribu, zadovoljavajuća vrednost je nešto viša i ona bi trebalo da bude manja od 10^6 , prihvatljiva vrednost od 10^6 do 10^7 , dok je nezadovoljavajuća vrednost ista, odnosno iznosi $\geq 10^7$ (CFS, 2014). Preporučene granične vrednosti *Escherichia coli* za dimljenu ribu, m vrednost je 11 (1,0 log cfu/g), a M vrednost je 500 (2,7 log cfu/g), dok je za *Staphilococcus* m vrednost 10^3 (3 log cfu/g) (Da Silva, 2002). Patogeni mikroorganizmi koji se mogu naći kod dimljene ribe su pre svega posledica nehigijenskih uslova tokom njene prerade i unakrsne kontaminacije sa patogenima koji se mogu naći u vodi, a samim tim i na površini riba (Rožman, 2016).

Prilikom utvrđivanja roka trajanja hrane spremne za konzumiranje, značajno je da se uzme u obzir u kojim uslovima *Listeria monocytogenes* može da se razmnožava u hrani. Preživljavanje i razmnožavanje *Listeria monocytogenes* u hrani spremnoj za konzumiranje je u funkciji karakteristika hrane i uslova pod kojima se ona proizvodi, pakuje i skladišti. Najvažnije karakteristike proizvoda koje utiču na preživljavanje i razmnožavanje *Listeria monocytogenes* u hrani spremnoj za konzumiranje su pH, aktivnost vode (a_w) i temperatura, kao i dužina skladištenja proizvoda. Na osnovu mogućnosti rasta *Listeria monocytogenes* hrana se deli u dve kategorije:

- hrana spremna za konzumiranje koja podržava razmnožavanje *Listeria monocytogenes*;
- hrana spremna za konzumiranje koja ne podržava rast *Listeria monocytogenes*.

Mnoga istraživanja ukazuju da se bakterije roda *Listeria* često nalaze u dimljenim proizvodima od ribe i da dimljena riba spada u kategoriju "hrana spremna za konzumiranje koja podržava razmnožavanje *Listeria monocytogenes*" (Gallagher i sar, 2003). Alimentarna listerioza se relativno retko javlja, ali predstavlja ozbiljno oboljenje ljudi i svrstava se po socijalnom i ekonomskom uticaju u najveća alimentarna oboljenja (Dimitrijević, 2007). Rizik od listerioze je porastao sa promenama u procesima proizvodnje hrane, povećanom dostupnošću, većim opsegom hlađenja, kao i produženim rokom trajanja RTE proizvoda (Zhu i Hussain, 2014). Temperature dimljenja koje se koriste u proizvodnji hladno dimljenog mesa riba su nedovoljne za inaktivaciju *Listeria monocytogenes*. Nasuprot tome, temperature koje se koriste kod toplog dimljenja bi trebalo da su dovoljne da se inaktiviraju *Listeria monocytogenes*. Međutim, istraživanja su pokazala da i hladno dimljeni i toplo dimljeni proizvodi imaju sličnu prevalenciju *Listeria monocytogenes* (FAO & WHO, 2006). *Listeria monocytogenes* se može inaktivirati temperaturama pasterizacije, odnosno njeno uništavanje je moguće zagrevanjem pri 70 °C u najhladnijoj tački ne manje od 2 min (6 logs) (Dimitrijević, 2007).

Prema „Pravilniku o opštim i posebnim uslovima higijene hrane u bilo kojoj fazi proizvodnje, prerade i prometa“ u hrani spremnoj za konzumiranje koja podržava rast *Listeria monocytogenes* u proizvodu dok je još pod neposrednom kontrolom subjekta koji je proizveo ne sme da bude *Listeria monocytogenes* u 25 g, a u prometu tokom njegovog roka upotrebe može biti prisutno do 100 cfu/g *Listeria monocytogenes* (Službeni glasnik RS, 72/2010), a ista je granična vrednost data i od strane *Codex Alimentarius* (Codex Alimentarius, 2007).

U skladu sa članom 31. Zakona o bezbednosti hrane, subjekt je obavezan da u svim fazama proizvodnje, prerade i distribucije, pored obaveznih mikrobioloških

kriterijuma utvrđenih u Pravilniku o mikrobiološkim kriterijumima, subjekt može da primenjuje i preporučene mikrobiološke kriterijume za određenu vrstu hrane koji nisu. nisu obavezni, ali su pomoć i važna referenca koj garantuju bezbednost hrane. U okviru “Vodiča za primenu mikrobioloških kriterijuma za hranu” koji je 2011. godine izdat od strane Ministarstva poljoprivrede, trgovine, šumarstva i vodoprivrede Republike Srbije, dati su preporučeni kriterijumi i za proizvode ribarstva (Tabela 3.).

Tabela 3. Preporučeni kriterijumi Vodiča za primenu mikrobioloških kriterijuma za hranu

Kategorija hrane	Mikro-organizam	Plan uzorkovanja		Granične vrednosti		Referentni metod ispitivanja	Faza u kojoj se kriterijum primenjuje
		n ¹	c ²	m	M		
Pasterizovani proizvodi od ribe	E. coli	5	2	10 cfu/g	10 ² cfu/g	EN ISO 16649-1 EN ISO 16649-2	Kraj proizvodnog procesa
	UBB	5	2	10 ⁴ cfu/g	10 ⁵ cfu/g	EN ISO 4833	
Dimljene i sušene ribe	E. coli	5	2	10 cfu/g	10 ² cfu/g	EN ISO 16649-1 EN ISO 16649-2	
	Sulfito-red. bakterije	5	1	10 cfu/g	10 ² cfu/g	EN ISO 7937	
Hladno dimljeni vakuum Pakovani proizvodi ribarstva	Sulfito-red. bakterije	5	2	10 ² cfu/g	10 ⁵ cfu/g	EN ISO 7937	
	UBB	5	3	10 ⁴ cfu/g	10 ⁵ cfu/g	EN ISO 4833	
	E. coli	5	2	10 ² cfu/g	10 ⁵ cfu/g	EN ISO 16649-2	

Mikrobiološki kvalitet i rok trajanja hladno dimljenog šarana zavise od načina pakovanja i temperature skladištenja. Uopšteno, toplo dimljeno meso riba u anaerobnim uslovima (upakovano u vakuum) na temperaturi frižidera je veoma osetljivo na

¹ n-broj jedinica koje čine uzorak

² c- broj jedinica uzorka koje daju vrednosti između m i M

kvarenje. Na osnovu senzorske ocene, rok trajanja toplo dimljenog mesa u vakuumu se kreće od 3 do 4 nedelje na temperaturi frižidera (Erkan, 2012).

2.8. PAKOVANJA

Sa sve većom svetskom populacijom i potrebom za skladištenjem i transportovanjem hrane sa jednog mesta na drugo, očuvanje hrane postaje neophodno kako bi se produžio rok trajanja hrane, a održala njena hranljiva vrednost, struktura, boja, miris i ukus iz čega proizilazi da dobre tehnike očuvanja moraju da preduprede mikrobiološki kvar bez uticaja na kvalitet i nutritivna svojstva (Ghaly i sar, 2010).

Nekada, čovek se hranio hranom koju je sakupljao/lovio na licu mesta i nije postojala potreba za skladištenjem hrane ili njenom daljom distribucijom. Vremenom, čovek je uspevao da sakupi / ulovi veću količinu hrane za koju je trebalo da nađe način kako da što duže skladišti, a da ne naruši njen kvalitet i bezbednost. U tu svrhu, prvo je počeo da koristi posude dostupne u prirodi kao što su drvo, kamen, lišće, školjke, koža životinja, rogovi i sl. Veruje se da su pronalazak i upotreba ovakvih posuda za hranu, doveli do pronalaska posuda od drveta, stakla i keramike, koje su okarakterisale naredni period u ljudskoj istoriji pakovanja hrane. Narodi Srednjeg istoka su koristili amfore kako bi zaštili hranu od uticaja spoljašne sredine, Stari Egipćani su primenjivali tehnike grnčarenja, dok su Feničani i Sirijci za skladištenje hrane koristili posude od stakla. Sva korišćena pakovanja su imala pozitivan uticaj na održivost namirnica, ali nikako nisu uspevala da zaštite hranu od štetnog uticaja insekata, glodara, vlage, vazduha, bakterija i plesni. Egipćani su prvi pronašli način kako da zaštite hranu u posudama od vazduha, koristeći pri tome pčelinji vosak, med, topljenu mast ili ulje kojima su oblagali hranu u posudama. Počeli su i da koriste zapušače i razne zatvarače napravljene od tkanina i drveta kojima su zatvarali otvore posuda. Kinezi su koristili listove kore duda za umotavanje hrane kako bi produžili rok trajanja, a Stari Grci su oko 600 godina p.n.e. pravili i koristili plutu kao zatvarač posuda u kojima se čuvala hrana. Nakon toga, pakovanje je napredovalo u smeru proizvodnje i korišćenja posuda napravljenih od drveta, gline, papira, metala, keramike i stakla (Cutter, 2002).

Razvoj pakovanja u periodu nove ere je išao u smeru razvoja konzervi, pa je tako 1200. godine proizveden kalaisani čelični lim, koji je kasnije doveo do razvoja

fabričke proizvodnje konzervi. Proces zaštite čelika od korozije kalajem, razvijen je slučajno u Bohemiji (područje centralne Evrope) sa osnovnim ciljem da se spreči rđanje šlemova. Proizvodnja konzervi je pretrpela mnoge promene, a zamenom čelika sa gvožđem je značajno poboljšana kvaliteta hrane čuvan u konzervama (Kuzmanović, 2014). Ne tako davno, i u našim krajevima (posebno u ruralnim područjima) je postojala tradicija čuvanja svinjskog pečenja od Božića do Đurđevdana u posudama prekrivenim svinjskom mašću (Kilibarda i sar, 2009). Sličan način skladištenja mesa riba je zabeležen u Holandiji (XVIII vek) gde se meso lososa slagalo u kalaisane posude od gvožđa, a potom nalivalo vrelom mašću. Potom su razvijene prve sterilisane limenke, pa aluminijumska folija i celofan. Tridesetih godina prošlog veka, *White* je razvio metodu, kojom je omogućio stvaranje vakuuma u staklenim i metalnim posudama u kojima se drži hrana. Potom se razvijaju različite gume, plastika, adhezivni materijali, konzerve od različitih legura sa zatvaračima koji se koriste za pakovanje hrane. Najveći napredak u razvoju pakovanja hrane šezdesetih i sedamdesetih godina XX veka predstavljaju pakovanja od polivinila, polietilena, vinilena, vinilhlorida i najlona, kao i proizvodnja jestivih omotača za hranu od sojinih proteina, hitina, celuloze, proteina mleka i skroba, prolamina iz kukuruza (Kuzmanović, 2014).

Uloga pakovanja se menjala kroz istoriju - evoluirala, od najprimitivnijih oblika i elementarne funkcije do brojnih složenih funkcija. Pakovanje bi trebalo da omogućiti održiv integritet hrane u toku procesa proizvodnje, distribucije i prodaje, konzervisanje sadržaja u ambalaži, zaštitu proizvoda od dejstva bioloških, fizičkih i hemijskih opasnosti, održavanje originalnih senzornih svojstava, očuvanje nutritivnih karakteristika, sledljivost, dekorativnost i atraktivnost sa ciljem da privuče potrošača, kao i ekološku podobnost, ekonomsku prihvatljivost, a po potrebi da bude aktivna ili čak komunikativna, inteligentna (Gvozdenović i Lazić, 2008; Lazić i sar, 2008; Baltić i sar, 2009). Od posebnog značaja je mogućnost da se preko originalno upakovanog proizvoda, koji je i na adekvatan način deklarisan, potrošač bliže upozna sa informacijama o kupljenom proizvodu kao što su sastav, hranljiva vrednost, poreklo, proizvođač, datum proizvodnje, rok upotrebe, potencijalni alergeni, način upotrebe, način skladištenja i dr. Osim toga, funkcija pakovanja hrane je i ta što potrošačima olakšava rukovanje namirnicama i nosi sa sobom niz pogodnosti prilikom korišćenja

hrane, u pogledu veličine pakovanja, lakoće otvaranja i mogućnosti ponovnog zatvaranja (Baltić i sar, 2009).

Uz sve veću pažnju koju moderni potrošač poklanja kvalitetu i bezbednosti hrane, raste i značaj pakovanja namirnica (Radetić i sar, 2007). Tehnologija pakovanja koja se danas primenjuje u prehrambenoj industriji omogućava transport namirnica na velike udaljenosti - od mesta gde su namirnice proizvedene preko mesta gde će biti ponuđene potrošačima, pa do mesta gde će je potrošači pripremati (ako je potrebno) i konzumirati. Neophodno je da tehnologija pakovanja bude u ravnoteži između očuvanja i bezbednosti upakovane hrane, sa jedne strane, i potrošnje energije, cene koštanja, zaštite životne sredine sa druge strane (Milijašević i Babić, 2014). Razvoj u oblasti pakovanja usmeren je pre svega u smeru bolje zaštite pakovanih proizvoda, veće pouzdanosti, povećane funkcionalnosti, boljih ekoloških svojstva ambalaže, kao i razvoju novih materijala i tehnologija pakovanja

Kao jedan od načina za produženje održivosti proizvoda i redukciju patogenih mikroorganizama sve češće se u prehrambenoj industriji koriste vakuum pakovanje i pakovanje u modifikovanoj atmosferi (MAP; M- *Modified*, A- *Atmosphere*, P- *Packaging*). Efikasnost vakuum i MAP pakovanja proizilaze, pre svega iz procesa uklanjanja kiseonika, sa posledičnom inhibicijom rasta strogo aerobnih mikroorganizama. Prednosti pakovanja hrane u vakuum i modifikovanoj atmosferi ogledaju se u:

- Produženju roka trajanja
- Povećanju efikasnosti proizvodnje i distribucije i smanjenje troškova
- Povećanju prodaje proizvoda koji zadovoljavaju sve strože zahteve potrošača za prirodnim očuvanjem kvaliteta hrane, bez aditiva i konzervanasa;
- Proširenju tržišta
- Većoj fleksibilnosti pakovanja i distribucije
- Dostupnosti što većeg broja informacija
- Boljem izgledu

Regulativama Evropske Unije (EC 1935/2004; EC 450/2009) dozvoljeno je korišćenje „aktivne” i „inteligentne” materijale u pakovanju hrane. „Aktivni materijali” predstavljaju materijale čija je namena produženje roka trajanja i održavanje ili poboljšanje stanja zapakovane hrane. Oni su oblikovani tako da namerno sadrže određene sastojke koji otpuštaju aktivne komponente u zapakovanu hranu ili ih apsorbuju iz njih. “Inteligentni materijali” jesu materijali koji prate stanje zapakovane hrane ili okoline koja okružuje hranu, pa samim tim daju informaciju o svežini, odnosno kvalitetu proizvoda, a da pri tome nije potrebno otvaranje ambalaže da bi se proverio kvalitet i stanje proizvoda.

Razvoj pakovanja u oblasti ribarstva ide u smeru inteligentnih pakovanja koja se zasnivaju na jednostavnim indikatorima svežine, koji se unutar pakovanja nalaze u formi senzora i koji registruju nakupljanje isparljivih amina odgovornih za nastanak kvara. Pri tome, promena boje senzora u sklopu pakovanja ukazuje na kvar (Pacquit i sar, 2006; Grbić, 2014). Često, ovakva pakovanja nazivaju i „pakovanja koje osećaju i informišu” (McMillin, 2008).

2.8.1. VAKUUM PAKOVANJE

Iako je tehnologija pakovanja napredovala, primena vakuum pakovanja i dalje predstavlja najekonomičniji i jedan od najčešće korišćenih načina pakovanja mesa i proizvoda od mesa (O’ Sullivan i Kerry, 2010; Chen i sar, 2012; Bošković, 2016). Vakuum pakovanje se najčešće primenjuje za skladištenje suve hrane, kao što su žitarice, koštunjavo voće, meso i mesne preradevine, sir, dimljena riba, kafa, čips i dr. (Kuzmanović, 2014).

Najveći broj bakterija prisutnih u hrani živi u aerobnim uslovima, pa se uklanjanjem kiseonika iz pakovanja usporava ili prekida njihov rast. Međutim, treba imati na umu da se uklanjanjem kiseonika iz pakovanja stvaraju uslovi za razvoj fakultativno aerobnih i anareobnih bakterija. Prema tome, uklanjanje kiseonika iz pakovanja radi zaštite proizvoda od razmnožavanja bakterija ima ograničen uspeh (Jovanović i Džunuzović, 2011). Vakuumiranje podrazumeva postupak izvlačenja

vazduha, posebno kiseonika iz pakovanja. Na taj način unutar pakovanja nastaju mikroklimatski uslovi koji koče razvoj gram-negativnih bakterija, pa u vakuumiranim proizvodima preovladavaju gram-pozitivne bakterije (mlečnokiselinske bakterije, laktobacili, pediokoke) i *Brochothrix thermospachta*. Pri tome nije isključena mogućnost rasta i drugih bakterija iz roda *Salmonella*, *Aeromonas*, *Clostridium*, *Yersinia* i *Listeria* (Dimitrijević, 2007; Baltić i sar, 2009). Rok trajanja sveže ohlađene, neupakovane ribe, se kreće oko 2 do 3 dana, dok je rok trajanja sveže ohlađene, ribe upakovane u vakuum, nešto duži i iznosi od 5 do 7 dana (Ježek i Buchtova, 2007).

Vakuumiranje samo po sebi nema duži konzervirajući efekat, zato se on postiže skladištenjem na temperaturi koja ne prelazi 4 °C (Baltić i sar, 2009), odnosno ne prelazi 3 °C (Flick, 2010).

2.8.2. PAKOVANJE U MODIFIKOVANOJ ATMOSFERI

Tehnologija pakovanja u modifikovanoj atmosferi predstavlja primenu gasova u cilju održavanja kvaliteta od proizvođača do potrošača, odnosno održavanja originalnih svojstava proizvoda. Konzervirajuće delovanje gasova primenjenih u pakovanju namirnica zasniva se na njihovoj sposobnosti da onemogućavanjem, ili usporavanjem razmnožavanja mikroorganizama, utiču na zaustavljanje, odnosno usporavanje procesa razlaganja koje prouzrokuju mikroorganizmi, ili fizičko-hemijski agensi koji dubinski menjaju proizvod čineći ga neupotrebljivim za konzumiranje (Ivanović i sar, 2014). MAP je moguće definisati kao „način pakovanja pri kome se iz pakovanja uklanja vazduh i zamenjuje se jednim ili sa smešom gasova“. Izmenom sastava atmosfere unutar pakovanja održivost proizvoda može značajno da se produži. U literaturi postoje podaci o velikom broju istraživanja koja su sprovedena da se utvrdi uticaj pakovanja u modifikovanoj atmosferi na održivost sveže ribe i proizvoda od ribe koja su pokazala da MAP inhibiše mikrobiološki rast i enzimske reakcije kvara (Reddy i sar, 199; Sivertsvik i sar, 2002; Masniyom, 2011).

Smeše gasova koje se koriste uslovljava vrsta proizvoda, a najčešće se te smeše gasova sastoje od ugljen-dioksida (CO₂), azota (N₂) i kiseonika (O₂), u različitim

koncentracijama. Osim njih, iako ređe, primenu nalaze i ugljen-monoksid (CO), azot-oksidi (NO), sumpor-dioksid (SO₂), argon (Ar) i ksenon (Xe) (Zhang i sar, 2008; Jovanović i Džunuzović, 2011). Ugljen-dioksid se najviše koristi u koncentracijama od 40 do 60%, pri kojima ispoljava jako antimikrobno dejstvo. CO₂ inhibira rast mikroorganizama kvara, posebno *Shewanella putrefaciens*, *Pseudomonas*, *Vibrio* sp. i *Aeromonas* sp.. Kiseonik se u tehnologiji pakovanja mesa riba u modifikovanoj atmosferi koristi za sprečavanje rasta bakterije *Clostridium botulinum* tip E, čije prisustvo nije retko kod riba (Milijašević i sar, 2010). Modifikovana atmosfera ima jasan uticaj na smanjivanje ukupnog broja bakterija familije *Enterobacteriaceae* i može značajno da se produži održivost (Milijašević i sar, 2010).

Na produženo održavanje kvaliteta proizvoda upakovanih u modifikovanoj atmosferi utiču (Farber, 1991; Sivertsvik i sar, 2002; Jovanović i Džunuzović, 2011;):

- kvalitet sirovine
- higijena procesa proizvodnje hrane
- temperatura procesa proizvodnje, pakovanja, skladištenja, pa sve do upotrebe
- vremenski period od dobijanja proizvoda do njegovog pakovanja
- sastav i čistoća gasa
- pouzdanost rada sa gasom
- odnos zapremine gasa i zapremine produkta
- hermetičnost pakovanja: osnovna pretpostavka je dobar izbor ambalaže i njena mala propustljivost za kiseonik i druge gasove i pare (izuzetak čini pakovanje voća i povrća)
- dizajn ambalaže, koji bi trebalo da omogući strujanje gasa oko upakovanog proizvoda.

Pakovanjem u modifikovanoj atmosferi se ne može odstraniti nedovoljan kvalitet sirovina i nehigijenski uslovi proizvodnje pakovanog proizvoda (Jovanović i Džunuzović, 2011). Bez adekvatne kontrole temperature skladištenja, benefiti dobijeni MAP se mogu lako izgubiti (Sivertsvik i sar, 2002)

2.8.2.1. ARGON

Argon (Ar) je inertan gas (Herbert i sar, 2013) bez ukusa i mirisa, koji je u poslednje vreme sve češće predmet interesovanja tehnologije pakovanja zbog svojih potencijalnih pogodnosti u MAP primeni (Fraqueza i sar, 2008; Claudia i Francisco, 2010). Primena argona kao gasa u MAP je dobila na značaju kada je prestala primena CO u Evropi (Han, 2014). S obzirom na to da je hemijski inertan, argon ne reaguje sa prehrambenim komponentama kao što to čine O₂ ili CO₂, ali on takođe sprečava delovanje nekih oksidaznih enzima koji uzrokuju kvar hrane (Fraqueza i Barreto, 2009). Smatra se da poseduje biohemijsku aktivnost ometanja vezivanja kiseonika za receptorska mesta na enzimima i proteinima. Osim toga, argon efikasnije zamenjuje kiseonik nego azot, što je najverovatnije posledica slične veličine molekulu kiseonika, bolje rastvorljivosti u vodi i uljima i veće gustine u poređenju sa azotom (Herbert i sar, 2013). Iako je upotreba argona u MAP-u dozvoljena i regulisana u Evropskoj Uniji, njegova primena još uvek nije široko rasprostranjena (Heinrich i sar, 2015). Argon (E938) se nalazi na listi aditiva koji su odobreni za upotrebu u hranu u količini *quantum satis* (Službeni glasnik RS, 63/2013).

Veliki broj senzornih i mikrobioloških procena hrane upakovane u smešu gasova sa argonom je potvrdio odličan uticaj argona na očuvanje ukusa i drugih parametara kvaliteta. U poređenju sa klasičnom smešom gasova za MAP na bazi azota, zamena kiseonika sa argonom se pokazala kao boljom opcijom jer je utvrđena statistička značajna razlika u održivosti proizvoda, kao i bolje očuvanje ukusa, izleda, arome, boje, teksture, a pre svega veću prihvatljivost kod potrošača.

S tim u vezi, može se reći da argon čuva hemijske komponente ukusa bolje od drugih tehnika, što rezultira značajnim produženjem roka trajanja i poboljšanja kvaliteta proizvoda (Spencer i Humphreys, 2003). Korišćenje argona je pokazalo pozitivan efekat na očuvanje kvaliteta sveže ribe i produženje roka upotrebe (Choubert i sar, 2008).

3. CILJ I ZADACI ISTRAŽIVANJA

Cilj istraživanja u okviru ove doktorske disertacije bio je ispitivanje uticaja odabranih filtera (zeolit, aktivni ugalj i šljunak) na koncentraciju policikličnih aromatičnih ugljovodonika kod proizvodnje toplo dimljenog šarana, kao i odabir najoptimalnije temperature u središnjem delu riba prilikom sušenja i dimljenja i izbor načina pakovanja gotovog proizvoda mesa dimljenog šarana koji najduže osigurava kvalitet i bezbednost istog.

Shodno cilju ispitivanja postavljani su zadaci:

1. Odabir sirovine (trogodišnjeg i četvorogodišnjeg šarana) sa sadržajem masti ispod 10% i sadržaj proteina je u rasponu od 16 do 18% u periodu od 1. oktobra do 1. aprila.

2. Određivanje koncentracije polikličnih aromatičnih ugljovodonika u finalnim proizvodima dobijenim sa i bez primene različitih filtera u komorama za dimljenje, tradicionalnim pušnicama i u komori za toplo dimljenje "ATMOS" i to:

- 1) Naftalen (*Naphthalene*),
- 2) Acenaftilen (*Acenaphthylene*)
- 3) Acenaften (*Acenaphthalene*)
- 4) Fluoren (*Fluorene*)
- 5) Fenantren (*Phenanthrene*)
- 6) Antracen (*Anthracene*)
- 7) Fluoranten (*Fluoranthene*)
- 8) Piren (*Pyrene*)
- 9) Benz[a]antracen (*Benz[a]anthracene*)
- 10) Krizen (*Chrysene*)

- 11) Benzo[b]fluoranten (*Benzo[b]fluoranthene*)
- 12) Benzo[k]fluoranten (*Benzo[k]fluoranthene*)
- 13) Benzo[a]piren (*Benzo[a]pyrene*)
- 14) Indeno[1,2,3-cd]piren (*Indeno[1,2,3-cd]pyrene*)
- 15) Dibenz[a,h]antracen (*Dibenz[a,h]anthracene*)
- 16) Benzo[ghi]perilen (*Benzo[ghi]perylene*)
- 17) SUMA 16 PAH jedinjenja
- 18) SUMA 8 PAH jedinjenja
- 19) SUMA 4 PAH jedinjenja
- 20) SUMA 6 IARC PAH jedinjenja
- 21) SUMA 7 US-EPA PAH jedinjenja

3. Poređenje rezultata PAH jedinjenja i odabir filtera čijom se primenom dobija finalni proizvod sa najmanjom koncentracijom PAH jedinjenja.

4. Ispitivanje uticaja različitih temperatura na mikrobiološke i senzorne karakteristike mesa dimljenog šarana.

5. Odabir optimalne temperature u središnjem delu riba prilikom dimljenja.

6. Praćenje mikrobiološkog statusa dimljenog mesa šarana u uzorcima pakovanih u vakuum i modifikovanu atmosferu (argon) tokom skladištenja (nultog, petnaestog, tridesetog i četrdesetpetog dana), odnosno (nultog, sedmog, četrnaestog, dvadesetiprvog, dvadesetiosmog i tridesetipetog dana) pri temperaturi od 4 ± 1 °C i to:

- ukupnog broja aerobnih mezofilnih bakterija
- *Listeria monocytogenes* (nultog dana detekcija *Listeria monocytogenes*, a ostalim danima broj CFU/g *Listeria monocytogenes*)
- *E. coli*
- Sulfitoredukujućih klostridija

7. Ispitivanje sadržaja masnokiselinskog sastava i aktivnosti vode u uzorcima dimljenog mesa šarana pakovanog u vakuum i modifikovanu atmosferu (argon).

8. Praćenje promena senzornih osobina (izgled, miris, ukus, konzistencija i boja) tokom četrdesetpet dana skladištenja na temperaturi od 4 ± 1 °C (nultog, petnaestog, tridesetog i četrdesetpetog dana), odnosno tokom 35 dana skladištenja na temperaturi od 4 ± 1 °C (nultog, sedmog, četrnaestog, dvadesetiprvog, dvadesetiosmog i tridesetipetog dana) u uzorcima pakovanih u vakuum i modifikovanu atmosferu (argon).

9. Ispitivanje uticaja temperature i načina pakovanja na održivost proizvoda.

4. MATERIJAL I METODI RADA

4.1. UZGOJ I ODABIR SIROVINE

Šaran je gajen na tri lokaliteta: Lukino selo, Kukujevci i Banatski Dvor. U Lukinom selu, šaran je uzgajan u sklopu Ribarskog gazdinstva "Ečka". Ribarsko gazdinstvo „Ečka“, ili kako ga još nazivaju - ribnjak Ečka, to je ribnjak sa dugom tradicijom poznat po brendu „Ečanski šaran“ koji je prepoznatljiv po svojoj krupnoći i specifičnom kvalitetu mesa. Sledeći ribnjak na kojem je uzgajan šaran za preradu je ribnjak u Kukujevcima koji je nastao kao rezultat održivog razvoja klanične industrije primenom ribarskih tehnologija u sklopu „Agropapuk“ d.o.o.. Primenom ribarskih tehnologija i sistema za prečišćavanje otpadnih voda se na bezbedan, proveren i renomiran način uklanja otpad iz klanične industrije vodeći računa o zaštiti životne sredine. Tako prerađena otpadna voda iz klanične industrije se koristi na način koji aktivno doprinosi ekonomskim, socijalnim i ekološkim ciljevima održivog razvoja. Na ovaj način se riba uzgaja u prečišćenoj vodi poreklom iz klanične industrije uz dodatak vode iz bunara. Treći ribnjak u kojem je uzgajana riba, koja je korišćena za oglede u našem radu, nalazi se u Banatskom Dvoru. Na ovom, kao i na prethodno spomenuta dva ribnjaka, riba se proizvodi u poluintenzivnom sistemu uz dodavanje gotovih smeša. Na sva tri ribnjaka se tokom proizvodnje kontinuirano prati prirast, intenzitet uzimanja hrane, kondicija i zdravstveno stanje ribe.

Izlovljavanje trogodišnjeg i četvorogodišnjeg šarana je na sva tri ribnjaka izvršeno u periodu od 1. oktobra do 1. aprila (Slika 3.). Nakon izlovljavanja na ribnjaku u Banatskom Dvoru, riba je živa transportovana u specijalizovanim vozilima sa tečnim kiseonikom u kontrolisanim uslovima temperature od ribnjaka do pogona u Subotištu, gde je vršeno omamljivanje, udarcem gumenog čekića u čelo, potom je riba zaklana. Klanje je izvršeno nožem, zasecanjem vrata u ventralnom delu (iza škržnih lukova), nakon

čega je stavljena u burad da iskrvari. Posle iskrvarenja je vršena evisceracija uz stalan protok vode. Potom je riba filetirana odstranjivanjem glave i peraja i rezom od ventralnoj površine vrata i trbuha paralelno sa rebrima prema dorzalnoj površini kičme. Na ovaj način obrađeni fileti su bili spremni za dimljenje. Ista procedura je rađena i sa ribom sa ostala dva ribnjaka, s tim da je ceo proces pripreme ribe za dimljenje rađen u objektima u okviru ribnjaka, bez transporta.



Slika 3. Izlovljavanje šarana u Kukujevcima

Uzeti su uzorci riba za hemijske analize (33 uzorka iz Lukinog sela (Ribnjak “Ečka”), 18 uzoraka iz Kukujevaca i 15 uzoraka iz Banatskog Dvora) koji su u ručnim frižiderima, otpremljeni u laboratoriju Naučnog instituta za veterinarstvo “Novi Sad” iz Novog Sada gde su vršene hemijske analize sirovine.

4.2. HEMIJSKE ANALIZE ZA DEFINISANJE STATUSA SIROVINE

4.2.1 SADRŽAJ UKUPNIH MASTI

Gravimetrijski metod u određivanju sadržaja ukupnih masti. Sadržaj ukupnih masti određen je referentnom gravimetrijskom metodom SRPS ISO 1443:1992. Princip određivanja ukupnog sadržaja masti se zasniva na hidrolizi dela uzorka sa razblaženom hlorovodoničnom kiselinom i na filtriranju dobijene mase uz ispiranje vrućom destilovanom vodom do neutralne reakcije. Nakon završenog filtriranja, zaostala mast se suši na filter papiru, a potom sledi ekstrakcija petroletrom (*petroleum ether*) u aparaturi po *Soxhletu* u trajanju od 4 ± 1 h. Po završetku procesa ekstrakcije obavljeno je sušenje ekstrahovanog uzorka do konstantne mase u sušnici na temperaturi $103 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$. Sadržaj ukupne masti u uzorcima mesa šarana je izraženo u g/100g, odnosno u procentima (%).

Metod spektroskopije u određivanju sadržaja ukupnih masti. Sadržaj ukupnih masti je rađen i metodom spektroskopije u bliskoj infracrvenoj oblasti FoodScanlab (NIR; N - *near*, I – *infra*, R- *red*) koja se zasniva na merenju apsorpcije u bliskoj infracrvenoj oblasti, na određenim talasnim dužinama.

4.2.2. SADRŽAJ PROTEINA

Metod AOAC Official Method 992.15. predstavlja metodu sagorevanja kojom se određuje azot, oslobođen pri visokim temperaturama u čist kiseonik, i izmeren pomoću termičke provodljivosti. Azot se konvertuje u protein korišćenjem odgovarajućeg faktora, 6,25 (AOAC, 1993).

Metod spektroskopije u određivanju sadržaja proteina. Sadržaj proteina je rađen i metodom spektroskopije u bliskoj infracrvenoj oblasti FoodScanlab (NIR) koja se zasniva merenjem apsorpcije u bliskoj infracrvenoj oblasti, na određenim talasnim dužinama.

4.2.3. SADRŽAJ UKUPNOG HOLESTEROLA

Sadržaj ukupnog holesterola u uzorcima mesa šarana određen je na Institutu za higijenu i tehnologiju mesa u Beogradu metodom tečne hromatografije visoke rezolucije (HPLC) na obrnutim fazama. Homogenizovani uzorak (5,0 g) je najpre saponifikovan sa kalijum hidroksidom, a zatim je izvršena ekstrakcija holesterola sa heksanom i diizopropil etrom (Indyk, 1990). Za HPLC određivanje holesterola korišćen je aparat *Liquid Chromatograph* HP 1090 (Hewlett-Packard, USA). Određivanje holesterola je obavljeno pri sledećim uslovima HPLC hromatografije: Kolona: Hypersil ODS, 5 µm; Protok: 0,2 mL / min; Mobilna faza: Metanol; DAD detektor: 212 / 4 nm.

4.3. TEHNOLOGIJA PROIZVODNJE DIMLJENOG MESA ŠARANA

Ceo postupak proizvodnje dimljenog mesa šarana je baziran na dobroj proizvođačkoj praksi, dobroj higijenskoj praksi i na HACCP konceptu.

4.3.1. SOLJENJE

Fileti šarana su nakon primarne obrade soljeni sa kuhinjskom solju. Suvo soljenje je vršeno sa „Tuzlanskom sitnom soli“ na ribnjaku Ečka i u Subotištu koja odgovara kvalitetu „Pravilnika o kvalitetu i drugim zahtevima za so za ljudsku ishranu i proizvodnju namirnica“ (“Sl. list SCG”, br. 31/2005), odnosno sa jodiranom evaporisanom solju proizvođača „Salinen Austria AG“ koji je sertifikovana u skladu sa GMP, IFS (*The International Food Standard*), QS (*Quality Scheme for Food*), HACCP, ISO 9001 (*Quality management systems*) i ISO 14001 (*Environmental management systems*) u Kukujevcima (K) (Slika 4). Sa 2% NaCl fileti šarana su u trajanju od 12 h čuvani na sobnoj temperaturi.



Slika 4. Soljenje fileta u Kukujevcima

4.3.2. PRANJE POD PRITISKOM I CEĐENJE

Nakon 12h soljenja izvršeno je pranje usoljenih fileta pod mlazom vode pritiska od 3 do 6 bara. Posle proseca pranja pod pritiskom, meso šarana je postavljeno na rešetke za ceđenje tokom 30 minuta na sobnoj temperaturi.

4.3.3. SUŠENJE

Na sve tri lokacije, sušenje mesa šarana je obavljeno u komorama uz kontinuirano praćenje temperature. S tim da je u Ečkoj korištena komora za toplo dimljenje dimljenje - TDK (Slika 5.), a u Kukujevcima i Subotištu komora za toplo dimljenje tzv. „ATMOS“ (Slika 6.). Sušenje je obavljeno na temperaturi od 55 °C u trajanju od 1h.



Slika 5. Komora za toplo dimljenje
- TDK



Slika 6. Komora za toplo dimljenje
„ATMOS“

4.3.4. DIMLJENJE

Dimljenje je obavljeno u različitim uređajima - pušnicama za toplo dimljenje.

U pogonu R.G. "Ečka" korišćena je modifikovana pušnica za toplo dimljenje – TDK sa komorom kapaciteta cca 200 kg. Ložište se nalazi ispod komore u kojoj su se dimili fileti šarana. Za proizvodnju dima korišćena je piljevina bukve koja pada na zagrejanu ploču ($t = 250 - 300$ °C). Kontrola temperature u središnjem delu fileta je vršena sa digitalnim termometrom sa sondom proizvođača „Gist Brocades“.

U pogonu u Subotiću je korišćen uređaj za toplo dimljenje sa dvoja kolica kapaciteta 2 x cca 300 kg. Dim se proizvodio korišćenjem piljevine bukve („*RAUCHER GOLD*“ *barbeque smoke beechwood wood chips, Type KL2/16*) u dimogeneratoru i kroz kanal se sprovodi do komore u kojoj su dimili fileti šarana. Kontrola temperature u središnjem delu fileta je vršena sa digitalnim termometrom sa sondom proizvođača „Gist Brocades“.

Za tradicionalno dimljenje u pogonu u Kukujevcima korišćena je zidana klasična pušnica sa metalnim regalima na koje su postavljeni štapovi sa filetima. Dim se proizvodio u otvorenim ložištima napravljenim od presečenih metalnih buradi koja su postavljena ispod regala sa filetima. U ložištima se ložila vatra preko koje se stavljala piljevina. Temperatura se održavala pojačavanjem/smanjivanjem strujanja vazduha ili dodavanjem piljevine. Kontrola temperature u središnjem delu fileta je vršena sa digitalnim termometrom sa sondom proizvođača „Gist Brocades“.

4.3.4.1. FILTERI

Filteri su korišćeni u fazi dimljenja i to tako što su postavljeni na tacne u dimenzijama koje su odgovarale uređajima gde je vršeno dimljenje. Za dimljenje u komori za toplo dimljenje - TDK korišćena metalna tacna dimenzija 80 cm x 80 cm sa perforacijama prečnika 2 mm koja je postavljana kao pregrada u deo iznad ložišta.

U tradicionalnoj zanatskoj pušnici je korišćen metalni okvir dimenzija 100 cm x 100 cm u koji je fiksirana galvanizovana metalna mreža ravne površine, čvrste strukture i dobre otpornosti protiv korozije (kvaliteta DIN 17100). Dimenzije okaca su bile 2,2 mm x 2,2 mm x 0,4 mm. Tacna sa filterima se u zanatskoj pušnici postavljala na metalno bure u kojem se ložila piljevina bukve.

4.3.4.1.1. ZEOLIT

Prirodni zeolit je nabavljen u različitoj veličini i obliku čestica (Slika 7.). Prikupljeni prirodni zeolit je presejan kroz dve mreže veličine 3,5 mm (gornja granica) i 4,5 mm (donja granica). To podrazumeva da je veličina od najmanje 3,5 mm i maksimalno 4,5 mm postignuta za krajnju veličinu upotrebljenih zeolitnih čestica.



Slika 7. Filter sa zeolitom

4.3.4.1.2. GRANULIRANI AKTIVNI UGALJ

U ovoj studiji je korišćen granulirani aktivni ugalj (GAC) "EcoSorb GKSB" proizveden od strane "Jacobi Carbon Group" u granulaciji od 4 mm (Slika 8.). Ovaj GAC je visoko aktiviran proizvod, cilindričnog oblika, odlične čvrstoće, niskog nivoa prašine, velikog kapaciteta za uklanjanje organske materije i dobre otpornosti na trenje.



Slika 8. Granulirani aktivni ugalj

4.3.4.1.3. ŠLJUNČANI FILTER

Šljunak je nabavljen od lokalnog proizvođača, firme "Karin komerc MD doo" u dimenzijama većim od 4 mm i manjim od 5 mm (Slika 9.).



Slika 9. Frakcionisani (separisani) šljunak

4.3.4.2. DIMLJENJE U KOMORI ZA TOPLO DIMLJENJE - TDK

U komori za toplo dimljenje - TDK su obavljene dve ture dimljenja mesa šarana. Prva tura je bila sa zadatkom dimljenja mesa šarana u TDK bez filtera, sa zeolit filterom, sa filterom sa aktivnim ugljem i sa šljunčanim filterom. Druga tura dimljenja je bila sa zadatkom dimljenja mesa šarana u TDK sa postizanjem tri različite temperature u centru mesa šarana ($t_1= 63\text{ }^{\circ}\text{C}$; $t_2= 65\text{ }^{\circ}\text{C}$; $t_3= 72\text{ }^{\circ}\text{C}$).

4.3.4.2.1. DIMLJENJE U KOMORI ZA TOPLO DIMLJENJE – PRIMENA FILTERA

Uzorci mesa šarana su nakon sušenja u TDK komori za dimljenje podeljeni u četiri grupe (po 6 fileta): TDKfo, TDKfz, TDKfu, TDKfš.

1. **Prva grupa TDKfo** (TDK - dimljeno u komori za toplo dimljenje; fo-bez filtera) je predstavljala grupu mesa šarana koje se dimilo u komori za toplo dimljenje bez filtera. Meso šarana se dimilo dok se u središnjem delu fileta nije postigla temperatura od $65\text{ }^{\circ}\text{C}$, a potom još 1h na zadatoj temperaturi.

2. **Druga grupa TDKfz** (TDK - dimljeno u komori za toplo dimljenje; fz-filter sa zeolitom) je predstavljala grupu mesa šarana koje se dimilo u komori za toplo dimljenje, ali s tim da je između ložišta i komore za dimljenje postavljen filter sa zeolitom. Filter sa zeolitom se sastojao od metalne perforirane tacne na kojoj je filterski medijum od prirodnog granulisanog zeolita. Meso šarana se dimilo dok se u središnjem delu fileta nije postigla temperatura od $65\text{ }^{\circ}\text{C}$, a potom još 1h na zadatoj temperaturi.

3. **Treća grupa TDKfu** (TDK - dimljeno u komori za toplo dimljenje; fu-filter sa aktivnim ugljem) je predstavljala grupu mesa šarana koje se dimilo u komori za toplo dimljenje, ali s tim da je između ložišta i komore za dimljenje postavljen filter sa aktivnim ugljem u jednom sloju. Meso šarana se dimilo dok se u središnjem delu fileta nije postigla temperatura od $65\text{ }^{\circ}\text{C}$, a potom još 1h na zadatoj temperaturi.

4. **Četvrta grupa TDKfš** (TDK - dimljeno u komori za toplo dimljenje; fš-šljunčani filter) je predstavljala grupu mesa šarana koje se dimilo u komori za toplo dimljenje, ali s tim da je između ložišta i komore za dimljenje postavljen filter sa šljunkom u jednom sloju. Meso šarana se dimilo dok se u središnjem delu fileta nije postigla temperatura od 65 °C, a potom još 1h na zadatoj temperaturi.

4.3.4.2.2. DIMLJENJE U KOMORI ZA TOPLO DIMLJENJE – RAZLIČITE TEMPERATURE U CENTRU MESA ŠARANA

Uzorci mesa šarana su nakon sušenja u komori za dimljenje podeljeni u tri grupe (po 14 fileta): TDKt1, TDKt2, TDKt3.

1. **Prva grupa TDKt1** (TDK - dimljeno u komori za toplo dimljenje; t₁-temperatura u centru proizvoda od 63 °C) je predstavljala grupu mesa šarana koje se dimilo u komori za toplo dimljenje bez filtera. Meso šarana se dimilo dok se u središnjem delu mesa nije postigla temperatura od 63 °C, a potom još 1 h na zadatoj temperaturi.

2. **Druga grupa TDKt2** (TDK - dimljeno u komori za toplo dimljenje; t₂-temperatura u centru proizvoda od 65 °C) je predstavljala grupu mesa šarana koje se dimilo u komori za toplo dimljenje bez filtera. Meso šarana se dimilo dok se u središnjem delu mesa nije postigla temperatura od 65 °C, a potom još 1 h na zadatoj temperaturi.

3. **Treća grupa TDKt3** (TDK - dimljeno u komori za toplo dimljenje; t₃-temperatura u centru proizvoda od 72 °C) je predstavljala grupu mesa šarana koje se dimilo u komori za toplo dimljenje bez filtera. Meso šarana se dimilo dok se u središnjem delu mesa nije postigla temperatura od 72 °C, a potom još 1 h na zadatoj temperaturi.

4.3.4.3. DIMLJENJE U TRADICIONALNOJ ZANATSKOJ PUŠNICI

Uzorci mesa šarana su nakon sušenja u komori za toplo dimljenje “ATMOS” (Slika 10.) podeljeni u 4 grupa od po 6 fileta: Zfo, Zfz, Zfu i Zfš.



Slika 10. Uzorci mesa šarana nakon sušenja u “ATMOS” - spremni za dimljenje

1. **Prva grupa Zfo** (Z - zanatska pušnica; fo - bez filtera) je predstavljala grupu mesa šarana koje se dimilo u tradicionalnoj zanatskoj pušnici bez filtera pri čemu je ložište bilo postavljeno ispod mesa šarana koje je visilo na kukama. Dimljenje je trajalo 1 h i 15 min, a kontrola temperature u središnjem delu fileta je urađena etalonskim ubodnim termometrom na kraju procesa dimljenja.

2. **Druga grupa Zfz** (Z - zanatska pušnica; fz - zeolit filter) je predstavljala grupu mesa šarana koje se dimilo u tradicionalnoj zanatskoj pušnici pri čemu pri čemu je ložište bilo prekriveno tacnom na kojoj se nalazio filterski medijum od prirodnog granulisanog zeolita. Ložište je bilo postavljeno ispod mesa šarana koje je visilo na kukama. Dimljenje je trajalo 1 h i 15 min, a kontrola temperature u središnjem delu fileta je urađena etalonskim ubodnim termometrom na kraju procesa dimljenja.

3. **Treća grupa Zfu** (Z - zanatska pušnica; fu - filter sa aktivnim ugljem) je predstavljala grupu mesa šarana koje se dimilo u tradicionalnoj zanatskoj pušnici pri

čemu pri čemu je ložište bilo prekriveno tacnom na kojoj se nalazio granulirani aktivni uglj u jednoj sloju. Ložište je bilo postavljeno ispod mesa šarana koje je visilo na kukama. Dimljenje je trajalo 1 h i 15 min, a kontrola temperature u središnjem delu fileta je urađena etalonskim ubodnim termometrom na kraju procesa dimljenja.

4. Četvrta grupa Zfš (Z - zanatska pušnica; fš - šljunčani filter) je predstavljala grupu mesa šarana koje se dimilo u tradicionalnoj zanatskoj pušnici pri čemu pri čemu je ložište bilo prekriveno tacnom na kojoj se nalazio šljunak u jednom sloju. Ložište je bilo postavljeno ispod mesa šarana koje je visilo na kukama. Dimljenje je trajalo 1 h i 15 min, a kontrola temperature u središnjem delu fileta je urađena etalonskim ubodnim termometrom na kraju procesa dimljenja.

4.3.4.4. DIMLJENJE U KOMORI ZA TOPLO DIMLJENJE “ATMOS”

Uzorci mesa šarana (36 fileta) su nakon sušenja u komori za toplo dimljenje “ATMOS”, dimljeni u „ATMOS“ (Slika 11.). Dimljenje je trajalo 1 h i 15 min uz kontinuirano praćenje temperature na displeju.



Slika 11. Odimljeno mesa šarana u “ATMOS”

4.3.5. HLAĐENJE

Posle svih tipova dimljenja, na svim lokacijama, odimljeni fileti mesa šarana su ohlađeni na temperaturu od 10 °C ili manje u roku od 3 h posle dimljenja, a zatim na temperaturu od 3 °C ili manje u roku od 12 h u rashladnim komorama. Temperatura u središnjem delu mesa šarana je kontrolisana etalonskim ubodnim termometrom (Slika 12.).



Slika 12. Kontrola temperature etalonskim termometrom u centru proizvoda

4.3.6. SKLADIŠTENJE I TRANSPORTOVANJE

Uzorci toplo dimljenog šarana su skladišteni na temperaturi frižidera od 2 do 8 °C u prostorijama participanata, a potom su u ručnim frižiderima prebačeni u vozilo sa rashladnom komorom kojim su uzorci transportovani do laboratorija Naučnog instituta za veterinarstvo “Novi Sad” u Novom Sadu. Uzorci su u laboratoriji Odeljenja za mikrobiološka i senzorska ispitivanja namirnica čuvani u zavisnosti od daljih ispitivanja u frižideru (od 0 do 4 °C), odnosno zamrzivaču (od -20 do -25 °C). Iz Naučnog instituta za veterinarstvo “Novi Sad” uzorci su hladnim lancem transportovani do Instituta za prehrambene tehnologije u Novom Sadu; Tehnološkog fakulteta, Univerziteta u Novom Sadu, odnosno Instituta za higijenu i tehnologiju mesa u Beogradu na dalje analize.

4.4. HEMIJSKE ANALIZE ZA DEFINISANJE STATUSA DIMLJENOG MESA ŠARANA

Hemijske analize za definisanje statusa toplo dimljenog šarana dimljenog u komori za toplo dimljenje su urađene na Institutu za higijenu i tehnologiju mesa u Beogradu, dok su osnovne hemijske analize za definisanje statusa dimljenog mesa šarana dimljenog u tradicionalnoj zanatskoj pušnici i u komori za toplo dimljenje "ATMOS" urađene na Naučnom institutu za veterinarstvo „Novi Sad“.

4.4.2. SADRŽAJ PROTEINA

SRPS ISO 937:1992. Sadržaj proteina mesa urađen je po metodu SRPS ISO 937:1992 Meso i proizvodi od mesa - Određivanje sadržaja azota (referentni metod) (metod po Kjeldalu), na automatskom aparatu Kjelfos.

Metod spektroskopije u određivanju sadržaja proteina. Sadržaj proteina je rađen metodom spektroskopije u bliskoj infracrvenoj oblasti FoodScanlab (NIR) koja se zasniva merenjem apsorpcije u bliskoj infracrvenoj oblasti, na određenim talasnim dužinama.

4.4.3. SADRŽAJ UKUPNIH MASTI

SRPS ISO 1443:1992. Sadržaj ukupne masti urađen je po metodu SRPS ISO 1443:1992 Meso i proizvodi od mesa. Određivanje sadržaja ukupne masti. Princip metode je ključanje dela uzorka za ispitivanje sa razblaženom hlorovodoničnom kiselinom (HCl) da bi se oslobodile okludovane i vezane lipidne frakcije, filtriranje dobijene mase, sušenje i ekstrakcija masti zaostale na filter papiru petroletrom.

Metod spektroskopije u određivanju sadržaja ukupnih masti. Sadržaj ukupnih masti je rađen metodom spektroskopije u bliskoj infracrvenoj oblasti FoodScanlab (NIR) koja se zasniva merenjem apsorpcije u bliskoj infracrvenoj oblasti, na određenim talasnim dužinama.

4.4.5. SADRŽAJ UKUPNOG HOLESTEROLA

Sadržaj ukupnog holesterola u uzorcima dimljenog mesa šarana određen je metodom tečne hromatografije visoke rezolucije (HPLC) na obrnutim fazama. Homogenizovani uzorak (5,0 g) je najpre saponifikovan sa kalijum hidroksidom, a zatim je izvršena ekstrakcija holesterola sa heksanom i diizopropil etrom (Indyk, 1990). Za HPLC određivanje holesterola korišćen je aparat *Liquid Chromatograph* HP 1090 (Hewlett-Packard, USA). Određivanje holesterola je obavljeno pri sledećim uslovima HPLC hromatografije: Kolona: Hypersil ODS, 5 μm ; Protok: 0,2 mL / min; Mobilna faza: Metanol; DAD detektor: 212 / 4 nm.

4.5. ODREĐIVANJE POLIČIKLIČNIH AROMATIČNIH UGLJOVODONIKA

Kvantitativna analiza PAH jedinjenja (Tabela 4.) je izvršena metodom spoljašnjeg standarda, korišćenjem standardne smeše 16 PAH jedinjenja u matrixu acetonitril/aceton/toluen (6:3:1).

Tabela 4. Ispitana PAH jedinjenja

Red.br.	Naziv PAH jedinjenja	Skraćenica PAH jedinjenja
1.	Naftalen (<i>Naphthalene</i>)	Naph
2.	Acenaftilen (<i>Acenaphthylene</i>)	Acy
3.	Acenaften (<i>Acenaphthalene</i>)	Ace
4.	Fluoren (<i>Fluorene</i>)	Fln
5.	Fenantren (<i>Phenanthrene</i>)	Phe
6.	Antracen (<i>Anthracene</i>)	Ant
7.	Fluoranten (<i>Fluoranthene</i>)	Flt
8.	Piren (<i>Pyrene</i>)	Pyr
9.	Benz[a]antracen (<i>Benz[a]anthracene</i>)	BaA
10.	Krizen (<i>Chrysene</i>)	CHR
11.	Benzo[b]fluoranten (<i>Benzo[b]fluoranthene</i>)	BbF
12.	Benzo[k] fluoranten (<i>Benzo[k]fluoranthene</i>)	BkF
13.	Benzo[a]piren (<i>Benzo[a]pyrene</i>)	BaP
14.	Indeno[1,2,3-cd] piren (<i>Indeno[1,2,3-cd]pyrene</i>)	IcP
15.	Dibenz[a,h]antracen (<i>Dibenz[a,h]anthracene</i>)	DhA
16.	Benzo[ghi]perilen (<i>Benzo[ghi]perylene</i>)	BgP

4.5.1. STANDARDI I REAGENSI

Organski rastvarači kao i svi reagensi korišćeni u okviru ovog eksperimenta su bili visokog stepena čistoće (HPLC čistoće). Acetonitril (CH₃CN) je nabavljen od proizvođača Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA). Anhidrovani magnezijum sulfat (*anhydrous* MgSO₄), anhidrovanog natrijum acetate (*anhydrous* NaOAc; CH₃COONa), primarni i sekundarni amin (PSA), kao i C18 koji su korišćeni su poreklom od proizvođača Merck (Darmstadt, Nemačka).

Osnovni rastor je pripremljen korišćenjem smeše 16 PAH jedinjenja (Naph, Acy, Ace, Flh, Phe, Ant, Flt, Pyr, BaA, CHR, BbF, BkF, BaP, IcP, DhA, BgP) proizvođača ULTRA Scientific (lot: CL-6064), u koncentraciji od $500 \pm 0,2 \mu\text{g/ml}$. Za internu kontrolu je korišćena smeša PAH jedinjenja istog proizvođača (lot: CH-0209). Svi radni rastvori su pripremani sveži svakodnevno.

4.5.2. PRIPREMA I PREČIŠĆAVANJE UZORKA

Priprema uzoraka je vršena QuEChERS metodom (akronim za osobine (Qu - *quick* (brzo), E - *easy* (lako), Ch - *cheap* (jeftino), E - *effective* (efikasno), R - *rugged* (robusno) i S - *safe* (sigurno)) koja je usvojena od strane Zajednice udruženja analitičara (AOAC; A - *Association*, O - *of*, A - *Analytical*, C - *Communities*) (*Official method* 2007.01). Izmereno je za svaki uzorak (za grupe TDKfo, TDKfz, TDKfu, TDKfš, Zfz, Zfu po 12 uzoraka, a za grupe Zfo, Zfš po 10 uzoraka, a za grupu ATMOS 6 uzoraka) 3 g samlevenog homogenizovanog uzorka dimljenog šarana u kivetu, u koju je dodato 3 mL vode i 3 mL acetonitrila. Posle intenzivnog mućkanja na vortex-u, dodato je 3 g anhidrovanog MgSO_4 i 1 g anhidrovanog NaOAc (Slika 13.).



Slika 13. Priprema uzoraka za određivanje PAH jedinjenja
(Naučni institut za veterinarstvo "Novi Sad")

Do egzotermne reakcije je došlo u roku od 1 min posle intenzivnog mešanja na vortex-u, a potom centrifugiranje u trajanju od 5 min na 3000 obrtaja u minuti. Posle završenog centrifugiranja odmeren je 1 mL gornjeg ekstrakta acetonitrila u kivetu od 5 mL u kojoj se nalazilo 150 mg anhidrovanog MgSO₄, 100 mg PSA i 50 mg C18.

Uzorak je ponovo centrifugiran 5 min na 3000 obrtaja u minuti. Nakon toga je odmereno 0,5 mL filtrata u staklenu vialu i uparavano u struji azota, a potom i rekonstruisano sa heksanom. Tako pripremljen uzorak je bio spreman za analiziranje na gasnom hromatografu sa masenom spektrometrijom - GCMS (Agilent 7890B/5977A, USA). Sa ciljem da se eliminiše uticaj matriksa, kalibracija je određena prema Novakov i sar, (2017).

4.5.3. ODREĐIVANJE POLICIKLIČNIH AROMATIČNIH UGLJOVODONIKA GASNOM HROMATOGRAFIJOM SA MASENOM SPEKTROMETRIJOM

PAH jedinjenja su analizirana na gasnom hromatografu 7890B sa masenim spektrometrom 5977A (Agilent, Palo Alto, CA, USA). Razdvajanje PAH jedinjenja je izvršeno upotrebom kapilarne kolone od rastopljenog silicijum-dioksida HP-5 MS, dužine 30 m, unutrašnjeg prečnika 0,25 mm, debljine filma 0,25 μm (Agilent, Palo Alto, CA, USA). Temperatura injektora je bila podešena na 280 °C, injektovana zapremina 4 μL sa načinom rada bez podele injektovane zapremine (*splitless*).

Temperatura je programirana na sledeći način: početna temperatura 50 °C u trajanju od 0,4 minute; gradijent 25 °C/min od 50 do 195 °C zadržana 1,5 min; potom gradijent 8 °C/min od 195 do 265 °C i održavanje na 315 °C za 1,25 minuta sa 20 °C/min, temperatura detektora (MSD) je bila 280 °C.

Verifikacija dobijenih vrednosti (pikova) je vršena na osnovu retencionih vremena i ciljanih jona, metodom spoljašnjeg standarda, korišćenjem standardnog rastvora. Kontrolni uzorak (slepa proba) i rastvarači koji su korišćeni u analizi su analizirani i u njima nisu pronađena PAH jedinjenja.

4.5.4. VALIDACIJA METODE

Obzirom da su PAH jedinjenja lipofilna, kao matriks na kome će se vršiti validacija izabrano je maslinovo ulje, za koje je analizom utvrđeno da ne sadrži ostatke jedinjenja koja podležu validacionom procesu (blanko uzorak maslinovog ulja). Validacije metode je urađena u skladu sa EU Regulativom br. 333/2007 i dopunom 836/2011 (EC, 333/2007; EC, 836/2011).

Linearnost detektora je testirana u rasponu od 5 do 500 mg/kg. Preciznost metode je procenjena ponovljivošću korišćenjem maslinovog ulja obogaćenog koncentracijama PAH koji su injektirani u tri kopije (50,0 mg / kg, n = 20). Tačnost je izračunata određivanjem "recovery" vrednosti, analizom obogaćenih („spajkovanih”) uzoraka. LOD (standardno odstupanje jednako 3) i LOQ (standardno odstupanje jednako 10) vrednosti su izračunate su korišćenjem unapred definisane formule u MS Office Excel programu.

4.6. PAKOVANJE

Nakon dimljenja u komori za toplo dimljenje i u komori za toplo dimljenje "ATMOS" uzorci dimljenog mesa šarana su nakon hlađenja sečeni na komade (u zavisnosti od veličine, na 2, 3 ili 4 komada). Komadi su potom pakovani u vakuum i u MAP sa argonom (Slika 14.).



Slika 14. Uzorci toplo dimljenog šarana upakovani u MAP sa argonom i vakuum

4.6.1. VAKUUM PAKOVANJE

Vakuum pakovanje je obavljeno na velikoj vakuum mašini za pakovanje na postolju sa dve komore, Multivac C 500 (Multivac Verpackungsmaschinen, Wolfertschwenden, Nemačka). Kao materijal za pakovanje korišćena je folija OPA/EVOH/PE (orijentisani poliamid/etilen vinil alkohol/polietilen, Dynopack, Polimoon, Kristiansand, Norveška) sa niskom propustljivošću za gas.

4.6.2. PAKOVANJE U MODIFIKOVANOJ ATMOSFERI

Za pakovanje uzoraka u modifikovanu atmosferu upotrebljena je poluautomatska mašina za pakovanje Multivac T 200 (Huenenberg, Švajcarska). Uzorci su postavljani u PVC posudice koje su prekrivane folijom OPA/EVOH/PE (orijentisani poliamid/etilen vinil alkohol/polietilen, Dynopack, Polimoon, Kristiansand, Norveška) sa niskom propustljivošću za gas. Korišćen je argon proizvođača „Messer“.

4.7. ODREĐIVANJE SADRŽAJA MASNIH KISELINA

Masnokiselinski sastav dimljenog mesa šarana prethodno upakovanog u vakuum (6 uzoraka MKV; MK- masne kiseline, V- vakuum pakovanje) i MAP sa argonom (6 uzoraka MKA; MK- masne kiseline, A- MAP sa argonom) koje je skladišteno 7 dana na temperaturi frižidera (od 0 do 4 °C) je analiziran na Institutu za prehrambene tehnologije u Novom Sadu. Za određivanje sastava masnih kiselina je korišćen gasni hromatograf Agilent 7890A sa plameno-jonizujućim detektorom (*Flame Ionization Detector, FID*) i kolonom Supelco SP-2560 (100 m x 0,25 mm; debljina stacionarne faze 0,20 µm). Lipidi su ekstrahovani iz uzoraka metodom po Folch-u (Folch et al., 1957) i podvrgnuti transesterifikaciji u prisustvu bor(III)-fluorida (BF₃) (Karlović and Andrić, 1996; Ivanov i sar, 2012). Nakon završetka reakcije u reakcionu smešu je dodat n-heptan GC čistoće i sadržaj je blago promućkan kako bi se pospešila ekstrakcija metil-estara masnih kiselina. Heptanski sloj je potom prenet u epruvetu i ispran zasićenim rastvorom NaCl, nakon čega je organski sloj prenet u vialu i podvrgnut analizi na gasnom hromatografu. Helijum je korišćen kao gas nosač (protok = 1,5 ml/min). Pomoću autosemplera je injektovan 1 µl uzorka (split mod, 30:1), a temperaturni program kolone je bio sledeći: početna temperatura 140 °C, zadržana 5 min; zagrevanje do 240 °C brzinom 3 °C/min, krajnja temperatura je zadržavana 10 min. Pikovi pojedinih metil-estara masnih kiselina identifikovani su poređenjem retencionih vremena sa retencionim vremenima smeše 37 standarda (*Supelco 37 component fatty acid methyl ester mix*). Količina pojedinih masnih kiselina dobijena je poređenjem površine pikova uzoraka sa površinama pikova standarda masnih kiselina poznate koncentracije.

4.8. METOD ODREĐIVANJA AKTIVNOSTI VODE

Određivanje aktivnosti vode odnosno a_w vrednost dimljenog mesa šarana prethodno upakovanog u vakuum (6 uzoraka AwV; Aw- aktivnost vode, V- vakuum pakovanje) i MAP sa argonom (6 uzoraka AwA; Aw- aktivnost vode, A- MAP sa argonom) koje je skladišteno 7 dana na temperaturi frižidera (od 0 do 4 °C) je analiziran (po 6 jedinica za vakuum i argon pakovanje) na Tehnološkom fakultetu, Univerziteta u Novom Sadu. Aktivnost vode (a_w) u uzorcima ribe je određena upotrebom uređaja LabSwift- a_w (Novasina AG, Lachen, Švajcarska) sa specijalnim mernim delom za merenje a_w vrednosti. Postupak određivanja je obuhvatao punjenje usitnjenog uzorka ribe (sitno naseckan uzorak) u mernu posudicu do 2/3 njene visine i potom postavljanje posudice u merni deo uređaja. Merenja je obavljeno pri konstantnoj sobnoj temperaturi (≈ 20 °C) do uspostavljanja ravnotežnog stanja u mernom delu uređaja. Odnosno merenje je obavljano sve dok nije utvrđeno da se u toku 10 minuta izmerena a_w vrednost nije promenila (promena je bila manja od 0,001).

4.9. SENZORNA ANALIZA

Senzornu analizu dimljenog mesa šarana je obavila grupa od 5 treniranih ocjenjivača (koja je uspješno završila pt šemu iz senzorne analize) različitog uzrasta i godina iskustva.

Za ocenjivanje je korišćen bod sistem analitičkih deskriptivnih testova sa skalom od 0 do 5 (Radovanović i Popov-Raljić, 2001), gde svaka ocena predstavlja određeni nivo kvaliteta. Tako, najniža ocena 0 je korišćena kao najlošija ocena, dok je ocena 5 korišćenja za izuzetna, tipična senzorna svojstva, optimalanu boju, odnosno optimalan senzorni kvalitet proizvoda. Ocena ispod 2,5 uzorak se smatra neprihvatljivom.

Senzorna analiza dimljenog mesa šarana je podrazumevala ocenjivanje: spoljnjeg izgleda, mirisa, boje, konzistencije i ukusa. Svako navedeno svojstvo je ocenjeno ocenom od 1 do 5, kako je prethodno opisano. Svaki parametar je posebno evaluiran.

4.10. METODE MIKROBIOLOŠKIH ISPITIVANJA

Mikrobiološke analize su rađene na uzorcima dimljenog mesa šarana dimljenih u komori za toplo dimljenje do postizanje tri različite temperature u centru proizvoda (TDK_{t₁} (TDK- dimljeno u komori za toplo dimljenje; t₁- temperatura u centru proizvoda od 63 °C), TDK_{t₂} (TDK- dimljeno u komori za toplo dimljenje; t₂- temperatura u centru proizvoda od 65 °C), TDK_{t₃} (TDK- dimljeno u komori za toplo dimljenje; t₃- temperatura u centru proizvoda od 72 °C)) upakovanih u vakuum (V) i MAP sa argonom (A) nultog (0), petnaestog (15), tridesetog (30) i četrdesetpetog (45) dana skladištenja na temperaturi frižidera (od 0 do 4 °C).

Mikrobiološke analize su rađene i na uzorcima dimljenog mesa šarana dimljenih u komori za toplo dimljenje „ATMOS“ i upakovanih u vakuum (V) i MAP sa argonom (A) nultog (0), sedmog (7), četrnaestog (14), dvadesetiprvog (21), dvadesetiosmog (28) i tridesetipetog (35) dana skladištenja na temperaturi frižidera (od 0 do 4 °C).

4.10.1. UKUPAN BROJ AEROBNIH MEZOFILNIH BAKTERIJA

Određivanje ukupnog broja aerobnih mezofilnih bakterija (UBB) u uzorcima dimljenog mesa šarana je rađeno prema SRPS EN ISO 4833:2008, Mikrobiologija hrane i hrane za životinje - Horizontalna metoda za određivanje broja mikroorganizama – Tehnika brojanja kolonija na 30 °C.

Princip metode: Komadi fileta dimljenog mesa šarana su isečeni na kockice, u sterilnim uslovima, bez uklanjanja kože. Od svakog uzorka odmereno je 10 g dimljenog mesa šarana i sterilnom pincetom stavljeno u „*Stomacher*“ kesu, a potom naliveno sa 90 mL peptonskog slanog rastvora (SRPS EN ISO 6887-1:2008) i homogenizovano 1min u homogenizatoru (*Stomacher*) prema zahtevima koji su dati u standardu SRPS EN ISO 6887-3:2008. Na taj način je pripremljeno osnovno razređenje iz koga su pripremljena serijska decimalna razređenja. Iz odgovarajućih razređenja, po 1 mL je prenet u sterilne Petri ploče, nakon čega je naliveno 12 - 15 mL PCA (*Plate Count*

Agar) (u duplikatu). Posle inkubacije zasejanih podloga tokom 72 sata pri temperaturi od 30 °C, kolonije su brojane na pločama na kojima je izraslo između 15 i 300 kolonija i izračunat je ukupan broj bakterija u 1g dimljenog mesa šarana.

4.10.2. DETEKCIJA *LISTERIA MONOCYTOGENES*

Detekcija *Listeria monocytogenes* u uzorcima dimljenog mesa šarana je rađena prema SRPS ISO 11290-1:2010, Mikrobiologija hrane i hrane za životinje - Horizontalna metoda za otkrivanje i određivanje broja *Listeria monocytogenes* - Deo 1: Metoda otkrivanja u uzorcima dimljenog mesa šarana dimljenog u Ečkoj (0. dana) na 3 različite temperature i upakovanog u vakuum i MAP sa argonom, kao i uzorcima dimljenog mesa šarana dimljenog u Subotiću i upakovanog u vakuum i MAP sa argonom (0. dana).

Princip metode: Komadi fileta dimljenog mesa šarana su isečeni na kockice, u sterilnim uslovima, bez uklanjanja kože. Od svakog uzorka odmereno je 25 g dimljenog mesa šarana i sterilnom pincetom stavljeno u „*Stomacher*“ kesu, a potom naliveno sa 225 mL primarne selektivne podloge polubujon po Frejzeru i homogenizovano 1 min u homogenizatoru (*Stomacher*) prema zahtevima koji su dati u standardu SRPS EN ISO 6887-3:2008. Iz čega se nakon inkubacije na 30 °C 24±2 h inokuliše 0,1 mL u sekundarnu selektivnu podlogu bujon po Frejzeru i nanosi ezom na površinu podloga podloge ALOA (*Agar Listeria Ottavani & Agosti*) i podloge PALCAM (*Listeria Identification Agar Base*) (u duplikatu). Podloge se inkubiraju na 35 ili 37 °C tokom 48±2 h (posle inkubacije 24±3 h ako je slab rast ili ako nisu uočene kolonije se produžava za dodatnih 24±3 h). Nakon inkubacije u sekundarnom selektivnom bujonu po Frejzeru u trajanju od 48±2 h na 35 ili 37 °C, ezom se opet nanosi na podloge ALOA i PALCAM (u duplikatu). Podloge se inkubiraju na 35 ili 37 °C tokom 48±2 h (posle inkubacije 24±3 h ako je slab rast ili ako nisu uočene kolonije se produžava za dodatnih 24±3 h). Ukoliko postoji sumnja, potvrda identiteta se vrši primenom morfoloških, fizioloških i biohemijskih testova.

4.10.3. ODREĐIVANJE BROJA *LISTERIA MONOCYTOGENES*

Određivanje ukupnog broja *Listeria monocytogenes* u uzorcima dimljenog mesa šarana je rađeno u dimljenom mesu šarana dimljenog u Ečkoj (15., 30. i 45. dana) i dimljenog u Subotištu (7., 14., 21., 28. i 35. dana) prema EN ISO 11290-2:2010, Mikrobiologija hrane i hrane za životinje - Mikrobiologija hrane i hrane za životinje — Horizontalna metoda za otkrivanje i određivanje broja *Listeria monocytogenes* — Deo 2: Metoda određivanja broja.

Princip metode: Komadi fileta dimljenog mesa šarana su isečeni na kockice, u sterilnim uslovima, bez uklanjanja kože. Od svakog uzorka odmereno je 10 g dimljenog mesa šarana i sterilnom pincetom stavljeno u „*Stomacher*“ kesu, a potom naliveno sa 90 mL peptonskog slanog rastvora (SRPS EN ISO 6887-1:2008) i homogenizovano 1min u homogenizatoru (*Stomacher*) prema zahtevima koji su dati u standardu SRPS EN ISO 6887-3:2008. Na taj način je pripremljeno osnovno razređenje iz koga su pripremljena serijska decimalna razređenja. Iz odgovarajućih razređenja, po 1 mL je prenet na 3 po tri podloge ALOA i PALCAM (u duplikatu). Posle inkubacije zasejanih podloga tokom 24 h i dodatnih 18 h do 24 h ako je rast slab ili nije uočena nijedna kolonija posle 24 h inkubacije, pregledaju se ploče na prisustvo kolonija za koje se pretpostavlja da jesu *Listeria* spp. Radi potvrđivanja, iz svake selektivne podloge se uzima najmanje pet kolonija koja se smatraju tipičnim ili sumnjivim. Potvrda identiteta se vrši primenom morfoloških, fizioloških i biohemijskih testova.

4.10.4. ODREĐIVANJE BROJA *ESCHERICHIA COLI*

Određivanje broja *Escherichia coli* u uzorcima dimljenog mesa šarana je rađeno prema SRPS ISO 16649-2:2008, Mikrobiologija hrane i hrane za životinje - Horizontalna metoda za određivanje broja β -glukuronidaza pozitivne *Escherichia coli* - Deo 2: Tehnika brojanja kolonija na 44 °C pomoću 5-bromo-4-hloro-3-indolil β -D-glukuronida.

Princip metode: Komadi fileta dimljenog mesa šarana su isečeni na kockice, u sterilnim uslovima, bez uklanjanja kože. Od svakog uzorka odmereno je 10 g dimljenog mesa šarana i sterilnom pincetom stavljeno u „*Stomacher*“ kesu, a potom naliveno sa 90 mL peptonskog slanog rastvora (SRPS EN ISO 6887-1:2008) i homogenizovano 1min u homogenizatoru (*Stomacher*) prema zahtevima koji su dati u standardu SRPS EN ISO 6887-3:2008. Na taj način je pripremljeno osnovno razređenje iz koga su pripremljena serijska decimalna razređenja. Iz odgovarajućih razređenja, po 1 mL je prenet u sterilne Petri ploče, nakon čega je naliveno 12 - 15 mL tripton-žučnog glukuronida (TBX agar; *Tryptone Bile Glucuronic Agar*) (u duplikatu). Posle inkubacije zasejanih podloga tokom 24 h pri temperaturi od 44 °C. Kolonije su brojane na pločama na kojima je izraslo između 15 i 300 kolonija i izračunat je ukupan broj bakterija u 1 g dimljenog mesa šarana.

4.10.5. ODREĐIVANJE BROJA SULFITOREDUKUJUĆIH KLOSTRIDIJA

Određivanje broja sulfitoredujućih klostridija u uzorcima dimljenog mesa šarana je rađeno prema SRPS ISO 15213:2011, Mikrobiologija hrane i hrane za životinje - Horizontalna metoda za određivanje broja sulfitoredujućih bakterija koje rastu pod anaerobnim uslovima.

Princip metode: Komadi fileta dimljenog mesa šarana su isečeni na kockice, u sterilnim uslovima, bez uklanjanja kože. Od svakog uzorka odmereno je 10 g dimljenog mesa šarana i sterilnom pincetom stavljeno u „*Stomacher*“ kesu, a potom naliveno sa 90 mL peptonskog slanog rastvora (SRPS EN ISO 6887-1:2008) i homogenizovano 1min u homogenizatoru (*Stomacher*) prema zahtevima koji su dati u standardu SRPS EN ISO 6887-3:2008. Na taj način je pripremljeno osnovno razređenje iz koga su pripremljena serijska decimalna razređenja. Iz odgovarajućih razređenja, po 1 mL je prenet u epruvete sa podlogom gvožđe sulfit agara (u duplikatu) koja se drži u vodenom kupatilu na 44 °C do 47 °C i pažljivo promešana kako ne bi došlo do stvaranja mehurića i potom ostavljeno da podloga očvrsne. Kada je podloga očvrsnula, naliveno je sa još 2 do 3 mL iste podloge u svaku epruvetu kao prevlaka.

4.11. STATISTIČKA OBRADA PODATAKA

Sva ispitivanja sprovedena u okviru ove doktorske disertacije su urađena u dovoljnom broju ponavljanja za statističku obradu podataka. Korišćeni su pre svega deskriptivni statistički parametri, aritmetička sredina, standardna devijacija, standardna greška, minimalna vrednost, maksimalna vrednost i koeficijent varijacije, na osnovu kojih su dobijeni rezultati opisivani i tumačeni. Podaci su obrađeni primenom softverskog paketa Microsoft Excel 2013 i računarskog programa Statistica 13.2 za Windows (StatSoft, Inc., Tulsa, OK, USA). Značajnost razlika između aritmetičkih sredina određena je t-testom za poređenje dve grupe, odnosno analizom varijanse sa jednom nezavisno promenljivom (One way ANOVA) za poređenje više grupe i višestrukog testa intervala (Dankanov Post-hoc test). Signifikantnost razlika je utvrđena na nivoima značajnosti, $\alpha = 0,05$ ($p < 0,05$) i $\alpha = 0,01$ ($p < 0,01$), odnosno intervalima pouzdanosti od 95 i 99%

5. REZULTATI

5.1. HEMIJSKI STATUS SIROVINE

Analiza sadržaja masti rađena je korišćenjem dve metode (SRPS ISO 1443:1992 i NIR) u 6 ispitivanih uzorka pri čemu su dobijeni rezultati bili vrlo slični i nije utvrđena statistički značajna razlika ($p < 0,05$). Dobijeni rezultati su prikazani u Tabeli 5.

Tabela 5. Sadržaj ukupnih masti (%)

Metod \ Red.br.	1.	2.	3.	4.	5.	6.
SRPS ISO 1443:1992	6,04	9,74	7,13	6,16	9,23	6,11
NIR	6,31	9,65	7,22	6,70	9,04	6,54

Analiza sadržaja proteina rađena je korišćenjem dve metode (AOAC Official Method 992.15 (AOAC 992.15) i NIR) u 6 ispitivanih uzorka pri čemu su dobijeni rezultati bili vrlo slični i nije utvrđena statistički značajna razlika ($p < 0,05$). Dobijeni rezultati su prikazani u Tabeli 6.

Tabela 6. Sadržaj proteina (%)

Metod \ Red.br.	1.	2.	3.	4.	5.	6.
AOAC 992.15	17,27	17,02	17,42	17	16,98	17,45
NIR	17,74	16,9	17,38	16,92	17,28	17,15

Obzirom da su dobijeni rezultati sadržaja masti i proteina različitim metodama vrlo slični, odnosno da nije utvrđena statistički značajna razlika ($p < 0,05$), a da je NIR jednostavniji, brži i jeftiniji za rad, u daljem radu je za određivanje sadržaja masti i proteina korišćen NIR.

Objedinjeni rezultati hemijske analize mesa šarana (*Cyprinus carpio*) izlovljenog u ribnjacima Ečka, Kukujevci i Banatskom Dvoru, u pogledu sadržaja masti i proteina su prikazani kao srednja vrednost \pm standardna devijacija u Tabeli 7.

Tabela 7. Hemijski status sirovine

Mesto izlovljavanja	Broj uzoraka	Sadržaj masti (%)	Sadržaj proteina (%)
Ečka	33	$7,96 \pm 1,14$	$17,04 \pm 0,7$
Kukujevci	18	$7,87 \pm 1,04$	$17,32 \pm 0,31$
Banatski Dvor	15	$8,13 \pm 0,73$	$17,28 \pm 0,36$

Ukupan holesterol u mesu šarana je iznosio $50,00 \pm 0,42$ mg/100 g.

5.2. HEMIJSKI STATUS TOPLO DIMLJENOG ŠARANA

Rezultati hemijskog statusa toplo dimljenog šarana dimljenog u komori za toplo dimljenje - TDK , tradicionalnoj zanatskoj pušnici i u komori za toplo dimljenje “ATMOS” su prikazani u sledećim tabelama (Tabela 8., 9. i 10.).

Tabela 8. Hemijski status toplo dimljenog šarana dimljenog u komori za toplo dimljenje - TDK

Ispitivano svojstvo	Protein	Mast
Jedinica mere	%	%
Srednja vrednost (x_{sr}) ± standardna devijacija (σ)	23,09 ± 0,18	10,24 ± 0,46

Tabela 9. Hemijski status dimljenog šarana dimljenog u tradicionalnoj zanatskoj pušnici

Ispitivano svojstvo	Protein	Mast
Jedinica mere	%	%
Srednja vrednost (x_{sr}) ± standardna devijacija (σ)	19,15 ± 0,51	11,47 ± 0,66

Tabela 10. Hemijski status dimljenog šarana dimljenog u komori za toplo dimljenje “ATMOS”

Ispitivano svojstvo	Protein	Mast
Jedinica mere	%	%
Srednja vrednost (x_{sr}) ± standardna devijacija (σ)	20,45 ± 0,89	12,89 ± 0,49

Ukupan holesterol ispitujućih uzoraka toplo dimljenog šarana je iznosio 51,93 ± 1,48 mg/100g.

5.3. KONCENTRACIJA POLIČIKLIČNIH AROMATIČNIH UGLJOVODONIKA

Dobijeni rezultati koncentracija pojedinačnih 16 PAH jedinjenja i sume koncentracija PAH jedinjenja, odnosno grupe PAH jedinjenja (Σ EU PAH 8, Σ EU PAH4, Σ 6 IARC PAH, Σ 7 US-EPA PAH, Σ PAH16, 1, 2A, 2B i 3 IARC GRUPA), toplo dimljenog šarana dimljenog u komori za toplo dimljenje bez filtera (TDKfo), sa zeolit filterom (TDKfz), sa filterom sa aktivnim ugljem (TDKfu) i sa šljunčanim filterom (TDKfš) su prikazani u sledećim tabelama (Tabela 11., 12., 13 i 14.). Prikazane sume PAH jedinjenja:

1. Σ EU PAH8- BaA, CHR, BbF, BkF, BaP, IcP, DhA, BgP;
2. Σ EU PAH4- BaA, CHR, BbF, BaP;
3. Σ 6 IARC PAH- BaA, BbF, BkF, BaP, IcP, DhA;
4. Σ 7 US-EPA PAH- BaA, CHR, BbF, BkF, BaP, IcP, DhA
5. Σ PAH16- Naph, Ace, Acy, Fln, Phe, Ant, Flt, Pyr, BaA, CHR, BbF, BkF, BaP, IcP, DhA, BgP;
6. 1 IARC GRUPA- BaP;
7. 2A IARC GRUPA- DhA
8. 2B IARC GRUPA- Naph, BaA, CHR, BbF, BkF, IcP
9. 3 IARC GRUPA - Ace, Fln, Phe, Ant, Flt, Pyr, BgP

U tabelama je prikazana srednja vrednost (x_{sr}) i statistički značajna razlika utvrđena na dva nivoa značajnosti ($p < 0,05$) i ($p < 0,01$). Pri čemu je statistički značajna razlika utvrđena između sve 4 grupe dimljenog mesa šarana dimljenog u komori za toplo dimljenje bez filtera (TDKfo), sa zeolit filterom (TDKfz), sa filterom sa aktivnim ugljem (TDKfu) i sa šljunčanim filterom (TDKfš), kao i posebno statistički značajna razlika (koncentracija PAH jedinjenja i suma koncentracija PAH jedinjenja) na dva nivoa značajnosti ($p < 0,05$) i ($p < 0,01$) između tri grupe kod kojih su korišćeni filteri (sa zeolit filterom (TDKfz), sa filterom sa aktivnim ugljem (TDKfu) i sa šljunčanim filterom (TDKfš)) kako bi se lakše uporedila efikasnost filtera na smanjenje koncentracije PAH jedinjenja.

Tabela 11. Koncentracija policikličnih aromatičnih ugljovodonika toplo dimljenog šarana dimljenog u komori za toplo dimljenje - TDK ($\mu\text{g}/\text{kg}$)

Red. br.	PAH jedinjenje	grupa TDKfo	grupa TDKfz	grupa TDKfu	grupa TDKfš
		\bar{x}_{sr}	\bar{x}_{sr}	\bar{x}_{sr}	\bar{x}_{sr}
1.	Naftalen (Naph)	61,19 ^{a,x3}	19,05 ^{b,y}	20,55 ^{b,y}	18,69 ^{b,y}
2.	Acenaften (Ace)	8,13	< 0,3	< 0,3	< 0,3
3.	Acenaftilen (Acy)	60,97 ^{a,x}	11,16 ^{c,z}	12,01 ^{c,z}	16,49 ^{b,y}
4.	Fluoren (Fln)	50,58 ^{a,x}	17,87 ^{c,z}	19,79 ^{c,z}	24,43 ^{b,y}
5.	Fenantren (Phe)	63,94 ^{a,x}	35,15 ^{c,z}	32,26 ^{c,z}	45,60 ^{b,y}
6.	Antracen (Ant)	21,56 ^{a,x}	6,28 ^{c,z}	9,67 ^{b,y}	21,03 ^{a,x}
7.	Fluoranten (Flt)	7,66 ^{a,x}	3,52 ^{c,z}	3,79 ^{c,z}	6,54 ^{b,y}
8.	Piren (Pyr)	3,33 ^{a,x}	2,08 ^{b,y}	2,73 ^{ab,xy}	3,16 ^{a,x}
9.	Benz[a]antracen (BaA)	1,65	< 0,39	< 0,39	< 0,39
10.	Krizen (CHR)	0,58	< 0,33	< 0,33	< 0,33
11.	Benzo[b]fluoranten (BbF)	< 0,39	< 0,39	< 0,39	< 0,39
12.	Benzo[k]fluoranten (BkF)	< 0,36	< 0,36	< 0,36	< 0,36
13.	Benzo[a]piren (BaP)	< 0,63	< 0,63	< 0,63	< 0,63
14.	Indeno[1,2,3-cd]piren (IcP)	< 0,66	< 0,66	< 0,66	< 0,66
15.	Dibenz[a,h]antracen (DhA)	< 0,87	< 0,87	< 0,87	< 0,87
16.	Benzo[ghi]perilen (BgP)	< 0,57	< 0,57	< 0,57	< 0,57

Tabela 12. Koncentracija suma PAH jedinjenja dimljenog mesa šarana dimljenog u komori za toplo dimljenje - TDK ($\mu\text{g}/\text{kg}$)

Red. br.	PAH jedinjenje	grupa TDKfo	grupa TDKfz	grupa TDKfu	grupa TDKfš
		\bar{x}_{sr}	\bar{x}_{sr}	\bar{x}_{sr}	\bar{x}_{sr}
1.	Σ EU PAH8	2,24	nd ⁴	nd	nd
2.	Σ EU PAH4	2,24	nd	nd	nd
3.	Σ 6 IARC PAH	1,65	nd	nd	nd
4.	Σ 7 US-EPA PAH	2,24	nd	nd	nd
5.	Σ PAH16	279,60 ^{a,x}	95,12 ^{c,z}	100,79 ^{c,z}	135,93 ^{b,y}
6.	1 IARC GRUPA - BaP	< 0,63	< 0,63	< 0,63	< 0,63
7.	2A IARC GRUPA - DhA	< 0,87	< 0,87	< 0,87	< 0,87
8.	2B IARC GRUPA	63,42 ^{a,x}	19,05 ^{b,y}	20,55 ^{b,y}	18,69 ^{b,y}
9.	3 IARC GRUPA	155,20 ^{a,x}	64,91 ^{c,z}	68,23 ^{c,z}	100,75 ^{b,y}

³ različita slova (a,b) označavaju statistički značajnu razliku između grupa na nivou ($p < 0,05$), a različita slova (x, y) označavaju statistički značajnu razliku između grupa na nivou ($p < 0,01$).

⁴ sva jedinjenja koja ulaze u ovaj zbir su bila ispod limita detekcije

Tabela 13. Statistički značajne razlike koncentracije PAH jedinjenja dimljenog šarana primenom različitih filtera u komori za toplo dimljenje - TDK

Red. br.	PAH jedinjenje	grupa TDKfz	grupa TDKfu	grupa TDKfš
1.	Naftalen (Naph)	a ⁵	a	a
2.	Acenaften (Ace)	- ⁶	-	-
3.	Acenaftilen (Acy)	b,y	b,y	a,x
4.	Fluoren (Fln)	c,y	b,y	a,x
5.	Fenantren (Phe)	b,y	b,y	a,x
6.	Antracen (Ant)	c,z	b,y	a,x
7.	Fluoranten (Flt)	b,y	b,y	a,x
8.	Piren (Pyr)	c,y	b,y	a,x
9.	Benz[a]antracen (BaA)	-	-	-
10.	Krizen (CHR)	-	-	-
11.	Benzo[b]fluoranten (BbF)	-	-	-
12.	Benzo[k]fluoranten (BkF)	-	-	-
13.	Benzo[a]piren (BaP)	-	-	-
14.	Indeno[1,2,3-cd]piren (IcP)	-	-	-
15.	Dibenz[a,h]antracen (DhA)	-	-	-
16.	Benzo[ghi]perilen (BgP)	-	-	-

Tabela 14. Statistički značajne razlike koncentracije suma PAH jedinjenja dimljenog šarana primenom različitih filtera u komori za toplo dimljenje - TDK

Red. br.	PAH jedinjenje	grupa TDKfz	grupa TDKfu	grupa TDKfš
1.	Σ EU PAH8	-	-	-
2.	Σ EU PAH4	-	-	-
3.	Σ 6 IARC PAH	-	-	-
4.	Σ 7 US-EPA PAH	-	-	-
5.	Σ PAH16	c,y	b,y	a,x
6.	1 IARC GRUPA - BaP	-	-	-
7.	2A IARC GRUPA - DhA	-	-	-
8.	2B IARC GRUPA	a	a	a
9.	3 IARC GRUPA	b,y	b,y	a,x

⁵ različita slova (a,b) označavaju statistički značajnu razliku između grupa na nivou ($p < 0,05$), a različita slova (x, y) označavaju statistički značajnu razliku između grupa na nivou ($p < 0,01$).

⁶ Vrednost ispod limita detekcije, pa statistički značajna razlika između grupa nije utvrđivana

Dobijeni rezultati koncentracija 16 PAH jedinjenja i sume koncentracija PAH jedinjenja, odnosno grupe PAH jedinjenja dimljenog mesa šarana dimljenog u tradicionalnoj zanatskoj pušnici bez filtera (Zfo), sa zeolit filterom (Zfz), sa filterom sa aktivnim ugljem (Zfu) i sa šljunčanim filterom (Zfš) su prikazani u sledećim tabelama (Tabela 15., 16., 17. i 18.).

U tabelama je prikazana srednja vrednost ($\mu\text{g/kg}$) i statistički značajna razlika utvrđena na dva nivoa značajnosti ($p < 0,05$) i ($p < 0,01$). Pri čemu je statistički značajna razlika utvrđena između sve 4 grupe dimljenog mesa šarana dimljenog u tradicionalnoj zanatskoj (Zfo, Zfz, Zfu i Zfš), kao i posebno između tri grupe kod kojih su korišćeni filteri (Zfz, Zfu i Zfš) kako bi se lakše uporedila efikasnost filtera na smanjenje koncentracije PAH jedinjenja.

Tabela 15. Koncentracija policikličnih aromatičnih ugljovodonika u mesu šarana dimljenog u tradicionalnoj zanatskoj pušnici ($\mu\text{g/kg}$)

Red. br.	PAH jedinjenje	grupa Zfo X_{sr}	grupa Zfz X_{sr}	grupa Zfu X_{sr}	grupa Zfš X_{sr}
1.	Naftalen (Naph)	37,32 ^{a,x7}	11,80 ^{b,y}	11,69 ^{b,y}	8,20 ^{b,y}
2.	Acenaften (Ace)	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
3.	Acenaftilen (Acy)	65,44 ^{a,x}	12,24 ^{b,y}	14,48 ^{b,y}	20,17 ^{b,y}
4.	Fluoren (Fln)	16,10 ^{a,x}	5,67 ^{c,y}	6,32 ^{bc,y}	8,46 ^{by}
5.	Fenantren (Phe)	46,91 ^{a,x}	17,05 ^{b,y}	15,76 ^{b,y}	20,51 ^{b,y}
6.	Antracen (Ant)	8,99 ^{a,x}	1,75 ^{b,y}	2,53 ^{b,y}	3,76 ^{b,y}
7.	Fluoranten (Flt)	4,91 ^{a,x}	1,83 ^{b,y}	1,94 ^{b,y}	2,61 ^{b,y}
8.	Piren (Pyr)	2,76 ^a	1,13 ^b	1,56 ^b	1,72 ^b
9.	Benz[a]antracen (BaA)	1,09 ^{a,x}	0,45 ^{b,y}	< 0,39	0,44 ^{b,y}
10.	Krizen (CHR)	1,09 ^{a,x}	0,50 ^{b,y}	< 0,33	0,45 ^{b,y}
11.	Benzo[b]fluoranten(BbF)	< 0,39	< 0,39	< 0,39	< 0,39
12.	Benzo[k]fluoranten (BkF)	< 0,36	< 0,36	< 0,36	< 0,36
13.	Benzo[a]piren (BaP)	0,65	< 0,63	< 0,63	< 0,63
14.	Indeno[1,2,3-cd] piren (IcP)	< 0,66	< 0,66	< 0,66	< 0,66
15.	Dibenz[a,h]antracen (DhA)	< 0,87	< 0,87	< 0,87	< 0,87
16.	Benzo[ghi]perilen (BgP)	< 0,57	< 0,57	< 0,57	< 0,57

⁷ različita slova (a,b) označavaju statistički značajnu razliku između grupa na nivou ($p < 0,05$), a različita slova (x, y) označavaju statistički značajnu razliku između grupa na nivou ($p < 0,01$).

Tabela 16. Koncentracija suma PAH jedinjenja dimljenog mesa šarana dimljenog u u tradicionalnoj zanatskoj pušnici ($\mu\text{g}/\text{kg}$)

Red. br.	PAH jedinjenje	grupa Zfo x_{sr}	grupa Zfz x_{sr}	grupa Zfu x_{sr}	grupa Zfš x_{sr}
1.	Σ EU PAH8	2,83 ^{ax8}	0,95 ^{b,y}	nd	0,89 ^{b,y}
2.	Σ EU PAH4	2,83 ^{ax}	0,95 ^{b,y}	nd	0,89 ^{b,y}
3.	Σ 6 IARC PAH	1,74 ^{ax}	0,45 ^{b,y}	nd	0,44 ^{b,y}
4.	Σ 7 US-EPA PAH	2,83 ^{ax}	0,95 ^{b,y}	nd	0,89 ^{b,y}
5.	Σ PAH16	185,26 ^{ax}	52,42 ^{b,y}	53,88 ^{b,y}	66,32 ^{b,y}
6.	1 IARC GRUPA - BaP	0,65	< 0,63	< 0,63	< 0,63
7.	2A IARC GRUPA - DhA	< 0,87	< 0,87	< 0,87	< 0,87
8.	2B IARC GRUPA	39,50 ^{ax}	12,75 ^{b,y}	11,69 ^{b,y}	9,09 ^{b,y}
9.	3 IARC GRUPA	79,67 ^{ax}	27,43 ^{b,y}	27,71 ^{b,y}	37,06 ^{b,y}

Tabela 17. Statistički značajne razlike koncentracije PAH jedinjenja dimljenog šarana primenom različitih filtera u tradicionalnoj zanatskoj pušnici

Red. br.	PAH jedinjenje	grupa Zfz x_{sr}	grupa Zfu x_{sr}	grupa Zfš x_{sr}
1.	Naftalen (Naph)	a	a	a
2.	Acenaftilen (Acy)	- ⁹	-	-
3.	Acenaften (Ace)	b,x	ab,x	a,x
4.	Fluoren (Fln)	b,y	b,y	a,x
5.	Fenantren (Phe)	a	a	a
6.	Antracen (Ant)	b,y	b,xy	a,x
7.	Fluoranten (Flt)	b,x	ab,x	a,x
8.	Piren (Pyr)	b,x	b,x	a,x
9.	Benz[a]antracen (BaA)	a	-	a
10.	Krizen (CHR)	a	-	a
11.	Benzo[b]fluoranten(BbF)	-	-	-
12.	Benzo[k]fluoranten (BkF)	-	-	-
13.	Benzo[a]piren (BaP)	-	-	-
14.	Indeno[1,2,3-cd] piren (IcP)	-	-	-
15.	Dibenz[a,h]antracen (DhA)	-	-	-
16.	Benzo[ghi]perilen (BgP)	-	-	-

⁸ različita slova (a,b) označavaju statistički značajnu razliku između grupa na nivou ($p < 0,05$), a različita slova (x, y) označavaju statistički značajnu razliku između grupa na nivou ($p < 0,01$).

⁹ Vrednost ispod limita detekcije, pa statistički značajna razlika između grupa nije utvrđivana

Tabela 18. Statistički značajne razlike koncentracije suma PAH jedinjenja dimljenog šarana primenom različitih filtera u tradicionalnoj zanatskoj pušnici

Red. br.	PAH jedinjenje	grupa Zfz	grupa Zfu	grupa Zfš
1.	Σ EU PAH8	a ¹⁰	a	a
2.	Σ EU PAH4	a	-	a
3.	Σ 6 IARC PAH	a	-	a
4.	Σ 7 US-EPA PAH	a	-	a
5.	Σ PAH16	a	a	a
6.	1 IARC GRUPA - BaP	-	-	-
7.	2A IARC GRUPA - DhA	-	-	-
8.	2B IARC GRUPA	a	a	a
9.	3 IARC GRUPA	b	b	a

Dobijeni rezultati koncentracija 16 PAH jedinjenja i sume koncentracija PAH jedinjenja uzoraka toplo dimljenog šarana koji se dimio u komori za toplo dimljenje "ATMOS" su dati u Tabeli 19. i 20.

Tabela 19. Koncentracija pojedinačnih PAH jedinjenja dimljenog mesa šarana dimljenog u komori za toplo dimljenje "ATMOS" (μg/kg)

Red. br.	PAH jedinjenje	grupa ATMOS \bar{x}_{sr}
1.	Naftalen (Naph)	17,23
2.	Acenaftilen (Acy)	< 0,3
3.	Acenaften (Ace)	11,85
4.	Fluoren (Fln)	18,81
5.	Fenantren (Phe)	34,46
6.	Antracen (Ant)	6,58
7.	Fluoranten (Flt)	3,32
8.	Piren (Pyr)	1,69
9.	Benz[a]antracen (BaA)	< 0,39
10.	Krizen (CHR)	< 0,33
11.	Benzo[b]fluoranten (BbF)	< 0,39
12.	Benzo[k]fluoranten (BkF)	< 0,36
13.	Benzo[a]piren (BaP)	< 0,63
14.	Indeno[1,2,3-cd] piren (IcP)	< 0,66
15.	Dibenz[a,h]antracen (DhA)	< 0,87
16.	Benzo[ghi]perilen (BgP)	< 0,57

¹⁰ različita slova (a,b) označavaju statistički značajnu razliku između grupa na nivou ($p < 0,05$)

Tabela 20. Koncentracija suma PAH jedinjenja dimljenog mesa šarana dimljenog u komori za toplo dimljenje "ATMOS" ($\mu\text{g}/\text{kg}$)

Red.br.	PAH jedinjenje	grupa ATMOS (\bar{x}_{sr})
1.	Σ EU PAH8	0,66
2.	Σ EU PAH4	0,61
3.	Σ 6 IARC PAH	0,72
4.	Σ 7 US-EPA PAH	0,38
5.	Σ PAH16	94,66
6.	1 IARC GRUPA - BaP	< 0,63
7.	2A IARC GRUPA - DhA	< 0,87
8.	2B IARC GRUPA	17,89
9.	3 IARC GRUPA	64,92

Statistički značajna razlika koncentracija 16 PAH jedinjenja i sume koncentracija PAH jedinjenja toplo dimljenog šarana dobijenog u komori za toplo dimljenje bez filtera - TDK i u komori za toplo dimljenje „ATMOS“ utvrđena na dva nivoa značajnosti ($p < 0,05$) i ($p < 0,01$) je prikazana u Tabeli 21. i 22.

Tabela 21. Statistički značajne razlike koncentracije PAH jedinjenja dimljenog šarana dimljenog u „ATMOS“ i TDK bez filtera

Red.br.	PAH jedinjenje	grupa ATMOS	TDK bez filtera
1.	Naftalen (Naph)	b,y ¹¹	a,x
2.	Acenaftilen (Acy)	b,y	a,x
3.	Acenaften (Ace)	b,y	a,x
4.	Fluoren (Fln)	b,y	a,x
5.	Fenantren (Phe)	b,y	a,x
6.	Antracen (Ant)	b,y	a,x
7.	Fluoranten (Flt)	b,y	a,x
8.	Piren (Pyr)	b,y	a,x
9.	Benz[a]antracen (BaA)	b,y	a,x
10.	Krizen (CHR)	b,y	a,x
11.	Benzo[b]fluoranten (BbF)	-	-
12.	Benzo[k]fluoranten (BkF)	-	-
13.	Benzo[a]piren (BaP)	-	-
14.	Indeno[1,2,3-cd] piren (IcP)	-	-
15.	Dibenz[a,h]antracen (DhA)	-	-
16.	Benzo[ghi]perilen (BgP)	-	-

¹¹ različita slova (a,b) označavaju statistički značajnu razliku između grupa na nivou ($p < 0,05$), a različita slova (x, y) označavaju statistički značajnu razliku između grupa na nivou ($p < 0,01$).

Tabela 22. Statistički značajne razlike koncentracije suma PAH jedinjenja dimljenog šarana dimljenog u „ATMOS“ i TDK

Red. br.	PAH jedinjenje	grupa ATMOS x_{sr}	TDK bez filtera
1.	Σ EU PAH8	b,y	a,x
2.	Σ EU PAH4	b,y	a,x
3.	Σ 6 IARC PAH	b,y	a,x
4.	Σ 7 US-EPA PAH	b,y	a,x
5.	Σ PAH16	b,y	a,x
6.	1 IARC GRUPA - BaP	a	A
7.	2A IARC GRUPA - DhA	a	A
8.	2B IARC GRUPA	b,y	a,x
9.	3 IARC GRUPA	b,y	a,x

5.3.1. VALIDACIJA METODE

Dobijene vrednosti validacije metode određivanja koncentracije PAH jedinjenja su prikazani u sledećim tabelama (Tabela 23. i 24.).

Tabela 23. Rezultati validacije metode (LOD, LOQ i recovery)

Red. br.	PAH	LOD ($\mu\text{g/kg}$)	LOQ ($\mu\text{g/kg}$)	Recovery (%)
1.	Naph	0,36	1,21	95,02
2.	Acy	0,39	1,33	99,01
3.	Ace	0,3	1,05	99,31
4.	Fln	0,36	1,22	100,32
5.	Phe	0,3	1,23	85,91
6.	Ant	0,36	1,24	98,62
7.	Flt	0,33	1,15	95,31
8.	Pyr	0,36	1,21	91,1
9.	BaA	0,39	1,32	89,72
10.	CHR	0,33	1,12	92,52
11.	BbF	0,39	1,3	86,43
12.	BkF	0,36	1,21	94,32
13.	BaP	0,63	2,13	96,81
14.	IcP	0,66	2,21	85,33
15.	DhA	0,87	2,91	91,22
16.	BgP	0,57	1,92	81,53

Tabela 24. Rezultati validacije metode (ponovljivost, reproducibilnost i linearnost)

Red. br.	PAH	Ponovljivost (%)	Reproducibilnost (%)	Linearnost (r^2) ¹²
1.	Naph	11.3	6.33	0,99853
2.	Acy	7.91	7.82	0,99672
3.	Ace	8.52	8.32	0,99768
4.	Fln	2.82	10.21	0,99792
5.	Phe	4.31	11.44	0,99603
6.	Ant	3.53	3.73	0,99847
7.	Flt	3.61	3.72	0,99787
8.	Pyr	4.74	6.91	0,99825
9.	BaA	9.44	8.6	0,99792
10.	CHR	5.33	8.2	0,99810
11.	BbF	3.23	3.81	0,99871
12.	BkF	3.51	3.32	0,99796
13.	BaP	8.52	14.25	0,99408
14.	IcP	8.72	11.24	0,99781
15.	DhA	9.71	11.33	0,99524
16.	BgP	9.51	10.32	0,99534

¹² r^2 - koeficijent korelacije

5.4. MASNOKISELINSKI SASTAV

Dobijeni rezultati masnokiselinskog sastava dimljenog mesa šarana nakon 7 dana skladištenja zapakovanog u vakuum (MKV; MK- masnokiselinski sastav, V- vakuum) i MAP sa argonom (MKA; MK- masnokiselinski sastav, A- MAP sa argonom) su prikazani u Tabeli 25. i Tabeli 26.

Statistički značajna razlika masnokiselinskog sastava je urađena između uzoraka toplo dimljenog šarana upakovanog u vakuum i MAP sa argonom na dva nivoa značajnosti ($p < 0,05$) i ($p < 0,01$).

Tabela 25. Masno-kiselinski sastav toplo dimljenog šarana ($x_{sr} \pm \sigma$)¹³

Red. br.	Masna kiselina		MKV	MKA
1.	C14:0	miristinska	0,90 ± 0,08 ^{a,x14}	0,76 ± 0,01 ^{b,y}
2.	C16:0	palmitinska	17,65 ± 0,31 ^{b,y}	18,24 ± 0,09 ^{a,x}
3.	C16:1	palmitoleinska	3,42 ± 0,27 ^a	3,49 ± 0,06 ^a
4.	C18:0	stearinska	6,26 ± 0,21 ^a	6,25 ± 0,08 ^a
5.	C18:1n9c	oleinska	36,05 ± 0,22 ^{b,y}	36,57 ± 0,29 ^{a,x}
6.	C18:2n6c	linolna	23,52 ± 0,39 ^a	23,55 ± 0,19 ^a
7.	C18:3n6	γ-linolenska	0,27 ± 0,03 ^{a,x}	0,24 ± 0,01 ^{b,x}
8.	C20:1n9	<i>eicosenoic acid</i>	2,51 ± 0,36 ^{a,x}	2,06 ± 0,04 ^{b,x}
9.	C18:3n3	α-linolenska	3,56 ± 0,21 ^a	3,70 ± 0,09 ^a
10.	C20:2	<i>eicosadienoic acid</i>	0,45 ± 0,03 ^a	0,43 ± 0,01 ^a
11.	C22:0	behenska	1,26 ± 0,03 ^{a,x}	1,04 ± 0,03 ^{b,y}
12.	C20:3n6	<i>dihomo-gama-linolenic acid (DGLA)</i>	0,19 ± 0,01 ^{a,x}	0,15 ± 0,01 ^{b,y}
13.	C20:3n3	<i>eicosatrienoic acid (ETE)</i>	1,24 ± 0,26 ^{a,x}	0,76 ± 0,05 ^{b,y}
14.	C22:2n6	<i>docosadienoic acid</i>	0,40 ± 0,06 ^{a,x}	0,29 ± 0,02 ^{b,y}
15.	C20:5n3	EPA	1,08 ± 0,03 ^{b,y}	1,15 ± 0,02 ^{a,x}
16.	C22:6n3	DHA	1,27 ± 0,05 ^a	1,33 ± 0,06 ^a

¹³ x_{sr} srednja vrednost; σ standardna devijacija

¹⁴ različita slova (a,b) označavaju statistički značajnu razliku između grupa na nivou ($p < 0,05$), a različita slova (x, y) označavaju statistički značajnu razliku između grupa na nivou ($p < 0,01$).

Tabela 26. Masno-kiselinski sastav toplo dimljenog šarana ($\bar{x}_{sr} \pm \sigma$)¹⁵

Red. br.	Masna kiselina	MKV	MKA
1.	SFA	26,06 ± 0,38 ^{a16}	26,28 ± 0,17 ^a
2.	MUFA	42,42 ± 0,34 ^a	42,55 ± 0,25 ^a
3.	PUFA	31,52 ± 0,36 ^a	31,18 ± 0,20 ^a
4.	UFA	73,94 ± 0,38 ^a	73,72 ± 0,17 ^a
5.	ω6 PUFA	24,38 ± 0,38 ^a	24,24 ± 0,20 ^a
6.	ω3 PUFA	7,15 ± 0,15 ^a	6,94 ± 0,09 ^b
7.	ω3/ω6 PUFA	0,29 ± 0,01 ^a	0,29 ± 0,00 ^a

¹⁵ \bar{x}_{sr} srednja vrednost; σ standardna devijacija¹⁶ različita slova (a,b) označavaju statistički značajan razliku između grupa na nivou ($p < 0,05$)

5.5. AKTIVNOST VODE

Dobijene vrednosti aktivnosti vode dimljenog mesa šarana nakon 7 dana skladištenja zapakovanog u vakuum (AwV; Aw- aktivnost vode, V- vakuum pakovanje) i MAP sa argonom (AwA; Aw- aktivnost vode, A- MAP sa argonom) su prikazani u Tabeli 27. Dobijene vrednosti nisu pokazale statistički značajne razlike na dva nivoa značajnosti ($p < 0,05$) i ($p < 0,01$), pri čemu je prosečna a_w vrednost toplo dimljenog šarana upakovanog u vakuum pakovanje bila $0,982 \pm 0,0023$, a upakovanog u MAP sa argonom $0,9860 \pm 0,0021$.

Tabela 27. Aktivnost vode toplo dimljenog šarana

Pakovanje / Red.br.	1.	2.	3.	4.	5.	6.
AwV	0.984	0.981	0.979	0.978	0.981	0.978
AwA	0.983	0.986	0.984	0.988	0.988	0.987

5.6. SENZORNA OCENA

5.6.1. SENZORNA OCENA DIMLJENOG ŠARANA DOBIJENOG DIMLJENJEM SA
I BEZ ODABRANIH FILTERA

Rezultati senzorne ocene dimljenog mesa šarana u komori za toplo dimljenje (TDKfo (bez filtera), TDKfz (zeolit filter), TDKfu (filter sa aktivnim ugljem) i TDKfš (šljunčani filter)), u tradicionalnoj zanatskoj pušnici (Zfo (bez filtera), Zfz (zeolit filter), Zfu (filter sa aktivnim ugljem) i Zfš (šljunčani filter)) i u komori za toplo dimljenje "ATMOS" su prikazani u Tabelama 28., 29. i 30. Rezultati su prikazani kao srednja vrednost \pm standardna devijacija ($x_{sr} \pm \sigma$). Statistički značajna razlika senzorskih karakteristika između grupa je urađena na dva nivoa značajnosti.

Tabela 28. Senzorna ocena toplo dimljenog šarana dimljenog u komori za toplo dimljenje ($x_{sr} \pm \sigma$)

Senzorne karakteristike	TDKfo	TDKfz	TDKfu	TDKfš
Izgled	4,86 \pm 0,10 ^{a,x17}	4,82 \pm 0,10 ^{a,x}	4,80 \pm 0,06 ^{a,x}	4,50 \pm 0,14 ^{b,y}
Boja	4,72 \pm 0,07 ^{ab,x}	4,88 \pm 0,12 ^{a,x}	4,82 \pm 0,12 ^{ab,x}	4,68 \pm 0,10 ^{b,x}
Miris	4,82 \pm 0,15 ^{ab,x}	4,88 \pm 0,16 ^{a,x}	4,82 \pm 0,12 ^{ab,x}	4,62 \pm 0,07 ^{b,x}
Konzistencija	4,76 \pm 0,08 ^{a,x}	4,78 \pm 0,10 ^{a,x}	4,78 \pm 0,10 ^{a,x}	4,78 \pm 0,10 ^{a,x}
Ukus	4,80 \pm 0,14 ^{b,xy}	4,98 \pm 0,04 ^{a,x}	4,98 \pm 0,04 ^{a,x}	4,72 \pm 0,07 ^{b,y}

Tabela 29. Senzorna ocena dimljenog šarana u tradicionalnoj zanatskoj pušnici ($x_{sr} \pm \sigma$)

Senzorne karakteristike	Zfo	Zfz	Zfu	Zfš
Izgled	4,58 \pm 0,12 ^{a,x}	4,58 \pm 0,10 ^{a,x}	4,56 \pm 0,08 ^{a,x}	4,50 \pm 0,14 ^{a,x}
Boja	4,46 \pm 0,08 ^{ab,x}	4,40 \pm 0,09 ^{b,x}	4,45 \pm 0,09 ^{ab,x}	4,54 \pm 0,10 ^{a,x}
Miris	4,48 \pm 0,07 ^{a,x}	4,48 \pm 0,07 ^{a,x}	4,48 \pm 0,07 ^{a,x}	4,56 \pm 0,05 ^{a,x}
Konzistencija	4,68 \pm 0,12 ^{a,x}	4,62 \pm 0,10 ^{a,x}	4,56 \pm 0,08 ^{a,x}	4,60 \pm 0,06 ^{a,x}
Ukus	4,56 \pm 0,08 ^{a,x}	4,50 \pm 0,06 ^{a,x}	4,50 \pm 0,06 ^{a,x}	4,54 \pm 0,05 ^{a,x}

¹⁷ različita slova (a, b, c) označavaju statistički značajnu razliku između grupa na nivou ($p < 0,05$), a različita slova (x, y, z) označavaju statistički značajnu razliku između grupa na nivou ($p < 0,01$).

Tabela 30. Senzorna ocena toplo dimljenog šarana u komori za toplo dimljenje
“ATMOS” ($x_{sr} \pm \sigma$)

Senzorne karakteristike	ATMOS
Izgled	4,78 ± 0,07
Boja	4,94 ± 0,08
Miris	4,94 ± 0,08
Konzistencija	4,84 ± 0,05
Ukus	4,96 ± 0,05

Statistički značajna razlika senzorskih karakteristika između različitih načina dimljenja u komori za toplo dimljenje ((TDKfo (bez filtera), TDKfz (zeolit filter), TDKfu (filter sa aktivnim ugljem) i TDKfš (šljunčani filter)), u tradicionalnoj zanatskoj pušnici (Zfo (bez filtera), Zfz (zeolit filter), Zfu (filter sa aktivnim ugljem) i Zfš (šljunčani filter)) i u komori za toplo dimljenje “ATMOS”) na dva nivoa značajnosti je prikazana u Tabeli 31.

Slovima (a, b, c, d, e) je označena statistički značajna razlika na nivou ($p < 0,05$), a slovima (x, y, z, m, n) na nivou ($p < 0,01$).

Tabela 31. Statistički značajne razlike senzorne ocene dimljenog šarana između različitih načina dimljenja

Sen. karakt.	TDK fo	TDK Fz	TDK fu	TDK fš	Zfo	Zfz	Zfu	Zfš	ATMOS
Izgled	a, x ¹⁸	a, x	a, x	b, z	b, yz	b, yz	b, z	b, z	a, xy
Boja	b, yzm	a, xy	ab, xyz	b, zm	c, n	c, n	c, ,n	c, mn	a, x
Miris	a, xy	a, x	a, xy	b, yz	b, z	b, z	b, z	b, z	a, x
Konzi- stencija	ab, xy	ab, xy	ab, xy	ab, xy	bc, xy	c, yz	c, z	c, yz	a, x
Ukus	b, y	a, x	a, x	b, y	c, z	c, z	c, z	c, z	a, x

¹⁸ različita slova (a, b, c, d, e) označavaju statistički značajnu razliku između grupa na nivou ($p < 0,05$), a različita slova (x, y, z, m, n) označavaju statistički značajnu razliku između grupa na nivou ($p < 0,01$).

5.6.2. SENZORNA OCENA TOPLO DIMLJENOG ŠARANA DIMLJENOG U KOMORI ZA TOPLO DIMLJENJE I UPAKOVANOG U VAKUUM I MAP SA ARGONOM TOKOM SKLADIŠTENJA

Rezultati senzorne ocene različitih grupa toplo dimljenog šarana dimljenog u komori za toplo dimljenje do postizanja tri različite zadate temperature u centru proizvoda, upakovanog u vakuum i MAP sa argonom tokom 45 dana (15., 30. i 45.dan) skladištenja na temperaturi od 4 °C su dati u sledećim tabelama (Tabela 32. i 33.). Rezultati su prikazani kao srednja vrednost \pm standardna devijacija ($\bar{x}_{sr} \pm \sigma$). Statistički značajna razlika senzorskih karakteristika između grupa (TDK_{t₁}V (TDK- dimljeno u komori za toplo dimljenje, t₁= 63° C, V- vakuum), TDK_{t₂}V (TDK- dimljeno u komori za toplo dimljenje, t₂= 65 °C, V- vakuum), TDK_{t₃}V (TDK- dimljeno u komori za toplo dimljenje, t₃= 72° C, V- vakuum), TDK_{t₁}A (TDK- dimljeno u komori za toplo dimljenje, t₁= 63° C, A- MAP sa argonom), TDK_{t₂}A (TDK- dimljeno u komori za toplo dimljenje, t₂= 65 °C, A- MAP sa argonom), TDK_{t₃}A (TDK- dimljeno u komori za toplo dimljenje, t₃= 72° C, A- MAP sa argonom) je urađena na dva nivoa značajnosti. Slovima (a, b, c) je označena statistički značajna razlika na nivou (p < 0,05), a slovima (x, y, z) na nivou (p < 0,01).

Tabela 32. Senzorna ocena toplo dimljenog šarana dimljenog u komori za toplo dimljenje, upakovanog u vakuum i MAP sa Ar nakon 15 dana skladištenja ($\bar{x}_{sr} \pm \sigma$)

Senzorne karakteristike 15.dan	TDK _{t₁} V	TDK _{t₂} V	TDK _{t₃} V	TDK _{t₁} A	TDK _{t₂} A	TDK _{t₃} A
Izgled	4,56 \pm 0,08 ^{a19}	4,56 \pm 0,08 ^a	4,58 \pm 0,07 ^a	4,62 \pm 0,04 ^a	4,62 \pm 0,07 ^a	4,64 \pm 0,05 ^a
Boja	4,62 \pm 0,12 ^a	4,64 \pm 0,10 ^a	4,64 \pm 0,08 ^a	4,62 \pm 0,10 ^a	4,64 \pm 0,05 ^a	4,64 \pm 0,10 ^a
Miris	4,54 \pm 0,08 ^c	4,56 \pm 0,05 ^{bc}	4,60 \pm 0,06 ^{bc}	4,64 \pm 0,05 ^{ab}	4,66 \pm 0,05 ^a	4,66 \pm 0,05 ^a
Konzistencija	4,50 \pm 0,11 ^a	4,52 \pm 0,13 ^a	4,56 \pm 0,17 ^a	4,58 \pm 0,04 ^a	4,62 \pm 0,04 ^a	4,64 \pm 0,05 ^a
Ukus	4,40 \pm 0,13 ^b	4,40 \pm 0,13 ^b	4,42 \pm 0,12 ^b	4,58 \pm 0,04 ^a	4,58 \pm 0,04 ^a	4,58 \pm 0,04 ^a

¹⁹ različita slova (a, b, c) označavaju statistički značajnu razliku između grupa na nivou (p < 0,05)

Tabela 33. Senzorna ocena toplo dimljenog šarana dimljenog u komori za toplo dimljenje, upakovanog u vakuum i MAP sa Ar nakon 30 dana skladištenja ($x_{sr} \pm \sigma$)

Senzorne karakteristike 30.dan	TDK _{t₁V}	TDK _{t₂V}	TDK _{t₃V}	TDK _{t₁A}	TDK _{t₂A}	TDK _{t₃A}
Izgled	2,28 ± 0,12 ^{a,x}	2,30 ± 0,14 ^{a,x}	2,30 ± 0,11 ^{a,x}	2,30 ± 0,09 ^{a,x}	2,30 ± 0,09 ^{a,x}	2,34 ± 0,05 ^{a,x}
Boja	2,52 ± 0,07 ^{b,y}	2,52 ± 0,04 ^{b,y}	2,54 ± 0,05 ^{b,y}	2,70 ± 0,06 ^{a,x}	2,70 ± 0,00 ^{a,x}	2,72 ± 0,07 ^{a,x}
Miris	2,04 ± 0,14 ^{b,xy}	2,04 ± 0,14 ^{b,xy}	2,00 ± 0,18 ^{b,y}	2,26 ± 0,08 ^{a,xy}	2,28 ± 0,12 ^{a,x}	2,28 ± 0,07 ^{a,x}
Konzistencija	1,98 ± 0,07 ^{b,y}	2,00 ± 0,06 ^{b,xy}	2,00 ± 0,06 ^{b,xy}	2,14 ± 0,05 ^{a,x}	2,16 ± 0,05 ^{a,x}	2,16 ± 0,10 ^{a,x}
Ukus	*	*	*	*	*	*

*senzorna ocena ukusa nije rađena jer je nastupio kvar

Obzirom da je 30. dana ispitivanja kvar bio očigledan, senzorna ocena toplo dimljenog šarana dimljenog u komori za toplo dimljenje do postizanja tri različite zadate temperature u centru proizvoda, upakovanog u vakuum i MAP sa argonom planiranog 45. dana skladištenja na temperaturi od 4 °C nije urađena.

5.6.3. SENZORNA OCENA TOPLO DIMLJENOG ŠARANA DIMLJENOG U KOMORI ZA TOPLO DIMLJENJE “ATMOS” I UPAKOVANOG U VAKUUM I MAP SA ARGONOM TOKOM SKLADIŠTENJA

Rezultati senzorne ocene toplo dimljenog šarana dimljenog u komori za toplo dimljenje su 30. dana pokazali kvar, pa je praćenje toplo dimljenog šarana u komori za toplo dimljenje “ATMOS”, upakovanog u vakuum i MAP sa argonom urađeno tokom 35 dana (7., 14., 21., 28 i 35. dan) skladištenja na temperaturi od 4 °C. Rezultati senzorne ocene toplo dimljenog šarana dimljenog u komori za toplo dimljenje “ATMOS” upakovanog u vakuum i MAP sa argonom tokom 35 dana skladištenja su dati u sledećim tabelama (Tabela 34., 35., 36., 37. i 38.). Rezultati su prikazani kao srednja vrednost ± standardna devijacija ($x_{sr} \pm \sigma$). Statistički značajna razlika senzorskih karakteristika između grupa je urađena na dva nivoa značajnosti. Slovima (a, b, c) je

označena statistički značajna razlika na nivou ($p < 0,05$), a slovima (x, y, z) na nivou ($p < 0,01$).

Tabela 34. Senzorna ocena toplo dimljenog šarana dimljenog u u komori za toplo dimljenje "ATMOS" upakovanog u vakuum i MAP sa Ar nakon 7 dana skladištenja

$$(\bar{x}_{sr} \pm \sigma)$$

Senzorne karakteristike 7.dan	ATMOS Vakuum	ATMOS MAP sa argonom
Izgled	4,58 ± 0,07 ^{a20}	4,64 ± 0,05 ^a
Boja	4,62 ± 0,04 ^a	4,64 ± 0,10 ^a
Miris	4,62 ± 0,07 ^a	4,66 ± 0,05 ^a
Konzistencija	4,56 ± 0,05 ^a	4,58 ± 0,04 ^a
Ukus	4,52 ± 0,04 ^a	4,58 ± 0,04 ^a

Tabela 35. Senzorna ocena toplo dimljenog šarana dimljenog u u komori za toplo dimljenje "ATMOS" upakovanog u vakuum i MAP sa Ar nakon 14 dana skladištenja

$$(\bar{x}_{sr} \pm \sigma)$$

Senzorne karakteristike 14.dan	ATMOS Vakuum	ATMOS MAP sa argonom
Izgled	4,56 ± 0,08 ^{a13}	4,56 ± 0,05 ^a
Boja	4,60 ± 0,11 ^a	4,62 ± 0,07 ^a
Miris	4,54 ± 0,08 ^a	4,54 ± 0,05 ^a
Konzistencija	4,50 ± 0,11 ^a	4,56 ± 0,05 ^a
Ukus	4,40 ± 0,13 ^a	4,46 ± 0,05 ^a

Tabela 36. Senzorna ocena toplo dimljenog šarana dimljenog u u komori za toplo dimljenje "ATMOS" upakovanog u vakuum i MAP sa Ar nakon 21 dan skladištenja

$$(\bar{x}_{sr} \pm \sigma)$$

Senzorne karakteristike 21.dan	ATMOS Vakuum	ATMOS MAP sa argonom
Izgled	4,38 ± 0,07 ^{a13}	4,44 ± 0,08 ^a
Boja	4,48 ± 0,07 ^a	4,56 ± 0,05 ^a
Miris	4,46 ± 0,08 ^a	4,50 ± 0,06 ^a
Konzistencija	4,46 ± 0,08 ^a	4,50 ± 0,09 ^a
Ukus	4,30 ± 0,06 ^a	4,32 ± 0,07 ^a

²⁰ različita slova (a, b, c) označavaju statistički značajnu razliku između grupa na nivou ($p < 0,05$)

Tabela 37. Senzorna ocena toplo dimljenog šarana dimljenog u u komori za toplo dimljenje "ATMOS" upakovanog u vakuum i MAP sa Ar nakon 28 dana skladištenja

($\bar{x}_{sr} \pm \sigma$)

Senzorne karakteristike 28.dan	ATMOS Vakuum	ATMOS MAP sa argonom
Izgled	4,10 ± 0,13 ^{a21}	4,16 ± 0,08 ^a
Boja	3,96 ± 0,19 ^a	4,14 ± 0,08 ^a
Miris	4,12 ± 0,18 ^a	4,12 ± 0,16 ^a
Konzistencija	4,00 ± 0,06 ^b	4,12 ± 0,07 ^a
Ukus	3,96 ± 0,19 ^a	4,04 ± 0,05 ^a

Tabela 38. Senzorna ocena toplo dimljenog šarana dimljenog u u komori za toplo dimljenje "ATMOS" upakovanog u vakuum i MAP sa Ar nakon 35 dana skladištenja

($\bar{x}_{sr} \pm \sigma$)

Senzorne karakteristike 35.dan	ATMOS Vakuum	ATMOS MAP sa argonom
Izgled	2,14 ± 0,15 ^{a14}	2,16 ± 0,10 ^a
Boja	2,50 ± 0,06 ^{b,y}	2,76 ± 0,14 ^{a,x}
Miris	2,08 ± 0,15 ^a	2,14 ± 0,08 ^a
Konzistencija	1,98 ± 0,07 ^{b,y}	2,14 ± 0,05 ^{a,x}
Ukus	*	*

* senzorna ocena ukusa nije rađena jer je nastupio kvar

²¹ različita slova (a, b, c, d, e) označavaju statistički značajnu razliku između grupa na nivou ($p < 0,05$), a različita slova (x, y, z, m, n) označavaju statistički značajnu razliku između grupa na nivou ($p < 0,01$).

5.7. MIKROBIOLOŠKI STATUS TOPLO DIMLJENOG ŠARANA

5.7.1. MIKROBIOLOŠKI STATUS TOPLO DIMLJENOG ŠARANA DIMLJENOG U KOMORI ZA TOPLO DIMLJENJE

Rezultati mikrobioloških analiza (ukupan broj aerobnih mezofilnih bakterija (UBB), *Listeria monocytogenes* (detekcija i broj), *Escherichia coli*, sulfitoredujuće klostridije) različitih grupa toplo dimljenog šarana dimljenog u komori za toplo dimljenje do postizanja tri različite zadate temperature u centru proizvoda, upakovanog u vakuum i MAP sa argonom tokom 45 dana (15., 30. i 45.dan) skladištenja na temperaturi od 4 °C su dati u sledećim tabelama (Tabela 39., 40., 41., 42., 43. i 44.). Rezultati UBB su prikazani kao srednja vrednost \pm standardna devijacija ($x_{sr} \pm \sigma$). Statistički značajna razlika UBB između grupa upakovanih u vakuum (TDK_{t₁}V (TDK- dimljeno u komori za toplo dimljenje, t₁= 63 °C, V- vakuum), TDK_{t₂}V (TDK- dimljeno u komori za toplo dimljenje, t₂= 65 °C, V- vakuum), TDK_{t₃}V (TDK- dimljeno u komori za toplo dimljenje, t₃= 72 °C, V- vakuum)), odnosno upakovanih u MAP sa argonom (TDK_{t₁}A (TDK- dimljeno u komori za toplo dimljenje, t₁= 63° C, A- MAP sa argonom), TDK_{t₂}A (TDK- dimljeno u komori za toplo dimljenje, t₂= 65 °C, A- MAP sa argonom), TDK_{t₃}A (TDK- dimljeno u komori za toplo dimljenje, t₃= 72° C, A- MAP sa argonom)) je urađena na dva nivoa značajnosti. Slovima (a, b, c) je označena statistički značajna razlika na nivou (p < 0,05), a slovima (x, y, z) na nivou (p < 0,01).

Tabela 39. UBB toplo dimljenog šarana dimljenog u komori za toplo dimljenje, upakovanog u vakuum tokom 45 dana skladištenja ($x_{sr} \pm \sigma$)

Dan skladištenja (ispitivanja) UBB	Grupa uzoraka		
	TDK _{t₁} V(log cfu/g)	TDK _{t₂} V(log cfu/g)	TDK _{t₃} V(log cfu/g)
0. dan	2,54 \pm 0,08 ^{a22}	2,46 \pm 0,1 ^a	2,43 \pm 0,07 ^a
15. dan	5,72 \pm 0,14 ^a	5,64 \pm 0,26 ^a	5,61 \pm 0,15 ^a
30. dan	7,37 \pm 0,20 ^a	7,37 \pm 0,21 ^a	7,29 \pm 0,11 ^a
45. dan	*	*	*

*mikrobiološke analize nisu rađene 45.dana jer je UBB 30.dana bio iznad preporučenih vrednosti

²² različita slova (a, b, c) označavaju statistički značajnu razliku između grupa na nivou (p < 0,05)

Tabela 40. UBB toplo dimljenog šarana dimljenog u komori za toplo dimljenje, upakovanog u MAP sa Ar tokom 45 dana skladištenja ($\bar{x}_{sr} \pm \sigma$)

Dan skladištenja (ispitivanja) UBB	Grupa uzoraka		
	TDKt ₁ A(log cfu/g)	TDKt ₂ A(log cfu/g)	TDKt ₃ A(log cfu/g)
0. dan	2,54 ± 0,09 ^{a23}	2,53 ± 0,04 ^a	2,45 ± 0,08 ^a
15. dan	5,40 ± 0,09 ^a	5,38 ± 0,11 ^a	5,38 ± 0,10 ^a
30. dan	7,03 ± 0,14 ^a	7,04 ± 0,14 ^a	7,02 ± 0,63 ^a
45. dan	*	*	*

*mikrobiološke analize nisu rađene 45.dana jer je UBB 30.dana bio iznad preporučenih vrednosti

Tabela 41. UBB toplo dimljenog šarana dimljenog u komori za toplo dimljenje upakovanog u vakuum, odnosno u MAP sa argonom tokom skladištenja ($\bar{x}_{sr} \pm \sigma$)

Dan skladištenja (ispitivanja) UBB	Grupa uzoraka	
	TDK Vakuum (log cfu/g)	TDK MAP sa argonom (log cfu/g)
0. dan	2,48 ± 0,09 ^{a16}	2,51 ± 0,08 ^a
15. dan	5,65 ± 0,18 ^{a,x}	5,38 ± 0,09 ^{b,y}
30. dan	7,34 ± 0,17 ^{a,x}	7,03 ± 0,36 ^{b,y}
45. dan	*	*

*mikrobiološke analize nisu rađene 45.dana jer je UBB 30.dana bio iznad preporučenih vrednosti

Tabela 42. Detekcija / ukupan broj *Listeria monocytogenes* dimljenog mesa šarana u komori za toplo dimljenje

Grupa uzoraka	Dani ispitivanja			
	0. dan (d/nd) ²⁴	15. dan (log cfu/g)	30. dan (log cfu/g)	45. dan (log cfu/g)
TDKt ₁ V	nd	<10	<10	*
TDKt ₂ V	nd	<10	<10	*
TDKt ₃ V	nd	<10	<10	*
TDKt ₁ A	nd	<10	<10	*
TDKt ₂ A	nd	<10	<10	*
TDKt ₃ A	nd	<10	<10	*

*mikrobiološke analize nisu rađene 45.dana jer je UBB 30.dana bio iznad preporučenih vrednosti

²³ različita slova (a, b, c, d, e) označavaju statistički značajnu razliku između grupa na nivou ($p < 0,05$), a različita slova (x, y, z, m, n) označavaju statistički značajnu razliku između grupa na nivou ($p < 0,01$).

²⁴ d- detektovano; nd- nije detektovano

Tabela 43. Ukupan broj *Escherichia coli* toplo dimljenog šarana u komori za toplo dimljenje

Grupa uzoraka	Dani ispitivanja			
	0. dan (log cfu/g)	15. dan (log cfu/g)	30. dan (log cfu/g)	45. dan (log cfu/g)
TDK _{t1} V	<10	<10	<10	*
TDK _{t2} V	<10	<10	<10	*
TDK _{t3} V	<10	<10	<10	*
TDK _{t1} A	<10	<10	<10	*
TDK _{t2} A	<10	<10	<10	*
TDK _{t3} A	<10	<10	<10	*

*mikrobiološke analize nisu rađene 45.dana jer je UBB 30.dana bio iznad preporučenih vrednosti

Tabela 44. Ukupan broj sulfitoredujućih bakterija toplo dimljenog šarana u komori za toplo dimljenje

Grupa uzoraka	Dani ispitivanja			
	0. dan (log cfu/g)	15. dan (log cfu/g)	30. dan (log cfu/g)	45. dan (log cfu/g)
TDK _{t1} V	<10	<10	<10	*
TDK _{t2} V	<10	<10	<10	*
TDK _{t3} V	<10	<10	<10	*
TDK _{t1} A	<10	<10	<10	*
TDK _{t2} A	<10	<10	<10	*
TDK _{t3} A	<10	<10	<10	*

*mikrobiološke analize nisu rađene 45.dana jer je UBB 30.dana bio iznad preporučenih vrednosti

5.7.2. MIKROBIOLOŠKI STATUS TOPLO DIMLJENOG ŠARANA DIMLJENOG U KOMORI ZA TOPLO DIMLJENJE "ATMOS"

Ukupan broj aerobnih mezofilnih bakterija (UBB) toplo dimljenog šarana dimljenog u komori za toplo dimljenje je 30. dana bio iznad preporučenih vrednosti, pa je praćenje toplo dimljenog šarana u komori za toplo dimljenje "ATMOS", upakovano u vakuum i MAP sa argonom urađeno tokom 35 dana (7., 14., 21., 28 i 35. dan) skladištenja na temperaturi od 4 °C. Rezultati mikrobioloških analiza (UBB, *Listeria*

monocytogenes (detekcija i broj), *Escherichia coli*, sulfitoredujuće klostridije) toplo dimljenog šarana dimljenog u komori za toplo dimljenje „ATMOS“, upakovanog u vakuum i MAP sa argonom tokom tokom 35 dana (7., 14., 21., 28 i 35. dan) skladištenja na temperaturi od 4 °C su dati u sledećim tabelama (Tabela 45., 46. i 47.). Rezultati UBB su prikazani kao srednja vrednost \pm standardna devijacija ($x_{sr} \pm \sigma$). Statistički značajna razlika UBB između grupe toplo dimljenog šarana upakovanog u vakuum i toplo dimljenog šarana upakovanog u MAP sa argonom je urađena na dva nivoa značajnosti.

Tabela 45. UBB toplo dimljenog šarana dimljenog u u komori za toplo dimljenje „ATMOS“, upakovanog u vakuum i MAP sa argonom tokom tokom 35 dana skladištenja ($x_{sr} \pm \sigma$)

Dani ispitivanja	Grupa uzoraka	
	ATMOS vakuum	ATMOS MAP sa argonom
0. dan	2,57 \pm 0,15 ^{a25}	2,55 \pm 0,12 ^a
7. dan	3,99 \pm 0,29 ^a	3,94 \pm 0,14 ^a
14. dan	4,59 \pm 0,31 ^a	4,26 \pm 0,23 ^a
21. dan	5,54 \pm 0,29 ^a	5,31 \pm 0,36 ^a
28. dan	6,51 \pm 0,19 ^{a,x}	6,09 \pm 0,17 ^{b,y}
35. dan	7,26 \pm 0,34 ^{a,x}	6,45 \pm 0,48 ^{b,y}

Tabela 46. Mikrobiološki status toplo dimljenog šarana dimljenog u komori za toplo dimljenje „ATMOS“, upakovanog u vakuum tokom 35 dana skladištenja

Dani ispitivanja	<i>Listeria monocytogenes</i> u 25g	<i>Listeria monocytogenes</i>	<i>Escherichia coli</i>	Sulfitored. bakterije
	ATMOS Vakuum	d / nd ²⁶	log cfu/g	log cfu/g
0. dan	nd	-	<10	<10
7. dan	-	<10	<10	<10
14. dan	-	<10	<10	<10
21. dan	-	<10	<10	<10
28. dan	-	<10	<10	<10
35. dan	-	<10	<10	<10

²⁵ različita slova (a, b, c, d, e) označavaju statistički značajnu razliku između grupa na nivou ($p < 0,05$), a različita slova (x, y, z, m, n) označavaju statistički značajnu razliku između grupa na nivou ($p < 0,01$).

²⁶ d- detektovano; nd- nije detektovano

Tabela 47. Mikrobiološki status toplo dimljenog šarana dimljenog u komori za toplo dimljenje „ATMOS“, upakovanog u MAP sa argonom tokom 35 dana skladištenja

Dani ispitivanja	<i>Listeria monocytogenes</i> u 25g	<i>Listeria monocytogenes</i>	<i>Escherichia coli</i>	Sulfitored. bakterije
ATMOS MAP sa argonom	d / nd²⁷	log cfu/g	log cfu/g	log cfu/g
0. dan	nd	-	<10	<10
7. dan	-	<10	<10	<10
14. dan	-	<10	<10	<10
21. dan	-	<10	<10	<10
28. dan	-	<10	<10	<10
35. dan	-	<10	<10	<10

²⁷ d- detektovano; nd- nije detektovano

6. DISKUSIJA

Prosečna vrednost sadržaja proteina trogodišnjeg i četvorogodišnjeg šarana izlovljenog u periodu od oktobra do aprila iznosila je 17,04% (Ečka), 17,32% (Kukujevcu) i 17,28% (Banatski dvor) što je u skladu sa literaturnim podacima u kojima se navodi da procenat proteina u mesu riba varira od 12 do 24% (Cvrtila i Kozačinski, 2006; Babić, 2013), odnosno od 14 do 18% (Ćirković et al., 2015). Dvogodišnji šaran iz polikulture ima prosečnu vrednost sadržaja proteina u vrednosti od 15,59%, a trogodišnji 14,44% proteina (Ćirković i sar, 2011). Procenat proteina mesa šarana iz akvakulture iznosi 16,60% (Bud i sar, 2008), što se ne razlikuje mnogo od sadržaja proteina mesa šarana iz slobodnog izlova 16,72% (Trbović i sar, 2011), odnosno 16,69% (Ljubojević i sar, 2013a), dok je sadržaj proteina u ispitanim uzorcima mesa šarana u ispitivanjima grupe autora *Stolyhwo* i sar, (2005) bio između 13,0 i 21,9%.

U uzorcima konzumnog šarana (nije navedena starost) uzetih sa ribnjaka poluintenzivnog uzgoja RG „Ečka“ grupe autora Vranić i sar, (2010) procenat proteina je u septembru iznosio 18,28%, u oktobru 17,26%, a u decembru 17,11%, što je u skladu sa našim rezultatima sadržaja proteina sirovine izlovljene u Ečkoj (17,04%) u zimskom periodu. Sa istog ribnjaka, šaran izlovljen u proleće je sadržao 16,57%, a u jesen 17,35% (Babić, 2013). Uzorci šarana koji su uzeti krajem novembra 2008. godine iz ribnjaka sa poluintenzivnim uzgojem su imali sadržaj proteina 16,15% (Trbović i sar, 2015). Sadržaj proteina sirovog šarana pripremljenog za dimljenje u studiji grupe autora Perunović i sar, (2009) je imao skoro identičan procenat proteina (17,30%) kao sirovina korišćena za dimljenje u našim istraživanjima.

Prosečna vrednost sadržaja masti trogodišnjeg i četvorogodišnjeg šarana izlovljenog u periodu od oktobra do aprila je iznosila 7,96% (Ečka), 7,87% (Kukujevcu), dok je sadržaj masti šarana izlovljenog u Banatskom dvoru bio nešto veći i iznosio je i

8,13%. Dobijeni rezultati su u skladu sa literaturnim podacima koji navode da je količina masti veoma varijabilna i da se kreće u rasponu od 2,3 do 16,8% (Ćirković i sar, 2015), odnosno od 0,3 do 20% (Šimat i sar, 2009), odnosno od 0,7 do 20%, a ponekad i više (Cvrtila i Kozačinski, 2006), odnosno od 0,2 do 25%. Perunović i sar, (2009) u svojoj studiji dimljenja šarana iznose da je sadržaj masti sirovine spremne za dimljenje iznosio 6,38%, što je nešto manje nego u našoj studiji. Sa starošću se povećava i procenat masti u mesu riba što su pokazali rezultati grupe autora Ćirković i sar, (2002), pri čemu meso dvogodišnjeg šarana može da sadrži i manje od 2% masti, dok meso starijih jedinki sadrži više od 8%, a nekad i preko 20% masti. U zavisnosti od uzgoja, dvogodišnji šaran iz polikulture može da sadrži 6,85% masti, a trogodišnji 11,73% masti (Ćirković i dr., 2011). Pre svega, sadržaj masti i proteina mesa šarana zavisi od načina ishrane, pa je tako najveći procenat masti šarana zabeležen u uslovima hranjenja sa dodatkom kukuruza (Ćirković i sar., 2015). Ishrana sa kompletnim smešama koja je korišćena u ishrani šarana za potrebe ovih istraživanja se pokazala kao dobar izbor obzirom na povoljniji sastav proteina i masti nego na drugim ribnjacima u Srbiji.

Dobijeni rezultati u sklopu naše studije su u skladu i sa istraživanjima grupe autora Bud i sar, (2008) kod kojih je sadržaj masti šarana iz akvakulture (bez informacija o starosti) iznosio 8,97%, a sadržaj masti iz slobodnog izlova grupe autora Trbović i sar, (2011) je iznosio 7,21%, odnosno 7,13% (Ljubojević i sar, 2013a). U uzorcima konzumnog šarana (nije navedena starost) uzetih sa ribnjaka sa poluintenzivnim uzgojem RG „Ečka“ grupe autora Vranić i sar, (2010) procenat masti je u septembru iznosio 3,02 %, u oktobru 4,71%, a u decembru 3,23%. Sa istog ribnjaka, šaran izlovljen u proleće je sadržao 3,45%, a u jesen 5,96% (Babić, 2013). Uzorci šarana uzeti krajem novembra 2008. godine iz ribnjaka sa poluintenzivnim uzgojem su imali sadržaj masti 4,57% (Trbović i sar, 2015). Prosečan sadržaj masti fileta šarana ispitivanog od strane autora Bauer i Schlott (2009) je varirao od 2,7 do 6,9% i značajno se razlikovao između tri objekta ($p < 0,001$). Tom prilikom je ustanovljeno da razlike u sadržaju masti fileta mogu biti zasnovane na klimatskim uslovima, kao i različitim strategijama uzgoja.

U literaturi se mogu pronaći kontradiktorni rezultati kada je u pitanju uticaj visokog sadržaj masti na senzorne karakteristike dimljene ribe. *Rora* i sar, (1998) smatraju da ne postoji uticaj, dok *Sheehan* i sar, (1996) smatraju da postoji značajan uticaj sadržaja masti na senzorske karakteristike, odnosno, da je sadržaj masti važan parametar, koji može uticati na prinos, senzorne osobine, boju, teksturu i gubitak vode (Løje, 2007).

Dobijene vrednosti osnovnih parametara hemijskog sastava (sadržaj proteina i masti) su karakteristični za toplo dimljenog šarana. Grupa autora *Perunović* i sar, (2009) su dimili meso šarana u komori za dimljenje i termičku obradu, vrućim dimljenjem. Pri čemu su meso šarana prvo sušili 20 minuta na 50 °C, a zatim dimili uz postepeno povećavanje temperature komore. Proces je završen po postizanju temperature od 69 °C u centru proizvoda. Fileti su nakon toga hlađeni 3 sata, na temperaturi od 8 °C. Meso šarana dobijeno na ovakav način je sadržalo 22,7% proteina i 8,37% masti. Dobijene vrednosti sadržaja proteina dimljenog šarana grupe autora *Perunović* i sar, (2009) su u skladu sa našim rezultatima, dok je sadržaj masti nešto viši što se objašnjava višim sadržajem masti sirovine korišćenje u ovoj studiji.

Dimljenjem mesa šarana, procenat masti se poveća za 27,64% (*Hassan*, 1988), što se slaže sa procentom povećanja sadržaja masti šarana dimljenog u Ečkoj u komori za toplo dimljenje (28,6%), a sadržaj proteina za 42,85% (*Hassan*, 1988), dok je u našim istraživanjima taj procenat manji i u zavisnosti od načina dimljenja porastao je za 15,34% u uslovima tradicionalnog zanatskog dimljenja, odnosno 22,52% kod šarana dimljenog u komori za toplo dimljenje "ATMOS". Najveći rast sadržaja proteina zabeležen je kod šarana dimljenog u komori za toplo dimljenje - TDK (35,48%) što je i očekivano, obzirom na najvišu temperaturu u centru proizvoda, odnosno najveće smanjenje udela vode. Dimljenjem tilapije *Oreochromis niloticus* grupa autora *Yanar* i sar, (2006) je zabeležila porast sadržaja proteina za 31,27%, a sadržaja masti za 18,94%.

Kod većine vrsta riba sadržaj holesterola je u rasponu od 49 do 92 mg/100 g (*Piironen* i sar, 2002). Sadržaj ukupnog holesterola kod šarana izlovljenog iz Dunava je 45,43 mg/100g (*Ljubojević* i sar, 2013b), odnosno 57,8 mg/100g gajenog u polikulturi

(Ćirković i sar, 2011). Grupa autora Vranić i sar, (2010) je u svojim rezultatima prikazala sadržaj ukupnog holesterola šarana iz akvakulture u rasponu od 48,55 do 53,17 mg/100g što je u skladu sa našim rezultatima (50 mg/100g). Nakon određivanja masnokiselinskog sastava i holesterola kod pet različitih rasa šarana, dokazano je da je šaran pogodan za ishranu ljudi zbog niskog sadržaja holesterola i visokog procenta polinezasićenih masnih kiselina (Bieniarz i sar, 2001). Nazalost, informacija o sadržaju ukupnog holesterola kod dimljene ribe nema mnogo (Krzynowek i Murphy, 1987; Oehlenschläger, 2006). Dimljeni losos poreklom iz Norveške ima udeo holesterola od 26 mg/100g.

Smatra se da je oko 70% izloženosti PAH jedinjenjima kod nepušača posledica ishrane. Količina PAH jedinjenja u hrani veoma varira. Spremanje hrane, pre svega, dimljenje, pečenje i prženje povećava koncentraciju PAH jedinjenja u hrani (Rengarajan i sar, 2015). Veliki broj izveštaja, preporuka i smernica koji upozoravaju na mogućnost da dimljeni proizvodi, a pogotovo tradicionalni dimljeni proizvodi sadrže veće količine PAH jedinjenja (EPIC, 2004; FAO & WHO, 2012) su uticali da se poslednje dve decenije u velikom broju zemalja industrija prerade hrane, kao i naučno-istraživačke institucije sve više bave proučavanjem sadržaja PAH jedinjenja u dimljenim proizvodima sa ciljem da se ispita i dokaže bezbednost istih (Đinović i sar, 2008; Lorenzo i sar, 2010; Lorenzo i sar, 2011, Škaljac, 2014).

Rezultati sadržaja PAH jedinjenja prisutnih u dimljenim proizvodima koja se mogu naći u literaturi su veoma različiti. Osnovni razlog različitih vrednosti PAH jedinjenja su različiti načini, odnosno metodi dimljenja hrane (Basak i Karakoç, 2010). Najznačajnija razlika jeste razlika između direktnog dimljenja, pri čemu se ložište nalazi direktno ispod hrane koja se dimi i indirektnog dimljenja, koje je sve prisutnije u industrijskog proizvodnji hrane. Sastav i koncentracija policikličnih aromatičnih ugljovodonika koji tokom dimljenja mogu dospeti u proizvode zavise od više faktora, kao što su vrsta hrane, gorivo tj. drvo koje se koristi za proizvodnju dima (vrsta i vlažnost), metoda dimljenja i sušenja (direktno ili indirektno), temperature pirolize i dotoka vazduha u generator (koncentracije kiseonika), rastojanja između hrane i izvora toplote, položaja hrane u odnosu na izvor toplote, sadržaja masti u hrani, trajanja

dimljenja i direktnog sušenja, temperature tokom dimljenja i sušenja, čistoće i održavanja opreme, kao i dizajna komore i opreme koja se koristi za dimljenje, kao i primene različitih filtera (Chen i Chen, 2001; Šimko, 2005; García-Falcón i Simal-Gándara, 2005; Stolyhwo i Sikorski, 2005; Nollet, 2007; Basak i Karakoç, 2010; Xu i sar, 2011; Ramalhosa i sar, 2012; Duedahl-Olesen, 2013; Essumang i sar, 2014; Domingo i Nadal, 2015; Bansal i Kim, 2015; Abdel-Shafy i Mansour, 2016). Stoga, sadržaj pojedinačnih PAH jedinjenja dimljene ribe varira od “nije detektovano” do preko 100 µg/kg, a benzo[a]pirena od “nije detektovano” do nekih 60 µg/kg (Stolyhwo i Sikorski, 2005).

U najvećem broju studija o PAH jedinjenjima u hrani, benzo[a]piren se koristi kao marker za opštu procenu toksičnosti PAH jedinjenja (Yang i sar, 2007; Đinović, 2008; Škaljac, 2014). U kontrolisanim uslovima, u industrijskim pogonima, sadržaj BaP je najčešće oko ili ispod 0,1 µg/kg, dok je ta vrednost u tradicionalnoj proizvodnji najčešće do nekoliko µg/kg (Stolyhwo i Sikorski, 2005). Sadržaj BaP u uzorcima dimljene ribe se kreće od 0,8 do 13,9 µg/kg u zavisnosti od načina dimljenja (Stumpe-Viksna i sar, 2008). Prosečna vrednost BaP kod 35 ispitanih uzoraka dimljene ribe dimljenje u komercijalnim komorama pri čemu se ložište nalazilo van komore u istraživanjima *Karl i Leinemann* (1996) je bila oko 0,1 µg/kg, dok se u sklopu istog istraživanja koncentracija BaP kod dimljene ribe koja se dimila u tradicionalnoj pušnici kretala u opsegu od 0,2 do 4,1 µg/kg.

U ispitivanjima grupe autora *Storelli i sar*, (2003) koja je pratila sadržaj PAH jedinjenja u mnogim dimljenim proizvodima riba i morskih plodova, sadržaj BaP je bio najveći kod dimljenog lososa i iznosio je 0,7 µg/kg. Sadržaj BaP u uzorcima dimljene ribe u Koreji se kretao od 0,17 do 2,87 µg/kg (Cho i Shin, 2012). Koncentracija BaP kod dimljene ribe ume da bude i preko 2,0 µg/kg (Rengarajan i sar, 2015). Najveća srednja vrednost sadržaja BaP u istraživanjima grupe autora *Essumang i sar*, (2012) koji su analizirali 112 uzoraka tradicionalno dimljenih različitih vrsta riba je bila kod *Sardinella aurita* i iznosila 73,78 µg/kg. Ista grupa autora (Essumang i sar, 2013) je naredne godine sproveda studiju u kojoj je pratila uticaj različitih izvora dima (bagrem, šećerna trska i drvo mangrov) na sadržaj PAH jedinjenja kod četiri različite vrste

dimljenih riba koje se najčeće konzumiraju na području Gane. Srednja vrednost BaP kod većine ispitanih grupa dimljenih dimom dobijenim od drveta bagrema i mangova je bila iznad tadašnje granične vrednosti prema Evropskoj komisiji od 5 µg/kg. Dok se šećerna trska pokazala kao relativno najbolji i najbezbedniji izbor sirovine za proizvodnju dima kod tradicionalnog dimljenja riba.

Rezultati BaP u komori za toplo dimljenje - TDK sa primenom filtera i u komori za toplo dimljenje "ATMOS" su bili ispod granice detekcije (< 0,63 µg/kg) što je u skladu sa istraživanjima grupe autora *Wretling* i sar, (2010) gde je riba dimljena na indirektan način imala koncentraciju BaP ispod limita detekcije. Jedino je u uzorcima toplo dimljenog šarana dimljenog u uslovima tradicionalne zanatske pušnice bez primene filtera detektovan sadržaj BaP i to u koncentraciji od 0,65 µg/kg. *Basak* i *Karakoç* (2010) su koristili tradicionalnu pušnicu za dimljenje ribe i nakon ispitivanja ustanovili da je sadržaj karcinogenih PAH jedinjenja ispod limita detekcije i na osnovu toga zaključili da je dimljena riba bezbedna po zdravlje potrošača.

Tokom ispitivanja 39 uzoraka dimljene ribe, ustanovljeno je da 6 uzoraka sadrži BaP u koncentraciji preko 5 µg/kg, i to u opsegu od 8,4 do 14,4 µg/kg, dok su ostali bili ispod maksimalno dozvoljene vrednosti koja je tada iznosila 5 µg/kg (*Wretling* i sar, 2010). Šest uzoraka dimljene ribe, od ukupno 15 ispitanih uzoraka studije *Mihalca* i sar, (2011) je imalo sadržaj BaP iznad 5,0 µg/kg, koncentracija se kretala u rasponu od 0,6 do 8,4 µg/kg. Ovih 6 uzoraka je proizvedeno u tradicionalnim pušnicama, gde je hrana direktno izložena vrućem dimu iz ložišta. Uzorci dimljene ribe koji su dimljeni indirektnom tehnikom su imali vrednosti BaP ispod maksimalno dozvoljene vrednosti, a većina i ispod limita detekcije. Rezultati studije sprovedene na tržištu Poljske pokazuju maksimalne vrednosti koncentracije BaP kod dimljene papaline u vrednosti od 1,58 µg/kg, skuše u vrednosti od 0,55 µg/kg, a lososa u vrednosti od 0,33 µg/kg (*Zachara* i sar, 2017). *Akpambang* i sar, (2009) u svojim istraživanjima dimljene ribe dimljene u tradicionalnim uslovima navode da su uzorci kontaminirani sa BaP na nivoima od 2,4 do 31,2 µg/kg i navode da takvi rezultati ukazuju na potrebu da se pronađu alternativna rešenja u procesu proizvodnje dimljene ribe.

EFSA je nakon prikupljenih podataka poreklom iz 17 država Evrope u kojima su ispitivana PAH jedinjenja u čak 9.714 uzoraka (iz 33 grupe različitih prehrambenih proizvoda), zaključila da sadržaj benzo[a]piren ne može biti jedini pokazatelj prisustva PAH jedinjenja u namirnicama (EFSA, 2008; Alomirah i sar, 2010). Oko 50% ispitanih uzoraka je bilo bez detektovanih količina BaP, dok je u 30% ispitanih uzoraka utvrđen sadržaj drugih karcinogenih i genotoksičnih PAH jedinjenja među kojima nije bio BaP. U tim uzorcima koji su pokazivali karcinogeni i genotoksični efekat, a u kojima nije bilo BaP, najčešće je detektovan krizen.

Sadržaj krizena u ovoj studiji nije detektovan, odnosno bio je ispod limita detekcije (0,33 µg/kg) u uzorcima toplo dimljenog šarana dimljenog u komori za toplo dimljenje sa primenom filtera (TDKfo, TDKfu, TDKfš), kao i u uzorcima dimljenog mesa šarana dimljenog u tradicionalnoj zanatskoj pušnici sa filterom sa aktivnim ugljem (Zfu). Vrednost krizena je bila najveća u uzorcima koji su se dimili u tradicionalnoj zanatskoj pušnici bez primene filtera (1,09 µg/kg).

Regulativom komisije Evropske Unije od 19. avgusta 2011. godine na osnovu EFSA mišljenja je odlučeno da se BaP više ne može smatrati jedinim pogodnim markerom i indikatorom PAH jedinjenja, već suma sadržaja PAH4 jedinjenja (benz[a]antracen, krizen, benzo[b]fluoranten i benzo[a]piren) ili PAH8 jedinjenja (benz[a]antracen, krizen, benzo[b]fluoranten, benzo[k]fluoranten, benzo[a]piren, indeno[1,2,3-cd]piren, dibenz[a,h]antracen i benzo[ghi]perilen). EFSA je takođe zaključila i da sastav PAH8 jedinjenja ne osigurava puno veću dodatnu vrednost u odnosu na PAH4 jedinjenja (EC 835/2011). Propisane su maksimalno dozvoljene količine (MDK) za mišićno meso dimljene ribe i dimljene proizvode ribarstva, gde MDK za BaP iznosi 5,0 µg/kg, odnosno 30 µg/kg za PAH4 jedinjenja (do 31.8.2014. godine). Od 1. septembra 2014. godine, usvojene su nove MDK vrednosti za BaP od 2 µg/ kg, a za sumu PAH4 jedinjenja od 12 µg/kg (EC 1881/2006; EC 835/2011; EC 1327/2014).

U zemljama kao što su Irska, Španija, Hrvatska, Kipar, Litvanija, Poljska, Portugalija, Rumunija, Slovačka, Finska, Švedska i Ujedinjeno Kraljevstvo odobreno je

stavljane na tržište unutar državnih granica tradicionalnih dimljenih proizvoda, koji su dimljeni na njihovom području i namenjeni za potrošnju na njihovom području sa količinom PAH jedinjenja većom od 2 µg/kg za benzo[a]piren, odnosno 12 µg/kg za sumu PAH4 jedinjenja, ukoliko ti proizvodi zadovoljavaju MDK koji se primenjivao pre 1. septembra 2014. godine, tj. 5,0 µg/kg za BaP i 30,0 µg/kg za sumu PAH4 jedinjenja. Te države se obavezuju da prate prisutnost PAH jedinjenja u tradicionalno dimljenoj ribi i proizvodima ribarstva kako bi uspostavili programe za sprovođenje dobrih praksi dimljenja kad god je to moguće, u okviru ograničenja ekonomske izvodljivosti i onog što je moguće postići, a da ne dođe do gubitka tipičnih organoleptičkih svojstava tih proizvoda.

U skladu sa propisima EU, propisane su MDK vrednosti za BaP i sumu PAH4 jedinjenja u različitim namirnicama kao sastavni deo propisa Republike Srbije unutar „Pravilnika o maksimalno dozvoljenim količinama ostataka sredstava za zaštitu bilja u hrani i hrani za životinje za koju se utvrđuju maksimalno dozvoljene količine ostataka sredstava za zaštitu bilja“ (Službeni glasnik RS, 29/2014 i 37/2014), gde je MDK 2 µg/kg za BaP, odnosno 12 µg/kg za PAH4 jedinjenja.

Uzorci svih ispitivanih grupa u sklopu ove studije su imale vrednosti PAH4 ispod propisane maksimalno dozvoljene granice od 12 µg/kg. Očekivano, vrednost sume PAH4 jedinjenja je bila najviša kod uzoraka dimljenih u tradicionalnoj zanatskoj pušnici bez primene filtera (2,83 µg/kg), dok je ta vrednost kod uzoraka dimljenih u komori za toplo dimljenje - TDK bez primene filtera bila 2,24 µg/kg, a u komori za toplo dimljenje “ATMOS” 0,61 µg/kg. Primena filtera u komori za toplo dimljenje - TDK se pokazala kao odlična, obzirom da su sva PAH jedinjenja koja čine sumu PAH4 jedinjenja bila ispod limita detekcije. U tradicionalnoj zanatskoj pušnici se takođe primetio pozitivan uticaj filtera na smanjenje koncentracije sume PAH4 jedinjenja, s tim da je kod primene zeolit filtera on iznosio 0,94 µg/kg, kod primene šljunčanog filtera 0,89 µg/kg, dok je situacija primene filtera sa aktivnim ugljem bila kao u TDK sa primenom filtera, odnosno sva jedinjenja koja čine sumu PAH4 jedinjenja su bila ispod limita detekcije.

Mičulus i sar, (2011) su analizirali sadržaj sume PAH4 jedinjenja u različitim dimljenim proizvodima mesa i riba, od toga je bilo 11 uzoraka tradicionalno dimljene ribe i 18 uzoraka industrijski dimljene ribe. Pri čemu je vrednost dimljenje haringe bila najviša, a ujedno i prelazila je dozvoljene granice sa 20,20 µg/kg. Najnižu vrednost je imala dimljena pastrmka (3,80 µg/kg). Petnaest uzoraka dimljene ribe, od kojih su tri bila šaranske vrste, je analizirano u studiji grupe autora *Mihalca* i sar, (2011). Sve tri šaranske vrste su dimljene indirektnom metodom, a korišćeno je drvo jova iz familije breza kod dve grupe, dok je treća grupa dimljena na dimu bukve. Od sve tri šaranske grupe, jedino je u grupi dimljenoj na dimu bukve detektovano prisustvo sume PAH4 jedinjenja u količini od 4,3 µg/kg. Vrednosti sadržaja sume PAH4 jedinjenja uzoraka dimljenog šarana kod svih grupa u sklopu našeg istraživanja su niže od objavljenih rezultata grupe autora *Alomirah* i sar, (2011) u uzorcima dimljene ribe na području Kuvajta, gde je zabeležena vrednost sume PAH4 jedinjenja iznosila 10,3 µg/kg (7,58 – 12,9 µg/kg). U ispitivanjima grupe autora *Wretling* i sar, (2010), suma PAH4 jedinjenja dimljenog mesa i dimljene ribe se kretala od “nije detektovano” do 209 µg/kg.

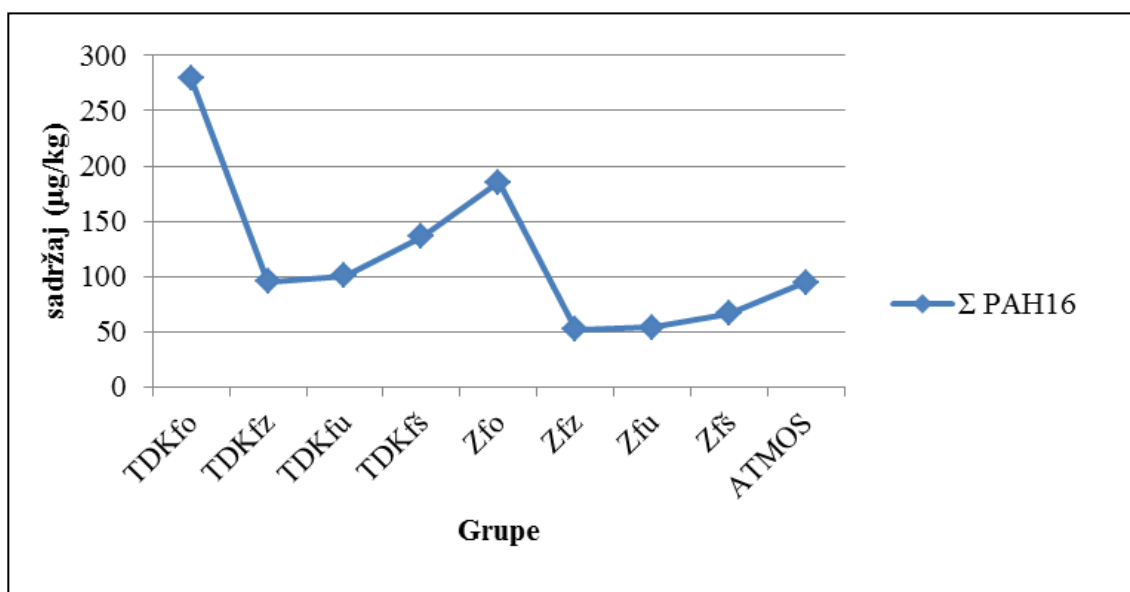
Vrednosti sume PAH4 jedinjenja tokom ispitivanja sprovedenog na tržištu Poljske su se kretala u rasponu od 1,28 do 6,28 µg/kg kod dimljene papaline, od 1,21 do 3,07 µg/kg kod dimljene skuše, odnosno od 0,72 do 3,18 µg/kg (Zachara i sar, 2017). Nedavna istraživanja grupe autora *Tongo* i sar, (2017) realizovana na teritoriji južne Nigerije kod četiri vrste dimljene ribe pokazuju vrednosti sume PAH4 jedinjenja od 0,16 do 0,47 µg/kg, pri čemu je dimljena haringa imala najveću koncentraciju sume PAH4 jedinjenja. Studijom sprovedenom u Kambodži, kao zemlji u kojoj se više od 85% stanovništva bavi poljoprivredom, pri čemu je slatkovodna akvakultura jedan od najvažnijih izvora proizvodnje hrane, detektovane su prekoračene vrednosti sume PAH4 jedinjenja dimljene ribe kod odabranih proizvođača. Vrednosti sume PAH4 jedinjenja su bile od 2 do 50 puta veće u odnosu na referentne vrednosti date EC 1881/2006 (Slámová i sar, 2017).

Suma 7 US-EPA PAH jedinjenja prema rezultatima *Karl* i *Leinemann* (1996) kod dimljenje ribe dimljene u industrijskim pogonima (indirektan način dimljenja) nije prelazila vrednost od 4,5 µg/kg, dok je srednja vrednost sume 7 US-EPA PAH u

uslovima tradicionalnog dimljenja (direktan način dimljenja) iznosila 9,0 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Ova vrednost u našoj studiji je bila najveća u uslovima tradicionalne zanatske pušnice bez primene filtera (2,83 $\mu\text{g}/\text{kg}$), nešto manja u uzorcima dimljenim u TDK bez primene filtera (2,24 $\mu\text{g}/\text{kg}$), a uzorcima dimljenim u komori za toplo dimljenje „ATMOS“ 0,38 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Primena filtera je statistički značajno (na nivou ($p < 0,05$) i na nivou ($p < 0,01$)) smanjila sadržaj 7 US-EPA PAH i u tradicionalnoj zanatskoj pušnici i u komori za toplo dimljenje (Tabela 12 i Tabela 16).

Duž obalnog pojasa Gane je analizirano ukupno 108 uzoraka dimljene ribe (*Sardinella aurita*) na sadržaj šesnaest policikličnih aromatičnih ugljovodonika (koji se podudaraju sa PAH jedinjenjima ispitanim u ovoj studiji) koristeći GC/MS. Srednja vrednost sume 16 PAH jedinjenja se kretala od 510,59 $\mu\text{g}/\text{kg}$ do 1461,79 $\mu\text{g}/\text{kg}$, sa prosečnom srednjom vrednošću od 716,84 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (Essumang i sar, 2012). Nakon 2 sata dimljenja, srednja vrednost sume 16 PAH jedinjenja je bila u rasponu od 250,59 do 1.143,51 $\mu\text{g}/\text{kg}$, a nakon 4 sata dimljenja u rasponu od 595,33 do 1.315,66 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Nakon 8 sati ta vrednost se nije mnogo promenila i kretala se od 574,97 do 1.376,09 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Srednje vrednosti sume 16 PAH jedinjenja u našim ispitivanjima su se kretale od 52,42 $\mu\text{g}/\text{kg}$ u uzorcima dimljenim u tradicionalnoj zanatskoj pušnici sa primenom zeolit filtera do 279,6 $\mu\text{g}/\text{kg}$ u uzorcima dimljenim u TDK bez primene filtera (Grafikon 1.).

Grafikon 1. Srednje vrednosti sume 16 PAH različitih grupa dimljenog šarana



Grupa autora *Tonga* i sar, (2017) su u svom radu objavili da je tokom njihove studije praćena koncentracija PAH jedinjenja kod različitih dimljenih riba (*Clarias gariepinus*, *Ethmalosa fimbriata*, *Tilapia zilli* i *Scomber scombrus*) pri čemu je najveća koncentracija sume 16 PAH jedinjenja bila ustanovljena kod dimljene skuše i iznosila je 3.585 µg/kg. Ukupan sadržaj PAH jedinjenja u sklopu istraživanja grupe autora *Storelli* i sar, (2003) u dimljenim proizvodima riba i morskih plodova se kretao od 46,5 do 124 µg/kg, pri čemu je najveća koncentracija registrovana kod dimljene haringe. Srednja vrednost sume 16 PAH jedinjenja ispitivanih uzoraka dimljene ribe (108 uzoraka) dimljenih u trajanju od 2 do 8 sati, pri čemu su se kao sirovine za dobijanje dima koristile šećerna trska, drvo mangrova i bagrema, se kretala u rasponu od 250,59 do 1.376,09 µg/kg (*Essumang* i sar, 2013).

Maksimalna srednja vrednost sume 16 PAH jedinjenja (279,6 µg/kg u grupi TDKfo) dobijena u našoj studiji toplo dimljenog šarana direktnog dimljenja je manja od vrednosti dobijene u sličnoj studiji sprovedenoj od strane grupe autora *Essumang* i sar, (2014), gde se vrednost sume 16 PAH jedinjenja kretala od 517,33 do 751,56 µg/kg. Unutar iste studije, praćena je koncentracija PAH jedinjenja u modifikovanoj tradicionalnoj komori za toplo dimljenje korišćenjem “*already made*” aktivnog uglja i “*locally made*” aktivnog uglja. Vrednost sume 16 PAH jedinjenja kod uzoraka dobijenih dimljenjem u modifikovanoj tradicionalnoj komori za toplo dimljenje korišćenjem “*already made*” aktivnog uglja se kretala od 212,56 do 472,98 µg/kg, a korišćenjem “*locally made*” aktivnog uglja 248,64 do 454,77 µg/kg. U našoj studiji, primenom filtera sa aktivnim ugljem su zabeležene dosta niže prosečne vrednosti sume 16 PAH jedinjenja, 100,79 µg/kg u TDK, odnosno 53,88 µg/kg u tradicionalnoj zanatskoj pušnici.

Suma 15 PAH jedinjenja (sva PAH jedinjenja ispitivana u našim istraživanjima, osim acenaftilena) se kreće od “nije detektovano” do 77,3 µg/kg (*Mihalca* i sar, 2011), odnosno do 390 µg/kg (*Wretling* i sar, 2010). U Indiji su se *Dhananjayan* i *Muralidharan* (2012) bavili istraživanjima sadržaja PAH jedinjenja kod 4 vrste dimljenih riba. Ispitali su sadržaj 15 PAH jedinjenja, i u odnosu na naše istraživanje, nisu pratili sadržaj acenaftilena. Kod svih ispitanih dimljenih riba, naftalen je bio u

najvećoj koncentraciji (od 14,04 do 43,14 $\mu\text{g}/\text{kg}$). Naši rezultati pokazuju da je kod svih ispitanih grupa, naftalen bio među PAH jedinjenjima sa najvećom koncentracijom, pri čemu je najveća koncentracija naftalena detekovana u komori za toplo dimljenje – TDK bez primene filtera (61,19 $\mu\text{g}/\text{kg}$).

Unutar svih grupa toplo dimljenog šarana dimljenog u komori za toplo dimljenje (TDKfo, TDKfz, TDKfu, TDKfš) fenentren je bio prisutan u najvećoj koncentraciji, odnosno 63,94 $\mu\text{g}/\text{kg}$ kod toplo dimljenog šarana u komori za toplo dimljenje - TDK bez filtera, 36,87 $\mu\text{g}/\text{kg}$ sa zeolit filterom, 32,19 $\mu\text{g}/\text{kg}$ sa filterom sa aktivnim ugljem, a 45,01 $\mu\text{g}/\text{kg}$ sa šljunčanim filterom. PAH jedinjenje prisutno u najvećoj koncentraciji dimljenog šarana u tradicionalnoj zanatskoj pušnici bez primene filtera je bio acenaftilen u koncentraciji od 37,32 $\mu\text{g}/\text{kg}$, dok je sa primenom filtera bio fenentren u koncentraciji 17,05 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (primena zeolita), 15,76 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (aktivni uglj), odnosno 20,51 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (šljunak), kao i kod toplo dimljenog šarana dimljenog u komori za toplo dimljenje “ATMOS” gde koncentracija fenantrena bila 34,46 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Benz[a]antracen je PAH jedinjenje koje je zabeleženo u najvećoj koncentraciji prilikom istraživanja grupe autora *Essumang i sar*, (2013) i to u vrednosti od 666,16 $\mu\text{g}/\text{kg}$ u uzorcima tradicionalno dimljene skuše u trajanju od 8 sati pri čemu se kao sirovina za dobijanje dima koristilo drvo bagrema, za razliku od istraživanja *Dhananjayan i Muralidharan* (2012) kada benz[a]antracen nije detektovan ni kod jedne od pet ispitanih vrsta dimljene ribe. U našim ispitivanjama benz[a]antracen je u najvećoj koncentraciji zabeležen kod toplo dimljenog šarana dimljenog u komori za toplo dimljenje - TDK bez filtera (1,65 $\mu\text{g}/\text{kg}$). Međutim, u uzorcima dimljenim u komori za toplo dimljenje –TDK sa primenom filtera, bez obzira kojeg, nije detektovan, kao ni onim dimljenim u komori za toplo dimljenje “ATMOS”.

Codex Alimentarius Commission (2009) preporučuje pronalaženje optimalnog načina dimljenja kako bi se minimizovao sadržaj PAH jedinjenja. Kao jedan od načina smanjenja koncentracije PAH jedinjenja u dimu u literaturi se spominje upotreba filtera. Tečni dim od kokosovog oraha koji se dobija primenom kolona sa zeolitom i aktivnim ugljem pokazuje kvalitet prve kategorije, tj. on je efektivan, prirodan i potpuno bezbedan dim (*Anggraini i Yuniningsih*, 2013). Zeolit se pokazao kao efikasan

adsorbens za različita organska jedinjenja kao što su PAH jedinjenja (Lemić i sar, 2007). Meier i Siegmann (1999) u svojoj studiji pokazuju i dokazuju efikasnost primene zeolita u redukciji toksičnih jedinjenja kao što su nitrozamini i PAH jedinjenja u dimu cigareta, pogotovo ukoliko su postavljeni direktno na duvan. Zbog svoje pristupačnosti, adsorpcione moći, razumne cene i zbog toga što nema uticaj na senzorna svojstva dima, zeolit se pokazao kao jedno od optimalnih rešenja kada je u pitanju redukcija PAH jedinjenja u duvanskom dimu (Bhatia, 1989; Shi-lu i sar, 2008; Radojičić i sar, 2012). Uticaj primene filtera sa aktivnim ugljem u procesu dimljenja mesa riba je ispitala i grupa autora *Essumang* i sar, (2014), dok su naša istraživanja, koliko smo upoznati, prva istraživanja primene šljunčanog i zeolit filtera u procesu dimljenja ribe sa ciljem smanjenja PAH jedinjenja, odnosno hrane životinjskog porekla uopšte.

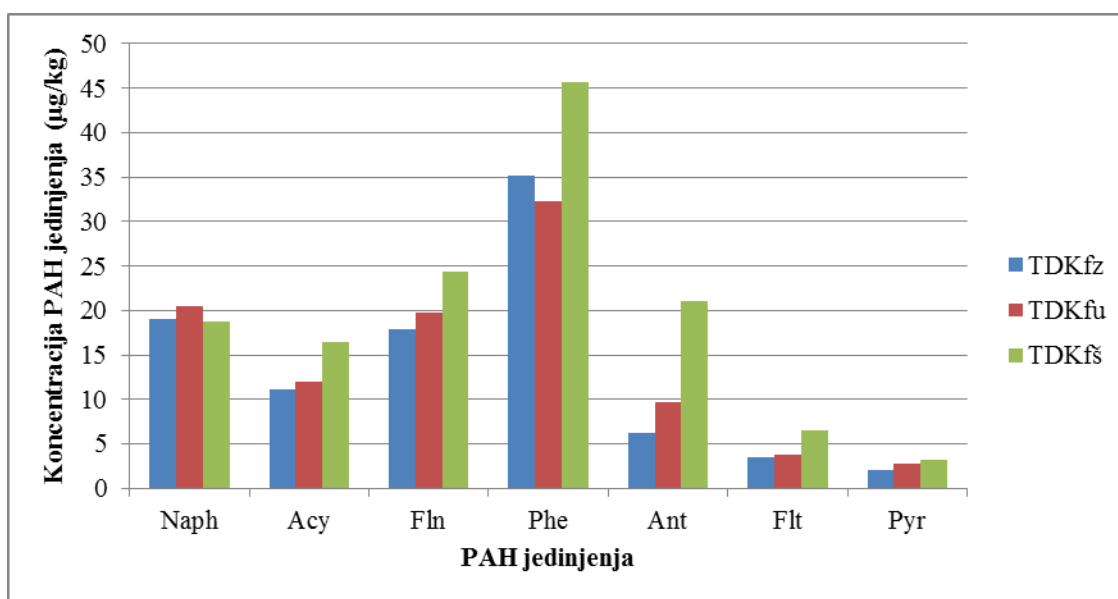
Essumang i sar, (2014) su u svojoj studiji pokazali statistički značajnu razliku ($p < 0,05$) između sadržaja PAH jedinjenja između uzoraka dimljenih sa i bez filtera sa aktivnim ugljem. Naši rezultati, takođe, pokazuju statistički značajnu razliku ($p < 0,05$ i $p < 0,01$) između sadržaja sume 16 PAH jedinjenja između uzoraka dimljenih sa i bez primene filtera sa aktivnim ugljem, ali i sa druga dva filtera (zeolit i šljunak) u komori za toplo dimljenje- TDK (Tabela 12.) i tradicionalnoj zanatskoj pušnici (Tabela 16.). S tim da je poređenjem dobijenih vrednosti sume 16 PAH jedinjenja između uzoraka dimljenih u komori za toplo dimljenje – TDK ustanovljena statistički značajna razlika ($p < 0,05$ i $p < 0,01$) između filtera sa aktivnim ugljem i filtera sa zeolitom u odnosu na šljunčani filter. Ipak, zeolit se u ovom slučaju pokazao kao najbolji izbor jer je utvrđena statistički značajnu razliku ($p < 0,05$) između sadržaja sume 16 PAH jedinjenja između uzoraka dimljenih u TDK korišćenjem filtera sa zeolitom i filtera sa aktivnim ugljem (Tabela 14.).

Osim utvrđene statistički značajne razlike sadržaja sume 16 PAH jedinjenja u korist filtera sa zeolitom, utvrđena je i statistički značajna razlika sadržaja fluorena, antracena i pirena. Statistički značajna razlika Fl_n i Pyr grupe uzoraka dimljenih u TDK sa filterom sa zeolitom u odnosu na grupe uzoraka dimljenih u TDK sa filterom sa aktivnim ugljem i šljunkom je dokazana na nivou ($p < 0,05$), dok je za Ant bila na nivou ($p < 0,05$) i ($p < 0,01$) (Tabela 13.).

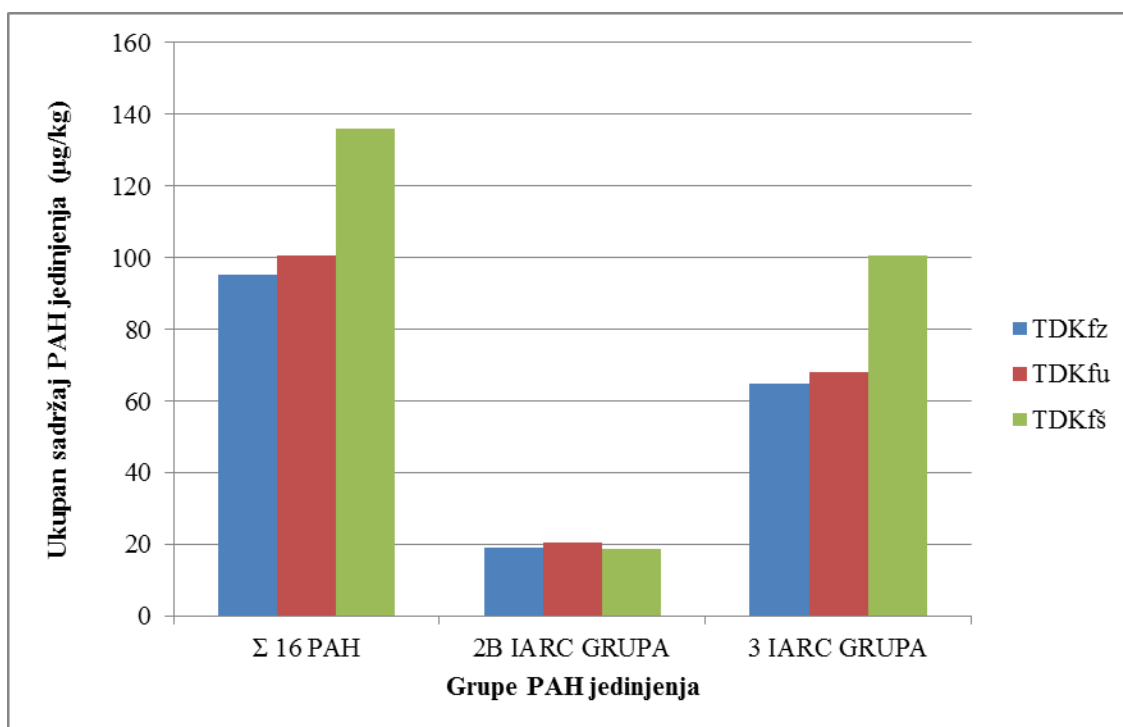
Statističkom obradom rezultata sume 16 PAH jedinjenja između 3 grupe uzoraka dimljenih u tradicionalnoj zanatskoj pušnici primenom filtera sa zeolitom, aktivnim ugljem i šljunkom nije ustanovljena statistički značajna razlika (Tabela 18). Međutim, poređenjem rezultata pojedinačnih PAH jedinjenja, ustanovljene su statistički značajne razlike kod pojedinih PAH jedinjenja (Tabela 17.). Utvrđena je statistički značajna razlika grupe uzoraka dimljene u tradicionalnoj zanatskoj pušnici sa zeolit filterom u odnosu na šljunčani filter kod sadržaja Ace ($p < 0,05$), Fln ($p < 0,05$; $p < 0,01$), Ant ($p < 0,05$; $p < 0,01$), Flt ($p < 0,05$), Pyr ($p < 0,05$). Dok je statistički značajna razlika grupe uzoraka dimljene u tradicionalnoj zanatskoj pušnici sa filterom sa aktivnim ugljem u odnosu na šljunčani filter utvrđena kod sadržaja manjeg broja pojedinačnih PAH jedinjenja: Fln ($p < 0,05$; $p < 0,01$), Ant ($p < 0,05$), Pyr ($p < 0,05$).

Međutim, nije utvrđena statistički značajna razlika sadržaja pojedinačnih PAH jedinjenja između grupa uzoraka dimljenih u tradicionalnoj zanatskoj pušnici sa filterom sa zeolitom, odnosno sa aktivnim ugljem. Uporedni rezultati pojedinačnih PAH jedinjenja i suma PAH jedinjenja uzoraka dobijenih primenom različitih filtera u komori za toplo dimljenje i u tradicionalnoj zanatskoj pušnici, prikazani su Grafikonima 2., 3., 4. i 5..

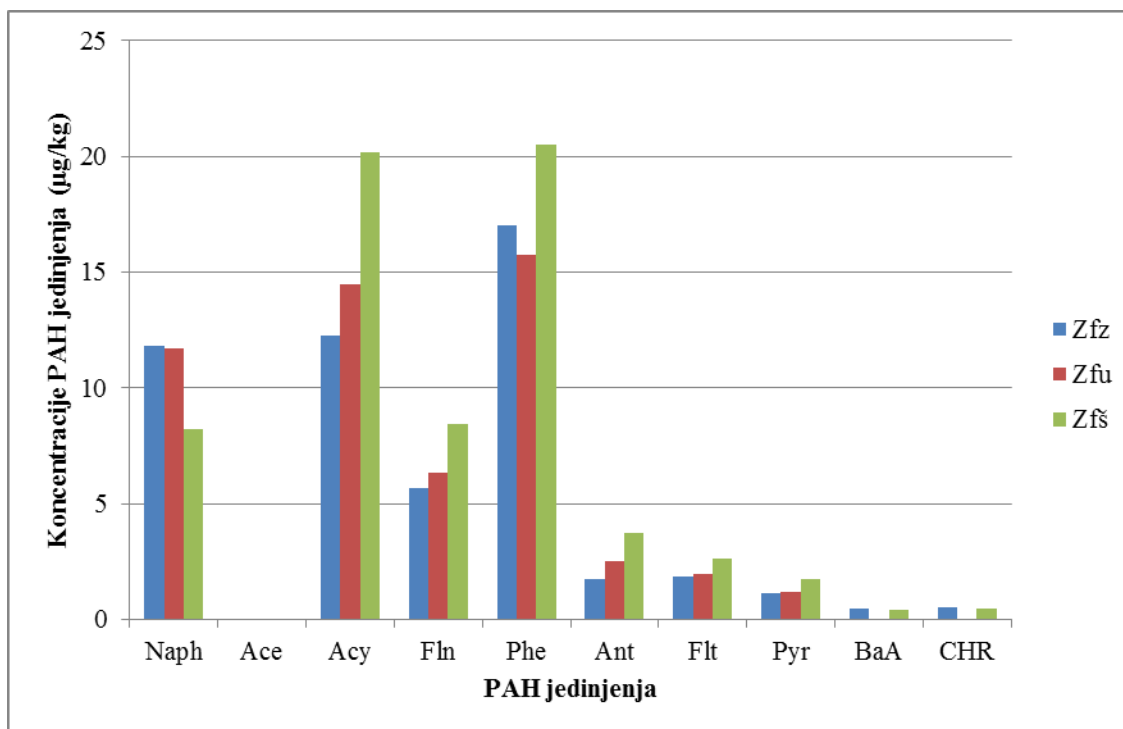
Grafikon 2. Promene koncentracije pojedinačnih PAH jedinjenja u uzorcima toplo dimljenog šarana dimljenog u TDK sa primenom različitih filtera



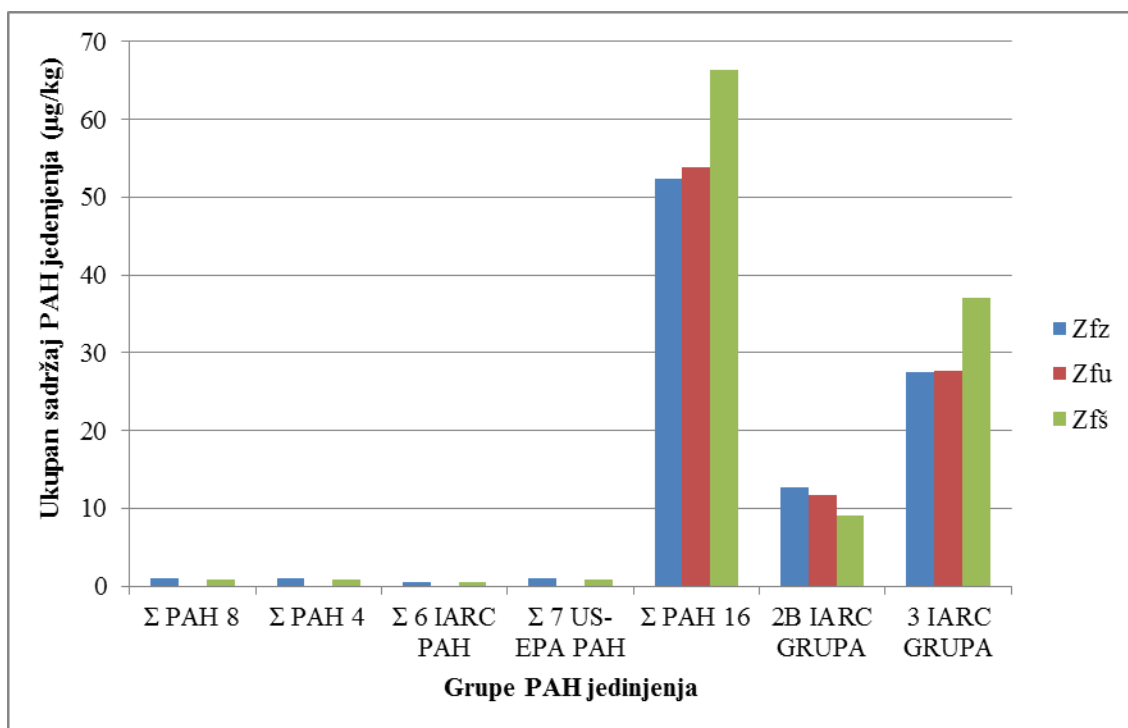
Grafikon 3. Promene koncentracije grupe PAH jedinjenja u uzorcima toplo dimljenog šarana dimljenog u TDK sa primenom različitih filtera



Grafikon 4. Promene koncentracije pojedinačnih PAH jedinjenja u uzorcima dimljenog šarana dimljenog u tradicionalnoj zanatskoj pušnici, sa primenom različitih filtera

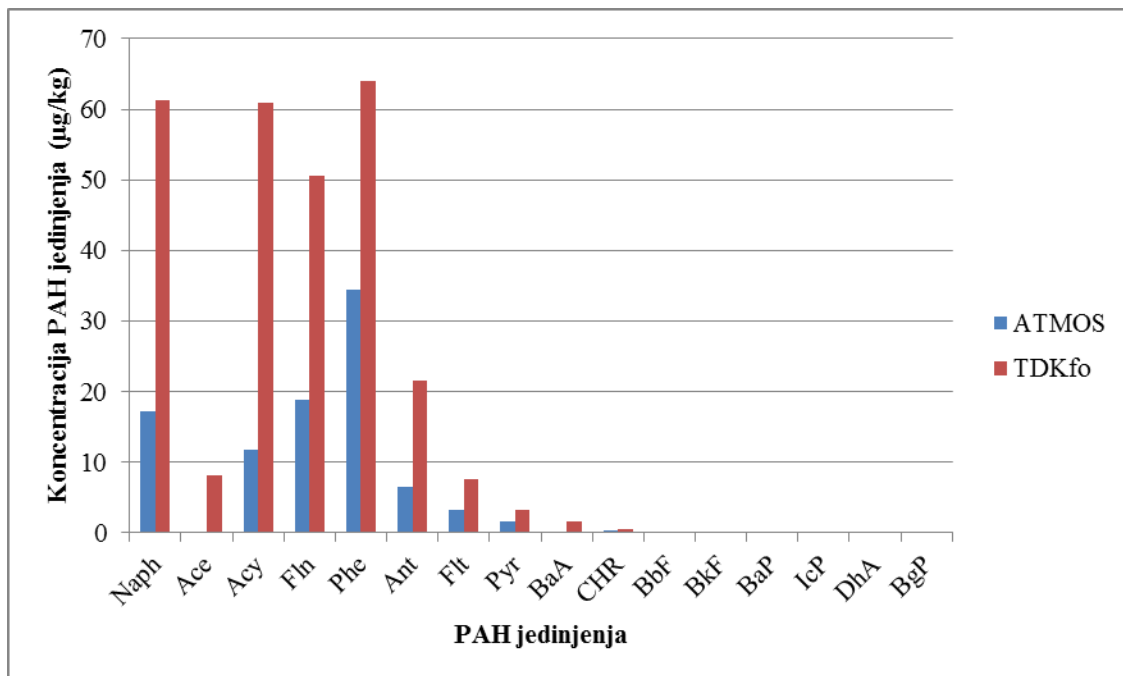


Grafikon 5. Promene koncentracije grupe PAH jedinjenja u uzorcima dimljenog šarana dimljenog u tradicionalnoj zanatskoj pušnici, sa primenom različitih filtera

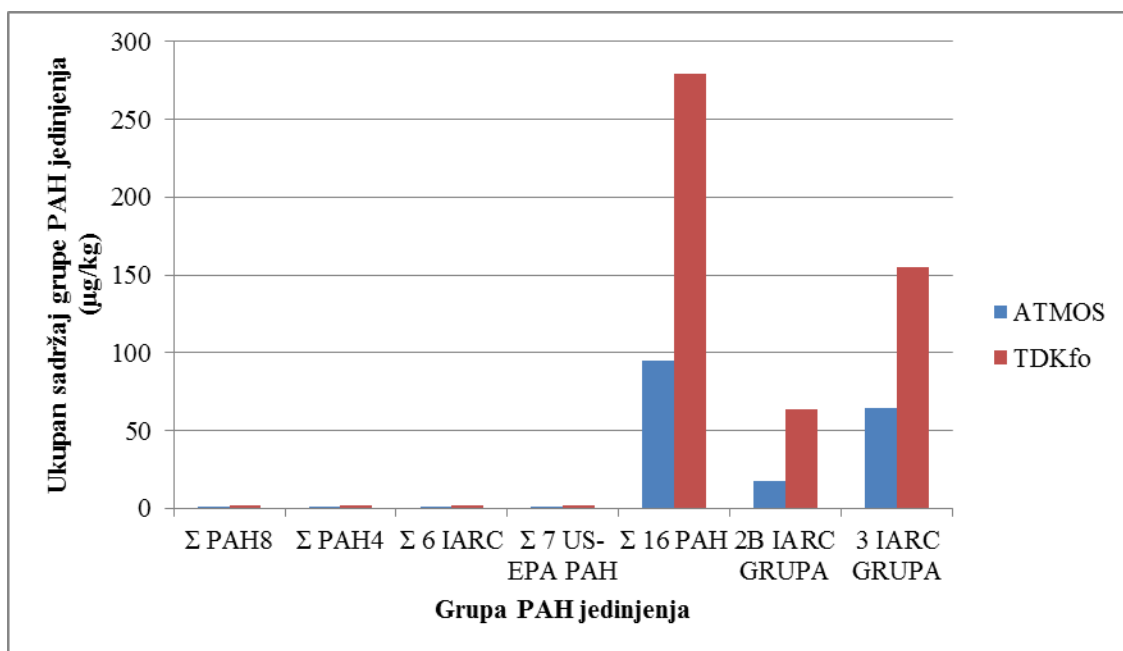


Imajući u vidu da se u industrijskim pogonima unutar naše zemlje toplo dimljeni šaran proizvodi u komorama za toplo dimljenje - TDK i u komori za toplo dimljenje „ATMOS“, važno je napomenuti da je ustanovljena statistički značajna razlika ($p < 0,05$; $p < 0,01$) u sadržaju 10 pojedinačnih PAH jedinjenja između grupa toplo dimljenog šarana dimljenog u komori za dimljenje - TDK bez primene filtera i u komori za toplo dimljenje „ATMOS“, pri čemu je manji sadržaj svih 10 PAH jedinjenja detektovan u uzorcima toplo dimljenog šarana dimljenog u komori za toplo dimljenje „ATMOS“ (Tabela 21.). Kada su u pitanju sume PAH jedinjenja, osim u slučaju 1 IARC GRUPA, odnosno BaP i 2A IARC GRUPA, odnosno DhA, takođe je ustanovljena statistički značajna razlika ($p < 0,05$; $p < 0,01$) između te dve grupe u korist primene komore za toplo dimljenje „ATMOS“ (Tabela 22.). Uporedni prikaz koncentracija pojedinačnih 16 PAH i suma PAH jedinjenja toplo dimljenog šarana dimljenog u komori za toplo dimljenje - TDK i u komori za toplo dimljenje „ATMOS“ su prikazani Grafikonima 6. i 7..

Grafikon 6. Uporedni prikaz koncentracija pojedinačnih 16 PAH jedinjenja toplo dimljenog šarana dimljenog u komori za toplo dimljenje - TDK i u komori za toplo dimljenje "ATMOS"



Grafikon 7. Uporedni prikaz koncentracija suma PAH jedinjenja toplo dimljenog šarana dimljenog u komori za toplo dimljenje - TDK i u komori za toplo dimljenje "ATMOS"



Hyldig i Nielsen (2001) u svom preglednom radu o senzornim metodama koje se koriste u evaluaciji mesa ribe, a na osnovu korišćenja različitih instrumentalnih i senzornih metoda, konstatuju da ne postoji univerzalno preporučeni metod. Senzorne karakteristike kao što su izgled, boja, miris, konzistencija i ukus mesa ribe, ocenjuju se ljudskim čulima i upravo se ti parametri koriste za monitoring kvaliteta dimljenih proizvoda mesa riba (Olafsdottir i sar, 2005). Neki autori daju primaran značaj mirisu, kao parametru kvaliteta dimljene ribe (Jónsdóttir i sar, 2008), dok drugi daju prednost teksturi (Hyldig i Nielsen, 2001). Sa druge strane, kada su u pitanju senzorna svojstva, proizvođače najviše zanima mišljenje potrošača, koji prilikom kupovine svoju odluku donose pre svega na osnovu izgleda i boje namirnice, a ukoliko nije zapakovana, i mirisa. Što nikako ne umanjuje značaj ukusa, obzirom da se za ponovno konzumiranje namirnice potrošač pre svega vodi čulom ukusa.

Poređenjem rezultata ocena senzornih karakteristika (izgled, boja, miris, konzistencija i ukus) ustanovljena je statistički značajna razlika svih senzornih karakteristika između pojedinih grupa. S tim u vezi, sva ispitana senzorna svojstva, na nivou značajnosti od 95%, su pokazala statistički značajnu razliku između grupa uzoraka dimljenih u komori za toplo dimljenje - TDK (sa ili bez filtera) i u komori za toplo dimljenje "ATMOS" u odnosu na uzorke dimljene u tradicionalnoj zanatskoj pušnici (Tabela 31.). Ova statistički značajna razlika se objašnjava uslovima u kojima su uzorci dimljeni, odnosno temperaturom dimljenja. U uslovima tradicionalne zanatske pušnice obavlja se hladno dimljenje i da bi se postigla sva ona senzorna svojstva karakteristična za tradicionalne dimljene proizvode neophodne je duže dimljenje što u ovom slučaju nije rađeno. Svi uzorci su dimljeni u trajanju od jednog sata kako bi rezultati PAH jedinjenja mogli da se porede.

Između grupe uzoraka dimljenih u komori za toplo dimljenje (TDKfo, TDKfz, TDKfu i TDKfš) ustanovljena je statistički značajna razlika na nivou značajnosti od 95% i 99% u pogledu izgleda između grupe uzoraka dimljenih sa primenom šljunčanog filtera u odnosu na sve tri preostale grupe. Statistički značajna razlika kada su u pitanju boja i miris ustanovljena na nivou značajnosti od 95% i to samo između grupa uzoraka dimljenih primenom filtera sa zeolitom i šljunkom. Između ispitanih grupa TDKfo,

TDKfz, TDKfu i TDKfš nije ustanovljena nikakva statistički značajna razlika konzistencije uzoraka toplo dimljenog šarana. Ukus je najbolje ocenjen kod uzoraka dimljenog šarana nakon dimljenja u TDK sa primenom zeolita, odnosno aktivnog uglja (Tabela 28.).

Prosečne ocene senzorne analize dimljenog mesa šarana u tradicionalnoj zanatskoj pušnici sa i bez primene filtera se nisu mnogo razlikovale, odnosno statistički značajna razlika ($p < 0,05$) je ustanovljena samo prilikom poređenja ocena boje između uzoraka grupe dimljene primenom filtera sa zeolitom i grupe dimljene primenom šljunčanog filtera (Tabela 29.).

U pregledu literature su predstavljene različite vrednosti temperature koje se podrazumeva pod pojmom toplog dimljenja, od 50 °C, pa sve do 80 °C. Naša istraživanja su, između ostalog, imala za cilj da ispituju uticaj različitih temperatura dimljenja tj. postizanja različitih temperatura u centru proizvoda dimljenjem, na mikrobiološke i senzorne karakteristike dimljenog šarana kako bi se izabrala optimalna temperatura u središnjem delu riba prilikom dimljenja. Za ove potrebe, nakon jednog sata dimljenja na tri različite zadate temperature u centru proizvoda, odnosno pakovanja u vakuum i MAP sa argonom, senzornim i mikrobiološkim ispitivanjima je bilo podvgnuto 6 grupa uzoraka (TDKt1V, TDKt2V, TDKt3V, TDKt1A, TDKt2A, TDKt3A).

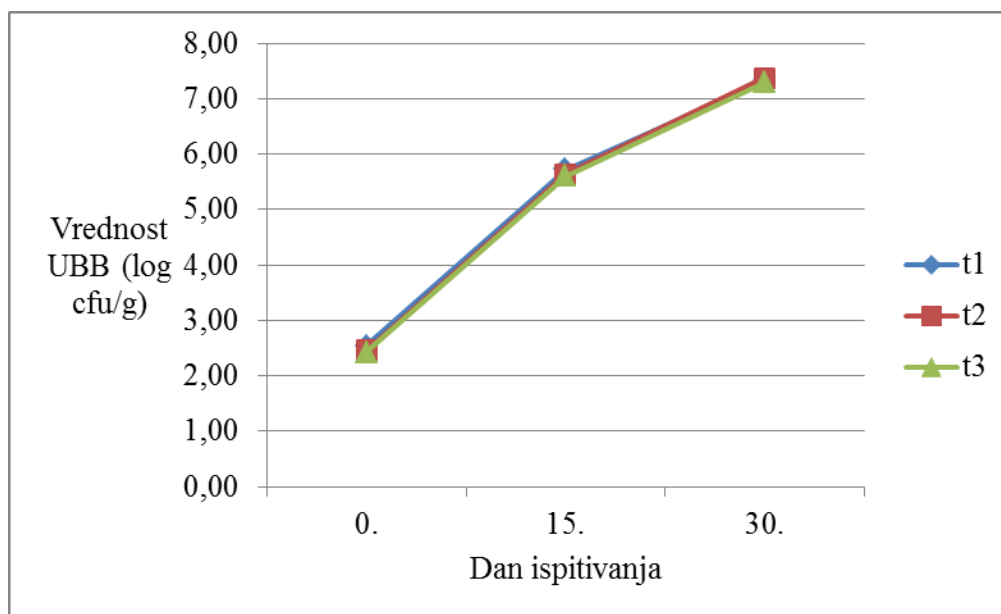
Nakon 15 dana skladištenja uzoraka na temperaturi manjoj od 4 °C u pogledu izgleda, boje i konzistencije između 6 grupa ispitivanja nije ustanovljena statistički značajna razlika. Statistički značajna razlika ($p < 0,05$) je ustanovljena kada su u pitanju miris i ukus. Miris je najbolje ocenjen kod uzoraka toplo dimljenog šarana dimljenog na najvišoj zadatoj temperaturi u centru proizvoda (72 °C) i upakovanog u MAP sa argonom, koji su se statistički značajno razlikovali od sve tri grupe uzoraka upakovanih u vakuum. Kada je ukus u pitanju, statistički značajna razlika je ustanovljena između grupa upakovanih u vakuum i MAP sa argonom, pri čemu nisu utvrđene razlike između prosečnih senzornih ocena između grupa uzoraka unutar istog pakovanja, a različitih temperatura dimljena (Tabela 32.).

Nakon 30 dana skladištenja uzoraka na temperaturi manjoj od 4 °C u pogledu izgleda između 6 grupa ispitivanja nije ustanovljena statistički značajna razlika. Na nivou značajnosti od 95% je utvrđena statistički značajna razlika senzornih svojstava (boje, mirisa i konzistencije) između grupa uzoraka upakovanih u vakuum i MAP sa argonom, pri čemu nisu utvrđene razlike između prosečnih senzornih ocena između grupa uzoraka unutar istog pakovanja, a različitih temperatura dimljena. Kada je u pitanju senzorno svojstvo - boja, utvrđena je statistički značajna razlika na nivou značajnosti od 99% između grupa upakovanih u vakuum i MAP sa argonom, pri čemu nisu utvrđene razlike između prosečnih senzornih ocena između grupa uzoraka unutar istog pakovanja, a različitih temperatura dimljena. Statistički značajna razlika mirisa na nivou značajnosti od 99% je utvrđena samo između grupe toplo dimljenog šarana dimljenog na najvišoj zadatoj temperaturi u centru proizvoda (72 °C) upakovanog u vakuum u odnosu na dve grupe toplo dimljenog šarana upakovanog u MAP sa argonom i dimljenog na zadatoj temperaturi u centru proizvoda od 65 °C, odnosno 72 °C. Statistički značajna razlika konzistencije na nivou značajnosti od 99% utvrđena je između grupe toplo dimljenog šarana dimljenog na najmanjoj zadatoj temperaturi u centru proizvoda (63 °C) upakovanog u vakuum u odnosu na sve tri grupe toplo dimljenog šarana upakovanog u MAP sa argonom (Tabela 33.). Senzorna ocena ukusa nije rađena jer je nastupio kvar.

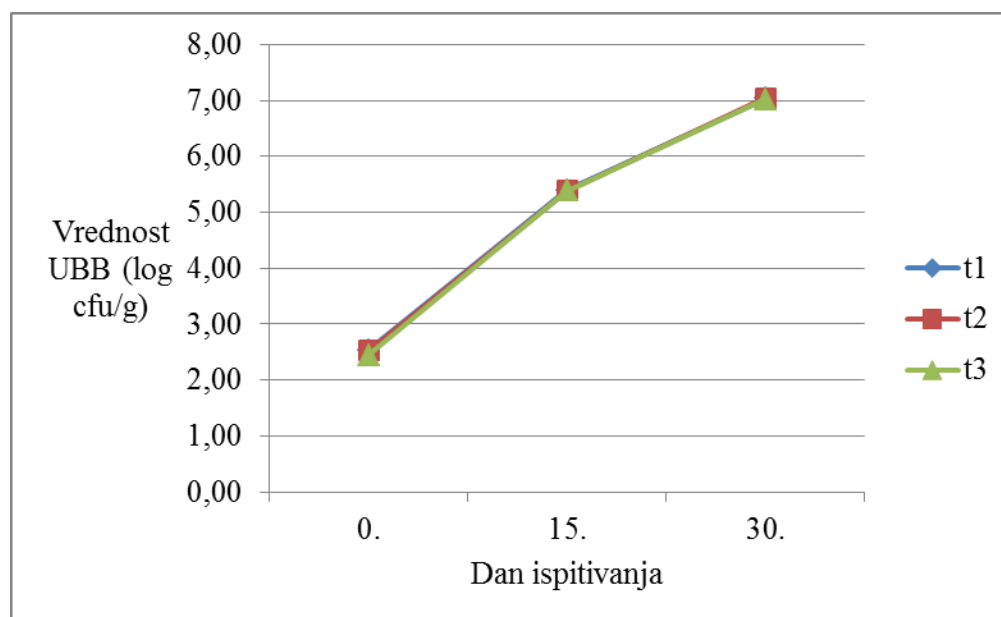
Tokom skladištenja uzoraka na temperaturi manjoj od 4 °C sprovedena su mikrobiološka ispitivanja, prilikom kojih nisu ustanovljene statistički značajne razlike između uzoraka dimljenih na različitim zadatim temperaturama u centru proizvoda unutar istog pakovanja (Tabela 39. i 40.). U svim ispitivanim grupama tokom skladištenja broj *E.coli* i sulfiredukujućih klostridija su bili ispod limita detekcije metodi ($< 10 \log \text{ cfu/g}$). Nalazi ispitivanja ukazuju da svi uzorci zadovoljavaju kriterijume bezbednosti hrane prema „Pravilniku o opštim i posebnim uslovima higijene hrane u bilo kojoj fazi proizvodnje, prerade i prometa“ (Službeni glasnik RS, 72/2010) tačka 1.1. jer u ispitujućim uzorcima nije utvrđeno prisustvo *Listeria monocytogenes* (u 25 g) 0. dana skladištenja, odnosno broj *Listeria monocytogenes* je bio ispod limita detekcije metode ($< 10 \log \text{ cfu/g}$) 15. i 30. dana skladištenja. Odnos vrednosti ukupnog broja bakterija toplo dimljenog šarana dimljenog u komori za toplo dimljenje - TDK na

tri različite zadate temperature u centru proizvoda ($t_1= 63\text{ }^\circ\text{C}$; $t_2= 65\text{ }^\circ\text{C}$; $t_3= 72\text{ }^\circ\text{C}$) upakovanih u vakuum, odnosno u MAP sa argonom su prikazani u sledećim grafikonima (Grafikon 8. i 9.).

Grafikon 8. Odnos vrednosti ukupnog broja bakterija dimljenog mesa šarana dimljenog na tri različite temperature u TDK i upakovanog u vakuum



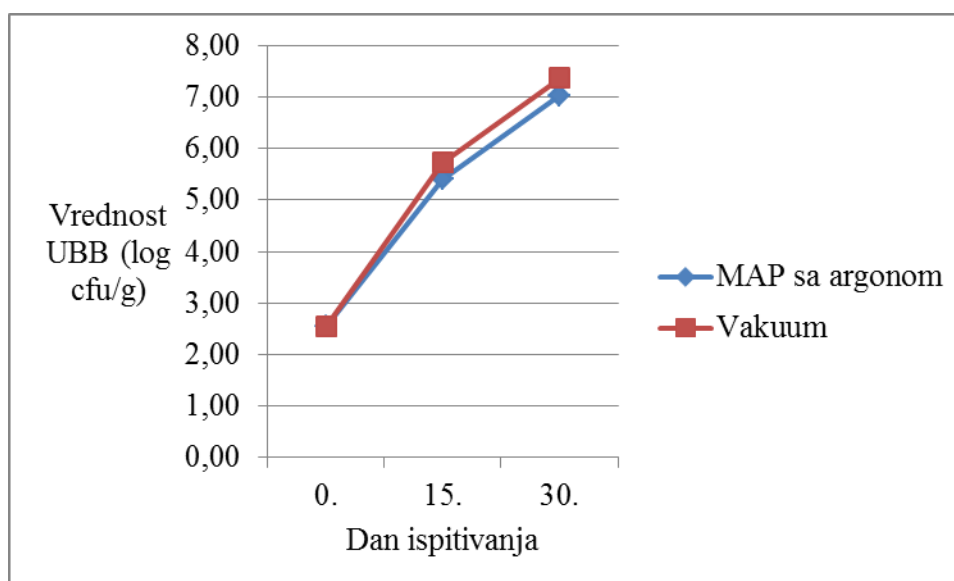
Grafikon 8. Odnos vrednosti ukupnog broja bakterija dimljenog mesa šarana dimljenog na tri različite temperature u TDK i upakovanog u MAP sa argonom



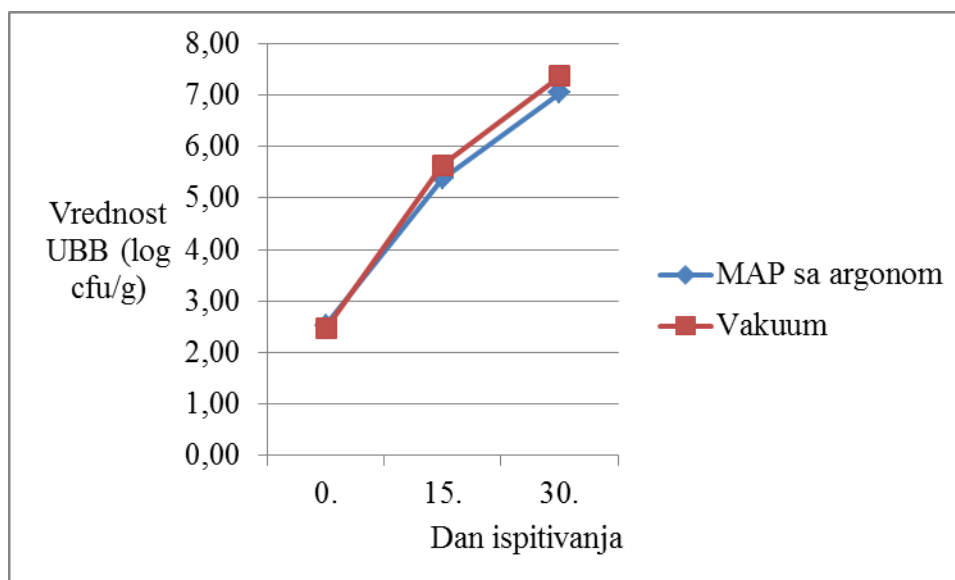
Kako ne postoji statistički značajna razlika senzornih ocena i mikrobiološkog statusa između uzoraka dimljenih u komori za toplo dimljenje – TDK na tri zadate temperature u centru proizvoda i zapakovanih u vakuum, odnosno MAP sa argonom tokom skladištenja, ne postoji ni potreba za većim utorškom energije, materijala i vremena kako bi se postigle temperature više od 63 °C.

Poređenjen vrednosti ukupnog broja bakterija uzoraka toplo dimljenog šarana dimljenih u komori za toplo dimljenje – TDK upakovanih u vakuum sa uzorcima toplo dimljenog šarana dimljenih u komori za toplo dimljenje – TDK upakovanih u MAP sa argonom tokom 45 dana skladištenja (0. dan, 15. dan, 30. dan i 45. dan), ustanovljene su statistički značajne razlike 15. i 30. dana skladištenja ($p < 0,05$; $p < 0,01$) (Tabela 41.). Obzirom da je 30. dana u svim ispitanim uzorcima vrednost ukupnog broja bakterija bila preko 7 log cfu/g, a da se ta vrednost, kako je već spomenuto u „Pregledu literature“, smatra nezadovoljavajućom, planiranog 45. dana nisu rađena ispitivanja. U Grafikonima 9., 10. i 11. su prikazani odnosi UBB između uzoraka dimljenih na istoj zadatoj temperaturi u centru proizvoda, ali upakovanih u vakuum, odnosno u MAP sa argonom tokom 30 dana skladištenja.

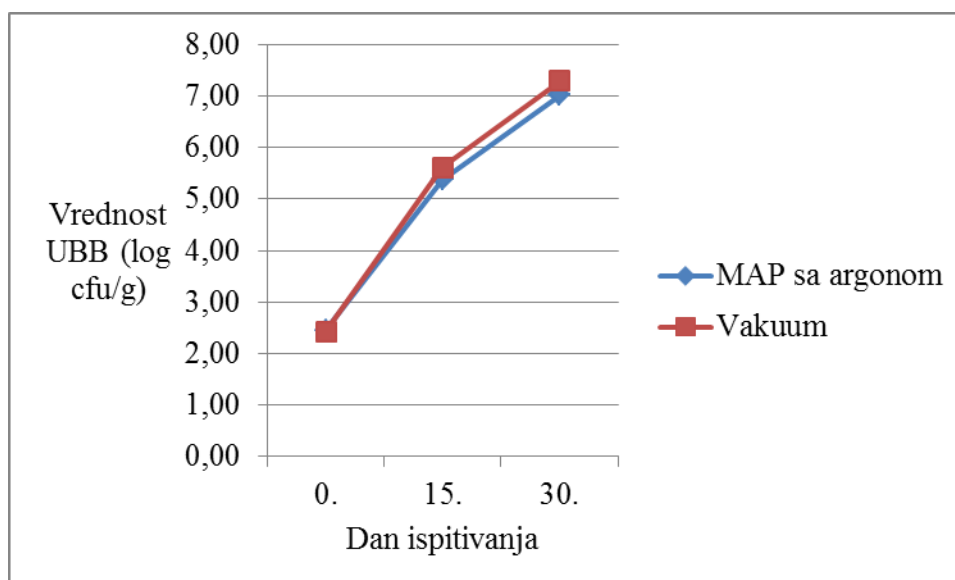
Grafikon 9. Odnos ukupnog broja bakterija toplo dimljenog šarana TDK_{t₁} (t₁= 63 °C) upakovanog u vakuum i MAP sa argonom tokom 30 dana skladištenja



Grafikon 10. Odnos ukupnog broja bakterija toplo dimljenog šarana TDK_{t₂} (t₂= 65 °C) upakovanog u vakuum i MAP sa argonom tokom 30 dana skladištenja



Grafikon 11. Odnos vrednosti ukupnog broja bakterija toplo dimljenog šarana TDK_{t₃} (t₃= 72 °C) upakovanog u vakuum i MAP sa argonom tokom 30 dana skladištenja



S obzirom na to da se prvobitno planirano vreme praćenja mikrobiološkog statusa u trajanju od 45 dana na svakih 15 dana pokazalo kao neodgovarajuće, u uzorcima dimljenim u komori za toplo dimljenje "ATMOS", a potom upakovanih u

vakuum, odnosno MAP sa argonom, mikrobiološki status se pratio tokom 35 dana skladištenja na temperaturi od 4 ± 1 °C, svakih 7 dana.

Antimikrobno dejstvo dima je neosporno, ali je ono pretežno ograničeno na površinu proizvoda, jer koncentracija antimikrobnih komponenti opada prema unutrašnjosti proizvoda, a i vremenom sastojci dima isparavaju (Milly, 2003; Dimitrijević, 2007). Zbog toga se opravavno smatra da dimljenje nije postupak kojim bi se pouzdano mogle inhibisati patogene bakterije (Cornu i sar, 2006). Naprotiv, kao što je u "Pregledu literature" već napomenuto, dim čak indirektno pomaže razmnožavanju sulfitoredukujućih klostridija u dimljenom proizvodu jer otežava prodiranje kiseonika u dublje slojeve proizvoda i time omogućava održavanje anaerobne sredine (Vuković, 2012). Naši rezultati pokazuju da je broj sulfitoredukujućih klostridija u svim uzorcima tokom skladištenja bila ispod limita detekcije (< 10 cfu/g).

Obzirom da je *Listeria monocytogenes* široko rasprostranjena u okruženju i može da opstane u širokom opsegu temperatura, da je otporna prema visokim koncentracijama soli (do 12%) i da ima sposobnost razmnožavanja na temperaturi skladištenja, njen ulaz u postrojenje za preradu se može pojaviti na više načina (Bubonja i sar, 2007; Dimitrijević, 2007; Popović i Đurđević-Milošević, 2008). Uzorci toplo dimljene ribe su prilično često kontaminirani bakterijom *Listeria monocytogenes* (Jemmi i Keusch, 1992). Sporevedena je studija kako bi se analizirala proizvođačka praksa koju koristi škotska industrija dimljenog lososa, a koja direktno utiče na verovatnoću kontaminacije *Listeria monocytogenes* u proizvodima. Rezultati ukazuju na to da većina prerađivača sprovodi odgovarajuće prakse sigurnosti hrane, ali da su potrebna određena poboljšanja kako bi se smanjio rizik od kontaminacije *Listeria* spp. Pedeset šest procenata prerađivača dimljenog lososa (uglavnom velike i srednje veličine) je testiralo svoj proizvod „dimljeni losos“ na *Listeria monocytogenes*, pri čemu je između proizvođača bio širok raspon prevalencije (0 – 12%). Većina proizvođača je retko prekoračila (tj. jednom u nekoliko godina) zakonski limit koji je odredila Evropska unija (> 100 cfu / g ili prisustvo u 25 g) (Rotariu i sar, 2014). Rezultati dobijeni u našoj studiji su u skladu sa rezultatima grupe autora *Da Silva* i sar, (2008) koji u svojoj studiji, koja je obuhvatala mikrobiološku bezbednost i kvalitet dimljenih

fileta soma, nisu detektovali *Listeria monocitogenes*. Učestalost pojave *Listeria* spp. (uključujući i *Listeria monocitogenes*) i *Clostridium botulinum* u uzorcima dimljenih riba i školjki je praćena tokom perioda od 5 godina na području SAD. Tom prilikom, *Listeria monocitogenes* je izolovana u 14% uzoraka. Pri tome, za one uzorke u kojima je bio poznat proces dimljenja, incidenca *Listeria monocitogenes* je bila viša kod hladno dimljenih, nego kod toplo dimljenih proizvoda. Niti u jednom od ispitanih vakuumiranih dimljenih uzoraka nije izolovan *Clostridium botulinum* (Heinitz i Johnson, 1998).

Tokom jednogodišnjeg istraživanja 258 uzoraka dimljenih ribljih proizvoda uzorkovanih iz maloprodajnih objekata Kanade je ispitano na prisustvo *Listeria* spp. Od toga, 142 uzorka su bila toplo dimljena, a 116 uzoraka je hladno dimljeno. Bakterije iz roda *Listeria* su izolovane u 25,4% (36 / 142) uzoraka toplo dimljene ribe. Ukupno kod 43 uzorka je ustanovljeno prisustvo *Listeria* spp, od toga je *Listeria monocitogenes* bila u 27,9% ispitanih uzoraka (Dillon i sar, 1994).

Kester i sar, (2013) su pratili održivost dimljenog bakalara (*Gadus morhua*) tokom 12 dana skladištenja, pri čemu su poredili različite dužine trajanja dimljenja (6h, 6,5 h, 7 h i 7,5 h). Odmah nakon dimljenja, *E.coli* nije detektovana ni kod jedne grupe, kao ni nakon 12 dana skladištenja što je u skladu sa našim rezultatima. Naime, naši rezultati pokazuju da je broj *E.coli* u svim uzorcima tokom skladištenja bio ispod limita detekcije (< 10 cfu/g).

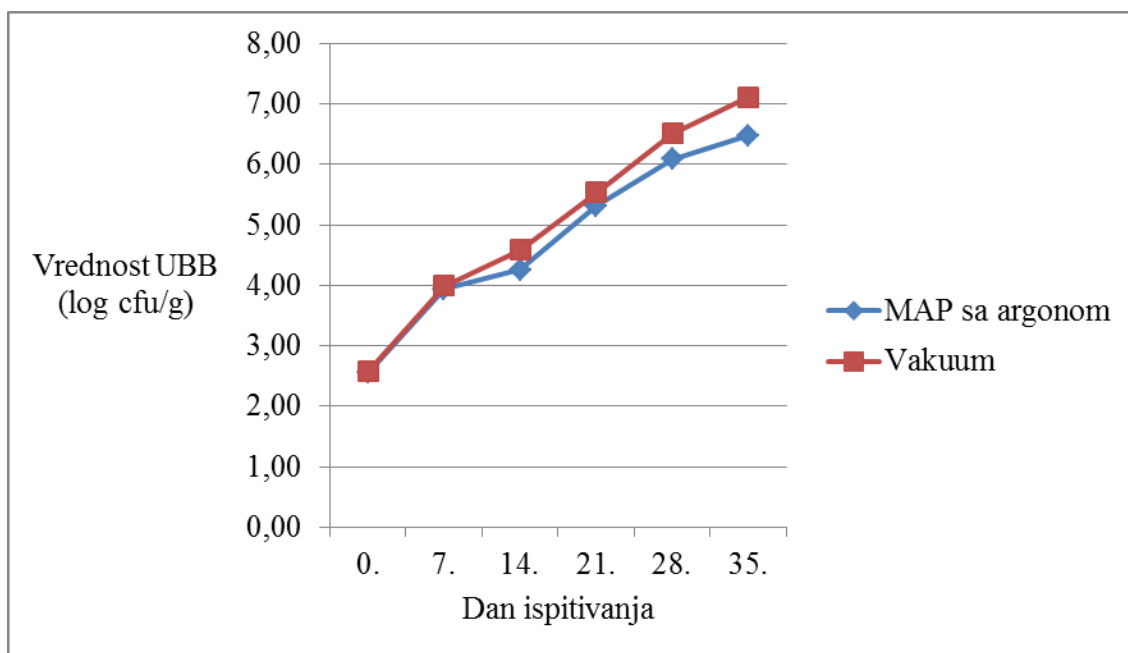
Mikrobiološki status toplo dimljene ribe zavisi od velikog broja faktora. Redovno sprovođenje higijene i redovna kontrola higijene procesa u pogonima za preradu, kao i dobra obučenost radnika dovode do smanjenja vrednosti ukupnog broja bakterija (Dimitrijević, 2007). Ukupan broj bakterija dimljene ribe tokom skladištenja raste (Bilgin i sar, 2008). Hansen i Huss (1998) su u svojim rezultatima izneli statistički značajne razlike nivoa mikrobiološke kontaminacije hladno dimljenog lososa upakovanog u vakuum poreklom sa tri različita mesta dimljenja. Pri čemu ukazuju da su te velike varijacije u UBB posledica sirovine, prerade i ambalaže.

Srednja vrednost ukupnog broja bakterija nakon dimljenja u komori za toplo dimljenje "ATMOS" je iznosila 378 cfu/g, odnosno 2,6 log cfu/g što je nešto viša vrednost nego u rezultatima istraživanja grupe autora *Kolodziejska i sar*, (2002) gde je UBB vrednost kod toplo dimljene skuše bila u proseku od 10 do 240 cfu/g. Održivost toplo dimljene kalifornijske pastrmke zapakovane u vakuum je praćena tokom skladištenja na temperaturi od 2 °C. UBB nakon prve nedelje skladištenja je bio 3,0 log cfu/g (Erkan, 2012). Nakon 7 dana skladištenja UBB u uzorcima toplo dimljenog šarana upakovanih u vakuum je iznosio 3,99 log cfu/g, a upakovanih u MAP sa argonom 3,94 log cfu/g, pri čemu nije uočena statistički značajna razlika. Toplo dimljena skuša skladištena na 8 °C nakon 14 dana je imala vrednost UBB u opsegu od 2,25 do 7,20 log cfu/g (*Kolodziejska i sar*, 2002) što je u skladu sa našim rezultatima koji su se kretali u opsegu od 4,15 do 4,91 log cfu/g u uzorcima upakovanim u vakuum, a u opsegu od 3,95 do 4,48 log cfu/g u uzorcima upakovanim u MAP sa argonom. Takođe, ni nakon 14 dana skladištenja nije uočena statistički značajna razlika vrednosti UBB između uzoraka upakovanih u vakuum i MAP sa argonom. Ispitivanja sprovedena 21. dana skladištenja na temperaturi od 4 ± 1 °C i dalje pokazuju da ne postoji statistički značajna razlika vrednosti UBB između uzoraka upakovanih u vakuum i MAP sa argonom. Tek je 28. dana skladištenja ustanovljena statistički značajna razlika vrednosti UBB između uzoraka upakovanih u vakuum i MAP sa argonom i to na oba nivoa značajnosti ($p < 0,05$; $p < 0,01$). Srednja vrednost UBB uzoraka upakovanih u vakuum je bila 6,51 log cfu/g, a uzoraka upakovanih u MAP sa argonom 6,09 log cfu/g (Tabela 45). Poslednjeg dana skladištenja (35.dan) srednja UBB vrednost uzoraka zapakovanih u vakuum je bila 7,26 log cfu/g, a upakovanih u MAP sa argonom 6,45 log cfu/g. Takođe, i poslednjeg dana ispitivanja je ustanovljena statistički značajna razlika između ispitanih grupa na dva nivoa značajnosti ($p < 0,05$; $p < 0,01$).

Dobijena vrednost UBB u uzorcima toplo dimljenog šarana upakovanih u vakuum nakon 35 dana skladištenja se smatra nezadovoljavajućom, dok se vrednost UBB dobijena u uzorcima toplo dimljenog šarana upakovanih u MAP sa argonom nakon 35 dana skladištenja se smatra prihvatljivom, čime se prednost daje MAP pakovanju.

Odnos srednjih vrednosti uzoraka toplo dimljenog šarana dimljenih u komori za toplo dimljenje "ATMOS" upakovanih u vakuum, odnosno u MAP sa argonom tokom 35 dana skladištenja na temperaturi 4 ± 1 °C je prikazana Grafikonom 12.

Grafikon 12. Odnos vrednosti ukupnog broja bakterija (UBB) dimljenog mesa šarana upakovanog u vakuum pakovanje i MAP sa argonom dimljenog u komori za toplo dimljenje "ATMOS" tokom 35 dana skladištenja



Stolyhwo i Sikorski (2005) u zaključnom delu svog kritičkog pregleda navode da je dimljena riba značajan deo ishrane čoveka zbog, između ostalog, povoljnog masnokiselinskog sastava. Preporučeni odnos polinezasićenih i zasićenih masnih kiselina je iznad 0,4, a kod mesa riba zbog masti bogatih PUFA je i dosta viši (Wood i sar, 2008; Ćirković i sar, 2015). Ovaj odnos kod toplo dimljenog šarana u našoj studiji je svakako u skladu sa preporukama i iznosi čak i preko 1, odnosno kod toplo dimljenog šarana zapakovanog u vakuum srednja vrednost odnosa PUFA i SFA je 1,21, a u MAP sa argonom 1,18. Unutar polinezasićenih masnih kiselina, odnos $\omega 6$ i $\omega 3$ toplo dimljenog šarana je u skladu sa preporukama, odnosno manji je od 4 (Simopoulos, 2002; Scollan i sar, 2006). Ovakvi rezultati idu u prilog tome da bi toplo dimljeni šaran trebalo da bude značajan deo ishrane ljudi u svetu što zbog svojih poželjnih senzorskih

svojstava, što zbog svoje visoke nutritivne vrednosti koja se ogleda u bogatstvu polinezasićenih masnih kiselina.

Jedan od parametara koji se koristi za predviđanje i utvrđivanje stabilnosti hrane jeste parametar aktivnosti vode. Aktivnost vode, odnosno voda koja je dostupna mikroorganizmima, predstavlja značajan faktor održivosti namirnica. Vrednost aktivnosti vode utiče na mogućnost preživljavanja i razmnožavanja mikroorganizama u namirnicama animalnog porekla (Kuzmanović, 2014). Rezultati aktivnosti vode uzoraka toplo dimljenog šarana grupe autora *Duman* i sar, (2007) su bili oko 0,95, dok su te vrednosti u ispitivanjima grupe autora *Dodds* i sar, (1992) kod RTE dimljene ribe (hladno i toplo) bile dosta varijabilne i kretale su se u opsegu od 0,727 do 0,997. S obzirom na to da je optimalna vrednost aktivnosti vode za rast većine mikroorganizama u rasponu od 0,98 do 0,99, a kolika je utvrđena i u uzorcima toplo dimljenog šarana upakovanog u vakuumu i u MAP sa argonom, koji su bili predmet istraživanja u okviru ovog rada, možemo smatrati da su ovi uzorci izuzetno pogodna sredina za rast i razmnožavanje mikroorganizama, odnosno da vrednost aktivnosti vode ne predstavlja ograničavajući faktor za rast mikroorganizama u datim ispitanim uzorcima.

Sudeći po senzornim ocenama panelista toplo dimljene i hladnodimljene ribe, u sklopu studije grupe autora *Bilgin* i sar, (2008) smatra se da su toplo dimljeni proizvodi mesa riba prijemčiviji potrošačima. Mišljenja smo da je ovakav stav prisutan i na našem području jer toplo dimljeni šaran u odnosu na hladno dimljenog (Tabela 28. i 29.) ima izraženiju aromu dima i „više podseća“ ukusom na tradicionalne dimljene proizvode.

O senzornoj analizi uzoraka toplo dimljenog šarana dimljenih u komori za toplo dimljenje- TDK tokom 45 dana skladištenja na temperaturi od 4 ± 1 °C je već bilo reči, a u uzorcima toplo dimljenog šarana dimljenih u komori za toplo dimljenje “ATMOS” senzorna analiza je, iz istog razloga kao i za mikrobiološki status, rađena tokom 35 dana skladištenja na temperaturi od 4 ± 1 °C, svakih 7 dana.

U sklopu naše studije, prva statistički značajna razlika u senzornim svojstvima između dve grupe uzorka toplo dimljenog šarana dimljenog u komori za toplo dimljenje

“ATMOS” i upakovanih u vakuumu, odnosno MAP sa argonom je uočena 28. dana i to po pitanju konzistencije na nivou značajnosti od 95%. Nakon 35 dana skladištenja, ova statistički značajna razlika kada je u pitanju konzistencija je potvrđena i na nivou značajnosti od 99%. Osim konzistencije, statistički značajna razlika ocena panelista između dve ispitivane grupe uzoraka toplo dimljenog šarana je zapažena i kod boje ($\alpha = 95\%$; $\alpha = 99\%$). Važno je napomenuti da su srednje vrednosti senzornih karakteristika u obe grupe poslednjeg dana ispitivanja bile ispod prihvatljivih vrednosti. Nasuprot našim rezultatima, u sklopu svoje studije, Kuzmanović (2014) je pratila senzorne karakteristike hladno dimljene pastrmke upakovane u vakuumu i modifikovanoj atmosferi i nije ustanovila nikakve statistički značajne razlike između uzoraka upakovanih u vakuum i MAP tokom 35 dana skladištenja na temperaturama od 3 °C, odnosno 8 °C. Toplo dimljena skuša u studiji grupe autora Kolodziejska i sar, (2002) nije pokazala statistički značajnu razliku senzornih svojstava tokom dve nedelje skladištenja na 2 °C u odnosu na skladištenja na 8 °C.

Pakovanje ribljih proizvoda u različitim smešama gasova povećava rok upotrebe u poređenju sa onima upakovanih sa vazduhom, ali daje malo ili nikakvo dodatno povećanje roka upotrebe u odnosu na vakuumsko pakovanje (Sivertsvik i sar, 2002). Vakuum pakovani dimljeni losos iz akvakulture na temperaturi frižidera (4 °C) ima rok trajanja od 3 do 6 nedelja (Rorvik i sar, 1991). Toplo dimljeni som je na osnovu senzornih, mikrobioloških i hemijskih ispitivanja pokazao rok trajanja 24 dana na temperaturi frižidera (Yanar, 2007). Bilgin i sar, (2008) su odredili 35 dana kao optimalan rok trajanja toplo dimljene orade, dok je za hladno dimljenu oradu to vreme očekivano kraće i iznosi 21 dan. Rok trajanja toplo dimljene tilapije skladištene na 4 °C iznosi 35 dana (Yanar i sar, 2006), a toplo dimljenog soma 24 dana (Yanar, 2007). Uzimajući u obzir dobijene rezultate kao i preporučeni UBB, rok trajanja toplo dimljene kalifornijske pastrmke u vakuum pakovanju iznosi 4 nedelje (Erkan, 2012).

Rok trajanja fileta dimljenog lososa upakovanog u vakuum je pratila grupa autora Martinez i sar, (2007) tokom 45 dana skladištenja na 4 °C, pri čemu su imali 4 grupe dimljenja na različite načine. Prva i druga grupa su dimljene primenom 2 različita komercijalna dima, treća grupa je dimljena na bukvi, a četvrta na hrastovini. Ustanovili

su da je jedna grupa uzoraka lososa dimljenih sa komercijalnim tečnim dimom imala rok trajanja od 32 dana, dok su ostale grupe imale rok trajanja od 45 dana. Zaključili su da je razlog tome sastav tečnog dima, obzirom da taj komercijalni tečni dim nije imao sve one sastojke koje sadrži tradicionalni dim. Taj dim što je dao kraći rok trajanja je uglavnom sadržao fenole, dok je drugi komercijalni tečni dim sadržao sve komponente tradicionalnog dima što ukazuje na značaj sastava dima kada je u pitanju rok trajanja.

Cakli i sar, (2006) su pratili održivost toplo dimljene pastrmke u vakuum pakovanju, pri čemu su pratili UBB 1., 5., 8., 12., 19., 26., 33., 40., 47. i 54. dana skladištenja na temperaturi od 4 °C. Prvog dana UBB je iznosio 2,6 log cfu/g, 5. dana 2,9 log cfu/g, 8. dana 3,3 log cfu/g, 12. dana 3,8 log cfu/g, 19. dana 4,9 log cfu/g, 26. dana 5,5 log cfu/g, 33. dana 6,6 log cfu/g, 40. dana 7,6 log cfu/g. S obzirom na to da je 40. dana UBB bio iznad preporučenih granica UBB, 47. i 54. dana nije ni rađeno ispitivanje. S tim u vezi, zaključak je bio da je rok trajanja toplo dimljene pastrmke u vakuum pakovanju 33 dana. Uporedo sa praćenjem održivosti toplo dimljene pastrmke u vakuum pakovanju, pratili su i održivost u MAP sa 60% CO₂ i 40% N₂, odnosno MAP sa 50% CO₂ i 50% N₂ i ustanovili da je rok trajanja u MAP sa 50% CO₂ i 50% N₂ 40 dana, a u MAP sa 60% CO₂ i 40% N₂ 47 dana. *Gimenez i sar, 2002* su poredili uticaj 6 različitih kombinacija gasova (10% O₂ + 50% CO₂ + 40% N₂; 10% O₂ + 50% CO₂ + 40% Ar; 20% O₂ + 50% CO₂ + 30% N₂; 20% O₂ + 50% CO₂ + 30% Ar; 30% O₂ + 50% CO₂ + 20% N₂; 30% O₂ + 50% CO₂ + 20% Ar) fileta kalifornijske pastrmke u MAP. Nisu ustanovili nikakvu statistički značajnu razliku između pakovanja sa N₂ ili Ar, a ukupni rezultati su pokazali da je najbolja atmosfera bila je 10% O₂ + 50% CO₂ + 40% N₂ / Ar. MAP sa argonom se i u našim istraživanjima pokazao kao bolje rešenje kada je u pitanju skladištenje toplo dimljenog šarana, obzirom da je ustanovljena statistički značajna razlika vrednosti UBB 28. i 35. dana ispitivanja. Iako je 35. dana vrednost UBB u uzorcima upakovanim u vakuum bila nezadovoljavajuća, a u uzorcima upakovanim u MAP sa argonom bila prihvatljiva (ispod 7 log cfu/g), zbog neprihvatljivih senzornih ocena 35. dana u obe grupe uzoraka, zaključak je da je rok trajanja toplo dimljenog šarana upakovanog u vakuum, odnosno u MAP sa argonom 28 dana, s tim da su tog 28. dana uzorci zapakovani u MAP sa argonom pokazali bolji mikrobiološki status i senzorske karakteristike.

7. ZAKLJUČCI

1. Uzorci mesa riba u toku našeg ogleđa su imali povoljniji sastav proteina (17,04% (Ečka), 17,32% (Kukujevci) i 17,28% (Banatski dvor)) i masti ((7,96% (Ečka), 7,87% (Kukujevci) i 8,13% (Banatski dvor)) nego na drugim ribnjacima u Srbiji što je rezultat dobrog komponovanja kompletnih krmnih smeša.

2. Koncentracija policikličnih aromatičnih ugljovodonika u mesu koje je dimljeno bez filtera i sa primenom filtera statistički značajno se razlikuju.

3. Filteri sa zeolitom i aktivnim ugljem su se izdvojili kao efikasniji u smanjenju koncentracije policikličnih aromatičnih ugljovodonika u odnosu na šljunčani filter. Isti odnos bio je u uslovima dimljenja u komori za toplo dimljenje, kao i u tradicionalnoj zanatskoj pušnici.

4. Filter sa zeolitom se pokazao kao najefikasniji u uslovima dimljenja u komori za toplo dimljenje čijom se primenom dobija finalni proizvod sa najmanjom koncentracijom PAH jedinjenja. Utvrđena je statistički značajna razlika ($p < 0,05$) sadržaja sume 16 PAH jedinjenja između uzoraka dimljenih u komori za toplo dimljenje korišćenjem filtera sa zeolitom u odnosu na filter sa aktivnim ugljem.

5. Filter sa zeolitom se pokazao kao efikasniji u odnosu na aktivni ugalj, obzirom da je utvrđena i statistički značajna razlika sadržaja fluorena, antracena i pirena.

6. Osim u uzorcima koji su dimljeni u tradicionalnoj zanatskoj pušnici bez primene filtera, BaP (predstavnik 1. grupe karcinogenih jedinjenja) je bio ispod limita detekcije.

7. Industrijska proizvodnja dimljenog šarana je bezbednija u odnosu na tradicionalnu proizvodnju.

8. Odnos proteina i masti mesa toplo dimljenog šarana veoma je povoljan za ishranu ljudi.

9. U uzorcima mesa toplo dimljenog šarana je utvrđen povoljan masnokiselinski sastav. Odnos polinezasićenih i zasićenih masnih kiselina je bio čak i preko 1, što je u skladu sa preporukama Svetske zdravstvene organizacije. Odnos $\omega 6$ i $\omega 3$ polinezasićenih masnih kiselina je takođe u skladu sa preporukama Svetske zdravstvene organizacije.

10. Najniža temperatura u procesu dimljenja od 63 °C pokazala se kao dovoljnom temperaturom sa aspekta mikrobiološke ispravnosti i senzornih svojstava.

11. Ukupan broj bakterija u uzorcima toplo dimljenog šarana je rastao tokom skladištenja. Petnaestog dana skladištenja je utvrđena statistički značajna razlika u korist pakovanja u modifikovanoj atmosferi sa argonom na vakuum pakovanje (komora za toplo dimljenje). Takođe je i utvrđena statistički značajna razlika senzornih svojstava između ove dve grupe tridesetog dana skladištenja.

12. U uzorcima dimljenim u „ATMOS“ je dvadesetiprvog dana ustanovljena statistički značajna razlika ukupnog broja bakterija, takođe u korist pakovanja u modifikovanoj atmosferi sa argonom, dok je razlika senzornih svojstava utvrđena dvadesetosmog dana.

13. Aktivnost vode u ispitivanim uzorcima ne predstavlja ograničavajući faktor za rast mikroorganizama. Ovi rezultati pokazuju da je neophodno ovako obrađeno meso šarana držati na temperaturi ispod 4 °C.

14. Na osnovu svih rezultata ispitivanja uticaja temperature i načina pakovanja, možemo zaključiti da temperature u centru proizvoda ispitane u ovoj studiji ($t_1= 63\text{ }^{\circ}\text{C}$; $t_2= 65\text{ }^{\circ}\text{C}$; $t_3= 72\text{ }^{\circ}\text{C}$) nemaju uticaj na održivost proizvoda, dok pakovanje, iako ne utiče na rok trajanja, utiče na senzorna svojstva i mikrobiološki status proizvoda, pa se prednost daje pakovanju u modifikovanoj atmosferi sa argonom u odnosu na vakuum pakovanje.

15. Dimljenje mesa šarana u industrijskoj i zanatskoj proizvodnji primenom filtera daje proizvod bezbedan po zdravlja potrošača.

8. LITERATURA

1. Aba, I. P., Ifannyi, N. (2013). Effects of smoke-drying temperatures and time on physical and nutritional quality parameters of Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *International journal of Fisheries and Aquaculture*, 5(3), 29-34.
2. Abdel-Shafy, H. I., Mansour, M. S. M. (2016). A review on polycyclic aromatic hydrocarbons: Source, environmental impact, effect on human health and remediation. *Egyptian Journal of Petroleum* 25 (1), 107-123.
3. Aćamović, N., Kljajić, R. (2003). Razvoj sistema analize opasnosti i kritične kontrolne tačke (HACCP) u proizvodnji hrane. Monografija, Naučni institut za veterinarstvo, Novi Sad.
4. Adelaja, O. A., Olaoye, O. J., Ikenweiwe, N. B., Ashley-Dejo, S. S. (2013). Comparison of microbial load associated with smoked fish (*Chrysichthys nigrodigitatus*) from Oyan Lake and Ogun Waterside in Ogun State, Nigeria. *Global J. Sci. Frontier Res. Agri. and Vet*, 13(8), 34-39.
5. Adeyeye, S. A. O., Oyewole, O. B., Obadina, A. O., Omemu, A. M., Adeniran, O. E., Oyedele, H. A., Abayomi, S. O. (2015). Quality and safety assessment of traditional smoked fish from Lagos State, Nigeria. *International Journal of Aquaculture*, 5.
6. Akintola, S. L., Brown, A., Bakare, A., Osowo, O. D., Omolola, B. (2013). Effects of hot smoking and sun drying processes on nutritional composition of giant tiger shrimp (*Penaeus monodon*, Fabricius, 1798). *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 63(4), 227-237.
7. Akpambang, V. O. E., Purcaro, G., Lajide, L., Amoo, I. A., Conte, L. S., Moret, S. (2009). Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in commonly consumed Nigerian smoked/grilled fish and meat. *Food additives and contaminants*, 26(7), 1096-1103.

8. Al Ghabshi, A., Al-Khadhuri, H., Al-Aboudi, N., Al-Gharabi, S., Al-Khatiri, A., Al-Mazrooei, N., Sudheesh, P. S. (2012). Effect of the freshness of starting material on the final product quality of dried salted shark. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 4(2), 60-63.
9. Alebić, I. J. (2008). Prehrambene smjernice i osobitosti osnovnih skupina namirnica. *MEDICUS* 17 (1). 37 – 46.
10. Alomirah, H., Al-Zenki, S., Al-Hooti, S., Zaghoul, S., Sawaya, W., Ahmed, N., Kannan, K. (2011). Concentrations and dietary exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) from grilled and smoked foods. *Food control*, 22(12), 2028-2035.
11. Alomirah, H., Al-Zenki, S., Husain, A., Sawaya, W., Ahmed, N., Gevao, B., Kannan, K. (2010). Benzo [a] pyrene and total polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) levels in vegetable oils and fats do not reflect the occurrence of the eight genotoxic PAHs. *Food Additives and Contaminants*, 27(6), 869-878.
12. Anggraini, S. P., Yuniningsih, S. (2013). Liquid Smoke Purification Process for Benzo (A) Pyrene Levels Lowering. *J. Agric. Food. Tech*, 3(12), 1-4.
13. Arvanitoyannis, I. S., Kotsanopoulos, K. V. (2012). Smoking of fish and seafood: history, methods and effects on physical, nutritional and microbiological properties. *Food and Bioprocess Technology*, 5(3), 831-853.
14. Babić, J. (2013). Usporedno ispitivanje odabranih parametara kvaliteta u toku skladištenja odrezaka šarana pakovanih u vakuumu i modifikovanoj atmosferi. Doktorska disertacija. Univerzitet u Beogradu. Fakultet veterinarske medicine.
15. Balon, E. K. (1995). The common carp, *Cyprinus carpio*: its wild origin, domestication in aquaculture, and selection as colored nishikigoi. (Balon, 1995) *Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg*
16. Balon, E.K. (2004). About the oldest domesticates among fishes. *Journal of Fish Biology* 65, S1–S27
17. Baltić, M., Kilibarda, N., Dimitrijević, M. (2009a). Činioci od značaja za održivost ribe i odabranih proizvoda od ribe u prometu. *Tehnologija mesa* 50 (1-2), 166-176.

18. Baltić, M., Kilibarda, N., Dimitrijević, M., Karabasil, N. (2015). Fish - importance and consumption. Conference proceedings - IV International Conference „Fishery“, 280-287.
19. Baltić, M., Kilibarda, N., Teodorović, V., Dimitrijević, M., Karabasil, N., Dokmanović, M. (2009b). Potencijalne biološke opasnosti od značaja za HACCP planove u procesu obrade sveže ribe, *Vet. glasnik* 63 (3-4). 201 – 213.
20. Baltić, M., Teodorović, V. (1997). Higijena mesa riba, rakova i školjki, Veterinarski fakultet, Beograd.
21. Baltić, Ž., M, Nedić, D., Dragičević, O. (2003). Meso i zdravlje ljudi, *Veterinarski žurnal Republike Srpske*, 3, 3-4, 131-138.
22. Bandosz, T. J. (2006). Activated carbon surfaces in environmental remediation (Vol. 7). Elsevier.
23. Bansal, V., Kim, K. H. (2015). Review of PAH contamination in food products and their health hazards. *Environment international*, 84, 26-38.
24. Banwart, G. (2012). Basic food microbiology. Springer Science & Business Media.
25. Basak, S., Karakoç, F. T. (2010). The detection of potential carcinogenic PAH using HPLC procedure in two different smoked fish, case study: Istanbul/Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 10(3).
26. BATUT (2006): Registar za rak, organizacija i metodologija rada, Institut za javno zdravlje Srbije.
27. Bauer, C., Schlott, G. (2009). Fillet yield and fat content in common carp (*Cyprinus carpio*) produced in three Austrian carp farms with different culture methodologies. *Journal of Applied Ichthyology*, 25(5), 591-594.
28. Beyer, J., Jonsson, G., Porte, C., Krahn, M. M., Ariese, F. (2010). Analytical methods for determining metabolites of polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) pollutants in fish bile: a review. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 30(3), 224-244.
29. Bhatia, S. (1989). Zeolite catalysts: principles and applications. CRC press.
30. Bhatnagar, A., Sillanpää, M. (2010). Utilization of agro-industrial and municipal waste materials as potential adsorbents for water treatment—a review. *Chemical Engineering Journal*, 157(2), 277-296.

31. Bieniarz, K., Koldras, M., Kamiński, J., Mejza, T. (2001). Fatty acids, fat and cholesterol in some lines of carp (*Cyprinus carpio* L.) in Poland. *Archives of Polish Fisheries*, 9(1), 5-24.
32. Bilgin, Ş., Ünlüsayın, M., Izci, L., Günlü, A. (2008). The determination of the shelf life and some nutritional components of gilthead seabream (*Sparus aurata* L., 1758) after cold and hot smoking. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 32(1), 49-56.
33. Bingham, S.A. (2000). Diet and colorectal cancer prevention. *Biochem Soc Trans.* 28, 12–16.
34. Bishnoi, N. R., Mehta, U., Pandit, G. G. (2006). Quantification of polycyclic aromatic hydrocarbons in fruits and vegetables using high performance liquid chromatography. *Indian J. Chem. Technol.* 13 (1), 30.
35. Björseth, A., Lunde, G., Lindskog, A. (1979). Long-range transport of polycyclic aromatic hydrocarbons. *Atmospheric Environment* (1967), 13(1), 45-53.
36. Borgese, E. (1977). *Seafarm: The Story of Aquaculture*. Harry N. Abrams, Inc., New York
37. Bošković, M. (2016). Ispitivanje uticaja odabranih etarskih ulja na rast *Salmonella* spp. u mesu svinja pakovanog u vakuum i modifikovanu atmosferu. Doktorska disertacija. Univerzitet u Beogradu. Fakultet veterinarske medicine.
38. Bostock, J., Murray, F., Muir, J., Telfer, T., Lane, A., Papanikos, N., Papegeorgiou, P., Alday-Sanz, V. (2009). European aquaculture competitiveness: limitations and possible strategies. Directorate general for internal policies policy department B: structural and cohesion policies, 142.
39. Bostock, J., McAndrew, B., Richards, R.K., Jauncey, T., Telfer, K., Lorenzen, D., Little, L., Ross, N., Handisyde, I., Corner, R. (2010). Aquaculture: global status and trends. *Philosophical Transactions of Royal Society B: Biological Sciences* 365. 2897–2912.
40. Brown, C. (2015). Fish intelligence, sentience and ethics. *Animal cognition*, 18(1), 1-17.
41. Bubonja, M., Vučković, D., Rubeša-Mihaljević, R., Abram, M. (2007). Činitelji bakterije i domaćina u patogenezi listerioze. *Medicina* 43,15-20

42. Buchtová, H., Svobodová, Z., Kocour, M., & Velišek, J. (2011). Chemical composition of filets of mirror crossbreds common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Acta Veterinaria Brno*, 79(4), 551-557.
43. Buchtova, H., Svobodova, Z., Křížek, M., Vacha, F., Kocour, M., Velišek, J. (2007). Fatty acid composition in intramuscular lipids of experimental scaly crossbreds in 3-year-old common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Acta Veterinaria Brno*, 76(8), 73-81
44. Bud, I., Ladosi, D., St, R., Negrea, O. (2008). Study concerning chemical composition of fish meat depending on the considered fish species. *Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies*, 41(2), 201-206.
45. Cakli, S., Kilinc, B., Dincer, T., Tolasa, S. (2006). Comparison of the shelf lifes of map and vacuum packaged hot smoked rainbow trout (*Onchoryncus mykiss*). *European Food Research and Technology*, 224(1), 19-26.
46. Calder, P. C. (2001). Polyunsaturated fatty acids, inflammation and immunity. *Lipids*, 36, 1007-1024.
47. Čanak, S. (2012). Ekonomski efekti izgradnje i eksploatacije šaranskih ribnjaka u Srbiji. Doktorska disertacija. Univerzitet u Beogradu–Poljoprivredni fakultet
48. Cardinal, M., Cornet, J., Serot, T., Baron, R. (2006). Effects of the smoking process on odour characteristics of smoked herring (*Clupea harengus*) and relationships with phenolic compound content. *Food Chemistry*, 96(1), 137-146.
49. Cardinal, M., Knockaert, C., Torrissen, O., Sigurgisladottir, S., Mørkøre, T., Thomassen, M., Vallet, J. L. (2001). Relation of smoking parameters to the yield, colour and sensory quality of smoked Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Food Research International*, 34(6), 537-550.
50. Çelik, M., Diler, A., Küçükgülmez, A. (2005). A comparison of the proximate compositions and fatty acid profiles of zander (*Sander lucioperca*) from two different regions and climatic conditions. *Food chemistry*, 92(4), 637-641.
51. CFS (2014). Microbiological Guidelines for Food (For ready-to-eat food in general and specific food items). the Centre for Food Safety, Food and Environmental Hygiene Department. http://www.cfs.gov.hk/english/food_leg/files/food_leg_Microbiological_Guidelines_for_Food_e.pdf

52. Chen, B. H., Chen, Y. C. (2001). Formation of polycyclic aromatic hydrocarbons in the smoke from heated model lipids and food lipids. *Journal of agricultural and food chemistry*, 49(11), 5238-5243.
53. Chen, J. H., Ren, Y., Seow, J., Liu, T., Bang, W. S., Yuk, H. G. (2012). Intervention technologies for ensuring microbiological safety of meat: current and future trends. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 11(2), 119-132.
54. Chen, Y. C., Nguyen, J., Semmens, K., Beamer, S., Jaczynski, J. (2006). Enhancement of Omega-3 Fatty Acid Content in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Fillets. *Journal of food science*, 71(7).
55. Chen, Y. C., Nguyen, J., Semmens, K., Beamer, S., Jaczynski, J. (2008). Chemical changes in omega-3-enhanced farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets during abusive-temperature storage. *Food Control*, 19(6), 599-608.
56. Cheng, J. H., Sun, D. W., Zeng, X. A., Liu, D. (2015). Recent advances in methods and techniques for freshness quality determination and evaluation of fish and fish fillets: A review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 55(7), 1012-1225.
57. Chingombe, P., Saha, B., Wakeman, R. J. (2006). Sorption of atrazine on conventional and surface modified activated carbons. *Journal of colloid and interface science*, 302(2), 408-416.
58. Chiu, C. P., Lin, Y. S., Chen, B. H. (1997). Comparison of GC-MS and HPLC for overcoming matrix interferences in the analysis of PAHs in smoked food. *Chromatographia*, 44(9), 497-504.
59. Cho, H. K., Shin, H. S. (2012). Analysis of benzo [a] pyrene content from smoked food products in Korea. *Food Science and Biotechnology*, 21(4), 1095-1100.
60. Choubert, G., Brisbarre, F., Parfouru, D., Baccaunaud, M. (2008). Argon Modified Atmosphere Packaging for Fillets of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Fed Astaxanthin or Canthaxanthin, *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 17 (2).

61. Ćirić, M. (2013). Uticaj različitih tipova dodatne hrane u poluintenzivnoj proizvodnji mlađi šarana (*Cyprinus carpio*) na strukturu i dinamiku ribnjačkog ekosistema. Doktorska disertacija. Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet
62. Ćirković, M., Jovanović, B., Maletin, S. (2002). Ribarstvo, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
63. Ćirković, M., Ljubojević, D., Đorđević, V., Novakov, N., Petronijević, R., Matekalo-Sverak, V., Trbović, D. (2012). The breed effect on productivity and meat nutrient composition of fish. *Kafkas universitesi veteriner fakultesi dergisi*, 18(5), 775-780.
64. Ćirković, M., Ljubojević, D., Novakov, N., Đorđević, V. (2015). Gajenje i kvalitet mesa šaranskih riba, monografija, Naučni institut za veterinarstvo „Novi Sad“, Novi Sad
65. Claudia, R. C., Francisco, J. C. (2010). Effect of an argon-containing packaging atmosphere on the quality of fresh pork sausages during refrigerated storage. *Food Control*, 21(10), 1331-1337.
66. Codex Alimentarius (2007). CAC/GI 61 Guidelines on the application of general principles of food hygiene to the control of *Listeria monocytogenes* in foods.
67. Colakoglu, F. A., Ormanci, H. B., Cakir, F. (2011). Effect of marination and smoking on lipid and fatty acid composition of thornback ray (*Raja clavata*) and spiny dog fish (*Squalis acanthias*). *Eur. Food Res. Technol.* 232, 1069–1075.
68. Cornu, M., Beaufort, A., Rudelle, S., Laloux, L., Bergis, H., Miconnet, N., Delignette-Muller, M. L. (2006). Effect of temperature, water-phase salt and phenolic contents on *Listeria monocytogenes* growth rates on cold-smoked salmon and evaluation of secondary models. *International Journal of Food Microbiology*, 106(2), 159-168.
69. Cutter, C. N. (2002). Microbial control by packaging: a review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 42(2), 151-161.
70. Cvrtila, Ž., Kozačinski, L. (2006). Kemijski sastav mesa riba. *MESO: prvi hrvatski časopis o mesu*, 8(6), 365-370.
71. Da Silva, L. V. A. (2002). Hazard analysis critical control point (HACCP), microbial safety, and shelf life of smoked blue catfish (*Ictalurus furcatus*).

- Master thesis. Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College
72. Da Silva, L. V. A., Prinyawiwatkul, W., King, J. M., No, H. K., Bankston, J. D., & Ge, B. (2008). Effect of preservatives on microbial safety and quality of smoked blue catfish (*Ictalurus furcatus*) steaks during room-temperature storage. *Food microbiology*, 25(8), 958-963.
73. De Hoffmann, E., Stroobant, V. (2007). *Mass spectrometry: principles and applications*. John Wiley & Sons.
74. Dhananjayan, V., Muralidharan, S. (2012). Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Various Species of Fishes from Mumbai Harbour, India, and Their Dietary Intake Concentration to Human. *International Journal of Oceanography* 2012, 6 pages
75. Dillon, R., Patel, T., Ratnam, S. (1992). Prevalence of *Listeria* in smoked fish. *Journal of Food Protection*, 55(11), 866-870.
76. Dillon, R., Patel, T., Ratnam, S. (1994). Occurrence of *Listeria* in hot and cold smoked seafood products. *International journal of food microbiology*, 22(1), 73-77.
77. Dimitrijević M (2007): Ispitivanje puteva kontaminacije i preživljavanja različitih sojeva *Listeria monocytogenes* u dimljenom mesu riba. Doktorska disertacija, Fakultet veterinarske medicine, Univerzitet u Beogradu
78. Đinović, J (2008). Hemodinamika policikličnih aromatičnih ugljovodonika u dimljenim proizvodima od mesa. Doktorska disertacija. Hemijski fakultet. Univerzitet u Beogradu.
79. Đinović, J., Popović, A., Wolfganag, J. (2008). Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in different types of smoked meat products from Serbia, *Meat Science* 80: 449-456
80. Đinović, J., Trbović, D., Vranić, D., Janković, S., Spirić, D., Radičević, T., Spirić, A. (2010). Stanje ekosistema, kvalitet i bezbednost mesa šarana (*Cyprinus carpio*) iz akvakulture u toku uzgoja. *Tehnologija mesa* 51(2), 124-132.

81. Dodds, K.L., Brodsky, M.H., Warburton, D.W. (1992). A retail survey of smoked ready to eat fish to determine their microbiological quality. *Journal of Food Protection*, 55, 239-247.
82. Dojčinović S (2009): Uticaj zamrzavanja na odabrane parametre hladno-dimljenog šarana, Magistarski rad, Fakultet veterinarske medicine, Univerzitet u Beogradu
83. Domingo, J., Nadal, M. (2015). Human dietary exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons: A review of the scientific literature. *Food and Chemical Toxicology* 86: 144-153
84. Đorđević, V., Baltić, M., Kilibarda, N., Mitrović, R., Karabasil, N. (2006). Evaluation of trout freshness using torymeter. *Tehnologija mesa*, 47(1-2), 45-52.
85. Duedahl-Olesen, L. (2013). Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in foods. In *Persistent Organic Pollutants and Toxic Metals in Foods* (pp. 308-333).
86. Duedahl-Olesen, L., White, S., Binderup, M. L. (2006). Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in Danish smoked fish and meat products. *Polycyclic Aromatic Compounds*, 26(3), 163-184.
87. Đukić, A. (2015). Adsorpcija jona teških metala iz vodenih rastvora na kompozitu montmorionit/kaolinit glinatitan(IV)oksid. PhD thesis. Fakultet za fizički hemiju. Univerzitet u Beogradu.
88. Duman, M., Patir, B., Duman, E., Ilhak, O.I. (2007). The Effects of Salt and Storage Temperature on microbiological Changes in Hot-Smoked Mirror Carp (*Cyprinus carpio* L.), *Pakistan Journal of Biological Sciences* 10 (17), 3002-3005.
89. Dunn, B.P., Fee, J. (2008). Polycyclic aromatic hydrocarbon carcinogens in commercial meat. *J. Fish. Res. Board Can.* 36, 1469–1476
90. EC 1327/2014, Commission regulation (EU) No 1327/2014 of 12 December 2014 amending Regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in traditionally smoked meat and meat products and traditionally smoked fish and fishery products. *Official Journal of the European Union* L 358/13

91. EC 1881/2006, Commission regulation (EU) No 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. Official Journal of the European Union L 364
92. EC 1935/2004, Commission regulation (EU) No 1935/2011 of 27 October 2004 on materials and articles intended to come into contact with food and repealing Directives 80/590/EEC and 89/109/EEC. Official Journal of the European Union L 338/4
93. EC 450/2009, Commission regulation (EC) No 450/2009 of 29 May 2009 on active and intelligent materials and articles intended to come into contact with food. Official Journal of the European Union L 135/3
94. EC 835/2011, Commission regulation (EU) No 835/2011 of 19 August 2011 amending Regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels for polycyclic aromatic hydrocarbons in foodstuffs. Official Journal of the European Union L 215/4
95. EC, 333/2007, Commission Regulation (EU) 333/2007 of 28 March 2007 laying down the methods of sampling and analysis for the official control of the levels of lead, cadmium, mercury, inorganic tin, 3-MCPD and benzo(a)pyrene in foodstuffs Text with EEA relevance, Official Journal of the European Union L 88/29 (2007)
96. EC, 836/2011, Commission Regulation (EU) 836/2011 of 19 August 2011 amending Regulation (EC) No 333/2007 laying down the methods of sampling and analysis for the official control of the levels of lead, cadmium, mercury, inorganic tin, 3-MCPD and benzo(a)pyrene in foodstuffs Text with EEA relevance, O. J. EU L 215/9 (2011) 9–16.
97. EFSA (2009). SCIENTIFIC OPINION Labelling reference intake values for n-3 and n-6 polyunsaturated fatty acids Scientific Opinion of the Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies on a request from the Commission related to labelling reference intake values for n-3 and n-6 polyunsaturated fatty acids. The EFSA Journal 1176, 1-11
98. EFSA, (2008). Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Food. Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain. The EFSA Journal 724, 1-114.

99. EPIC (2004). European Prospective Investigation on Cancer, Food Content of Potential Carcinogens (Barcelona: Instituto Catalán de Oncología).
100. Erbay, Z., Koca, N. (2013). Kinetics of Total Phenolic Content and Total Color Difference During Liquid Smoking of Kashar Cheese. *International journal of food properties*, 16(4), 852-866.
101. Erkan, N. (2012). The effect of thyme and garlic oil on the preservation of vacuum-packaged hot smoked rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Food and Bioprocess Technology*, 5(4), 1246-1254.
102. Eroglu, N., Emekci, M., Athanassiou, C. (2017). Applications of natural zeolites on agriculture and food production. *Journal of the Science of Food and Agriculture*.
103. Espe, M., Kiessling, A., Lunestad, B. T., Torrissen, O. J., Rørå, A. M. B. (2004). Quality of cold smoked salmon collected in one French hypermarket during a period of 1 year. *LWT-Food Science and Technology*, 37(6), 627-638.
104. Espe, M., Kiessling, A., Lunestad, B. T., Torrissen, O. J., Rørå, A. M. B. (2004). Quality of cold smoked salmon collected in one French hypermarket during a period of 1 year. *LWT-Food Science and Technology*, 37(6), 627-638.
105. Espin, J.S.M. (2017). Mechanistic and kinetic investigations on the role of methanol and dimethyl ether in the Methanol-To-Hydrocarbons reaction. PhD thesis. Department of Chemistry. Faculty of Mathematics and Natural Sciences, University of Oslo
106. Essumang, D. K., Dodoo, D. K., Adjei, J. K. (2012). Polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) contamination in smoke-cured fish products. *Journal of Food Composition and Analysis*, 27(2), 128-138.
107. Essumang, D.K., Dodoo, D.K. Adjei, J.K. (2013). Effect of smoke generation sources and smoke curing duration on the levels of polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) in different suites of fish. *Food Chem.Toxicol.* 58, 86-94.
108. Essumang, D.K., Dodoo, D.K., Adjei, J.K. (2014): Effective reduction of PAH contamination in smoke cured fish products using charcoal filters in a modified traditional kiln, *Food Control*, 35 (1), 85-93

109. FAO & WHO (2006). JOINT FAO/WHO EXPERT CONSULTATION ON Development of Practical Risk Management Strategies based on Microbiological Risk Assessment Outputs Kiel, Germany, 3-7 April 2006 Case Study: *Listeria monocytogenes* in Smoked Fish "Development of Risk Management Metrics for Food Safety" Prepared by Working Group members.
110. FAO & WHO (2008). Interim Summary of Conclusions and Dietary Recommendations on Total Fat & Fatty Acids. From the Joint FAO/WHO Expert Consultation on Fats and Fatty Acids in Human Nutrition, 10-14 November, 2008, WHO, Geneva
111. FAO & WHO (2012). Prevention and reduction of food and feed contamination. Reduction of Contamination of Food with Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH) from Smoking and Direct Drying Processes (CAC/RCP 68-2009). World Health Organization & Food and Agriculture Organization of the United Nations.
112. FAO (2001). Hot Smoking of fish, By A. McK. Bannerman, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Torry research station, Torry advisory note No. 82 (revised), FAO in partnership with Support unit for International Fisheries and Aquatic Research, SIFAR.
113. FAO (2011). Demand and supply of aquafeed and feed ingredients for farmed fish and crustaceans: trends and future prospects. FAO Fisheries and aquaculture technical paper. ISBN 978-92-5-106933-2
114. FAO (2016). The State of World Fisheries and Aquaculture 2016. Contributing to food security and nutrition for all. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.
115. Farber, J. M. (1991). Microbiological aspects of modified-atmosphere packaging technology-a review. *Journal of Food Protection*, 54(1), 58-70.
116. Farhadian, A., Jinap, S., Hanifah, H.N., Zaidul, I.S. (2011). Effects of meat preheating and wrapping on the levels of polycyclic aromatic hydrocarbons in charcoal-grilled meat. *Food Chemistry* 124, 141–146.
117. Feiner, G. (2006). Meat products handbook, Practical science and technology. CRC Press, Boca Raton, Boston, New York, Washington, DC, USA.

118. Feiner, G. (2006). Meat products handbook, Practical science and technology. CRC Press, Boca Raton, Boston, New York, Washington, DC, USA
119. Ferrarese, E., Andreottola, G., Oprea, I. A. (2008). Remediation of PAH-contaminated sediments by chemical oxidation. *Journal of Hazardous Materials*, 152(1), 128-139.
120. Flick, G. (2010). Smoked Fish Part III. Smoking, Storage, Microbiology. *Global Aquaculture Advocate* July/Avgust: 31-32
121. Folch J., Lees M., Sloane Stanley G.H. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *J Biol Chem*. 226(1), 497-509.
122. Frangos, L., Pyrgotou, N., Giatracou, V., Ntzimani, A., Savvaidis, I. N. (2010). Combined effects of salting, oregano oil and vacuum-packaging on the shelf-life of refrigerated trout filets. *Food Microbiol.* 27, 115-121
123. Fraqueza, M. J., Barreto, A. S. (2009). The effect on turkey meat shelf life of modified-atmosphere packaging with an argon mixture. *Poultry science*, 88(9), 1991-1998.
124. Fraqueza, M. J., Ferreira, M. C., Barreto, A. S. (2008). Spoilage of light (PSE-like) and dark turkey meat under aerobic or modified atmosphere package: Microbial indicators and their relationship with total volatile basic nitrogen. *British Poultry Science*, 49, 12–20.
125. Gallagher, D. L., Ebel, E. D., Kause, J. R. (2003). FSIS risk assessment for *Listeria monocytogenes* in deli meats. Food Safety and Inspection Service, US Department of Agriculture.
126. Gallart-Jornet, L., Barat, J.M., Rustad, T., Erikson, U., Escriche, I. Fito, P. (2007). Influence of brine concentration on Atlantic salmon fillet salting. *Journal of Food Engineering*, 80: 267–27.
127. Gao, J., Burchiel, S. W. (2014). Genotoxic mechanisms of PAH-induced immunotoxicity (Vol. 10, No. 9783527676965). Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA: Weinheim, Germany.
128. García-Falcón, M. S., Simal-Gándara, J. (2005). Determination of food dyes in soft drinks containing natural pigments by liquid chromatography with minimal clean-up. *Food Control*, 16(3), 293-297.

129. Ghaly, A. E., Dave, D., Budge, S., Brooks, M. S. (2010). Fish spoilage mechanisms and preservation techniques. *American Journal of Applied Sciences*, 7(7), 859.
130. Gimenez, B., Roncales, P., Beltran, J. A. (2002). Modified atmosphere packaging of filleted rainbow trout. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82(10), 1154-1159.
131. Giuffrida, A., Pennisi, L., Ziino, G., Fortino, L., Valvo, G., Marino, S., Panebianco, A. (2007). Influence of slaughtering method on some aspects of quality of gilthead seabream and smoked rainbow trout. *Veterinary research communications*, 31(4), 437-446.
132. Gong, Z., Alef, K., Wilke, B. M., Li, P. (2007). Activated carbon adsorption of PAHs from vegetable oil used in soil remediation. *Journal of hazardous materials*, 143(1-2), 372-378
133. Goulas, A. E., Kontominas, M. G. (2005). Effect of salting and smoking-method on the keeping quality of chub mackerel (*Scomber japonicus*): biochemical and sensory attributes. *Food chemistry*, 93(3), 511-520.
134. Gram, L., Dalgaard, P. (2002). Fish spoilage bacteria—problems and solutions. *Current opinion in biotechnology*, 13(3), 262-266.
135. Grbić, S. (2014). Uporedno ispitivanje odabranih parametara kvaliteta marinirane skuše pakovane u vakuumu i modifikovanoj atmosferi. Doktorska disertacija. Univerzitet u Beogradu, Veterinarski fakultet.
136. Guillen, M. D., Cabo, N. (2004). Study of the effects of smoke flavourings on the oxidative stability of the lipids of pork adipose tissue by means of Fourier transform infrared spectroscopy. *Meat science*, 66(3), 647-657.
137. Gvozdrenović, J., Lazić, V. (2008). Pakovanje i održivost prehrambenih proizvoda, *Journal on processing and energy in agriculture* 12 (1-2), 27-30.
138. Han J (2014): *Innovations in Food Packaging*. Second Edition. Food Science and Technology, International Series. Elsevier.
139. Hansen, L. T., Gill, T., Huss, H. H. (1995). Effects of salt and storage temperature on chemical, microbiological and sensory changes in cold-smoked salmon. *Food Research International*, 28(2), 123- 130.

140. Hansen, L. T., Gill, T., Rontved, S. D., Huss, H. H. (1996). Importance of autolysis and microbiological activity on quality of cold-smoked salmon. *Food Research International*, 29, 181-188.
141. Hansen, L. T., Huss, H. H. (1998). Comparison of the microflora isolated from spoiled cold-smoked salmon from three smokehouses. *Food Research International*, 31(10), 703-711.
142. Hansen, L. T., Rontved, S. D., Huss, H. H. (1998). Microbiological quality and shelf life of cold-smoked salmon from three different processing plants. *Food Microbiology*, 15, 137-150.
143. Hassan, I. M. (1988). Processing of smoked common carp fish and its relation to some chemical, physical and organoleptic properties. *Food Chemistry*, 27(2), 95-106.
144. Hastein, T., Hjeltnes, B., Lillehaug, A., Utne Skare, J., Berntssen, M., & Lundebye, A. K. (2006). Food safety hazards that occur during the production stage: challenges for fish farming and the fishing industry. *Rev Sci Tech*, 25(2), 607-25.
145. Hattula, T., Elfving, K., Mroueh, U.M., Luoma, T. (2001). Use of Liquid Smoke Flavouring as an Alternative to Traditional Flue Gas Smoking of Rainbow Trout Fillets (*Oncorhynchus mykiss*). *LWT - Food Sci. Technol.* 34(8), 521-525.
146. Heintz, M. L., Johnson, J. M. (1998). The incidence of *Listeria* spp., *Salmonella* spp., and *Clostridium botulinum* in smoked fish and shellfish. *Journal of Food Protection*, 61(3), 318-323.
147. Heinrich, V., Zunabovic, M., Nehm, L., Bergmair, J., Kneifel, W. (2015). Influence of argon modified atmosphere packaging on the growth potential of strains of *Listeria monocytogenes* and *Escherichia coli*, *Food control*, available online 8 June 2015
148. Heinz, G., Hautzinger, P. (2007). *Meat Processing Technology for Small to Medium- Scale Producers*. FAO 2007. RAP Publication 2007/20.
149. Herbert, U., Rossaint, S., Khanna, M. A., Kreyenschmidt, J. (2013). Comparison of argon-based and nitrogen-based modified atmosphere packaging

- on bacterial growth and product quality of chicken breast filets. *Poultry science*, 92(5), 1348-1356.
150. Hernandez-Ramirez, O., Holmes, S. M. (2008). Novel and modified materials for wastewater treatment applications. *Journal of Materials Chemistry*, 18(24), 2751-2761.
151. Hitzel, A., Pöhlmann, M., Schwägele, F., Speer, K., & Jira, W. (2013). Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) and phenolic substances in meat products smoked with different types of wood and smoking spices. *Food chemistry*, 139(1-4), 955-962.
152. Huang, M. H., Chang, L. W., Sung, W. C., Vong, W. J., Wang, B. S. (2011). Protective effects of three smoke flavouring phenols on oxidative damage and nitric oxide production. *Food chemistry*, 126(4), 1655-1661.
153. Hui, Y.H., Nip, W-K., Rogers, R., Young, O.A. (2001). *Meat science and applications*. Marcel Dekker, inc. Basel.
154. Huntingford, F. A., Kadri, S. (2014). Defining, assessing and promoting the welfare of farmed fish. *Revue scientifique et technique (International Office of Epizootics)*, 33(1), 233-244.
155. Huss, H. H. (1995). *Quality and quality changes in fresh fish (Vol. 348)*. Rome: FAO.
156. Hyldig, G., Nielsen, D. (2001). A review of sensory and instrumental methods used to evaluate the texture of fish muscle. *Journal of texture studies*, 32(3), 219-242.
157. IARC (2010). Some non-heterocyclic polycyclic aromatic hydrocarbons and some related exposures. Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. *IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans*, 92, 1.
158. Ibrahim, S.M., Nassar, A.G., El-Badry, N. (2008). Effect of Modified Atmosphere Packaging and Vacuum Packaging Methods on Some Quality Aspects of Smoked Mullet (*Mugil cephalus*). *Global Veterinaria* 2 (6), 296-300.
159. Isamu, K. T., Purnomo, H., Yuwono, S. S. (2012). Physical, chemical and organoleptic characteristics of smoked skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*)

- produced in Kendari-South East Sulawesi. *African Journal of Biotechnology*, 11(91), 15819-15822.
160. Ivanov, D., Čolović, R., Lević, J., Sredanović, S. (2012). Optimization of supercritical fluid extraction of linseed oil using RSM. *European Journal of Lipid Science and Technology* 114 (7), 807–815
161. Ivanović, J., Baltić, M. Ž., Janjić, J., Marković, R., Bošković, M., Đorđević, V., Dokmanović, M. (2015). Obim i struktura ulova i proizvodnje ribe u Srbiji od 2006. do 2012. godine. *Veterinarski glasnik*, 69(5-6), 453-465.
162. Ivanović, J., Đurić, J., Bošković, M., Marković, R., Baltić, Ž. M., Đorđević, V., Grbić, S. (2014). Uticaj soljenja i mariniranja na mikrobiološki status i hemijski sastav skuše upakovane u modifikovanu atmosferu, *Tehnologija mesa* 55 (2), 169–175.
163. James, W. P. T., Ralph, A. (1993). Policy and a prudent diet. *Human Nutrition and Dietetics*, 9th ed. London: Churchill Livingstone, 767-75.
164. Janković, S., Radičević, T., Spirić, A., Nedeljković, M. (2002). Contamination of freshwater fish from rivers Sava and Danube with polychlorinated biphenyls. *Environmental recovery of Yugoslavia*.
165. Janošek, J. Hilscherová, K. Bláha L., Holoubek, I. (2006). Environmental xenobiotics and nuclear receptors—interactions, effects and in vitro assessment. *Toxicol. In Vitro* 20, 18– 37.
166. Janoszka, B., Warzecha, L., Blaszczyk, U., Bodzek, D. (2004). Organic compounds formed in thermally treated high-protein food. Part I: Polycyclic aromatic hydrocarbons. *Acta Chromatographica*, 115-128.
167. Jemmi, T., Keusch, A. (1992). Behavior of *Listeria monocytogenes* during processing and storage of experimentally contaminated hot-smoked trout. *International journal of food microbiology*, 15(3-4), 339-346.
168. Ježek, F., Buchtová, H. (2007). Physical and chemical changes in fresh chilled muscle tissue of common carp (*Cyprinus carpio* L.) packed in a modified atmosphere. *Acta Veterinaria Brno*, 76(8), 83-92.
169. Jittinandana, S., Kenney, P. B., Slider, S. D., Kiser, R. A. (2002). Effect of brine concentration and brining time on quality of smoked rainbow trout fillets. *Journal of Food Science*, 67(6), 2095-2099.

170. Johnson, L.L., Arkoosh, M.R., Bravo, C.F., Collier, T.K., Krahn, M.M., Meador, J.P., Myers, M.S., Reichert, W.L., Stein, J.E. (2008). The Effects of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Fish from Puget Sound, Washington, ed Di Giulio RG and Hinton DE (Taylor & Francis Group, LLC) 873-919
171. Jónsdóttir, R., Ólafsdóttir, G., Chanie, E., Haugen, J. E. (2008). Volatile compounds suitable for rapid detection as quality indicators of cold smoked salmon (*Salmo salar*). Food chemistry, 109(1), 184-195.
172. Jovanović, J. (1985). Industrijski način prerade slatkovodne ribe. Ribarstvo Jugoslavije. 108-109
173. Jovanović, S., Džunuzović, J. V. (2011). Pravci razvoja ambalaže od polimernih materijala. Hemijska industrija, 65(6), 621-636.
174. Kabahenda, M. K., Omony, P., Hüskén, S. M. C. (2009). Post-harvest handling of low-value fish products and threats to nutritional quality: a review of practices in the Lake Victoria region. Fisheries and HIV/AIDS in Africa: Investing in Sustainable Solutions, The WorldFish Center.
175. Kalember, Đ., Jelen, T. (1998). Klasični načini prerade ribe. Croatian Journal of Fisheries: Ribarstvo, 56(1), 23-37.
176. Karabasil, N., Dimitrijević, M., Teodorović, V., Kilibarda, N., Baltić, M. Ž. (2005). Najčešće bakterijske kontaminacije mesa riba. Međunarodna konvencija Ribarstvo, II. Zbornik predavanja, 2, 161-166.
177. Karl, H., Leinemann, M. (1996). Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked fishery products from different smoking kilns. Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und-Forschung A, 202(6), 458-464.
178. Karlović, Đ., Andrić, N. (1996). Kontrola kvaliteta semena uljarica. Tehnološki fakultet, Novi Sad, Savezni zavod za standardizaciju, Beograd, Srbija.
179. Keith, L. H. (2015). The source of US EPA's sixteen PAH priority pollutants. Polycyclic Aromatic Compounds, 35(2-4), 147-160.
180. Kester, C. T., Daramola, J. A., Oni, P. I., Oshinaya, S. O. (2013). Effect of smoking duration on the microbiological quality of cold-smoked atlantic cod, *Gadus morhua* (Linnaeus, 1758). Journal of Fisheries and Aquatic Science, 8(1), 196.

181. Kilbarda, N., Baltić, Ž. M., Dimitrijević, M., Karabasil, N., Teodorović, V. (2009). Dimljena riba–proizvodnja i kvalitet. IV Međunarodna konferencija „Ribarstvo “27-29 maj, 2009. Poljoprivredni fakultet Beograd. Zbornik predavanja, 296-306.
182. Kišpatić, M. (1893). Ribe, Matica Hrvatska, Zagreb
183. Kjällstrand, J., Petersson, G. (2000). Coniferyl alcohol from newsprint burning. *Nordic pulp and paper journal*, 15, 98.
184. Kolodziejska, I., Niecikowska, C., Januszewska, E., Sikorski, Z. E. (2002), The Microbial and Sensory Quality of Mackerel Hot Smoked in Mild Conditions. *Lebensm.- Wiss. u Technol.*, 35, 87-92.
185. Kristinsson, H. G., Crynen, S., Yagiz, Y. (2008). Effect of filtered wood smoke treatment compared to the various gas treatments on aerobic bacteria in yellowfin tuna steaks. *LWT-Food Sci. Technol.* 41, 963-976.
186. Krvavica, M., Kegalj, A., Vrdoljak, M., Đugum, J. (2013). Dimljenje-postupci i učinci na mesne proizvode, *The first Croatian meat journal*, 15 (3), 201-208.
187. Krzynowek, J., Murphy, J. (1987). Proximate composition, energy, fatty acid, sodium, and cholesterol content of finfish, shellfish, and their products. NOAA Tech. Rep.
188. Kuzmanović, J. (2014). Ispitivanje činilaca od značaja za rast različitih sojeva *Listeria monocytogenes* u filetima hladno dimljene pastrmke. Doktorska disertacija, Fakultet veterinarske medicine, Univerzitet u Beogradu.
189. Lazić, V., Gvozdrenović, J., Petrović, T. (2008). Mogućnosti savremenog pakovanja hrane, *Journal on processing and energy in agriculture*, 12 (1-2), 49-52.
190. Lekić-Arandelović, I., Kilbarda, N., Dimitrijević, M., & Karabasil, N. (2008). Potrošnja ribe u svetu. Evropskoj Uniji i Srbiji. Savetovanje veterinaru Srbije,(20.), Zlatibor, Zbornik radova i kratkih sadržaja, 94-97.
191. Lemić, J., Tomašević-Čanović, M., Adamović, M., Kovačević, D., Milićević, S. (2007). Competitive adsorption of polycyclic aromatic hydrocarbons on organo-zeolites. *Microporous and Mesoporous Materials*, 105(3), 317-323.

192. Leroi, F., Joffraud, J. J., Chevalier, F. (2000). Effect of salt and smoke on the microbiological quality of cold-smoked salmon during storage at 5 C as estimated by the factorial design method. *Journal of food protection*, 63(4), 502-508.
193. Leroi, F., Joffraud, J. J., Chevalier, F., Cardinal, M. (1998). Study of the microbial ecology of cold-smoked salmon during storage at 8 C. *International journal of food microbiology*, 39(1), 111-121.
194. Lichtenstein, A. H., Appel, L. J., Brands, M., Carnethon, M., Daniels, S., Franch, H. A., Karanja, N. (2006). Diet and lifestyle recommendations revision 2006. *Circulation*, 114(1), 82-96.
195. Ljubojević, D. (2014). Korišćenje repičinog ulja u ishrani šarana i linjaka kao faktora promena kvaliteta mesa, doktorska disertacija, Departman veterinarske medicine, Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Novom Sadu.
196. Ljubojević, D., Ćirković, M., Đorđević, V., Trbović, D., Vranić, D., Novakov, N., Mašić, Z. (2013a). Hemijski sastav, sadržaj holesterola i sastav masnih kiselina šarana (*Cyprinus carpio*) iz slobodnog izlova, poluintenzivnog i kaveznog sistema gajenja, *Tehnologija mesa*, 54, 48–56.
197. Ljubojević, D., Radosavljević, V., Puvača, N., Živkov-Baloš, M., Đorđević, V., Jovanović, R., Ćirković, M. (2015). Interactive effects of dietary protein level and oil source on proximate composition and fatty acid composition in common carp (*Cyprinus carpio* L.), *Journal of Food Composition and Analysis*, 37, 44–50.
198. Ljubojević, D., Trbović, D., Lujic, J., Bjelic-Cabrilo, O., Kostić, D., Novakov, N., Ćirković, M. (2013b). Fatty acid composition of fishes from inland waters. *Bulgarian J Agr Sci*, 19, 62-71.
199. Løje, H. (2007). The quality of cold smoked salmon: Influence of raw material and technological parameters. PhD Thesis. Technical University of Denmark. Danish Institute for Fisheries Research. Department of Seafood Research.
200. Lorenzo, J. M., Purrinos, L., Bermudez, R., Cobas, N., Figueiredo, M., Garcia Fontan, M.C. (2011). Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in two

- Spanish traditional smoked sausage varieties: “Chorizo gallego” and “Chorizo de cebolla”. *Meat Science* 89, 105- 109.
201. Lorenzo, J. M., Purrinos, L., Garcia Fontan, M.C., Franco, D. (2010). Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in two Spanish traditional smoked sausage varieties: “Androlla” and “Botillo”. *Meat Science* 86, 660-664.
202. Løvdal, T. (2015). The microbiology of cold smoked salmon. *Food Control*, 54, 360-373.
203. Lundstedt, S. (2003). Analysis of PAHs and their transformation products in contaminated soil and remedial processes, Umeå University, Sweden.
204. Manda, P., Dano, D. S., Ehile, E. S. J., Koffi, M., Amani, N., Assi, Y. A. (2012). Evaluation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) content in foods sold in Abobo market, Abidjan, Côte d’Ivoire. *Journal of Toxicology and Environmental Health Sciences*, 4(6), 99-105.
205. Marković, G., Mladenović, J., Cvijović, M., Miljković, J. (2015). Total protein and lipid contents of canned fish on the Serbian market. *Acta Agriculturae Serbica XX*. 67-74.
206. Marković, Z., Mitrović–Tutundžić V (2003). *Gajenje riba*. Zadužbina Andrejević.
207. Marković, Z., Poleksić, V. (2009a). *Ribarstvo u Srbiji - Fishery in Serbia*. Zoran Marković. Beograd
208. Marković, Z., Poleksić, V., Živić, I., Stanković, M., Ćuk, D., Spasić, M., Dulić, Z., Rašković, B., Ćirić, M., Bošković, D., Vukojević, D. (2009b). Stanje ribarstva u Srbiji, Zbornik radova IV Međunarodne konferencije “Ribarstvo”: 15-21
209. Marković, Z., Stanković, M., Dulić, Z., Rašković, B., Živić, I., Spasić, M., Poleksić, V. (2013). Carp production in service of reinforcement of Serbian agriculture. In 6th International Conference Water and Fish. Faculty of Agriculture, Belgrade-Zemun (Serbia). 33-38
210. Marsh, H., Reinoso, F. R. (2006). *Activated carbon*. Elsevier.
211. Martinez, O., Salmeron, J., Guillen, M. D., Casas, C. (2007). Sensorial and physicochemical characteristics of salmon (*Salmo salar*) treated by different

- smoking processes during storage. *Food Science and Technology International*, 13(6), 477-484.
212. Martins, S. I., Jongen, W. M., Van Boekel, M. A. (2000). A review of Maillard reaction in food and implications to kinetic modelling. *Trends in Food Science & Technology*, 11(9-10), 364-373.
213. Masniyom, P. (2011). Deterioration and shelf-life extension of fish and fishery products by modified atmosphere packaging. *Songklanakarin Journal of Science & Technology*, 33(2).
214. McMillin, K. W. (2008). Where is MAP going? A review and future potential of modified atmosphere packaging for meat. *Meat science*, 80(1), 43-65.
215. Meier, W. M., Siegmann, K. (1999). Significant reduction of carcinogenic compounds in tobacco smoke by the use of zeolite catalysts. *Microporous and mesoporous materials*, 33(1-3), 307-310.
216. Mićulis, J., Valdovska, A., Šterna, V., Zutis, J. (2011). Polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked fish and meat. *Agronomy research*, 9(Special Issue II), 439-442.
217. Mier, M. V., Callejas, R. L., Gehr, R., Cisneros, B. E. J., Alvarez, P. J. (2001). Heavy metal removal with mexican clinoptilolite:: multi-component ionic exchange. *Water research*, 35(2), 373-378.
218. Mihalca, G. L., Tita, O., Tita, M., Mihalca, A. (2011). Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in smoked fish from three smoke-houses in Braşov County. *J Agroal Pro and Technol*, 17(4), 392-7.
219. Mikuš, T., Petak, I. (2010). Dobrobit životinja i kvaliteta mesa. *MESO: prvi hrvatski časopis o mesu*, 12(1), 41-44.
220. Milanov, R. (2014). Ispitivanje sadržaja teških metala i metaloida u tkivima rečne ribe kao pokazatelja bezbednosti mesa ribe i zagađenja životne sredine. Doktorska disertacija. Univerzitet u Beogradu. Fakultet veterinarske medicine.
221. Milijašević, M., Babić, J. (2014). Osnovne karakteristike savremenih materijala za pakovanje namirnica i opreme za njihovu aplikaciju. *Zbornik*

- radova 4. Simpozijum- Bezbednost i kvalitet namirnica animalnog porekla, 62-75.
222. Milijašević, M., Babić, J., Baltić, M., Spirić, A., Velebit, B., Borović, B., Spirić, D. (2010). Uticaj različitih smeša gasova na promene nekih mikrobioloških i hejjskih parametara u odrescima (*Cyprinus carpio*) upakovanih u modifikovanu atmosferu. *Tehnologija mesa* 51(1). 66-70.
223. Milijašević, M., Babić, J., Baltić, M., Spirić, A., Velebit, B., Borović, B., Spirić, D. (2010). Uticaj različitih smeša gasova na promene nekih mikrobioloških i hejjskih parametara u odrescima (*Cyprinus carpio*) upakovanih u modifikovanu atmosferu. *Tehnologija mesa* 51(1), 66-70.
224. Milly, P. J. (2003). Antimicrobial properties of liquid smoke fractions. PhD Thesis. The University of Georgia.
225. Minh, N. H., Minh, T. B., Kajiwara, N., Kunisue, T., Iwata, H., Viet, P. H., Tanabe, S. (2006). Contamination by polybrominated diphenyl ethers and persistent organochlorines in catfish and feed from Mekong River Delta, Vietnam. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 25(10), 2700-2708.
226. Mioković, B., Zdolec, N. (2004). Značenje halofilnih bakterija u preradi mesa i ribe. *MESO: prvi hrvatski časopis o mesu*, 6(5), 36-42.
227. Mirilović, M., Karabasil, N., Teodrović, V., Baltić, M. Ž., Dimitrijević, M. (2008). Raspored svetske proizvodnje i ulova ribe od 2000. do 2005. godine po obimu. *Zbornik radova i kratkih sadržaja*, 20, 98-100.
228. Miroslav, Ć., Dejana, T., Dragana, L., Vesna, D. (2011). Meat quality of fish farmed in polyculture in carp ponds in Republic of Serbia. *Tehnol. Mesa*, 52, 106-121.
229. Momčilović, M. Z. (2012). Kinetički i ravnotežni parametri adsorpcionih procesa pri uklanjanju pojedinih štetnih katjonskih sastojaka iz vodenih rastvora aktivnim ugljevima dobijenih hemijskotermičkom obradom srži ploda divljeg kestena i šišarke crnog bora. Univerzitet u Nišu, Prirodno-matematički fakultet, Niš.
230. Mørkøre, T., Vallet, J. L., Cardinal, M., Gomez-Guillen, M. C., Montero, P., Torrissen, O. J., Thomassen, M. S. (2001). Fat content and fillet shape of

- Atlantic salmon: relevance for processing yield and quality of raw and smoked products. *Journal of food science*, 66(9), 1348-1354.
231. Morris, M. C., Evans, D. A., Bienias, J. L., Tangney, C. C., Bennett, D. A., Wilson, R. S., Schneider, J. (2003). Consumption of fish and n-3 fatty acids and risk of incident Alzheimer disease. *Archives of neurology*, 60(7), 940-946.
232. Muñoz, B., Albores, A. (2011). DNA damage caused by polycyclic aromatic hydrocarbons: mechanisms and markers. In *Selected Topics in DNA Repair*. InTech.
233. Muratore, G., Licciardello, F. (2005). Effect of Vacuum and Modified atmosphere Packaging on the Shelf-life of Liquid-smoked Swordfish (*Xiphias gladius*) Slices, *Journal of Food Science* 70(5), 359-365.
234. Naila, A., Flint, S., Fletcher, G., Bremer, P., Meerdink, G. (2010). Control of biogenic amines in food—existing and emerging approaches. *Journal of Food Science*, 75(7).
235. Nakagawa, K., Mukai, S. R., Suzuki, T., Tamon, H. (2003). Gas adsorption on activated carbons from PET mixtures with a metal salt. *Carbon*, 41(4), 823-831.
236. Nollet, L.M.L. (2007). *Handbook of Meat, Poultry and Seafood Quality*. Blackwell Publishing.
237. Novakov, N. J., Mihaljev, Ž. A., Kartalović, B. D., Blagojević, B. J., Petrović, J. M., Ćirković, M. A., Rogan, D. R. (2017). Heavy metals and PAHs in canned fish supplies on the Serbian market. *Food Additives & Contaminants: Part B*, 10(3), 208-215.
238. Nychas, G. J. E., Skandamis, P. N., Tassou, C. C., Koutsoumanis, K. P. (2008). Meat spoilage during distribution. *Meat science*, 78(1), 77-89.
239. O' Sullivan G M, Kerry P J (2010). In: *Handbook of meat processing*. Toldrá, F, John Wiley & Sons
240. Oehlenschläger, J. (2006). Cholesterol content in seafood, data from the last decade: A review. *Seafood research from fish to dish*. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, 41-57.
241. Oehler, N. (2013). *Food preservation teaching outline*, Oregon State University

242. OIE (2015). Aquatic Animal Health Code [Internet]. 2015 [cited 18 Aug 2015] p. Section7.http://www.oie.int/index.php?id=171&L=0&htmfile=chapitre_welfare_introduction.htm
243. Olafsdottir, G., Chanie, E., Westad, F., Jonsdottir, R., Thalmann, C. R., Bazzo, S., Haugen, J. E. (2005). Prediction of microbial and sensory quality of cold smoked Atlantic salmon (*Salmo salar*) by electronic nose. *Journal of Food Science*, 70(9).
244. Olatunji, O. S., Fatoki, O. S., Opeolu, B. O., Ximba, B. J. (2015). Benzo [a] pyrene and Benzo [k] fluoranthene in Some Processed Fish and Fish Products. *International journal of environmental research and public health*, 12(1), 940-951.
245. Olsen, S. H., Sørensen, N. K., Larsen, R., Elvevoll, E. O., Nilsen, H. (2008). Impact of pre-slaughter stress on residual blood in fillet portions of farmed Atlantic cod (*Gadus morhua*)—measured chemically and by visible and near-infrared spectroscopy. *Aquaculture*, 284(1), 90-97.
246. Olsen, S. H., Sorensen, N. K., Stormo, S. K., Elvevoll, E. O. (2006). Effect of slaughter methods on blood spotting and residual blood in fillets of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 258(1), 462-469.
247. Orban, E., Masci, M., Nevigato, T., Di Lena, G., Casini, I., Caproni, R., Rampacci, M. (2006). Nutritional quality and safety of whitefish (*Coregonus lavaretus*) from Italian lakes. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(6), 737-746.
248. Pacquit, A., Lau, K. T., McLaughlin, H., Frisby, J., Quilty, B., Diamond, D. (2006). Development of a volatile amine sensor for the monitoring of fish spoilage. *Talanta*, 69(2), 515-520.
249. Pavličević N, Đorđević V, Dimitrijević M, Karabasil N, Baltić M, Bošković M, Petrović J (2013): Effect of pre-processing of trout by freezing on the characteristics of smoked trout fillets, *Tehnologija mesa* 54 (1): 57–68
250. Pavlicevic, N., Baltic, M., Dimitrijevic, M., Karabasil, N., Djordjevic, V., Markovic, R., Grbic, S. (2014). Polinezasicene masne kiseline u mesu ribe i njihov znacaj za zdravlje ljudi. *Tehnologija mesa*, 55(1), 1-7.

251. Pensado, L., Casais, M. C., Mejuto, M. C., Cela, R. (2005). Application of matrix solid-phase dispersion in the analysis of priority polycyclic aromatic hydrocarbons in fish samples. *Journal of Chromatography A*, 1077(2), 103-109.
252. Perera, F. P., Tang, D., Wang, S., Vishnevetsky, J., Zhang, B., Diaz, D., Camman, D., Rauh, V. (2012). Prenatal polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) exposure and child behavior at age 6–7 years. *Environmental health perspectives*, 120(6), 921.
253. Pergal, M. (2015). Uticaj temperature sagorevanja uglja na nastajanje policikličnih aromatičnih ugljovodonika u termoelektranama i posledice po životnu sredinu. Doktorska disertacija. Univerzitet u Beogradu. Hemijski fakultet. Beograd.
254. Perunović, M., Živković, D., Stajić, S. (2009). Uticaj načina dimljenja na prinos, hemijski sastav i senzorna svojstva dimljene ribe. In *Proceedings of the 4th International Conference Fishery* (pp. 288-295).
255. Piironen, V., Toivo, J., Lampi, A. M. (2002). New data for cholesterol contents in meat, fish, milk, eggs and their products consumed in Finland. *Journal of food composition and analysis*, 15(6), 705-713.
256. Pöhlmann, M., Hitzel, A., Schwägele, F., Speer, K., Jira, W. (2013). Polycyclic aromatic hydrocarbons and phenolic substances in smoked Frankfurter-type sausages depending on type of casing and fat content, *Food Control*, 31, 136-144.
257. Poli, B. M., Parisi, G., Scappini, F., Zampacavallo, G. (2005). Fish welfare and quality as affected by pre-slaughter and slaughter management. *Aquaculture International*, 13(1), 29-49.
258. Popović, G., Đurđević-Milošević, D. (2008). Prisustvo bakterija *Listeria monocytogenes* u namirnicama i prateći rizik za zdravlje potrošača, *Zbornik naučnih radova Instituta PKB Agroekonomik*, vol. 14, 151-159.
259. Popp, P., Keil, P., Möder, M., Paschke, A., Thuss, U. (1997). Application of accelerated solvent extraction followed by gas chromatography, high-performance liquid chromatography and gas chromatography–mass spectrometry for the determination of polycyclic aromatic hydrocarbons,

- chlorinated pesticides and polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in solid wastes. *Journal of Chromatography A*, 774(1), 203-211.
260. Purcaro, G., Moret, S., Conte, L. S. (2009). Optimisation of microwave assisted extraction (MAE) for polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) determination in smoked meat. *Meat science*, 81(1), 275-280.
261. Radaković, S., Šurbatović, M., Radaković, A., Pavlica, M. (2004). Nutriženetika- uloga ishrane i nasleđa u nastanku i sprečavanju malignih bolesti. *Vojnosanitetski pregled* 61 (1), 65-70.
262. Radetić, P., Milijašević, M., Jovanović, J., Velebit, B. (2007). Pakovanje svežeg mesa u modifikovanoj atmosferi- trend koji traje, *Tehnologija mesa* 48 (1-2), 99-108.
263. Radojičić, V., Alagić, S., Adnadjević, B., Maktouf, A. M. (2012). Effect of varied quantities of zeolite on the reduction of polycyclic aromatic hydrocarbons in tobacco smoke. *African Journal of Biotechnology*, 11(42), 10041-10047.
264. Radovanović, R., Popov-Raljić, J. (2001). Senzorna analiza prehrambenih proizvoda. Poljoprivredni fakultet, Beograd, Tehnološki fakultet, Novi Sad.
265. Rahmanpour, S., Ghorghani, N.F., Masoumeh, S., Ashtiyani, L. (2014). Polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) in four fish species from different trophic levels in the Persian Gulf. *Environmental Monitoring and Assessment* 186, 7047–7053.
266. Ramalhosa, M. J., Paíga, P., Morais, S., Ramos, S., Delerue-Matos, C., Oliveira, M. B. P. P. (2012). Polycyclic aromatic hydrocarbon levels in three pelagic fish species from Atlantic Ocean: inter-specific and inter-season comparisons and assessment of potential public health risks. *Food and chemical toxicology*, 50(2), 162-167.
267. Rasco, B., Raab, C., McCurdy, S., Hilderbrand, K. (2009). Smoking Fish at Home- Safely, A Pacific Northwest Extension Publication, Washington State University, Oregon State University, University of Idaho
268. Reddy, N. R., Armstrong, D. J., Rhodehamel, E. J., Kautter, D. A. (1991). Shelf-life extension and safety concerns about fresh fishery products

- packaged under modified atmospheres: a review. *Journal of Food safety*, 12(2), 87-118.
269. Rengarajan, T., Rajendran, P., Nandakumar, N., Lokeshkumar, B., Rajendran, P., Nishigaki, I. (2015). Exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons with special focus on cancer. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 5(3), 182-189.
270. Risérus, U., Willett, W. C., Hu, F. B. (2009). Dietary fats and prevention of type 2 diabetes. *Progress in lipid research*, 48(1), 44-51.
271. Robb, D. H. F., Kestin, S. C., Warriss, P. D., Nute, G. R. (2002). Muscle lipid content determines the eating quality of smoked and cooked Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 205(3-4), 345-358.
272. Rørå, A. M. B., Furuhaug, R., Fjæra, S. O., Skjervold, P. O. (2004). Salt diffusion in pre-rigor filleted Atlantic salmon. *Aquaculture*, 232(1-4), 255-263.
273. Rørå, A. M. B., Kvåle, A., Mørkøre, T., Rørvik, K. A., Hallbjørn, S., Thomassen, S., Magny, S. (1998). Process yield, colour and sensory quality of smoked Atlantic salmon (*Salmo salar*) in relation to raw material characteristics. *Food Research International*, 31(8), 601-609.
274. Rorvik, L. M., Yndestad, M., Skjerve, E. (1991). Growth of *Listeria monocytogenes* in vacuum-packed, smoked salmon, during storage at 4 C. *International journal of food microbiology*, 14(2), 111-117.
275. Rotariu, O., Thomas, D. J. I., Goodburn, K. E., Hutchison, M. L., Strachan, N. J. (2014). Smoked salmon industry practices and their association with *Listeria monocytogenes*. *Food Control*, 35(1), 284-292.
276. Roth, B., Slinde, E., Arildsen, J. (2006). Pre or post mortem muscle activity in Atlantic salmon (*Salmo salar*). The effect on rigor mortis and the physical properties of flesh. *Aquaculture*, 257(1), 504-510.
277. Rožman, J. (2016). Nalaz bakterije *Listeria monocytogenes* u ribi i ribljim proizvodima (Doctoral dissertation, University of Zagreb. Faculty of Agriculture. Department of Microbiology.).
278. Rucinque, D. S., Souza, A. P. O., Molento, C. F. M. (2017). Perception of Fish Sentience, Welfare and Humane Slaughter by Highly Educated Citizens of Bogotá, Colombia and Curitiba, Brazil. *PloS one*, 12(1), e0168197.

279. Rzepka M, Özogul F, Surówka K, Michalczyk M (2013): Freshness and quality attributes of cold stored Atlantic bonito (*Sarda sarda*) gravad, *International Journal of Food Science and Technology*, 48 (6): 1318–1326
280. Sabanadesan, S., Lammerding, A.M., Griffiths, M.W. (2000). Survival of *Listeria innocua* in Salmon following Cold-Smoke Application. *J. Food Prot.* 6, 715-720
281. Sahrhage, D., Lundbeck, J. (1992). *A History of Fishing*, Springer-Verlag, Berlin, ISBN-13: 978-3-642-77413-3.
282. Saliu, J. K. (2008). Effect of smoking and frozen storage on the nutrient composition of some African fish. *Adv. Nat. Appl. Sci*, 2(1), 16-20.
283. Sándor, Z., Papp, Z. G., Csengeri, I., & Jeney, Z. (2011). Fish meat quality and safety. *Tehnologija mesa*, 52(1), 97-105.
284. Šarkanj, B., Kipčić, D., Vasić-Rački, Đ., Delaš, F., Galić, K., Katalenić, M., Klapac, T. (2010). *Kemijske i fizikalne opasnosti u hrani*, Hrvatska agencija za hranu.
285. Sárkány, H. K., & Kovács, V. (2015). Prerada prehrambenih proizvoda u okviru gazdinstva-praksa u mađarskoj, mogućnosti u Srbiji. *Food product processing in the frame of farming-practice in hungary, opportunities in Serbia. The Central European Journal of regional development and tourism*, 110.
286. Schley, P. D., Brindley, D. N., & Field, C. J. (2007). (n-3) PUFA alter raft lipid composition and decrease epidermal growth factor receptor levels in lipid rafts of human breast cancer cells. *The Journal of nutrition*, 137(3), 548-553.
287. Scollan, N., Hocquette, J. F., Nuernberg, K., Dannenberger, D., Richardson, I., Moloney, A. (2006). Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat science*, 74(1), 17-33.
288. Serot, T., Baron, R., Knockaert, C., Vallet, J. L. (2004). Effect of smoking processes on the contents of 10 major phenolic compounds in smoked fillets of herring (*Cuplea harengus*). *Food Chemistry*, 85(1), 111-120.

289. Sérot, T., Lafficher, C. (2003). Optimisation of solid-phase microextraction coupled to gas chromatography for determination of phenolic compounds in smoked herring. *Food chemistry*, 82(4), 513-519.
290. Shadi, A., Mazandarani, M. K., Nikpour, Y. (2012). Concentrations of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHS) in sediments of Khowre-Musa System (Persian Gulf). *World*, 4(1), 83-86.
291. Sheehan, E. M., O'connor, T. P., Sheehy, P. J. A., Buckley, D. J., FitzGerald, R. (1996). Effect of dietary fat intake on the quality of raw and smoked salmon. *Irish Journal of Agricultural and food research*, 37-42.
292. Shi-lu, Z. H. O. U., Jian, L. V., Hai-tao, X. U., Yong, Y. U. E., Zhi-yi, S. H. E. N. G., Su-lin, H. U., Yi, C. A. O. (2008). The mechanism of micropore zeolites removing polycyclic aromatic hydrocarbons in cigarette smoke. *Acta Tabacaria Sinica*, 14(5), 1.
293. Sigurgisladottir, S., Sigurdardottir, M. S., Torrissen, O., Vallet, J. L., Hafsteinsson, H. (2000). Effects of different salting and smoking processes on the microstructure, the texture and yield of Atlantic salmon (*Salmo salar*) filets. *Food Research International*, 33(10), 847-855.
294. Silva B O, Adetunde O T, Oluseyi T O, Olayinka K O, Alo B I (2011): Effects of the methods of smoking on the levels of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in some locally consumed fishes in Nigeria, *African Journal of Food Science* 5(7): 384-391
295. Šimat, V., Maršić Lučić, J., Bogdanović, T., Dokoza, M. (2009). Oksidacija masti u ribi i ribljim proizvodima. *Meso: prvi hrvatski časopis o mesu*, 11(6), 345-351.
296. Šimko, P. (2002). Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked meat products and smoke flavouring food additives. *Journal of Chromatography B*. 770 (1-2), 3-18.
297. Šimko, P. (2005). Factors affecting elimination of polycyclic aromatic hydrocarbons from smoked meat foods and liquid smoke flavorings. *Molecular nutrition & food research*, 49(7), 637-647.

298. Simko, P., Karovicová, J., Kubincová, M. (1991). Changes in benzo[a]pyrene content in fermented salami. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* 193, 538-540.
299. Simopoulos, A. P. (2002). The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomedicine & pharmacotherapy*, 56(8), 365-379.
300. Sivertsvik, M., Jeksrud, W. K., Rosnes, J. T. (2002). A review of modified atmosphere packaging of fish and fishery products—significance of microbial growth, activities and safety. *International Journal of Food Science & Technology*, 37(2), 107-127.
301. Škaljac S (2014): The influence of different technological parameters during standardization of safety and quality on the color formation of traditional fermented sausage (Petrovačka kobasica), Monographic publication, Ph. D. thesis, University of Novi Sad, Faculty of Technology, Novi Sad
302. Slámová, T., Fraňková, A., Hubáčková, A., Banout, J. (2017). Polycyclic aromatic hydrocarbons in Cambodian smoked fish. *Food Additives & Contaminants: Part B*, 10(4), 248-255.
303. Službeni glasnik 31/12 (2012). “Pravilnik o kvalitetu usitnjenog mesa, poluproizvoda od mesa i proizvoda od mesa”.
304. Službeni glasnik RS, 63/2012 “Pravilnik o prehrambenim aditivima”.
305. Službeni glasnik RS, 72/2010 “Pravilnik o opštim i posebnim uslovima higijene hrane u bilo kojoj fazi proizvodnje, prerade i prometa”.
306. Službeni list SCG 31/2005 “Pravilnik o kvalitetu i drugim zahtevima za so za ljudsku ishranu i proizvodnju namirnica”.
307. Šoša B., 1989. Higijena i tehnologija prerade morske ribe. Školska knjiga, Zagreb
308. Spasojević, J. (2015). Karakterizacija bioremedijacionih procesa u sedimentima zagađenim policikličnim aromatičnim ugljovodonicima i procena biodostupnosti (Doctoral dissertation, Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno-matematički fakultet).

309. Spencer, K. C., Humphreys, D. J. (2003). Argon packaging and processing preserves and enhances flavor, freshness, and shelf life of foods. *Freshness and Shelf Life of Foods*. 20, 270–291.
310. SPS ISO 16649-2:2008 Mikrobiologija hrane i hrane za životinje - Horizontalna metoda za određivanje broja β -glukuronidaza pozitivne *Escherichia coli* - Deo 2: Tehnika brojanja kolonija na 44 C pomoću 5-bromo-4-hloro-3-indolil β -D-glukuronida.
311. SRPS EN ISO 11290-1:2010 Mikrobiologija hrane i hrane za životinje - Horizontalna metoda za otkrivanje i određivanje broja *Listeria monocytogenes* - Deo 1: Metoda otkrivanja.
312. SRPS EN ISO 11290-2:2010 Mikrobiologija hrane i hrane za životinje — Horizontalna metoda za otkrivanje i određivanje broja *Listeria monocytogenes* — Deo 2: Metoda određivanja broja
313. SRPS EN ISO 4833:2008 Mikrobiologija hrane i hrane za životinje - Horizontalna metoda za određivanje broja mikroorganizama - Tehnika brojanja kolonija na 30° C.
314. SRPS EN ISO 6887-1:2008 Mikrobiologija hrane i hrane za životinje - Pripremanje uzoraka za ispitivanje, početne suspenzije i decimalnih razblaženja za mikrobiološko ispitivanje - Deo 1: Opšta pravila za pripremanje početne suspenzije i decimalnih razblaženja.
315. SRPS EN ISO 6887-3:2008 Mikrobiologija hrane i hrane za životinje - Pripremanje uzoraka za ispitivanje, početne suspenzije i decimalnih razblaženja za mikrobiološko ispitivanje - Deo 3: Specifična pravila za pripremanje ribe i proizvoda od ribe.
316. SRPS ISO 14001:2015 Sistemi menadžmenta životnom sredinom — Zahtevi sa uputstvom za korišćenje
317. SRPS ISO 1443:1992, Meso i proizvodi od mesa. Određivanje sadržaja ukupne masti (identičan sa ISO 1443:1973).
318. SRPS ISO 15213:2011, Mikrobiologija hrane i hrane za životinje - Horizontalna metoda za određivanje broja sulfitoredukujućih bakterija koje rastu pod anaerobnim uslovima.
319. SRPS ISO 9001:2015 Sistemi menadžmenta kvalitetom — Zahtevi

320. Stamenković, T., Šušnjarac, N., Jovanović, V., Jovanović, S. (2003). Gubitak mase, senzorna svojstva i hemijski pokazatelji goveđe pršute dobijene na tradicionalnim i izmenjenim postupkom dimljenja, *Tehnologija mesa* 44 (1-2), 79-84.
321. Stanković, M. (2013). Uticaj smeša koncentrata sa različitim učešćem proteina i masti na prirast i konverziju hrane u ishrani mladi šarana (*Cyprinus carpio*, L., 1758). Doktorska disertacija. Univerzitet u Beogradu–Poljoprivredni fakultet
322. Stefanović, R., Obradovic, S., Sarcevic, B., Petrujkic, B., Kostic, M. (2014). Characteristics and development trends in fish production in the world. In Book of proceedings: Fifth International Scientific Agricultural Symposium" Agrosym 2014", Jahorina, Bosnia and Herzegovina. Books od Proceedings. 1074-1080. University of East Sarajevo, Faculty of Agriculture.
323. Steffens, W., Wirth, M. (2007). Influence of nutrition on the lipid quality of pond fish: common carp (*Cyprinus carpio*) and tench (*Tinca tinca*). *Aquaculture International*, 15(3-4), 313-319.
324. Stołyhwo, A., Sikorski, Z. E. (2005). Polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked fish—a critical review. *Food Chemistry*, 91(2), 303-311.
325. Stołyhwo, A., Sikorski, Z. E. (2005). Polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked fish—a critical review. *Food Chemistry*, 91(2), 303-311.
326. Storelli, M. M., Stuffer, R. G., Marcotrigiano, G. O. (2003). Polycyclic aromatic hydrocarbons, polychlorinated biphenyls, chlorinated pesticides (DDTs), hexachlorocyclohexane, and hexachlorobenzene residues in smoked seafood. *Journal of food protection*, 66(6), 1095-1099.
327. Štrbac, M., Savić, M. (2011). Basic characteristics of fishing in the European Union. *Scientific Journal of Maritime Research*. 25/2: 307-311
328. Stumpe-Viksna, I., Bartkevičs, V., Kukāre, A., & Morozovs, A. (2008). Polycyclic aromatic hydrocarbons in meat smoked with different types of wood. *Food Chemistry*, 110(3), 794-797.
329. Sugimura, T. (2000). Nutrition and dietary carcinogens, *Carcinogenesis* 21 (3), 387-395.

330. Tacon, A. G., Metian, M. (2008). Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. *Aquaculture*, 285(1-4), 146-158.
331. Tešić, M., Baltić, M., Teodorović, V., Mirilović, M., Nedić, D., Marković, T., Marković, R., Aleksić Angelidis, A. (2013): Tendencija razvoja ribarstva i potrošnja ribe u Srbiji. *Veterinarski glasnik*. 67 (5-6). 417 – 427.
332. Thrane, M., Nielsen, E. H., Christensen, P. (2009). Cleaner production in Danish fish processing—experiences, status and possible future strategies. *Journal of Cleaner Production*, 17, 380–390.
333. Tongo, I., Ezemonye, L., & Akpeh, K. (2017). Levels, distribution and characterization of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in Ovia river, Southern Nigeria. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 5(1), 504-512.
334. Toroman, A., Karahmet, E., Vileš, A., Đulančić, N., Jašić, M. (2013). Kontrola procesa dimljenja i nivoa benzo[a]pirena u proizvodnji bosanskog pršuta na tradicionalan način pri implementaciji HACCP-a, *Veterinaria*, 62(1-2), 85-92.
335. Torpy, J. M., Lynn, C., Glass, R. M. (2006). Eating fish: Health benefits and risks. *JAMA*, 296(15), 1926-1926.
336. Trbović, D., Janković, S., Ćirković, M., Nikolić, D., Matekalo-Sverak, V., Đorđević, V., Spirić, A. (2011). Bezbednost i kvalitet mesa nekih slatkovodnih riba u Srbiji. *Tehnologija mesa*, 52(2), 276-282.
337. Trbović, D., Marković, Z., Petronijević, R., Milijašević, M., Spirić, D., Vranić, D., Spirić, A. (2013). Changes in the proximate and fatty acid composition in carp meat during the semi intensive farming. *Tehnologija mesa*, 54(1), 39-47.
338. Trbović, D., Vranić, D., Đinović, J., Borović, B., Spirić, D., Babić, J., Spirić, A. (2009). Fatty acid profile and cholesterol content in muscle tissue of one year old common carp (*Cyprinus carpio*) during growth. *Tehnologija mesa*, 50(5/6), 276-286.
339. Trbovic, D., Vranic, D., Petronijevic, R., Djinovic, J., Baltic, M., Cupic, V., Spiric, A. (2015). Fatty Acid Profile And Cholesterol Content Of Juvenile

- Rainbow Trout (*Oncorhynchus Mykiss*) And Common Carp Fry (*Cyprinus Carpio*). <http://arhiva.nara.ac.rs/handle/123456789/1091>
340. Tzouros, N. E., Arvanitoyannis, I. S. (2000). Implementation of hazard analysis critical control point (HACCP) system to the fish/seafood industry: a review. *Food Reviews International*, 16(3), 273-325.
341. USDA (2005). US Department of Health and Human Services. *Dietary Guidelines for Americans*
342. Varlet, V., Knockaert, C., Prost, C., Sérot, T. (2006). Comparison of odor-active volatile compounds of fresh and smoked salmon. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(9), 3391–3401.
343. Varlet, V., Prost, C., Serot, T. (2007). Volatile aldehydes in smoked fish: Analysis methods, occurrence and mechanisms of formation. *Food chemistry*, 105(4), 1536-1556.
344. Vasiliadou, S., Ambrosiadis, I., Vareltzis, K., Fletouris, D., Gavriilidou, I. (2005). Effect of smoking on quality parameters of farmed gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) and sensory attributes of the smoked product. *European Food Research and Technology*, 221(3-4), 232-236.
345. Virta, R.L. (2010). Zeolites, USGS 2009 Minerals Yearbook. Accessed November 2014. <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/zeolites/myb1-2009-zeoli.pdf>
346. Vladau, V., Bud, I., Stefan, R. (2008). Nutritive value of fish meat comparative to some animals meat. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Animal Science and Biotechnologies*, 65(1-2).
347. Vranić, D., Đinović-Stojanović, J. Spirić, A. (2011). Rainbow trout (*Oncorhynchus Mykiss*) from aquaculture—meat quality and importance in the diet. *Tehnologija mesa*, 52(1), 122-133.
348. Vranić, D., Trbović, D., Đinović, J., Mažić, Z., Spirić, D., Milićević, D., Spirić, A. (2010). Nutritivna vrednost kalifornijske pastrmke (*Oncorhynchus mykiss*) i šarana (*Cyprinus carpio*) iz akvakulture. *Tehnologija mesa*, 51(2), 159-168.

349. Vuković, I. (2012). Osnove tehnologije mesa, Fakultete veterinarske medicine, Univerzitet u Beogradu.
350. Wall, R., Ross, R. P., Fitzgerald, G. F., Stanton, C. (2010). Fatty acids from fish: the anti-inflammatory potential of long-chain omega-3 fatty acids. *Nutrition reviews*, 68(5), 280-289.
351. Wenzl, T., Simon, R., Anklam, E., Kleiner, J. (2006). Analytical methods for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in food and the environment needed for new food legislation in the European Union. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 25(7), 716-725.
352. Westhoek, H., Rood, T., van den Berg, M., Janse, J., Nijdam, D., Reudink, M., Woltjer, G. B. (2011). The protein puzzle: the consumption and production of meat, dairy and fish in the European Union (No. 500166001). Netherlands Environmental Assessment Agency.
353. Whittle, K. J. (1997). Opportunities for improving the quality of fisheries products. *Developments in food science*, 38, 549-560.
354. WHO (2003). Diet, Nutrition and the prevention of chronic diseases: Report of a joint WHO/FAO expert consultation. Geneva: World Health Organization.
355. Wood, J. D., Enser, M., Fisher, A. V., Nute, G. R., Sheard, P. R., Richardson, R. I., Whittington, F. M. (2008). Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat science*, 78(4), 343-358.
356. Wretling, S., Eriksson, A., Eskhult, G.A., Larsson, B. (2010). Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in Swedish smoked meat and fish. *Journal of Food Composition and Analysis* 23, 264-272.
357. www.flseagrant.org (Model HACCP Plans, Seafood HACCP Models: Hot Smoked Salmon, National Seafood HACCP Alliance for Training and Education, Department of Food Science
358. Xu, F.L., Wu, W.J., Wang, J.J., Qin, N., Wang, Y., He, Q.S., He, W., Tao, S. (2011). Residual levels and health risk of polycyclic aromatic hydrocarbons in freshwater fishes from Lake Small Bai-Yang-Dian, Northern China. *Ecol Model* 222, 275–286

359. Xu, X., Hurtubise, R. J. (1999). Determination of the pKa values of polycyclic aromatic hydrocarbon metabolites by capillary zone electrophoresis. *Journal of liquid chromatography & related technologies*, 22(5), 669-679.
360. Yanar, Y. (2007). Quality changes of hot smoked catfish (*Clarias gariepinus*) during refrigerated storage. *Journal of Muscle Foods*, 18(4), 391-400.
361. Yanar, Y., Celik, M., Akamca, E. (2006). Effects of brine concentration on shelf-life of hot-smoked tilapia (*Oreochromis niloticus*) stored at 4 °C. *Food Chemistry*, 97(2), 244-247.
362. Yang, C.R., Lin, T.C., Chang, F.H. (2007). Particle size distribution and PAH concentrations of incense smoke in a combustion chamber. *Environmental Pollution*, 145, 606-615.
363. Yeganeh, S., Shabanpour, B., Hosseini, H., Imanpour, M. R., Shabani, A. (2012). Comparison of farmed and wild common carp (*Cyprinus carpio*): seasonal variations in chemical composition and fatty acid profile. *Czech Journal of Food Sciences*, 30(6), 503-511.
364. Yusty, M. L., Davina, J. C. (2005). Supercritical fluid extraction and high-performance liquid chromatography–fluorescence detection method for polycyclic aromatic hydrocarbons investigation in vegetable oil. *Food Control*, 16(1), 59-64.
365. Zachara, A., Galkowska, D., Juszczak, L. (2017). Contamination of smoked meat and fish products from Polish market with polycyclic aromatic hydrocarbons. *Food Control*, 80, 45-51.
366. Zelinkova, Z., Wenzl, T. (2015). The occurrence of 16 EPA PAHs in food—a review. *Polycyclic aromatic compounds*, 35(2-4), 248-284.
367. Zhang, M., Zhan, Z. G., Wang, S. J., Tang, J. M. (2008). Extending the shelf-life of asparagus spears with a compressed mix of argon and xenon gases. *LWT-Food Science and Technology*, 41(4), 686-691.
368. Zhang, Y., Tao, S., Shen, H., Ma, J. (2009). Inhalation exposure to ambient polycyclic aromatic hydrocarbons and lung cancer risk of Chinese population. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(50), 21063-21067.

369. Zhu, Q., Hussain, M. A. (2014). Prevalence of *Listeria* species in Fresh Salad Vegetables and Ready-to-Eat Foods Containing Fresh Produce Marketed in Canterbury, New Zealand. *Adv Food Technol Nutr Sci Open J*, 1(1), 5-9.

BIOGRAFIJA

Jelena, Miloš, Babić je rođena 08. juna 1988. godine u Kninu. Osnovnu školu je upisala u OŠ „Sveti Nikola“ u Vrlici, a završila u OŠ „Petar Kočić“ u Temerinu kao nosilac Vukove diplome. Gimnaziju „Svetozar Marković“ je završila sa prosečnom ocenom 4,97. Školske 2002/2003 je upisala osnovne studije na Departmanu veterinarske medicine, Poljoprivrednog fakulteta, Univerziteta u Novom Sadu koje je završila 2011. godine sa prosečnom ocenom 8.81. Odmah nakon toga je počela da radi u veterinarskoj ambulanti „BMV“ i upisala master studije na Departmanu veterinarske medicine, Poljoprivrednog fakulteta, Univerziteta u Novom Sadu. Naredne godine je odbranila master rad na temu “Uticaj broja spora Nosema apis/ ceranae na razvoj pčelinjeg društva” sa ocenom 10. Iste te godine (2012) je upisala doktorske studije na Departmanu veterinarske medicine, Poljoprivrednog fakulteta, Univerziteta u Novom Sadu. U maju 2013.godine je počela da radi na Naučnom institutu za veterinarstvo „Novi Sad“ i položila stručni/državni ispit. U oktobru te godine počinje da radi na Odeljenju za mikrobiološka i senzorska ispitivanja namirnica Naučnog instituta za veterinarstvo „Novi Sad“ i prelazi na doktorske akademske studije na Fakultetu veterinarske medicine, Univerziteta u Beogradu uz polaganje razlike ispita. Sve ispite predviđene studijskim programom iz oblasti Higijena i tehnologija namirnica sa prosečnom ocenom 9,73. Član je Veterinarske Komore sa licencom, Udruženja mikrobiologa Srbije i jedne od radnih grupa Uprave za veterinu. Trenutno radi kao istraživač saradnik na Odeljenju za mikrobiološka i senzorska ispitivanja namirnica Naučnog instituta za veterinarstvo „Novi Sad“ na mestu zamenika šefa odeljenja. Učestvuje na projektu „Uticaj kvaliteta komponenata u ishrani ciprinida na kvalitet mesa, gubitka i ekonomičnost proizvodnje“ TR 31011, koji se finansira od strane Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije kojim rukovodi prof. dr Miroslav Ćirković. Bila je edukator na projektu prekogranične saradnje sa Hrvatskom: “PANONIAN BEE- increasing of competitiveness of beekeepers in the Cross-border Area” koji je finansiran iz IPA fonda u sklopu kojeg je objavila brošuru „Kvalitet meda u prometu“ na tri jezika: srpskom, hrvatskom i engleskom. Učestvovala je i na kratkoročnom

projektu od posebnog interesa za održivi razvoj u AP Vojvodini u 2014. godini: “Determinacija rezidua antibiotika u medu primenom skrining metoda i metode tečna hromatografija visokih performansi (HPLC)” koji je finansiran od strane Pokrajinskog sekretarijata za nauku i tehnološki razvoj. Učestvovala je na više od 10 međunarodnih i nacionalnih skupova i objavila preko 30 naučnih radova, od kojih su dva rada nagrađena.

Prilog 1.

Izjava o autorstvu

Potpisani-a Jelena M. Babić

broj upisa 16/22

Izjavljujem

da je doktorska disertacija pod naslovom

„Ispitivanje uticaja odabranih filtera na koncentraciju policikličnih aromatičnih ugljovodonika kod proizvodnje toplo dimljenog šarana“

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

Potpis doktoranda

U Beogradu, 08.06.2018.

Prilog 2.

**Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije
doktorskog rada**

Ime i prezime autora Jelena M. Babić

Broj upisa 16/22

Studijski program doktorske akademske studije

Naslov rada „Ispitivanje uticaja odabranih filtera na koncentraciju policikličnih
aromatičnih ugljovodonika kod proizvodnje toplo dimljenog šarana“

Mentori: prof. dr Vlado Teodorović i dr Miroslav Ćirković

Potpisani: Jelena M. Babić

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

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

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

Potpis doktoranda

U Beogradu, 08.06.2018.

Prilog 3.

Izjava o korišćenju

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

„Ispitivanje uticaja odabranih filtera na koncentraciju policikličnih aromatičnih ugljovodonika kod proizvodnje toplo dimljenog šarana“

koja je moje autorsko delo.

Disertaciju sa svim priložima predao/la 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/la.

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)

(Molimo da zaokružite samo jednu od šest ponuđenih licenci.

Kratak opis licenci je sastavni deo ove izjave).

Potpis doktoranda

U Beogradu, 08.06.2018.
