

UNIVERZITET U BEOGRADU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET

Jelena B. Petrović

**PROCENA IZLOŽENOSTI
HEMIJSKIM OPASNOSTIMA
U HRANI ANIMALNOG POREKLA**

Doktorska disertacija

Beograd, 2022

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF AGRICULTURE

Jelena B. Petrović

**EXPOSURE ASSESSMENT
TO CHEMICAL HAZARDS
IN FOOD OF ANIMAL ORIGIN**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2022

PRVI MENTOR:

dr Igor Tomašević, redovni profesor

Univerzitet u Beogradu

Poljoprivredni fakultet

DRUGI MENTOR:

dr Ilija Đekić, redovni profesor

Univerzitet u Beogradu

Poljoprivredni fakultet

ČLANOVI KOMISIJE:

dr Jelena Miočinović, redovni profesor

Univerzitet u Beogradu

Poljoprivredni fakultet

dr Nada Šmigić, redovni profesor

Univerzitet u Beogradu

Poljoprivredni fakultet

dr Predrag Puđa, redovni profesor u penziji

Univerzitet u Beogradu

Poljoprivredni fakultet

dr Nedeljko Karabasil, redovni profesor

Univerzitet u Beogradu

Fakultet Veterinarske medicine

dr Vesna Jankovic, viši naučni saradnik

Institut za higijenu i tehnologiju mesa, Beograd

Laboratorijski deo ispitivanja ove doktorske disertacije je u potpunosti urađen u laboratoriji Centra za ispitivanje namirnica d.o.o. na čemu sam veoma zahvalna.

Posebnu zahvalnost dugujem svom mentoru, prof. dr Igoru Tomaševiću, na idejama, korisnim savetima i sugestijama i na nesebičnoj pomoći i angažovanju u toku izrade ove doktorske disertacije.

Veliku zahvalnost dugujem svom mentoru, prof. dr Iliji Đekiću, na nesebičnoj pomoći i dragocenim savetima.

Želim da se zahvalim prof. dr Predragu Puđi, zahvaljujući kome se stvorila ideja da upišem doktorske studije na Poljoprivrednom fakultetu, na svim razgovorima i savetima.

Zahvaljujem se svim članovima komisije na svim korisnim savetima i sugestijama koji su doprineli poboljšanju disertacije.

Hvala svim kolegama na neposrednoj i posrednoj pomoći i podršci.

Želim da se zahvalim svojim roditeljima, koji su aktivno učestvovali u sprovođenju anketa, sa istim entuzijazmom sa kojim su mi pomagali da savladam tablicu množenja.

I, na kraju, hvala Ivanu na strpljenju i podršci i Ani što je svemu dala novi smisao.

Procena izloženosti hemijskim opasnostima u hrani animalnog porekla

SAŽETAK

Cilj ovog istraživanja bio je da se izvrši kvantitativna procena izloženosti stanovništva Srbije hemijskim opasnostima u hrani životinjskog porekla. Istraživanjem su obuhvaćeni: aflatoksin M₁ u mleku i proizvodima od mleka, histamin u svežoj, zamrznutoj i konzerviranoj ribi, toksični elementi (kadmijum, živa i arsen) u svežoj, zamrznutoj i konzerviranoj ribi i plodovima mora, esencijalni elementi (cink, bakar i gvožđe) u konzerviranoj ribi i plodovima mora i aditivi (nitriti, sulfiti i fosfati) u proizvodima od mesa. Ovaj cilj je ispunjen sprovođenjem istraživanja o potrošnji hrane životinjskog porekla na uzorku stanovništva u Srbiji i analizom sadržaja hemijskih opasnosti u proizvodima sa domaćeg tržišta. Dobijeni podaci su iskorišćeni kao ulazni elementi za Monte Karlo simulacionu metodu i na taj način je dobijena procena izloženosti navedenim hemijskim opasnostima u hrani životinjskog porekla.

Istraživanja o navikama odraslog stanovništva Srbije u konzumiranju namirnica animalnog porekla su sprovedena u skladu sa preporukama koje je dala Evropska agencija za bezbednost hrane (engl. *EFSA – European Food Safety Authority*). Upitnik o konzumiranju mleka i proizvoda od mleka i upitnik o konzumiranju ribe, plodova mora i njihovih proizvoda su sprovedeni tokom 2018. godine na uzorku od 1.000 ispitanika, a upitnik o konzumiranju proizvoda od mesa tokom 2017. godine na uzorku od 900 ispitanika. Rezultati pokazuju da je potrošnja mleka u Srbiji u okviru prosečne potrošnje u evropskim zemljama, a potrošnja ribe neznatno manja od nekih evropskih zemalja, ali da se proizvodi od mesa u Srbiji konzumiraju u prekomernim količinama.

Vrednosti koncentracija aflatoksina M₁ u sirovom mleku (385 uzoraka) i proizvodima od mleka (556 uzoraka) dobijene su iz analiza sprovedenih u periodu od četiri godine (2015 - 2018). Paralelno su analizirani uzorci hrane za životinje na prisustvo aflatoksina B₁ (747 uzoraka) u periodu od pet uzastopnih godina (2014 -2018). Rezultati ukazuju na to da nisu uvedene efikasne mere za kontrolu razvoja gljivica koje proizvode aflatoksine u hrani za životinje, što i dalje rezultira u povećanoj koncentraciji aflatoksina B₁ u hrani za životinje i, posledično, aflatoksina M₁ u sirovom mleku. Postignut je značajan napredak u smanjenju koncentracije aflatoksina M₁ u proizvodima od mleka u odnosu na prethodni period, za razliku od sirovog mleka, gde napredak postoji, ali je mnogo manji. Industrija mleka je odigrala ključnu ulogu u smanjenju nivoa izloženosti stanovništva aflatoksinu M₁ u proizvodima od mleka pooštavanjem kontrole ulazne sirovine i finalnih proizvoda. Monte Karlo simulacijom sa 100.000 iteracija dobijen je procenjeni dnevni unos aflatoksina M₁ u rasponu od 0,062–0,076 ng/kg tm/dan, u zavisnosti od metode prikupljanja podataka o ishrani i primenjenih scenarija. Dobijene vrednosti ukazuju na umerene rizike izloženosti u poređenju sa sličnim studijama koje su sprovedene širom sveta.

Prikupljeni uzorci sveže, zamrznute i konzervirane ribe i plodova mora analizirani su tokom pet godina (2014 - 2018). Određivanje sadržaja histamina izvršeno je na 974 uzoraka ribe i proizvoda; kadmijuma na 1.909, žive na 1.911 i arsena na oko 1.891 uzorku ribe i morskih plodova i njihovih proizvoda, a određivanje sadržaja bakra, cinka i gvožđa na 454 uzorka ribe i morskih plodova u konzervi. Monte Karlo metodom procenjen je prosečni dnevni unos kroz konzumiranje ovih namirnica za: histamin (0,0274 mg/kg tm/dan), kadmijum (0,0347 mg/kg tm/dan), živu (0,2426 mg/kg tm/dan), arsen (0,5576 mg/kg tm/dan), bakar (1,2241 mg/kg tm/dan), cink (5,4634 mg/kg tm/dan) i gvožđe (9,2231 mg/kg tm/dan). Utvrđeno je da je, konzumiranjem ribe i morskih plodova, 0,04% stanovništva Srbije izloženo histaminu, 0,05% kadmijumu, 15,42% živi i 1,24% arsenu

preko graničnih količina dobijenih na osnovu maksimalno podnošljivih dnevnih unosa propisanih od strane relevantnih institucija. U poređenju sa drugim evropskim zemljama dobijene vrednosti su slične. Izloženost stanovništva Srbije cinku, bakru i gvožđu kroz konzumiranje ribljih konzervi je manja od preporučenih dnevnih referentnih unosa i ne postoji rizik od dostizanja propisanih maksimalno podnošljivih dnevnih unosa.

Sadržaj nitrita je određen u 2.055 uzoraka proizvoda od mesa, sadržaj sulfita u 707 uzoraka proizvoda od mesa, a sadržaj fosfata u 1.556 uzoraka proizvoda od mesa u periodu od 2016. do 2019. godine. Procenjeni dnevni unosi za aditive u proizvodima od mesa dobijeni metodom Monte Karlo simulacije sa 100.000 iteracija pokazuju da je kroz unos proizvoda od mesa 0,03% odraslog stanovništva Srbije izloženo sulfitima, 23,52% nitritima i 2,49% fosfatima u količinama većim od prihvatljivog dnevnog unosa. Prosečni nivoi sulfita, nitrita i fosfata, u svim analiziranim uzorcima proizvoda od mesa, bili su ispod njihovih maksimalno dozvoljenih koncentracija, ali procenjena izloženost aditivima je značajna, čak i zabrinjavajuća za nitrite. Stanovništvo Srbije je veoma izloženo aditivima, zbog navike da se proizvodi od mesa konzumiraju u velikim količinama. Neophodno je uvesti mere koje će smanjiti izloženost. Potrebno je da se u Srbiji sprovede sopstvena studija o proceni rizika od aditiva u proizvodima od mesa i u odgovarajućem pravilniku uvede nova, niža, maksimalno dozvoljenu koncentraciju za nitrite i fosfate u proizvodima od mesa. Pored toga, s obzirom na veliku potrošnju proizvoda od mesa, važno je edukovati javnost o štetnosti ovakvih proizvoda sa ciljem da se konzumiranje proizvoda od mesa dovede na prihvatljivi nivo.

Ključne reči: aflatoksin M1, mleko i proizvodi od mleka, histamin, toksični i esencijalni elementi, riba i morski plodovi, aditivi, proizvodi od mesa, procenjeni dnevni unos, procena izloženosti, Monte Karlo analiza

Naučna oblast: Tehnološko inženjerstvo

Uža naučna oblast: Tehnologija animalnih proizvoda

UDK broj: 637.07:637(043.3)

Exposure assessment to chemical hazards in food of animal origin

ABSTRACT

The aim of this research was to perform a quantitative assessment of the exposure of the population of Serbia to chemical hazards in foods of animal origin. The study included: aflatoxin M₁ in milk and dairy products; histamine, toxic (cadmium, mercury and arsenic) and essential elements (zinc, copper and iron) in fish and; additives (nitrites, sulphites and phosphates) in meat products. This goal was met by conducting surveys on food consumption in a sample of the local population and analyzing the content of chemical hazards in food products on the local market. The data obtained were used as input elements for the Monte Carlo simulation method, and thereby, estimates of the exposure to the stated chemical hazards in foods of animal origin were obtained.

Research on the consumption habits of the adult Serbian population with regard to food of animal origin was conducted in accordance with the recommendations given by European Food Safety Authority (EFSA). A questionnaire on the consumption of milk and dairy products and a questionnaire on the consumption of fish, seafood and their products were administered in 2018 to a sample of 1,000 respondents, and the questionnaire on the consumption of meat products was administered in 2017 to a sample of 900 respondents. The results show that the consumption of milk in Serbia is within the average consumption in European countries, and the consumption of fish is slightly lower than in some European countries, but that meat products in Serbia are consumed in excessive quantities.

The concentrations of aflatoxin M₁ in raw milk (385 samples) and dairy products (556 samples) were obtained from analyses conducted over four years (2015-2018). In parallel, animal feed samples were analyzed for the presence of aflatoxin B₁ (747 samples) over five consecutive years (2014-2018). The correlation between the measured concentrations of aflatoxin B₁ in animal feed and aflatoxin M₁ in raw milk and dairy products was monitored. The results indicate that no effective measures have been introduced to control the development of aflatoxin-producing fungi in animal feed, which is still resulting in high concentrations of aflatoxin M₁ in raw milk. Compared to the previous period, significant progress has been made in reducing the concentration of aflatoxin M₁ in dairy products, in contrast to raw milk, where some progress has been made, but to a much lesser extent. The dairy industry has played a key role in reducing the level of exposure of the population to aflatoxin M₁ in dairy products by tightening the control of input raw materials and final products. The Monte Carlo simulation with 100,000 iterations yielded an estimated daily intake of aflatoxin M₁ in the range of 0.062-0.076 ng/kg bw/day, depending on the method of collecting dietary data and the scenarios used. These amounts indicate moderate exposure risks compared to similar studies worldwide.

Samples of fresh, frozen and canned fish and seafood were analyzed over five years (2014-2018). Determination of histamine content was performed on 974 fish samples; cadmium on 1,909, mercury on 1,911 and arsenic on 1,891 samples of fish and seafood and products, and determination of copper, zinc and iron content on 454 samples of canned fish and seafood. The Monte Carlo method estimated the average daily intake through the consumption of fish: histamine (0.0274 mg/kg bw/day), cadmium (0.0347 mg/kg bw/day), mercury (0.2426 mg/kg bw/day), arsenic (0.5576 mg/kg bw/day), copper (1.2241 mg/kg bw/day), zinc (5.4634 mg/kg bw/day) and iron (9.2231 mg/kg bw/day). According to our results, by consuming fish and seafood, 0.04% of the population of Serbia is exposed to histamine, 0.05% to cadmium, 15.42% to mercury, and 1.24% to arsenic above the appropriate threshold, obtained based on the maximum tolerable daily intake prescribed

by relevant institutions. Compared to other European countries, the exposure levels obtained are similar. The exposure of the Serbian population to zinc, copper and iron through the consumption of canned fish is lower than the recommended daily reference intake and there is no risk of reaching toxic levels.

The nitrite content was determined on 2,055 samples of meat products, the sulfite content on 707 samples of meat products, and the phosphate content on 1,556 samples of meat products over four years (2016-2019). Estimated daily intakes for additives in meat products obtained by the Monte Carlo simulation method with 100,000 iterations show that through the intake of meat products, 0.03% of the adult population of Serbia is exposed to sulfites, 23.52% to nitrites and 2.49% to phosphates in quantities greater than the relevant acceptable daily intakes. Average levels of sulfites, nitrites, and phosphates in all analyzed samples of meat products were below their respective MPLs, but estimated exposure to these additives is significant, even worrying for nitrites. The Serbian population is highly exposed to additives in meat products, because of the habit of consuming meat products in large quantities. It is necessary to introduce measures that will reduce this exposure. Serbia needs to perform its own risk assessment study on food additives in meat products and reduce the maximum permitted level in the legislation for nitrites and phosphates in meat products. It is important to educate the public about the harmfulness of such products in order to reduce their consumption.

Key words: aflatoxin M1, milk and dairy products, histamine; toxic and essential elements, fish and seafood, additives, meat products, estimated daily intake, exposure assessment; Monte Carlo analysis

Academic expertise: Technological Engineering

Field of Academic Expertise: Technology of animal products

UDC: 637.07:637(043.3)

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. PREGLED LITERATURE	3
2.1. Aflatoksin M ₁ u mleku.....	3
2.2. Histamin u ribi.....	5
2.3. Toksični elementi u ribi i morskim plodovima	6
2.4. Esencijalni elementi u ribi i morskim plodovima	7
2.5. Aditivi u proizvodima od mesa	8
2.6. Procena rizika od hemijskih opasnosti u hrani.....	9
2.6.1. Utvrđivanje opasnosti	10
2.6.2. Definisanje opasnosti	10
2.6.3. Procena izloženosti	10
2.6.4. Definisanje rizika	13
3. CILJ ISTRAŽIVANJA	14
4. MATERIJAL I METODE	16
4.1. Istraživanje navika stanovništva u ishrani.....	16
4.1.1. Upitnik o konzumiranju mleka i proizvoda od mleka.....	16
4.1.2. Upitnik o konzumiranju ribe, plodova mora i proizvoda.....	17
4.1.3. Upitnik o konzumiranju proizvoda od mesa.....	17
4.2. Uzorkovanje i priprema uzoraka	17
4.2.1. Uzorci hrane za životinje i mleka i proizvoda od mleka.....	17
4.2.2. Uzorci ribe, plodova mora i njihovih proizvoda	17
4.2.3. Uzorci proizvoda od mesa.....	18
4.3. Analitičke metode.....	18
4.3.1. Određivanje sadržaja aflatoksina B ₁ i aflatoksina M ₁	18
4.3.2. Određivanje sadržaja histamina	18
4.3.3. Određivanje sadržaja kadmijuma, žive, arsena, cinka, bakra i gvožđa.....	19
4.3.4. Određivanje sadržaja nitrita, fosfata i sulfita	20
4.3.5. Validacija metoda	20
4.4. Procena izloženosti.....	22
4.5. Statističke metode.....	22
5. REZULTATI I DISKUSIJA	24
5.1. Procena izloženosti aflatoksinu M ₁ u mleku i proizvodima od mleka.....	24
5.1.1. Sadržaj aflatoksina u hrani za životinje, sirovom mleku i proizvodima od mleka	24
5.1.2. Navike stanovništva u konzumiranju mleka i proizvoda od mleka	26

5.1.3.	Procena izloženosti aflatoksinu M ₁ u mleku i proizvodima od mleka.....	30
5.2.	Procena izloženosti histaminu, toksičnim i esencijalnim elementima u svežoj, zaleđenoj i konzerviranoj ribi i plodovima mora	32
5.2.1.	Sadržaj histamina u svežoj, zamrznutoj i konzerviranoj ribi	32
5.2.2.	Sadržaj toksičnih elemenata u svežoj, zamrznutoj i konzerviranoj ribi i morskim plodovima.....	33
5.2.3.	Sadržaj esencijalnih elemenata u konzerviranoj ribi.....	36
5.2.4.	Navike u konzumiranju ribe, morskih plodova i njihovih proizvoda	37
5.2.5.	Procena izloženosti histaminu u ribama.....	41
5.2.6.	Procena izloženosti toksičnim elementima u ribi i plodovima mora	43
5.2.7.	Procena izloženosti esencijalnim elementima u ribi i plodovima mora u konzervi.....	45
5.3.	Procena izloženosti aditivima u proizvodima od mesa	47
5.3.1.	Sadržaj aditiva u proizvodima od mesa	47
5.3.2.	Navike u konzumiranju proizvoda od mesa.....	49
5.3.3.	Procena izloženosti sulfita, nitrita i fosfata u proizvodima od mesa.....	52
6.	ZAKLJUČAK	57
7.	LITERATURA.....	60
8.	PRILOG 1: Upitnik o konzumiranju mleka i proizvoda od mleka.....	75
9.	PRILOG 2: Upitnik o konzumiranju ribe, plodova mora i proizvoda	79
10.	PRILOG 3: Upitnik o konzumiranju proizvoda od mesa.....	82
11.	BIOGRAFIJA KANDIDATA	86
12.	IZJAVE.....	87

Lista skraćenica

Skraćenica	Engleski	Srpski
ADI	<i>Acceptable Daily Intake</i>	Prihvatljivi dnevni unos
ALARA	<i>As Low As Reasonably Achievable</i>	Nisko koliko je razumno moguće
ATSDR	<i>Agency for Toxic Substances and Disease Registry International</i>	Međunarodna agencija za toksične supstance i registar bolesti
BMI	<i>Body Mass Index</i>	Indeks telesne mase
EDI	<i>Estimated daily intake</i>	Procenjeni dnevni unos
EFSA	<i>European Food Safety Authority</i>	Evropska agencija za bezbednost hrane
FAO UN	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i>	Organizacija za hranu i poljoprivredu Ujedinjenih Nacija
HACCP	<i>Hazard Analysis Critical Control Points</i>	Analiza opasnosti kritične kontrolne tačke
HPLC	<i>High Performance Liquid Chromatography</i>	Tečna hromatografija visoke performanse
IARC	<i>International Agency for Research on Cancer</i>	Međunarodna agencija za istraživanje raka
IPCS	<i>International Programme on Chemical Safety</i>	Međunarodni program o hemijskoj bezbednosti
JECFA	<i>Joint Expert Committee on Food Additives</i>	Zajednički stručni komitet za prehrambene aditive
MDK	/	Maksimalno dozvoljena koncentracija
NRV	/	Nutritivna referentna vrednost
PMTDI	<i>Provisional Maximum Tolerable Daily Intake</i>	Privremeni maksimalno podnošljivi dnevni unos
PT	<i>Proficiency Testing</i>	Test osposobljenosti
PTWI	<i>Provisional Tolerable Weekly Intake</i>	Privremeni podnošljivi nedeljni unos
RASFF	<i>Rapid Alert System for Food and Feed</i>	Sistem brzog upozorenja za hranu i hranu za životinje
RDA	<i>Recommended Dietary Allowances</i>	Preporučena ishrana
ROS	<i>Reactive Oxygen Species</i>	Reaktivne vrste kiseonika
TDI	<i>Tolerable daily intake</i>	Podnošljiv dnevni unos
tm		Telesna masa
TWI	<i>Tolerable Weekly Intake</i>	Podnošljiv nedeljni unos
UKAS	<i>United Kingdom Accreditation Service</i>	Služba za akreditaciju Ujedinjenog Kraljevstva
US FDA	<i>United States Food and Drug Administration</i>	Uprava za hranu i lekove Sjedinjenih Država
WHO	<i>World Health Organization</i>	Svetska Zdravstvena Organizacija

Lista tabela

Tabela 1: Talasne dužine za određivanje elemenata

Tabela 2: Sertifikovani referentni materijali koji su korišćeni za validaciju metoda

Tabela 3: Validacioni parametri

Tabela 4: Prisustvo aflatoksina B₁ u hrani za životinje i aflatoksina M₁ u mleku i proizvodima od mleka

Tabela 5: Demografski profil učesnika u upitniku o konzumiranju mleka i proizvoda od mleka

Tabela 6: Prosečna potrošnja mleka i proizvoda od mleka u okviru demografskih grupa

Tabela 7: Učestalost potrošnje pasterizovanog mleka u Srbiji (N=521)

Tabela 8: Učestalost potrošnje jogurta u Srbiji (N=601)

Tabela 9: Procenjeni dnevni unos aflatoksina M₁

Tabela 10: Prisustvo histamina u različitim tipovima ribe

Tabela 11: Sadržaj toksičnih metala u različitim tipovima ribe

Tabela 12: Sadržaj esencijelnih elemenata u ribi u konzervi

Tabela 13: Demografski profil učesnika u upitniku o konzumiranju ribe, plodova mora i proizvoda

Tabela 14: Prosečna potrošnja ribe, morskih plodova i njihovih proizvoda u okviru demografskih grupa

Tabela 15: Učestalost konzumiranja ribe i plodova mora

Tabela 16: Učestalost konzumiranja ribe u konzervi (tuna, sardina, druga morska riba, plodovi mora)

Tabela 17: Procenjeni dnevni unos histamina u ribi

Tabela 18: Procenjeni dnevni unos toksičnih elemenata u ribi i plodovima mora

Tabela 19: Procenjeni dnevni unos bakra, cinka i gvožđa u ribi u konzervi

Tabela 20: Rezultati određivanja sadržaja sulfita, nitrita i fosfata u različitim tipovima proizvoda od mesa

Tabela 21: Demografski profil učesnika u upitniku o konzumiranju proizvoda od mesa

Tabela 22: Prosečna potrošnja proizvoda od mesa u okviru demografskih grupa

Tabela 23: Učestalost konzumiranja proizvoda od mesa

Tabela 24: Procenjeni dnevni unos sulfita, nitrita i fosfata u proizvodima od mesa

Lista grafikona

- Grafikon 1. Poređenje procenjenog ukupnog dnevnog unosa aflatoksina M₁ dobijenih Monte Karlo analizom sa 100.000 iteracija. (a) Potrošnja prethodnog dana – Scenario 1; (b) Potrošnja prethodnog dana – Scenario 2; (c) Potrošnja poslednjih 7 dana – Scenario 1; (d) Potrošnja poslednjih 7 dana – Scenario 2.
- Grafikon 2. Procenjeni ukupni dnevni unos histamina dobijen Monte Karlo analizom sa 100.000 iteracija
- Grafikon 3. Procenjeni ukupni dnevni unos toksičnih elemenata (Cd, Hg i As) dobijen Monte Karlo analizom sa 100.000 iteracija
- Grafikon 4. Procenjeni dnevni unos bakra, cinka i gvožđa, dobijen Monte Karlo analizom sa 100.000 iteracija
- Grafikon 5. Procenjeni dnevni unos za a) sulfite, b) nitrite i c) fosfate dobijen Monte Karlo analizom sa 100.000 iteracija

1. UVOD

Hrana animalnog porekla je značajna za ishranu ljudi jer predstavlja lako svarljivi izvor kvalitetnih proteina, masnih kiselina, vitamina rastvorljivih u mastima i energije. Tokom evolucije, kod čoveka je došlo do anatomske, metaboličke i biohemijske adaptacije digestivnog trakta, čime je povećana zavisnost od nutritivno visoko vredne hrane, kao što je hrana animalnog porekla. Za varenje hrane biljnog porekla neophodan je duži i složeniji digestivni trakt. Zbog svog sastava i slabe svarljivosti, hrana biljnog porekla ne može zadovoljiti potrebu za masnim kiselinama dugog lanca, proteinima, energijom i vitaminom B₁₂. Za razliku od herbivora, bakterijska flora digestivnog trakta omnivora (čoveka) ne može da sintetiše vitamin B₁₂ i zato hrana animalnog porekla predstavlja jedini izvor ovog vitamina (Ivanovic, 2012).

Sa druge strane, hrana animalnog porekla može biti izvor hemijskih supstanci koje štetno utiču na zdravlje kao što su kontaminanti (teški metali, mikotoksini, organohlorni pesticidi, dioksini, polihlorovani bifenili, policiklični aromatični ugljovodonici...), ostaci veterinarskih lekova i aditivi. Mleko, riba i meso predstavljaju važne grupe proizvoda koji se u Srbiji konzumiraju u velikoj meri, pa samim tim, hemijske opasnosti koje sa sobom nose mogu negativno uticati na zdravlje stanovništva. Predmet ispitivanja ove doktorske disertacije su aflatoksin M₁ u mleku i proizvodima od mleka, histamin u svežoj, zamrznutoj i konzerviranoj ribi, toksični elementi (kadmijum, živa i arsen) u svežoj, zamrznutoj i konzerviranoj ribi i plodovima mora, esencijalni elementi (cink, bakar i gvožđe) u konzerviranoj ribi i plodovima mora i aditivi (nitriti, sulfiti i fosfati) u proizvodima od mesa. Nakon krize koja se desila u industriji mleka zbog povećanih koncentracija aflatoksina M₁ 2013. godine (Tomašević i sar., 2015), ovaj kontaminant i dalje predstavlja najveću hemijsku opasnost koja se može naći u mleku i iz tog razloga je među odabranim opasnostima koje su predmet istraživanja ove studije. Činjenica da se, među hemijskim opasnostima koje se mogu naći u ribi, na portalu Sistema brzog upozorenja za hranu i hranu za životinje (engl. *RASFF - Rapid Alert System for Food and Feed*), u objavama, koje su okarakterisane kao ozbiljan rizik na zdravlje ljudi, najčešće javljaju histamin i toksični elementi (RASFF, 2020), usmerila je fokus ovog istraživanja upravo na njih. Istraživanje obuhvata i esencijalne elemente (bakar, cink i gvožđe) u ribljim konzervama. Pored opasnosti koje se slučajno mogu naći u namirnicama animalnog porekla, sve je veća zabrinutost potrošača o upotrebi aditiva, naročito u industriji mesa, od kojih su obrađeni nitriti, sulfiti i fosfati.

Hemijske opasnosti koje su obrađene u ovoj disertaciji (osim arsena i esencijalnih elemenata u ribi) su prepoznate kao potencijalno štetne za zdravlje ljudi i u odgovarajućim pravilnicima su propisane maksimalno dozvoljene koncentracije, koje su, izuzev za aflatoksin M₁, usklađene sa evropskim. Zbog trgovinskih odnosa postoji potreba da se srpska zakonska regulativa u potpunosti uskladi sa evropskom. U evropskoj Uredbi EC No 178/2002 stoji da se "slobodno kretanje hrane i hrane za životinje unutar zajednice može postići samo ukoliko se zahtevi za bezbednost hrane i hrane za životinje ne razlikuju bitno između država članica". Ostaje pitanje da li su time preduzete sve potrebne mere kako bi se obezbedila zaštita zdravlja stanovništva, tj. da li procena rizika koja je urađena za evropsku populaciju za hemijske opasnosti u namirnicama može da se ekstrapolira na srpsko stanovništvo.

Od svog osnivanja 2002. godine, Evropska agencija za bezbednost hrane (engl. *EFSA – European Food Safety Authority*) je objavila procenu rizika za preko 5500 supstanci (Kovarich, 2021). Procena rizika je definisana kao „naučno zasnovan proces koji se sastoji od četiri faze: utvrđivanje opasnosti, definisanje opasnosti, procena izloženosti i definisanje rizika“ ("Sl. glasnik RS" br. 41/09 i 17/19; EC, 2002). Prva dva koraka u proceni rizika se odnose na karakteristike samih supstanci i,

za supstance koje su predmet istraživanja ove studije (osim za histamin), su obrađeni i javno objavljeni od strane EFSA (EFSA 2004a, EFSA 2004b, EFSA 2005, EFSA 2009a, EFSA 2009b, EFSA 2012b, EFSA 2016, EFSA 2017, EFSA 2019, EFSA 2020). Ova doktorska disertacija biće posvećena trećem koraku, tj. proceni izloženosti stanovništva u Srbiji hemijskim opasnostima u namirnicama animalnog porekla.

Procena izloženosti je, prema Organizaciji za hranu i poljoprivredu Ujedinjenih nacija (engl. *FAO UN - Food and Agriculture Organization of the United Nations*) i Svetskoj zdravstvenoj organizaciji (engl. *WHO - World Health Organization*), definisana kao kvalitativna i/ili kvantitativna procena verovatnoće unosa hemijskog jedinjenja preko hrane (FAO/WHO, 1995). Glavni parametri u proceni izloženosti su količina konzumirane hrane u određenom vremenskom intervalu i podaci o kontaminaciji hrane (Udovicki i sar., 2019).

Cilj ove disertacije je da se kvantitativno proceni izloženost stanovništva Srbije odabranim hemijskim opasnostima u proizvodima animalnog porekla. Da bi se ovaj cilj ispunio neophodno je istražiti navike u ishrani srpskog stanovništva, kroz sprovođenje upitnika o konzumiranju mleka i proizvoda od mleka, ribe, plodova mora i njihovih proizvoda i proizvoda od mesa. Kako bi se dobili uporedivi i relevantni podaci potrebno je upitnike sprovesti na reprezentativnom uzorku populacije i uz poštovanje smernica koje je preporučila EFSA u svom vodiču (EFSA, 2009), u kome su dati generalni principi o prikupljanju podataka o konzumiranju hrane na nacionalnom nivou. Podaci o upitnicima koje su sprovedene prema datim uputstvima u 25 zemalja Evrope EFSA je objavila na svom sajtu (EFSA 2021) i među njima nema podataka za Srbiju. Da bi se dobili adekvatni podaci o koncentracijama hemijskih opasnosti u hrani koju konzumira domaće stanovništvo, neophodno je uraditi analizu dovoljnog broja reprezentativnih uzoraka namirnica sa domaćeg tržišta. Da bi se dobili što realniji rezultati, za procenu izloženosti se koriste probabilistički statistički modeli, kao što je Monte Karlo simulacija, koja je upotrebljena u ovom istraživanju, koji uzimaju u obzir celokupnu raspodelu jednog ili više parametara procene izloženosti (količina konzumirane hrane ispitanika, koncentracije hemijske opasnosti prisutne u hrani, telesna masa ispitanika).

Značaj ove disertacije je u tome što može da se upotrebi u definisanju rizika i da naučnu informaciju o adekvatnosti usklađivanja domaće zakonske regulative sa evropskom.

2. PREGLED LITERATURE

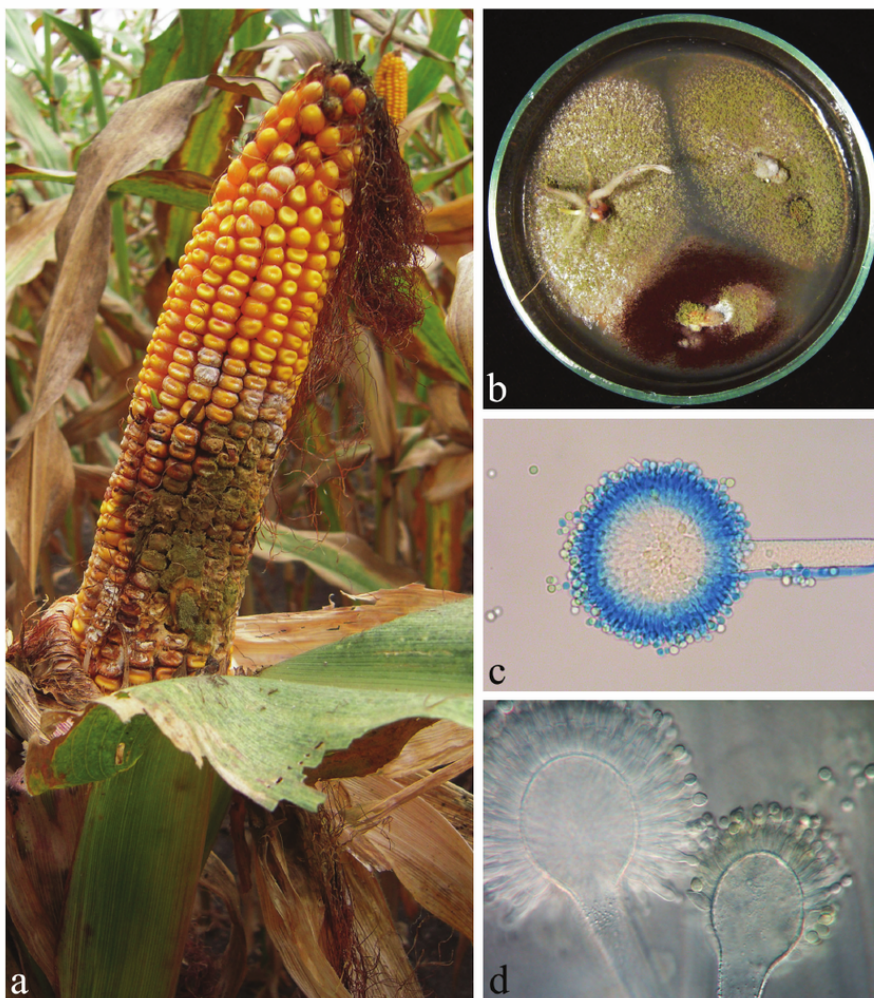
2.1. Aflatoksin M₁ u mleku

Smatra se da je mleko nutritivno najkompletnija namirnica i da pozitivno utiče na zdravlje. Redovan unos mleka i proizvoda od mleka smanjuje rizik od gojaznosti kod dece, a kod odraslih poboljšava strukturu tela i olakšava gubitak kilograma kod restriktivnih dijeta. Pored toga dokazano je da nema negativan uticaj na razvoj dijabetesa tipa 2, i da čak smanjuje rizik od kardiovaskularnih bolesti, a može se dovesti u vezu i sa povoljnim uticajem na smanjenje rizika od pojedinih vrsta kancera (Thorning, 2016). Konzumira se u velikoj količini u svim starosnim grupama (Prandini i sar., 2009), pa u slučaju kontaminacije mleka može doći do značajnog unosa hemijskih opasnosti.

Najveća kriza u industriji mleka u Srbiji se desila 2013. godine, kada su detektovane izuzetno visoke koncentracije aflatoksina M₁ (Tomašević i sar., 2015) i nakon toga je ovaj kontaminant i dalje u prvom planu. Do tada se smatralo da je zahvaljujući umereno kontinentalnom tipu klime u Srbiji veoma nizak rizik od pojave aflatoksina (Udovicki i sar., 2018). Rezultati istraživanja o pojavi aflatoksina u Srbiji u periodu do 2012. godine pokazuju ili odsustvo ili veoma nisku koncentraciju (Matić i sar., 2009; Jaksic i sar., 2011; Skrinjar i sar., 2011). Prvi put je objavljeno da su aflatoksini detektovani u kukuruzu iz Srbije 2012. godine (Kos i sar., 2013). Te godine je u Srbiji proleće i leto bilo neuobičajeno sušno, što je verovatno doprinelo povećanju prisustva aflatoksina u kukuruzu, pa samim tim i u mleku. Neadekvatno skladištenje već kontaminiranog kukuruza namenjenog za ishranu životinja je dovelo do dodatnog povećanja nivoa aflatoksina u njemu i dovelo do pojave izuzetno visokih koncentracija u mleku u zimu 2013. godine (Tomašević i sar., 2015).

Aflatoksini su grupa jedinjenja, među kojima su u prirodi najzastupljeniji aflatoksin B₁, aflatoksin B₂, aflatoksin G₁ i aflatoksin G₂. Javljaju se kao sekundarni metaboliti gljivica roda *Aspergillus* (najčešće *A. flavus*, *A. parasiticus*, *A. nominus* i *A. tamarii*) i imaju imunosotoksična, mutagena i karcinogena svojstva. Najveću karcinogenost ima aflatoksin B₁. Kada se unese hranom, u jetri se transformiše u aflatoksin M₁ (4-hidroksi derivat aflatoksina B₁) i izlučuje u mleko i mlečne žlezde životinja u laktaciji, koje su unele kontaminiranu hranu (Fallah, 2010; Prandini i sar., 2009). Aflatoksin M₁ ima izraženu hepatotoksičnost. Prema Međunarodnoj organizaciji za izučavanje kancera (engl. *IARC – International Agency for Research on Cancer*), aflatoksin M₁ je svrstan u grupu karcinogena 2B. Njegov karcinogeni potencijal je oko 2 – 10% u odnosu na aflatoksin B₁, koji pripada A grupi karcinogena (IARC, 2016; Hsieh, 1984).

S obzirom na izuzetno štetan efekat na zdravlje i rasprostranjenost u namirnici koju veliki udeo stanovništva konzumira svakodnevno, EFSA preporučuje da se, pri postavljanju zakonski regulisane maksimalno dozvoljene koncentracije (MDK) aflatoksina M₁ u mleku, poštuje princip “nisko koliko je razumno moguće” (engl. *ALARA - As Low As Reasonably Achievable*) (EFSA, 2004a). Najstroži kriterijum je propisan u Evropi gde je MDK za aflatoksin M₁ u sirovom, termički obrađenom i mleku namenjenom za proizvodnju proizvoda od mleka postavljen na nivo 0,05 µg kg⁻¹ (EC 1881/2006), dok je u SAD-u ova vrednost deset puta veća i iznosi 0,5 µg kg⁻¹ (FDA, 2007).



Slika 1. a) *A. flavus* na klipu kukuruza, b) Kolonije *A. flavus* koje rastu na agaru ekstrakta slada iz zrna pšenice. c-d) *A. flavus* konidijalne glave. (preuzeto od Baranyi i sar., 2013)

U cilju usklađivanja propisa sa evropskim, srpska vlada je propisala MDK na nivou $0,05 \mu\text{g kg}^{-1}$ za aflatoksin M_1 u sirovom, termički obrađenom i mleku namenjenom za proizvodnju proizvoda od mleka ("Sl. glasnik RS" br. 25/10, 28/11). Međutim, u martu 2013. godine, kada je došlo do naglog porasta prisustva ovog kontaminanta u mleku, da bi se napravio kompromis između finansijske štete i javnog zdravlja stanovništva, vlada je, kao privremenu meru, uvela povećanje MDK deset puta ($0,5 \mu\text{g kg}^{-1}$) ("Sl. glasnik RS" br. 25/10, 28/11, 20/13). U narednim godinama je MDK menjan nekoliko puta ("Sl. glasnik RS" br. 29/14, 37/14, 39/14, 72/14, 80/15, 84/15, 35/16, 81/16, 21/17 i 81/17, "Sl. glasnik RS" br. 22/18 i 90/18, "Sl. glasnik RS" br. 81/19, 126/20, 90/21 i 118/21) i trenutno iznosi $0,25 \mu\text{g kg}^{-1}$ ("Sl. glasnik RS" br. 81/19, 126/20, 90/21 i 118/21). Zakonski definisan period važenja ove vrednosti ističe 30. novembra 2022 godine, i od 1. Decembra 2022 godine stupa na snagu MDK vrednost od $0,05 \mu\text{g kg}^{-1}$, što je u skladu sa evropskom Uredbom EC No1881/2006.

Ovom temom su se bavili i drugi autori sa naših prostora. Udovicki i sar. (2019) su objavili rezultate istraživanja za procenu izloženosti aflatoksinu M_1 kroz konzumiranje mleka i jogurta u populaciji studenata. Milićević i sar. (2017) su objavili pregledni rad u kome su u proceni izloženosti koristili objavljene podatke o koncentraciji aflatoksina M_1 i literarne podatke o konzumiranju proizvoda od mleka. Ne postoji objavljeno istraživanje o proceni izloženosti našeg odraslog stanovništva aflatoksinu M_1 kroz konzumiranje mleka i proizvoda od mleka u okviru koga je izvršeno istraživanje o navikama u konzumiranju mleka i proizvoda od mleka.

2.2. Histamin u ribi

Pored mleka, smatra se i da konzumiranje ribe povoljno utiče na zdravlje, jer je meso ribe bogato omega-3 masnim kiselinama i lako svarljivim proteinima visoke nutritivne vrednosti koji sadrže sve esencijelne aminokiseline, a sadrži i visok nivo vitamina rastvorljivih u mastima (A i D), kao i vitamina B₁₂ (Larsen i sar., 2011). EFSA je dala smernice za ishranu u kojoj se podstiče unos ribe (EFSA, 2010). Prema Republičkom zavodu za statistiku Republike Srbije potrošnja ribe u Srbiji je značajno porasla poslednjih godina (Godišnjak, 2010-2019). Iako Srbija nema izlaz na more proizvodnja ribe nije zanemarljiva jer ima 15.000 ha vodene površine u kojoj se godišnje proizvede i ulovi preko 2.000 t slatkovodne ribe (Republički zavod za statistiku Republike Srbije, 2019). Pored toga uvoz ribe i morskih plodova je značajan (oko 50 miliona € godišnje) (Republički zavod za statistiku Republike Srbije, 2019). Na osnovu toga, može se zaključiti da riba ima velikog udela u ishrani i, prema tome, kontaminacija ribe može uticati na javno zdravlje srpskog stanovništva.

Među objavama na RASFF portalu, koje se odnose na ribu, a čiji je rizik okarakterisan kao ozbiljan, najčešće se javljaju histamin i toksični elementi (RASFF, 2020). Histamin je biogeni amin koji se javlja u hrani sa prirodno visokim sadržajem slobodnog histidina. Tu spadaju ribe iz porodica *Scombridae* i *Scomberesocidae* (FAO/WHO, 2018). RIBE koje se često konzumiraju, a pripadaju ovim porodicama, su tuna, skuša, sardina i haringa (Lehane i Olley, 2000, FAO/WHO, 2012b). Histamin nije prisutan u sveže ulovljenoj ribi, već ga stvaraju bakterije dekarboksilacijom histidina. Ove bakterije su prirodno prisutne u slanoj vodi, a samim tim i u škrgama, spoljnoj površini i crevima morskih riba, i nisu opasne za njih. Nakon smrti, odbrambeni sistem ribe, koji inhibira bakterijski rast u mišićima, prestaje da radi i ove bakterije se slobodno razmnožavaju, stvarajući biogene amine. Ukoliko je u ribi prisutna visoka koncentracija slobodnog histidina, može doći do stvaranja povećanog nivoa histamina (FDA, 2020). Da bi se to desilo, neophodno je i da temperatura skladištenja bude povišena, odn. optimalna za rast bakterija. Visok nivo histamina u ribi je uvek posledica skladištenja ribe na neadekvatnoj temperaturi, čak i kod riba sa visokim sadržajem histidina (FAO/WHO, 2013). Trovanje se javlja nekoliko minuta do nekoliko sati nakon konzumiranja hrane sa veoma visokim sadržajem histamina (Huss, 2003). Jačina simptoma zavisi od količine unetog histamina, osetljivosti pojedinca i aktivnosti detoksikacionih mehanizama u telu. Uglavnom se javljaju blaži simptomi kao što su grčevi, dijareja, mučnina, glavobolja, povišena temperatura, osip i svrab (FAO/WHO, 2013). U Srbiji su poznati slučajevi intoksikacije histaminom u osetljivoj populaciji (Petrovic i sar., 2016), što potvrđuje da je neophodna redovna kontrola nivoa histamina u ribama na našem tržištu.

Prema FAO i WHO količina histamina koja ne bi trebalo da izazove pojavu simptoma kod zdravih odraslih osoba iznosi 50 mg (FAO/WHO, 2013). Ako se uzme u obzir da je prosečna porcija ribe 250 g, onda koncentracija histamina u ribi ne bi smela da bude veća od 200 mg kg⁻¹. U većini zemalja je propisan maksimalno dozvoljeni nivo histamina u ribi i proizvodima. U Republici Srbiji nivo histamina je regulisan Pravilnikom o opštim i posebnim uslovima higijene hrane u bilo kojoj fazi proizvodnje, prerade i prometa ("Sl. glasnik RS" br. 72/10, 62/18) koji je usklađen sa Evropskom Uredbom EC No 2073/2005 i podrazumeva testiranje devet nezavisnih jedinica u jednom lotu. Ukoliko je koncentracija histamina u ne više od dve jedinice između 100 mg kg⁻¹ i 200 mg kg⁻¹, i u svih devet jedinica manja od 200 mg kg⁻¹, smatra se da je nivo histamina u proizvodu bezbedan. Ukoliko je u više od dve jedinice koncentracija histamina između 100 mg kg⁻¹ i 200 mg kg⁻¹ ili u jednoj ili više jedinica koncentracija histamina veća od 200 mg kg⁻¹, smatra se da je nivo histamina u proizvodu nebezbedan. Međutim, Uprava za hranu i lekove Sjedinjenih Američkih Država (engl. *US FDA - United States Food and Drug Administration*) je postavila rigorozniji maksimalno dozvoljeni nivo koji iznosi 50 mg kg⁻¹ (FDA, 2020).

Iako je objavljeno istraživanje o koncentracijama histamina u ribi sa našeg tržišta (Petrovic i sar., 2016), nije objavljen ni jedan rad o proceni izloženosti ovom biogenom aminu. Takođe ne postoji sproveden upitnik o navikama stanovništva u konzumiranju ribe.

2.3. Toksični elementi u ribi i morskim plodovima

Među hemijskim opasnostima povezanim sa konzumiranjem ribe i morskih plodova, pored histamina, su veoma značajni i toksični elementi. Prisutni su u vodenim ekosistemima i akumuliraju se u ribama i morskim plodovima, što može izazvati zdravstvene probleme ako se konzumiraju u velikim količinama (Llobet i sar., 2003, Falcó i sar., 2006). U poslednjim decenijama je zagađenost životne sredine toksičnim metalima značajno porasla (Erasmus, 2004). Metali su stabilni i nisu biorazgradivi (Saha i Zaman, 2012), pa kad jednom uđu u životnu sredinu jako teško ih je eliminisati i vremenom se akumuliraju. Živi svet iz vode, zemljišta i hrane apsorbuje toksične elemente (Muñoz-Olivas i Cámara, 2001). Živa, olovo, kadmijum i arsen su najtoksičniji metali i povezani su sa zaista ozbiljnim štetnim posledicama na zdravlje. Toksični efekat zavisi od apsorbovane količine metala. Izloženost velikim količinama dovodi do ozbiljnih akutnih trovanaja. Mehanizmi delovanja metala su slični i uglavnom uključuju formiranje reaktivnih kiseoničnih jedinjenja (eng. *ROS – Reactive Oxygen Species*), inaktiviranje enzima i supresiju antioksidativne odbrane, čiji se efekti mogu javiti na različitim organima. Primeri različitih komplikacija izazvanih trovanjem teškim metalima su gastrointestinalni problemi, oštećenja bubrega, oštećenja nervnog sistema, oštećenja kože, oštećenja krvnih sudova, poremećaj imunog sistema, prenatalni poremećaji i kancer (Cobbina i sar., 2015). Najčešći simptomi akutnog trovanja su bol u stomaku, krvava dijareja i otkazivanje bubrega (Bernhoft, 2012; Tsai i sar., 2017). Hronično izlaganje maloj dozi vremenom dovodi do komplikacija, a u slučaju nekih metala i kancera. Karcinogeni metali, kao što su kadmijum i arsen, ometaju sintezu i reparaciju DNK, i na taj način vode do karcinogeneze (Koedrith i sar., 2013).

Živa se u prirodi nalazi u vazduhu, vodi i zemljištu i može se naći u tri oblika: elementalna živa (Hg^0), neorganska živa (Hg^+ i Hg^{2+}) i organska živa (uglavnom kao metil-živa i etil-živa) (Li i sar., 2017). U živom svetu se živa akumulira i u lancu ishrane se povećava njena koncentracija, tako da predatori na vrhu lanca ishrane, kao što su ajkula, sabljarka i tuna, često imaju povišeni nivo žive (Storelli i sar., 2010; Seixas i sar., 2014). Pored toga, živa je u ribama i plodovima mora prisutna u svom najtoksičnijem obliku, kao metil-živa (Nakamura i sar., 2014), koji se skoro potpuno apsorbuje u digestivnom traktu čoveka (Patrick, 2003). Metil-živa se lako vezuje za molekule koji sadrže tiolne grupe i na taj način prolazi krvno-moždanu barijeru (Bridges i Zalups, 2017), pa svoj najtoksičniji uticaj ispoljava na centralni nervni sistem (Patrick, 2003). Neorganska živa ne ispoljava karcinogene efekte, i prema IARC, svrstana je u Grupu 3, dok je metil-živa svrstana u Grupu 2B, kojoj pripadaju jedinjenja okarakterisana kao možda karcinogena za ljude (IARC, 2016).

Arsen je prisutan kao kontaminant u hrani, vodi i životnoj sredini. Javlja se u četiri forme: kao metaloid (As^0), neorganski (As^{3+} i As^{5+}), organski i kao arsin (AsH_3) (Kuivenhoven i Mason, 2021). Za razliku od žive, organski arsen je manje toksičan. Povećana izloženost arsenu kod čoveka utiče na hormone, transkripciju gena, respiratorni ćelijski ciklus, reprodukciju, kardiovaskularni i nervni sistem (Kapaj i sar., 2006). Potvrđeno je da je arsen karcinogen i svrstan je u Grupu 1 kancerogena (IARC, 2016). Prema US FDA tragovi arsena se nalaze u različitim tipovima namirnica, ali su najveće koncentracije detektovane u plodovima mora. Na sreću, u ribi i plodovima mora, arsen se uglavnom javlja (90%) u svom organskom obliku koji je manje toksičan od neorganskog (FDA, 1993).

Kadmijum se nalazi na listi zagađivača životne sredine među 20 najopasnijih supstanci i zauzima osmo mesto. Glavni put apsorpcije je preko digestivnog trakta i respiratornog sistema iz dima

cigareta. Akutno trovanje izaziva edem pluća, krvarenje i smrt, dok pri hroničnom izlaganju daje nefrotoksični, osteotoksični i imunotoksični efekat (ATSDR, 2012a). Kadmijum je svrstan u Grupu 1 kancerogena (IARC, 2016).

S obzirom na izuzetnu toksičnost ova četiri kontaminanta, EFSA daje preporuku za privremeni podnošljivi nedeljni unos (engl. *PTWI - Provisional Tolerable Weekly Intake* –) za kadmijum 2,5 µg/kg telesne mase (tm)/nedeljno (tj. 0,357 µg/kg tm/dan) (EFSA, 2009a) i propisuje podnošljivi nedeljni unos (engl. *TWI - Tolerable Weekly Intake* -) za živu 4 µg/kg tm/dan (tj. 0,571 µg/kg tm/dan) (EFSA, 2012b). EFSA se izjasnila da je PTWI za arsen u hrani (15 µg/kg tm/nedeljno, odn. 2,14 µg/kg tm/dan) koji je propisan od strane Zajedničkog stručnog komiteta za aditive u hrani (engl. *JECFA - Joint Expert Committee on Food Additives*), suviše visok i da uzrokuje visok rizik od kancera (EFSA, 2009b). Međutim, još uvek nije usvojen niži PTWI.

Maksimalno dozvoljene koncentracije kadmijuma i žive u ribi i morskim plodovima su definisane Pravilnikom o maksimalnim koncentracijama određenih kontaminanata u hrani ("Sl. glasnik RS" br. 81/19, 126/20, 90/21 i 118/21) koji je usklađen sa evropskom Uredbom EC No 1881/2006. Propisani MDK za kadmijum se kreće od 0,05 mg kg⁻¹ do 1,0 mg kg⁻¹ a MDK za živu od 0,50 mg kg⁻¹ do 1,0 mg kg⁻¹ u zavisnosti od vrste ribe i morskih plodova, koji su prema pravilniku grupisani u nekoliko kategorija. Nivo arsena u ribama i plodovima mora nije regulisan ni u domaćoj ni u evropskoj zakonskoj regulativi.

Poznate su naučne publikacije drugih autora sa ovih prostora koji su se bavili sličnom temom. Popović i sar. (2018a) su objavili istraživanje o proceni izloženosti toksičnim elementima u ribi u konzervi koja se može naći na tržištu u Srbiji. Novakov i sar. (2017) su objavili podatke o izloženosti teškim metalima i policikličnim aromatičnim ugljovodonicima u ribljim konzervama. Do sada ne postoji objavljeno istraživanje o proceni izloženosti toksičnim elementima u svežoj i zamrznutoj ribi sa lokalnog tržišta.

2.4. Esencijalni elementi u ribi i morskim plodovima

Esencijalni elementi, kao što su cink, bakar i gvožđe, su u ribi i plodovima mora prisutni u značajnoj količini (Fraga, 2005). Iako cink, bakar i gvožđe imaju značajnu biološku funkciju, njihov višak može negativno uticati na zdravlje, isto kao i deficit. Bakar i cink su kao kofaktori prisutni u mnogim metaloenzimima (Osredkar, 2011). Bakar je sastavni deo mnogih enzima oksidativnog stresa i enzima uključenih u redoks sistem (Stern, 2010). Međutim, bakar formira toksične superoksid i hidrosil radikale, koji oštećuju ćeliju. Intoksikacija bakrom se može povezati sa Vilsonovim oboljenjem i razvojem Alchajmerovog oboljenja (ATSDR, 2002; Tchounwou i sar., 2008). Cink učestvuje u konverziji signala i ekspresiji gena. Na ćelijsku funkciju i razmnožavanje ćelije utiče kako višak tako i deficit ovog minerala, čime je ugrožen opstanak ćelije, što može dovesti do razvoja bolesti (Oteiza i sar., 2000). Gvožđe ima značajnu ulogu u glavnim metaboličkim procesima u telu, kao što su transfer kiseonika, elektron-transfer i sinteza DNK (Evans i Halliwell, 2001). U povećanoj koncentraciji u telu čoveka može dovesti do oštećenja jetre, pankreasa, srca i pluća, što dovodi do hormonskih poremećaja, dijabetes melitusa, hipertrofije pankreasa i drugih poremećaja (Kang, 2001).

Od strane JECFA je utvrđen privremeni maksimalno podnošljivi dnevni unos (engl. *PMTDI - Provisional Maximum Tolerable Daily Intake* -) koji za bakar iznosi 0,5 mg/kg tm/dan (JECFA, 1982a), za cink 0,3 – 1 mg/kg tm/dan (JECFA, 1982b) i za gvožđe 0,8 mg/kg tm/dan (JECFA, 1983). Međutim, ne postoje propisane MDK u ribi i morskim plodovima ni u evropskoj ni u regulativi Republike Srbije.

Prema Pravilniku o deklarisanju, označavanju i reklamiranju hrane ("Sl. glasnik RS" br. 19/17, 16/18, 17/20, 118/20, 17/22, 23/22 i 30/22) definisana je nutritivna referentna vrednost (NRV) za minerale, koja je usklađena sa preporučenim dnevnim unosom (engl. *ADI - Acceptable Daily Intake*), koji je propisan u evropskoj zakonskoj regulativi (EC 1169/2011) za odrasle i iznosi 10 mg dan⁻¹ (142,86 µg/kg tm/dan) za cink, 1 mg dan⁻¹ (14,286 µg/kg tm/dan) za bakar i 14 mg dan⁻¹ (200,000 µg/kg tm/dan) za gvožđe. U istom Pravilniku je navedeno da se pri određivanju značajne količine minerala uzima u obzir 15% od NRV na 100 g proizvoda za proizvode koji nisu pića, pa bi se moglo smatrati da neki proizvod ima značajnu količinu minerala ako ima više od 1,5 mg cinka, 0,15 mg bakra i 2,1 mg gvožđa na 100 g proizvoda.

Grupa autora se bavila i procenom izloženosti esencijalnim elementima u ribi u konzervi sa domaćeg tržišta (Popović i sar., 2018b), ali su koristili podatke o navikama u konzumiranju ribe u konzervi koje je objavio Republički zavod za statistiku Republike Srbije.

2.5. Aditivi u proizvodima od mesa

Hemijske opasnosti, pored slučajno prisutnih hemijskih kontaminenata, obuhvataju i dodate aditive, čija je upotreba dozvoljena. Poslednjih godina aditivi su sve više u upotrebi zahvaljujući povećanoj proizvodnji pripremljene, prerađene i gotove hrane. U industriji mesa se najviše koriste nitriti i fosfati, a pokazano je da su i sulfiti prisutni u proizvodima od mesa (Tomasevic i sar., 2018). Stupanjem na snagu Zakona o bezbednosti hrane (2009), uvođenje sistema analize opasnosti i kritične kontrolne tačke (engl. *HACCP - Hazard Analysis Critical Control Points*) je postalo obavezno i do kraja 2012. godine većina proizvođača mesa u Srbiji (93,5%) ima operativni i sertifikovani HACCP sistem (Tomasevic i sar., 2013), što je dovelo do smanjenja koncentracije nitrita i sulfita u svim proizvodima od mesa zahvaljujući pojačanoj kontroli u srpskoj industriji mesa. Iako se vidi značajan napredak, i dalje postoji potencijal za unapređenje, jer još uvek nismo postigli nivo nitrita koji se detektuju u razvijenijim zemljama (Tomasevic i sar., 2017b), a i problem zloupotrebe sulfita još uvek postoji (Tomasevic i sar., 2018).

Nitriti (E249 i E250) i nitrati (E251 i E252) su najvažniji aditivi u industriji mesa jer imaju pozitivan efekat na kvalitet i mikrobiološku bezbednost proizvoda. Nalaze se na listi dozvoljenih aditiva u proizvodima od mesa i MDK je definisana Pravilnikom o prehrambenim aditivima ("Sl. glasnik RS" br. 53/18) koji je usklađen sa evropskom Uredbom (EC No 1129/2011). Deluju kao inhibitor rasta anaerobnih patogenih bakterija, uključujući i *Clostridium botulinum*, (Parthasarathy i Bryan, 2012; Pradhan i sar., 2009; Herrmann i sar., 2015c), doprinose senzornim karakteristikama proizvoda od mesa (boja i aroma) i sprečavaju proces oksidacije lipida (Skibsted, 2011). S druge strane, ne može se reći da su bezazleni aditivi. Visoka izloženost nitritima se povezuje sa rakom želuca, jer u interakciji sa sekundarnim aminima u želucu dolazi do sinteze N-nitrozo jedinjenja, koja su izuzetno kancerogena (Archer, 1989). Pored toga, mogu da oksiduju hemoglobin do methemoglobina, koji ne može da vezuje i transportuje kiseonik do tkiva (McKnight i sar., 1999). Zbog dokazanog negativnog uticaja na zdravlje, propisan je ADI za nitrite i iznosi 0,07 mg/kg tm/dan ukoliko je izražen kao nitritni jon (NO₂⁻), odnosno 0,1 mg/kg tm/dan ukoliko je izražen kao natrijum nitrit (NaNO₂) (EFSA, 2017).

Sulfiti su grupa dozvoljenih aditiva (E220 - E228) čije su MDK (izražene kao mg kg⁻¹ SO₂) u različitim tipovima namirnica definisane Pravilnikom o prehrambenim aditivima ("Sl. glasnik RS" br. 53/18). Upotreba sulfita nije dozvoljena u proizvodima od mesa, osim u proizvodima koji sadrže žitarice ili povrće, gde je dozvoljeno maksimalno 450 mg kg⁻¹ (izraženo kao SO₂). Sulfiti se u proizvode od mesa dodaju jer, zbog antimikrobnog dejstva (Ruiter i Scherpenisse, 2011), produžavaju rok upotrebe. Imaju antioksidativna svojstva, pa i u maloj koncentraciji čuvaju svetlo crvenu boju mesa. Inhibiraju enzimsku i neenzimsku promenu boje mesa, koje se javljaju u

Maillard-ovim reakcijama (Ruiz-Capillas i sar., 2009). Iako se dugo smatralo da su ovi aditivi bezbedni za upotrebu, pokazalo se da kod jednog dela populacije izazivaju reakciju preosetljivosti, naročito kod osoba koje imaju astmu. Zato se nalaze na listi alergena i neophodno je na deklaraciji istaći njihovo prisustvo ("Sl. glasnik RS" br. 19/17, 16/18, 17/20, 118/20, 17/22, 23/22 i 30/22). Prihvatljivi dnevni unos za sulfite (izražen kao SO₂), koji je propisan od strane JECFA, iznosi 0,7 mg/kg tm/dan (JECFA, 1999). Bez obzira na zabranjeno dodavanje i obavezno deklarisanje pokazano je da se u proizvodima od svežeg mesa nalazi značajna količina sulfita (Tomasevic i sar., 2018).

Fosfati su grupa aditiva (E339 – E343, E450 – E452) koji se koriste u industriji mesa za povećanje prinosa i kao stabilizatori u procesu emulgovanja mesa. Dodavanjem odgovarajuće količine i smeše fosfata dobija se poboljšanje nekih osobina finalnog proizvoda, kao što su zadržavanje vlažnosti, zaštita boje, usporavanje oksidacije, produžavanje roka trajanja, stabilizacija i poboljšanje strukture krajnjeg proizvoda (Knipe i sar., 2003; Lampila i sar., 2002). Fosfor je neophodan za mnoge biološke osobine i funkcije. Prisutan je u DNK, RNK, enzimima i kostima gde je vezan za kalcijum i magnezijum. Neophodan je za rast i održavanje svih tkiva i ćelija u živom organizmu. Međutim, prema studiji (Huttunen i sar., 2006) na odraslim miševima je pokazano da prekomerni unos fosfata bez kalcijuma dovodi do smanjenja gustine koštanog tkiva. Ritz i sar. (2012) su u svom preglednom radu pokazali da postoji veza između povišenog nivoa fosfora u serumu i povećane smrtnosti pacijenata sa hroničnim oboljenjem bubrega, kao i povećan rizik od kardiovaskularnih tegoba i kalcifikacije koronarne arterije u zdravoj populaciji. Naglašavaju da se fosfor iz prirodnih izvora kao što su proteini i ugljeni hidrati, za razliku od neorganskog iz aditiva, ne apsorbuje u potpunosti i da nije potrebno smanjiti unos prirodnih izvora, ali da bi bilo neophodno uvođenje označavanja hrane koja sadrži ove aditive. Hrana koja je bogata proteinima sadrži visoke koncentracije organskog fosfora, i tu spadaju proizvodi od mleka (1 – 9 g kg⁻¹), meso (2 g kg⁻¹), riba (2 g kg⁻¹) i žitarice (1 – 3 g kg⁻¹). Prosečan unos fosfora putem ishrane za odraslog čoveka je procenjen između 1 i 2 g dan⁻¹ (EFSA, 2005). Zbog mogućeg neželjenog dejstva neorganskog fosfora na zdravlje EFSA je preporučila ADI (40 mg/kg tm/dan) (EFSA, 2019) i Pravilnikom o prehranbenim aditivima ("Sl. glasnik RS" br. 53/18) je propisana MDK za fosfate u definisanim proizvodima od mesa (5 g kg⁻¹ izraženo kao P₂O₅).

Objavljena su istraživanja o koncentracijama nitrita (Tomasevic i sar., 2017) i sulfita (Tomasevic i sar., 2018) u različitim proizvodima od mesa na domaćem tržištu, ali nema objavljene procene izloženosti našeg stanovništva ovim aditivima. Grupa autora je objavila istraživanje o nivoima fosfata u proizvodima od mesa, kao i procenu izloženosti stanovništva Srbije fosfatima u proizvodima od mesa (Milicevic i sar., 2021), ali su koristili podatke o navikama u konzumiranju proizvoda od mesa koje je objavio Republički zavod za statistiku Republike Srbije. Ne postoji objavljeno istraživanje u kome je sprovedeno istraživanje o navikama stanovništva u konzumiranju proizvoda od mesa u našoj zemlji.

2.6. Procena rizika od hemijskih opasnosti u hrani

Procena rizika predstavlja naučnu osnovu za donošenje odluka o merama koje su potrebne za zaštitu zdravlja ljudi. Da bi se obezbedila nepristrasnost u postupku procene rizika, u Evropskoj Uniji je osnovana nezavisna agencija za bezbednost hrane – EFSA, čiji je osnovni zadatak da pruža nezavisne naučne dokaze i objavljuje informacije o postojećim i novim rizicima povezanim sa lancem ishrane (EC No 178/2002). Na osnovu procene rizika se preduzimaju sigurnosne mere u okviru upravljanja rizikom od strane pojedinačnih zemalja Evropske Unije kao i od strane komisije Kodeks Alimentarijusa (engl. *Codex Alimentarius Commission*) na međunarodnom nivou. U našoj zakonskoj regulativi je propisano da je Stručni savet za procenu rizika u oblasti bezbednosti hrane

“dužan da u radu primenjuje i koristi preporuke, smernice i informacije dostupne od strane EFSA” (“Sl. glasnik RS” br. 41/09 i 17/19).

U procesu procene rizika uzimaju se u obzir svi dostupni relevantni naučni podaci. Obuhvaćeni su podaci o karakteristikama ispitivanog agensa kao i o karakteristikama ispitivanog sistema (organizma i populacije). Na ovaj način se dobijaju informacije koje su relevante za procenu mogućeg uticaja na zdravlje u zavisnosti od izloženosti hemikalijama prisutnim u hrani. Proces se sastoji od četiri faze: utvrđivanje opasnosti, definisanje opasnosti, procena izloženosti i definisanje rizika (“Sl. glasnik RS” br. 41/09 i 17/19; EC, 2002).

2.6.1. Utvrđivanje opasnosti

Utvrđivanje opasnosti je identifikacija štetnih efekata koju agens ima sposobnost da izazove u organizmu, sistemu ili (sub)populaciji. Svrha utvrđivanja hemijske opasnosti u hrani je procena težine dokaza štetnog uticaja na zdravlje, bazirana na proceni svih dostupnih podataka o toksičnosti i modelu delovanja. Glavni zadatak je obezbeđenje informacija o prirodi svih mogućih štetnih uticaja na zdravlje ljudi koje agens može da prouzrokuje i o okolnostima pod kojim se identifikovani štetni uticaji mogu javiti. Postupak se bazira na analizi različitih podataka dobijenih posmatranjem efekta na ljude i domaće životinje, iz laboratorijskih studija na životinjama i *in vitro* laboratorijskih studija kao i analizom modela odnosa struktura-aktivnost. Kao rezultat svih mogućih studija i posmatranja identifikuju se priroda toksičnosti i štetnog uticaja koji se javljaju, kao i organi i tkiva koji su pogođeni štetnim uticajem (IPCS, 2004).

2.6.2. Definisanje opasnosti

Definisanje opasnosti je kvalitativni i, kad god je moguće, i kvantitativni opis osobina agensa koji ima potencijal da izazove štetni efekat (IPCS, 2004). Glavni zadatak definisanja opasnosti je procena odnosa doza-efekat, odnosno opis odnosa između unete količine hemijskog agensa i učestalosti štetnog uticaja na zdravlje. Informacije o odnosu doza-efekat se dobijaju u *in vivo* istraživanjima na životinjama ili ljudima. U oba slučaja, utvrđuju se nivoi izloženosti na kojima se ne ispoljavaju merljivi efekti štetnog uticaja agensa koji se ispituje i odnos između povećanja izloženosti i učestalosti pojave merljivog efekta, ozbiljnosti posledice i prirode efekta. Određuje se kritični efekat, tj. prva uočena promena pri postepenom povećanju doze hemijskog agensa. U slučaju kada se utvrdi prag toksičnog efekta, kao rezultat definisanja opasnosti se obično utvrđuju smernice, kao što su tolerantni dnevni unos (engl. *TDI - tolerable daily intake*) za kontaminante ili ADI u slučajevima gde se izloženost može kontrolisati, kao što su aditivi u hrani, ostaci pesticida i veterinarskih lekova. Za neke supstance koje se koriste kao aditivi u hrani nije potrebno odrediti ADI. To se odnosi na supstance sa veoma niskim stepenom toksičnosti koja je procenjena na osnovu bioloških i toksikoloških podataka, kao i na osnovu ukupnog unosa supstance, u slučajevima kada se utvrdi da koncentracije koje se koriste u proizvodnji hrane za postizanje željenog efekta ne predstavljaju opasnost za zdravlje ljudi (FAO/WHO, 2009b).

2.6.3. Procena izloženosti

Procena izloženosti je jedan od bitnih koraka u procesu procene rizika i definisana je kao "kvalitativna i/ili kvantitativna procena verovatnoće unosa hemijskog jedinjenja preko hrane" (FAO/WHO, 1995). Glavni parametri u proceni izloženosti su količina konzumirane hrane u određenom vremenskom intervalu i podaci o nivou kontaminacije hrane (Udovicki i sar., 2019). Da bi se procenio stepen izloženosti domaćeg stanovništva nekom kontaminantu u određenoj namirnici, neophodno je istražiti navike u ishrani stanovništva i nivo kontaminenata u namirnicama sa

lokalnog tržišta. Iz tog razloga, za definisanje MDK u zakonskoj regulativi, nije dobro usvojiti prostu ekstrapolaciju procene rizika koja je urađena za stanovništvo neke druge zemlje, što pokazuju i rezultati istraživanja grupe autora (Slimani i sar., 2002) iz kojih se vidi da postoji velika razlika u potrošnji voća i povrća, mahunarki, putera i biljnih ulja između stanovništva evropskih zemalja.

Potrošnja hrane se može proceniti putem upitnika o potrošnji hrane na nivou pojedinca (individualni upitnici o ishrani) ili domaćinstva (upitnici o budžetu domaćinstva) ili aproksimirati putem podataka o snabdevanju hranom izvedenih iz bilansa hrane na nivou države. Poslednje dve metode daju bruto godišnje procene vrste i količine hrane dostupne za ljudsku potrošnju u domaćinstvu ili zemlji i mogu se koristiti za izvođenje bruto procene prosečne potrošnje hrane po glavi stanovnika bez podataka o distribuciji potrošnje u stanovništvu. Jedini upitnici koji pružaju informacije o distribuciji potrošnje hrane su individualni upitnici o ishrani i zato ih EFSA favorizuje za procenu izloženosti u okviru procesa procene rizika. Takođe se smatra da podaci iz pojedinačnih istraživanja ishrane bliže odražavaju stvarnu potrošnju (Kroes i sar., 2002).

Da bi se dobili relevantni podaci o konzumiranju hrane, EFSA je izdala vodič (EFSA, 2009c) u kome su dati generalni principi o prikupljanju podataka o konzumiranju hrane na nacionalnom nivou. Ovim uputstvom je obuhvaćeno sve što je potrebno za adekvatno prikupljanje podataka, kao što je dizajniranje upitnika, način prikupljanja podataka, način merenja podataka, grupisanje starosnih grupa, sistemi opisa i kategorizacije hrane i statistička obrada. Upitnik bi trebalo da sadrži bitne antropometrijske i demografske podatke i podatke o učestalosti i/ili količini konzumiranih namirnica. Iako je najrasprostranjeniji način prikupljanja podataka o ishrani metoda "24h prisećanja" o količinama konzumiranih namirnica, EFSA preporučuje da se uključe i dodatni dani kako bi se izbegao bias. Da bi se izbegao bias u proceni količine konzumirane hrane, tj. veličine porcije, jedna od preporuka i najviše primenjivani način je korišćenje fotografija porcija hrane sa naznačenom masom. Brojne studije pokazuju prednosti ovog načina procene (Turconi i sar., 2005; Ovaskainen i sar., 2008; Robson i Livingstone, 2000), mada se nije dobro pokazao u slučaju hrane nepravilnog oblika (Godwin i sar., 2001; Mc Guire i sar., 2001). Podaci o upitnicima koje su sprovedene prema datim uputstvima u zemljama Evrope EFSA objavljuje na svom sajtu (EFSA 2021) i koristi u procesu procene rizika.

Pored podataka o navikama stanovništva u konzumiranju namirnica za procenu izloženosti su neophodni i relevantni podaci o koncentracijama hemijskih opasnosti u namirnicama sa lokalnog tržišta. U monografiji Principi i metode za procenu rizika od hemikalija u hrani (engl. *Principles and Methods for the Risk Assessment of Chemicals in Food*), u poglavlju 6 (FAO/WHO, 2009b) su date smernice za prikupljanje uzoraka i analizu i obradu podataka o koncentracijama hemijskih opasnosti u namirnicama. Naglašeno je da za hemijske analize moraju da se koriste adekvatne metode za predviđenu namenu koje moraju da budu verifikovane i da se redovno prati kvalitet rezultata korišćenjem sertifikovanih referentnih materijala (engl. *CRM - certified reference material*) i učešćem u šemama testiranja osposobljenosti (engl. *PTS - Proficiency Testing Scheme*).

Za izračunavanje procenjene izloženosti na osnovu dobijenih rezultata, mogu se koristiti determinističke i probabilističke metode. Deterministička ili tačkasta procena izloženosti u ishrani predstavlja jednu vrednost koja opisuje neki parametar izloženosti potrošača (npr. prosečnu izloženost populacije). Prosečna izloženost u ishrani se izračunava na osnovu prosečne potrošnje hrane od interesa i prosečnih koncentracija hemijske opasnosti u toj hrani. Tačkasta procena visoke izloženosti potrošača (npr. gornji 90-persentil potrošača) takođe se može izračunati, pod uslovom da su dostupni odgovarajući podaci. Probabilističke metode daju karakterizaciju potpune distribucije izloženosti potrošača jer uzimaju u obzir celokupnu raspodelu jednog ili više parametara procene izloženosti (količina konzumirane hrane ispitanika, koncentracija hemijske opasnosti prisutne u hrani, telesna masa ispitanika). Ove procene izloženosti se generalno nazivaju procenama verovatnoće izloženosti (FAO/WHO, 2009b).

Jedna od najčešće korišćenih probabilističkih metoda, koja se upotrebljava za procenu izloženosti da bi se varijabilnost biološkog sistema uključila u procenu, jeste Monte Karlo simulacija (Lindboe i sar., 2012). Ovom metodom je moguće rešavanje kompleksnih problema koji u sebi uključuju nasumično ponašanje (FAO/WHO, 2005) i primenjuje se u različitim oblastima: u inženjerstvu, finansijama, statistici, matematici, fizici i biološkim naukama (Kroese i sar., 2014). To je procedura koja generiše vrednosti slučajne promenljive na osnovu jedne ili više distribucija verovatnoće (FAO/WHO, 2005). Svaki proračun se naziva iteracija, a skup iteracija se naziva simulacija (EPA, 2001). Kada se sprovede na odgovarajući način, sa odgovarajućim podacima i dovoljno velikim brojem „iteracija“, rezultati će simulirati realnu situaciju, jer Monte Karlo tehnika koristi vrednosti u čitavom opsegu svake ulazne distribucije (IPCS, 2009). U vodiču za korišćenje probabilističke metodologije za modelovanje izloženosti ostacima pesticida u hrani, koji je objavila EFSA (EFSA, 2012c) je opisana i preporučena metodologija za dobijanje probabilističkih modela akutne i hronične izloženosti u hrani primenom Monte Karlo metode. Ova metoda daje simulaciju dnevnog unosa pojedinca nasumičnim uzorkovanjem zapisa o unetim količinama hrane iz baze podataka i kombinovanjem sa nasumično odabranim koncentracijama uzetim iz baze podataka o koncentracijama hemijske opasnosti (empirijska distribucija) ili iz parametrijske distribucije koncentracija. Ovaj postupak se ponavlja veliki broj puta (npr. 100.000 iteracija) i dobija se distribucija unosa za celu populaciju. Dobijeni rezultat se izražava kao izloženost po kg telesne mase na dan ($\mu\text{g}/\text{kg tm}/\text{dan}$). Za procenu hronične izloženosti se uzima srednja vrednost dobijenih koncentracija hemijske opasnosti i kombinuje sa zapisima o količini unetih namirnica iz baze podataka. Na ovaj način se dobija EDI za svaki zapis u bazi podataka, u sledećem koraku se procenjuje EDI za pojedinca i simulacijom se dobija distribucija EDI za celu populaciju (Kettler i sar., 2015). Za procenu rizika je u nekim slučajevima korisno kreiranje i analiza različitih scenarija. Scenario je definisan skupom pretpostavki o ulaznim vrednostima modela i kako su te ulazne varijable povezane (FAO/WHO, 2005).

Pouzdanost rezultata probabilističke analize, odn. procene verovatnoće izloženosti, zavisi od validnosti modela, korišćenog softvera i kvaliteta ulaznih podataka modela (Kroes i sar., 2002). Verovatnoća obuhvata varijabilnost i nesigurnost, a obe su uvek prisutne u proceni rizika (FAO/WHO, 2005). Varijabilnost se odnosi na uočene razlike koje se mogu pripisati raznolikosti u populaciji ili parametru izloženosti. Izvori varijabilnosti su rezultat prirodnih nasumičnih procesa i potiču iz životne sredine, načina života i genetskih razlika među ljudima (EPA, 1997). Nesigurnost rezultata potiče od: nesigurnosti merenja kod sakupljanja podataka o konzumiranju hrane, uzorkovanja hrane za analizu, tretiranja uzoraka u kojima nije detektovano prisustvo hemijske opasnosti, merne nesigurnost hemijske analize, distribucije telesne mase, nesigurnosti vezanoj za model (Kettler i sar., 2015). Za procenu nesigurnosti koja potiče od prikupljenih podataka o konzumiranju i od uzorkovanja hrane za analizu, EFSA (EFSA, 2012c) preporučuje „bootstrap“ metod za hroničnu izloženost, a parametrijske modele za akutnu izloženost. Za tretiranje uzoraka u kojima nije detektovano prisustvo hemijske opasnosti preporučuje se nekoliko statističkih rešenja: pripisivanje LOD vrednosti, LOD/2 vrednosti ili nasumičnih vrednosti između 0 i LOD. Distribucija koncentracija ispod LOD se može proceniti iz distribucije pozitivnih koncentracija parametrijskim modelom „maksimalne verovatnoće“, log-probit regresionom metodom ili neparametrijskom Kaplan-Meierovom metodom (Kettler i sar., 2015). Prema vodiču koji je objavila EFSA (EFSA, 2012c) parametrijski modeli nisu pogodni za manje od 25 pozitivnih uzoraka, ili manje od 20% pozitivnih uzoraka. Nesigurnost koja potiče od telesne mase pojedinaca u populaciji je u probabilističkim metodama manja u odnosu na determinističke, jer uzima u obzir varijabilnost telesne mase u populaciji, za razliku od determinističkih u kojima se koristi srednja vrednost (Kettler i sar., 2015). Nesigurnost Monte Karlo simulacije može poticati od broja iteracija. Preporučeni broj iteracija je 100.000, ali, u slučaju hrane koja se retko konzumira ili u slučaju kada visoki persentili distribucije izloženosti prelaze toksične referentne nivoe, potreban je veći broj iteracija (EFSA, 2012c). Pored svih prednosti, nedostatak probabilističkih metoda je stepen subjektivnosti koji postoji u dizajniranju modela (Bier, 1999)

Najveća prednost probabilističkih metoda procene izloženosti u odnosu na determinističke je pružanje većeg broj informacija koje su značajne menadžerima rizika. Pre svega omogućavaju procenitelju izloženosti da razmotri celokupnu distribuciju izloženosti, od minimalne do maksimalne, sa svim modovima i percentilima, i uključuju sveobuhvatnu analizu osetljivosti rezultujuće izloženost u pogledu nesigurnosti u parametrima. Na taj način probabilistička analiza može olakšati analizu odnosa rizik - korist.

2.6.4. Definisanje rizika

Definisanje rizika je četvrti korak procesa procene rizika, koji integriše informacije iz definisanja opasnosti i procene izloženosti da bi se dali naučni saveti za menadžere rizika (Renwick i sar., 2003). Komisija Kodeks Alimentarius je definisala karakterizaciju rizika kao „kvalitativnu i/ili kvantitativnu procenu, uključujući prateće neizvesnosti, verovatnoće pojave i ozbiljnosti poznatih ili potencijalnih štetnih efekata na zdravlje u datoj populaciji na osnovu utvrđivanja opasnosti, karakteristika opasnosti i procene izloženosti” (FAO/WHO, 2008).

3. CILJ ISTRAŽIVANJA

Naučni cilj ovog istraživanja je da se kvantitativno proceni izloženost stanovništva Srbije hemijskim opasnostima u proizvodima animalnog porekla.

Istraživanjem je obuhvaćeno sledeće:

- Procena izloženosti aflatoksinu M_1 u mleku i proizvodima od mleka na domaćem tržištu i korelacija sa prisustvom aflatoksina B_1 u hrani za životinje;
- Procena izloženosti histaminu u svežoj, zamrznutoj i konzerviranoj ribi (koje pripadaju vrstama riba sa prirodno visokim sadržajem slobodnog histidina) na domaćem tržištu;
- Procena izloženosti toksičnim elementima (kadmijum, živa i arsen) u svežoj, zamrznutoj i konzerviranoj ribi i plodovima mora na domaćem tržištu;
- Procena izloženosti esencijalnim elementima (cink, bakar i gvožđe) u konzerviranoj ribi i plodovima mora na domaćem tržištu;
- Procena izloženosti nitritima u proizvodima od mesa na domaćem tržištu;
- Procena izloženosti sulfitima u proizvodima od mesa na domaćem tržištu;
- Procena izloženosti fosfatima u proizvodima od mesa na domaćem tržištu.

Osnovna hipoteza je da je stepen izloženosti domaćeg stanovništva hemijskim opasnostima u proizvodima animalnog porekla umeren.

Posebne hipoteze su:

- da je stepen izloženosti aflatoksinu M_1 u mleku i proizvodima od mleka na domaćem tržištu umeren i u korelaciji sa prisustvom aflatoksina u hrani za životinje;
- da je stepen izloženosti histaminu u svežoj, zamrznutoj i konzerviranoj morskoj ribi na domaćem tržištu umeren;
- da je stepen izloženosti toksičnim elementima (kadmijum, živa i arsen) u svežoj, zamrznutoj i konzerviranoj ribi i plodovima mora na domaćem tržištu umeren;
- da je stepen izloženosti esencijalnim elementima (cink, bakar i gvožđe) u konzerviranoj ribi i plodovima mora na domaćem tržištu umeren;
- da je stepen izloženosti nitritima u proizvodima od mesa na domaćem tržištu umeren;
- da je stepen izloženosti sulfitima u proizvodima od mesa na domaćem tržištu umeren;
- da je stepen izloženosti fosfatima u proizvodima od mesa na domaćem tržištu umeren;
- da postoji razlika u stepenu izloženosti hemijskim opasnostima u proizvodima animalnog porekla domaćeg stanovništva između polova;
- da postoji razlika u stepenu izloženosti hemijskim opasnostima u proizvodima animalnog porekla domaćeg stanovništva između starosnih grupa;
- da postoji razlika u stepenu izloženosti hemijskim opasnostima u proizvodima animalnog porekla domaćeg stanovništva u odnosu na indeks telesne mase;

- da postoji razlika u stepenu izloženosti hemijskim opasnostima u proizvodima animalnog porekla domaćeg stanovništva u odnosu na stepen obrazovanja;
- da postoji razlika u stepenu izloženosti hemijskim opasnostima u proizvodima animalnog porekla domaćeg stanovništva između urbanog i seoskog stanovništva;
- da postoji razlika u stepenu izloženosti hemijskim opasnostima u proizvodima animalnog porekla domaćeg stanovništva između populacije čija je profesija povezana sa hranom i ishranom i populacije čija profesija nije povezana sa hranom i ishranom.

4. MATERIJAL I METODE

4.1. Istraživanje navika stanovništva u ishrani

Navike u ishrani stanovništva Srbije su procenjene na osnovu podataka dobijenih kroz tri sprovedena individualna upitnika:

- Upitnik o konzumiranju mleka i proizvoda od mleka (Prilog 1)
- Upitnik o konzumiranju proizvoda od ribe, plodova mora i proizvoda (Prilog 2)
- Upitnik o konzumiranju proizvoda od mesa (Prilog 3)

Upitnici su dizajnirani prema opštim principima i uputstvima koje je objavila EFSA o prikupljanju podataka o nacionalnim navikama u konzumiranju hrane (EFSA, 2009c). Cilj je bio da se za svaki upitnik intervjuje između 900 i 1.000 ispitanika, koji su grupisani prema starosti (18 – 24, 25 – 34, 35 – 49, 50 – 64, >65 godina) i polu (muški, ženski). Pri sprovođenju upitnika se vodilo računa o tome da udeo starosnih grupa i odnos muškaraca i žena među ispitanicima reflektuje sastav odraslog stanovništva Srbije (Republički zavod za statistiku Republike Srbije, 2010-2019). Zbog ograničenih resursa nije bilo mogućnosti da se istraživanje sprovede na celoj teritoriji Srbije. Ispitanici su obavešteni o predmetu istraživanja, kao i o osnovnim principima anonimnosti, pouzdanosti i zaštiti podataka, o čemu su dali usmeni pristanak (Udovicki i sar., 2019).

Upitnici se sastoje iz tri dela, po ugledu na slično istraživanje o proceni izloženosti i rizika (Nakamura i sar., 2014). Prvi deo se odnosi na opšte antropometrijske i demografske podatke (starost, pol, visina, telesna masa, obrazovanje, okruženje, građanski i radni status). Drugi deo se odnosi na učestalost konzumiranja definisanih proizvoda. U trećem delu, ispitanici se prisećaju koliko su konzumirali od svakog definisanog proizvoda u prethodnom danu i u poslednjih 7 dana (u gramima). Iako se potrošnja u prethodnom danu najčešće koristi, EFSA savetuje da se u praćenje ishrane uključe dodatni dani (EFSA, 2009c), i nije neuobičajeno da se ovi podaci kombinuju (Udovicki i sar., 2019). Da bi se izbegle moguće greške i olakšala vizuelna procena konzumiranih količina, napravljene su fotografije porcije svakog od proizvoda i naznačene mase/zapremine. Upitnici su prikazani u prilogu.

4.1.1. Upitnik o konzumiranju mleka i proizvoda od mleka

Istraživanje o konzumiranju mleka i proizvoda od mleka je sprovedeno u toku 2018. godine. Učestvovalo je 1.000 ispitanika, od kojih 17 nije konzumiralo proizvode od mleka u poslednjih 7 dana, pa su obrađeni podaci bazirani na odgovorima 983 potrošača proizvoda od mleka. Proizvodi od mleka su grupisani u 14 kategorija: sirovo mleko, pasterizovano mleko, jogurt, kiselo mleko, kisela pavlaka, mleko u prahu, surutka u prahu, beli sir, feta sir, mocarela, kačkavalj, trapist, gauda i sladoled. S obzirom da je analiza koncentracije aflatoksina rađena u gotovim proizvodima, u obliku kako se konzumiraju, i u anketi su proizvodi od mleka dati kao gotovi proizvodi bez osvrta na udeo mleka.

4.1.2. Upitnik o konzumiranju ribe, plodova mora i proizvoda

Istraživanje o konzumiranju ribe i plodova mora i njihovih proizvoda je sprovedeno u toku 2018. godine. Učestvovalo je 1.000 ispitanika, od kojih 155 ne konzumira ribu, plodove mora i njihove proizvode, pa su obrađeni podaci bazirani na odgovorima 845 potpunjenih upitnika. Riba i morski plodovi su grupisani u 8 kategorija: tuna u konzervi, zamrznuta tuna, sardina u konzervi, morska riba (osim tune i sardine) u konzervi, zamrznuta morska riba (osim tune), morski plodovi u konzervi, zamrznuti morski plodovi i slatkovodna riba. S obzirom da su hemijske analize rađene u jestivim delovima sveže, zaleđene i konzervirane ribe i plodova mora, nije bilo osvrta na udeo jestivih delova.

4.1.3. Upitnik o konzumiranju proizvoda od mesa

Istraživanje o konzumiranju proizvoda od mesa je sprovedeno u toku 2017. godine. Učestvovalo je 900 ispitanika, od kojih 216 ne konzumira proizvode od mesa, pa su obrađeni podaci bazirani na odgovorima 684 potpunjenih upitnika. Proizvodi od mesa su grupisani u 5 kategorija: fermentisane suve kobasice, barene kobasice, suvomesnati proizvodi, usitnjeno meso sa dodacima i ostali proizvodi. Za procenu izloženosti korišćeni su prikupljeni podaci o količini konzumiranih proizvoda od mesa u prethodnom danu.

4.2. Uzorkovanje i priprema uzoraka

4.2.1. Uzorci hrane za životinje i mleka i proizvoda od mleka

Uzorci hrane za životinje su analizirani na prisustvo aflatoksina B₁ (ukupno 747 uzoraka) u periodu od pet uzastopnih godina (2014 - 2018), a uzorci mleka i proizvoda od mleka na prisustvo aflatoksina M₁ (ukupno 385 uzoraka sirovog mleka i 556 uzoraka proizvoda od mleka) u periodu od četiri uzastopne godine (2015 - 2018). Proizvodi od mleka su podeljeni u 6 kategorija: pasterizovano mleko, jogurt, kiselo mleko, sirevi, mleko u prahu i sladoled. S obzirom da nije bilo moguće obraditi sve grupe sireva koji su dati u anketi (beli sir, feta sir, mocarela, kačkavalj, trapist, gauda) zbog nedostupnosti dovoljnog broja uzoraka sira svake od navedenih vrsta, svi sirevi su svrstani u jednu kategoriju, bez obzira na recepturu proizvodnje. Činjenica da su sirevi sa različitim udelom mleka tretirani kao jedna grupa proizvoda predstavlja nedostatak ovog pristupa i izvor greške koji je svesno prihvaćen. Uzorci mleka i proizvoda od mleka su čuvani na temperaturi 2 - 8°C ili zamrznuti na temperaturi nižoj od -18°C do dalje analize. Uzorci su stizali iz različitih delova Srbije i namenjeni su domaćem tržištu ili kao sirovina za industrijsku proizvodnju proizvoda od mleka koja svoje proizvode plasira na domaće tržište.

4.2.2. Uzorci ribe, plodova mora i njihovih proizvoda

Preko 2.000 uzoraka je podeljeno u 8 kategorija: tuna u konzervi, zamrznuta tuna, sardina u konzervi, morska riba (osim tune i sardine) u konzervi, zamrznuta morska riba (osim tune), morski plodovi u konzervi, zamrznuti morski plodovi i slatkovodna riba. Uzorci su analizirani tokom pet uzastopnih godina (2014 - 2018). Uzorci zamrznute ribe su čuvani na temperaturi nižoj od -18°C do dalje analize. Uzorci ribe u konzervi su čuvani na sobnoj temperaturi. Iznutrice, škrge i kosti su odbačeni i analize su rađene na jestivim delovima ribe. Određivanje sadržaja histamina je urađeno na 974 uzoraka sveže, zaleđene i konzervirane ribe, kadmijuma na 1.909, žive na 1.911 i arsena na

1.891 uzorku sveže, zaleđene i konzervirane ribe i morskih plodova. Određivanje sadržaja bakra, cinka i gvožđa je urađeno u 452 uzorka ribe u konzervi i 2 uzorka morskih plodova u konzervi.

4.2.3. Uzorci proizvoda od mesa

Određivanje sadržaja nitrata je urađeno u ukupno 2.055 uzoraka (158 uzoraka fermentisanih suvih kobasica, 1.134 uzoraka barenih kobasica, 336 uzoraka suvomesnatih proizvoda, 122 uzorka usitnjenog mesa sa dodacima i 305 uzoraka ostalih proizvoda) i sulfita u ukupno 707 uzoraka (501 uzorak usitnjenog mesa sa dodacima i 206 uzoraka fermentisanih suvih kobasica) u periodu od tri godine (2017 – 2019), a sadržaj fosfata u 1.556 uzoraka (181 uzorak fermentisanih suvih kobasica, 1.058 uzoraka barenih kobasica, 121 uzorak usitnjenog mesa sa dodacima i 196 uzoraka ostalih proizvoda) u periodu od četiri godine (2016 – 2019). Uzorci su nakon uzorkovanja čuvani na temperaturi 2 - 8°C.

4.3. Analitičke metode

Sve hemijske analize su rađene u laboratoriji Centra za ispitivanje namirnica d.o.o. Sve korišćene metode su akreditovane prema ISO 17025:2017.

4.3.1. Određivanje sadržaja aflatoksina B₁ i aflatoksina M₁

Određivanje sadržaja aflatoksina B₁ i aflatoksina M₁ je rađeno ELISA tehnikom primenom validovanih komercijalnih kitova (Tecna, Italy, kod MA220 i MA418, respektivno), prema uputstvu proizvođača. Kao mera obezbeđenja poverenja u kvalitet rezultata uz svaki set uzoraka rađena je analiza odgovarajućeg sertifikovanog referentnog matriks materijala (FAPAS, UK): uz uzorke hrane za životinje T04252 (matriks – hrana za životinje), T04227 i T04201 (matriks - kukuruz), a uz uzorke mleka T04120QC i T04224 (matriks – mleko u prahu) u kojima je sertifikovana vrednost aflatoksina B₁, odnosno aflatoksina M₁.

4.3.2. Određivanje sadržaja histamina

U svim uzorcima je urađeno kvalitativno određivanje prisustva histamina prema skrining metodi NMKL 118/1988, tehnikom tankoslojne hromatografije (engl. *TLC – Thin Layer Chromatography*). Uzorci koji su bili pozitivni su analizirani kvantitativom metodom NMKL 196/2013 tečnom hromatografijom visoke performanse (engl. *HPLC - High Performance Liquid Chromatography*). Priprema uzoraka i određivanje sadržaja histamina su rađeni kako je opisano u navedenim metodama. Za kvantifikaciju je korišćen HPLC sistem (HPLC binarna pumpa 1525, UV/Vis detektor 2487 Dual, softver Breeze ver. 3.2, Waters, SAD) sa kolonom Zorbax Eclipse XDB-C18 (4,6x150 mm, 5 µm, Agilent, SAD). Uz svaki set uzoraka rađena je analiza odgovarajućeg sertifikovanog referentnog matriks materijal (T27132, FAPAS, UK) ili analiza uzorka obogaćenog histaminom na nivou od interesa.

4.3.3. Određivanje sadržaja kadmijuma, žive, arsena, cinka, bakra i gvožđa

Sadržaj kadmijuma i arsena je određen primenom atomske apsorpcione spektrometrije sa elektrotermalnom atomizacijom prema metodi EN 14084:2003 za kadmijum i SRPS EN 14332:2008 za arsen. Sva merenja su vršena na atomskom apsorpcionom spektrometru SensAA sa grafitnom kivetom GF3000 i softverom Avanta ver. 2.01 (GBC Scientific Equipment, Dandenong, Australia).

Određivanje sadržaja bakra, cinka i gvožđa su vršena primenom atomskog apsorpcionog spektrometra (932 plus, GBC Scientific Equipment, Australia) atomizacijom u plamenu prema standardnoj metodi EN 14084:2003. Sadržaj žive je određen pomoću atomskog apsorpcionog spektrometra (932 plus, GBC Scientific Equipment, Australia) sa generatorom hidrida (HG3000, GBC Scientific Equipment, Australia), prema standardnoj metodi SRPS EN 13806:2008. Obe tehnike su kontrolisane softverom Avanta ver. 1.33 (GBC Scientific Equipment, Australia). Talasne dužine koje su korišćene za određivanje svih elemenata su prikazane u Tabeli 1.

Tabela 1: Talasne dužine za određivanje elemenata

Element	Talasna dužina (nm)
Pb	217.0
Cd	228.8
Hg	253.7
As	193.7
Cu	324.7
Zn	213.9
Fe	248.3

Pouzdanost rezultata je praćena analizom odgovarajućeg sertifikovanog referentnog matriks materijala (DORM-2, NRC Canada).

Priprema uzoraka za određivanje svih metala rađena je prema dokumentovanoj metodi laboratorije u skladu sa preporukama proizvođača opreme za mineralizaciju. Nakon homogenizacije odmereno je oko 0,5 g uzorka u politetrafluoroetilenskom (PTFE) sudu. Dodato je 7 ml 65% azotne kiseline (for analysis EMSURE® ISO, Merck) i 2 ml 30% vodonik peroksida (for analysis EMSURE® ISO, Merck). Nakon toga je urađena mineralizacija u mikrotalasnom zatvorenom digesticionom sitemu (Ethos Touch, Milestone, Bergamo, Italy) zagrevanjem na 180°C u toku 15 min, zatim zagrevanjem na 220°C u toku 15 min, i zatim zagrevanjem na 240°C u toku 10 min, sa maksimalnom snagom od 1.000 W. Nakon digestije, dobijeni rastvori su kvantitativno prebaćeni u normalni sud od 50 mL i razblaženi dejonizovanom vodom. Dalje određivanje je rađeno prema navedenim metodama.

4.3.4. Određivanje sadržaja nitrita, fosfata i sulfita

Određivanje sadržaja nitrita i fosfata je rađeno standardnim spektrofotometrijskim metodama prema SRPS ISO 2918:1999 i SRPS ISO 13730:1999, respektivno, korišćenjem UV/VIS spektrofotometra (UV - 1800, Shimatzu, Japan) za merenje absorbance. Rezultati su izraženi kao NaNO_2 za nitrite i P_2O_5 za fosfate. U svakom setu uzoraka su analizirani i odgovarajući sertifikovani referentni materijali (za nitrite - T1599QC, FAPAS, UK; za fosfate - MT 293 (730), LGC, UK).

Određivanje sadržaja sulfita rađeno je standardnom enzimskom metodom SRPS EN 1988-2:2004, korišćenjem komercijalnog enzimskog kita (Ref. No. E6275, R-Biopharm GmbH). Absorbanca je merena UV/VIS spektrofotometrom (UV - 1800, Shimatzu, Japan). Rezultati su izraženi kao ukupni SO_2 . U svakom setu uzoraka je analiziran i odgovarajući sertifikovani referentni materijal (T20126, FAPAS, UK).

4.3.5. Validacija metoda

Analitičke procedure su validovane određivanjem sledećih parametara: tačnost, preciznost, limit detekcije (LOD) i limit kvantifikacije (LOQ). Tačnost i preciznost su određene analizom odgovarajućih sertifikovanih referentnih materijala (Tabela 2).

Tabela 2: Sertifikovani referentni materijali koji su korišćeni za validaciju metoda

Parametar	Oznaka (Proizvođač)	Matriks
Aflatoksin M_1	T04120 (FAPAS, UK) T04224 (FAPAS, UK)	mleko u prahu mleko u prahu
Aflatoksin B_1	T04252 (FAPAS, UK) T04227 (FAPAS, UK) T04201 (FAPAS, UK)	hrana za životinje kukuruz kukuruz
Histamin	T27132 (FAPAS, UK)	tuna u konzervi
Toksični i esencijalni elementi	DORM-2 (NRC, Kanada)	riba
Nitriti	T1599 (FAPAS, UK)	proizvod od mesa
Fosfati	MT 293 (730) (LGC, UK)	proizvod od mesa
Sulfiti	T20126 (FAPAS, UK)	suvo voće

Tačnost je izražena kao prinos (%). Preciznost je određena u uslovima ponovljivost (engl. *repeatability*) (CRM je analiziran u najmanje šest nezavisnih ponavljanja u istom danu (RSD_r)) i reproduktivnosti (engl. *reproducibility*) (CRM je analiziran najmanje tri dana u šest nezavisnih ponavljanja dnevno (RSD_R)). Za sve metode osim ELISA i enzimskih, LOD i LOQ su određeni merenjem apsorbance 10 blank uzoraka, i izračunati na osnovu dobijene standardne devijacije ($\text{LOD} = 3 \times \text{SD}$; $\text{LOQ} = 10 \times \text{SD}$).

Iako su proizvođači ELISA kita za aflatoksine i enzimskog kita za sulfite uradili punu validaciju metoda i dokumentovali ih u svojim izveštajima o validaciji, tačnost i preciznost su verifikovane u laboratoriji analizom sertifikovanih referentnih materijala. Limit detekcije (LOD) i limit kvantifikacije (LOQ) su preuzeti iz izveštaja o validaciji od strane proizvođača kita (Tecna, Italija i R-Biopharm, Nemačka). Validacioni parametri su prikazani u Tabeli 3.

Pored validacije metoda, adekvatnost sprovođenja metoda je kontinualno praćena analizom sertifikovanih referentnih materijala. Eksterno je kvalitet rezultata praćen redovnim učešćem u PT šemama provajdera Fera, UK, akreditovanog od strane Akreditacionog Tela Ujedinjenog Kraljevstva (engl. *UKAS - United Kingdom Accreditation Service*).

Tabela 3: Validacioni parametri

Parameter	Tačnost (recovery)	Preciznost		LOD (mg kg ⁻¹)	LOQ (mg kg ⁻¹)
		RSD _r	RSD _R		
Aflatoksin M ₁	104%	7,1%	19,6%	0,000005	0,00002
Aflatoksin B ₁	99%	4,9%	23,5%	0,001	0,002
Pb	97%	19,9%	25,4%	0,07	0,20
Cd	107%	4,1%	18,4%	0,02	0,05
Hg	104%	8,7%	12,4%	0,15	0,50
As	102%	6,4%	7,8%	0,30	1,00
Cu	95%	4,7%	5,9%	0,30	1,00
Zn	90%	4,3%	6,6%	0,25	1,00
Fe	102%	4,4%	8,4%	0,30	1,00
Histamin	108%	1,0%	11,8%	0,25	0,80
Nitriti (kao NaNO ₂)	99-100%	3%	12%	0,05	0,1
Fosfati (kao P ₂ O ₅)	99-100%	3%	8%	30	100
Sulfiti (kao SO ₂)	99-100%	3%	10%	0,5	1

4.4. Procena izloženosti

Izloženost ciljanom kontaminentu u definisanim grupama namirnica je izračunata na osnovu podataka dobijenih iz upitnika o navikama u konzumiranju tih grupa namirnica, koncentracije ciljanog kontaminenta i telesne mase. U zavisnosti od metode prikupljanja podataka o potrošnji, korišćene su sledeće jednačine (Udovicki i sar., 2019; Djekic i sar., 2019):

Potrošnja u prethodnom danu:

$$EDI = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{tm} * C_t$$

Potrošnja u poslednjih 7 dana:

$$EDI = \frac{\sum_{i=1}^n W_i}{7} * \frac{1}{tm} * C_t$$

EDI (engl. *estimated daily intake*) je procenjeni dnevni unos ciljanog kontaminenta [$\mu\text{g}/\text{kg tm}/\text{dan}$]. D_i je količina konzumiranih definisanih proizvoda na osnovu potrošnje u prethodnom danu [kg]. W_i je količina konzumiranih definisanih proizvoda na osnovu potrošnje u poslednjih 7 dana [kg]. Telesna masa (tm) je izražena u [kg]. C_t je koncentracija ciljanog kontaminenta u definisanim proizvodima [$\mu\text{g}/\text{kg}$].

Indeks telesne mase [kg/m^2] je izračunat na sledeći način:

$$BMI = \frac{\text{težina}}{\text{visina}^2}$$

4.5. Statističke metode

Za sumiranje demografskih podataka dobijenih iz istraživanja potrošnje grupa namirnica je korišćena deskriptivna statistika. Test za asocijaciju χ^2 je korišćen za analiziranje moguće povezanosti između navika u konzumiranju i demografskih karakteristika testirane populacije (pol, starost, indeks telesne mase - BMI i telesna masa).

Razlike u prosečnoj potrošnji između demografskih kategorija su analizirane pomoću t-testa ili ANOVA. Nivo statističkog značaja je podešen na 0,05. Za statističku obradu je korišćen Microsoft Excel 365 i SPSS Statistics 17.0.

U procesu obrade dobijenih rezultata za koncentracije ispitivanih kontaminenata, vrednosti ispod LOQ su zamenjene konstantnom vrednošću koja je jednaka LOQ/2, u skladu sa jednom od preporučenih metoda za uključivanje ovih vrednosti u procenu izloženosti (Beal, 2001).

Računanje EDI je rađeno pomoću Monte Karlo metode sa 100.000 iteracija. Monte Karlo simulacija je najčešće korišćena metoda za razvijanje modela verovatnoće procene unosa odabrane komponente hranom, koju preporučuju WHO (FAO/WHO, 2009a) i EFSA (EFSA, 2011). Ova metoda se preporučuje za različite procene u koje treba uključiti raznovrsnost bioloških sistema. Korišćena je u različitim procenama zdravstvenih rizika, kao što su računanje izloženosti niklu (Wang i sar., 2014), metil-živi (Cardoso i sar., 2012), ili deoksinivalenolu i zearalenonu (Djekic i sar., 2019).

Za uklapanje distribucije telesne mase, dnevnog i nedeljnog unosa definisanih proizvoda i Monte Karlo simulaciju korišćen je Minitab. Nesigurnost Monte Karlo simulacije je izvedena iz intervala poverenja (95% CI) srednje vrednosti (Sun i Wu, 2016).

5. REZULTATI I DISKUSIJA

5.1. Procena izloženosti aflatoksinu M₁ u mleku i proizvodima od mleka

5.1.1. Sadržaj aflatoksina u hrani za životinje, sirovom mleku i proizvodima od mleka

Rezultati određivanja prisustva aflatoksina u hrani za životinje, sirovom mleku i proizvodima od mleka su dati u Tabeli 4. Rezultati ispitivanja hrane za životinje u toku perioda od 2014 – 2018, pokazuju da je kontaminacija aflatoksinom B₁, koja prelazi MDK koji je propisan u našoj i evropskoj zakonskoj regulativi (5 µg kg⁻¹), prisutna u 4,6% analiziranih uzoraka i da se najveći broj takvih uzoraka javio u zimu (9,0%) i jesen (5,9%). Koncentracije koje prelaze MDK propisan u SAD (20 µg kg⁻¹) su detektovane u 0,4% uzoraka.

Na osnovu dobijenih rezultata, može se zaključiti da nema statistički značajne razlike između dobijene srednje vrednosti koncentracije aflatoksina B₁ u uzorcima u zavisnosti od godišnjeg doba, (Tabela 4) ($\chi^2 = 17,27$; $df = 12$; $p > 0,05$). Međutim, ukoliko se poredi broj uzoraka čija je koncentracija ispod i onih čija se koncentracija nalazi iznad MDK, dobija se statistički značajna razlika između godišnjih doba ($\chi^2 = 12,36$; $df = 3$; $p < 0,05$). Analiza varijacija u kontaminaciji aflatoksina u zavisnosti od godišnjih doba je veoma važna, jer je za optimalan rast *A. flavus* idealna temperatura između 25°C i 42°C i aktivnost vode 0,78 (Santin i Diaz, 2005). Iskustvo je pokazalo da sušna leta, kao što je bilo leto 2012. u jugoistočnoj Evropi, dovode do pojave povećane kontaminacije kukuruza, a samim tim i mleka (Janić-Hajnal i sar., 2017; Tomašević i sar., 2015).

U periodu od 2015 – 2018, analizirano je 385 uzoraka sirovog mleka dobijenog u različitim delovima Srbije i namenjenog srpskoj industriji mleka. Prisustvo aflatoksina M₁ i varijacije u odnosu na godišnja doba su prikazani u Tabeli 4. Rezultati pokazuju da kontaminacija sirovog mleka aflatoksinom M₁ u 46,2% uzoraka prelazi MDK koji je propisan u EU (0,05 µg kg⁻¹), a u 21,3% uzoraka prelazi MDK koji je propisan u Srbiji (0,25 µg kg⁻¹) i da postoji statistički značajna veza između srednje vrednosti koncentracije aflatoksina M₁ i godišnjih doba ($\chi^2 = 99,686$; $df = 12$; $p < 0,05$). Takođe, postoji statistički značajna razlika između broja uzoraka čija je koncentracija ispod i onih čija je koncentracija iznad evropskog i srpskog MDK i godišnjih doba ($\chi^2 = 55,038$; $df = 3$; $p < 0,05$). U toku jeseni i proleća se javlja veći broj uzoraka kontaminiranih aflatoksinom M₁ u odnosu na leto i zimu. Rezultati prethodnih istraživanja iz Srbije o aflatoksinu M₁ u sirovom mleku u periodu od 2013 – 2014. (Tomašević i sar., 2015) i 2015. (Miocinovic i sar., 2017), pokazuju sličan trend. Ukupan broj uzoraka kod kojih je nivo aflatoksina M₁ veći od MDK je u periodu 2013 – 2014. bio veći (56,3%) u odnosu na naš rezultat, a 2015. (44,9%) skoro jednak.

Kada posmatramo rezultate dobijene u uzorcima proizvoda od mleka (Tabela 4), vidi se visok nivo kontrole ulazne sirovine. Testirano je 556 uzoraka u periodu od 2015 – 2018. godine, i dobijene su prosečne koncentracije za sva godišnja doba manje od 0,02 µg kg⁻¹. Veliki napredak se vidi i u tome što samo 1,3% uzoraka ne zadovoljava kriterijum EU regulative, za razliku od perioda 2013 – 2014. kada je u 30% uzoraka detektovana koncentracija veća od 0,05 µg kg⁻¹ (Tomašević i sar., 2015). kada je ovaj broj uzoraka iznosio 4,2% (Miocinovic i sar., 2017). Ako posmatramo srednju vrednost rezultata i godišnjih doba vidi se statistički značajna korelacija ($\chi^2 = 34,635$; $df = 12$; $p < 0,05$), ali ako posmatramo broj uzoraka u odnosu na MDK i godišnja doba nema statistički značajne veze ($\chi^2 = 1,235$; $df = 3$; $p > 0,05$).

Tabela 4: Prisustvo aflatoksina B₁ u hrani za životinje i aflatoksina M₁ u mleku i proizvodima od mleka

	Godišnje doba	Broj analiziranih uzoraka	Broj uzoraka čija koncentracija AFB ₁ (µg/kg) pripada označenom opsegu (učestalost distribucije %)					Ukupno % koji prelaze EU / Srpski MDK (>5 µg/kg)	Ukupno % koji prelaze SAD MDK (>20 µg/kg)	X ± S
			≤ 2,5	2,51 – 5,0	5,01 – 10,0	10,01 – 20,0	> 20			
			Hrana za životinje	Zima	170	149 (87,6%)	11 (6,5%)			
	Proleće	232	214 (92,2%)	12 (5,2%)	2 (0,9%)	3 (1,3%)	1 (0,4%)	2,6	0,4	1,676±2,280
	Leto	189	176 (93,1%)	9 (4,8%)	3 (1,6%)	1 (0,5%)	0 (0%)	2,1	0,0	1,537±1,563
	Jesen	156	131 (84,0%)	11 (7,1%)	6 (3,8%)	6 (3,8%)	2 (1,3%)	5,9	0,0	2,459±3,951
	Ukupno	747	670 (89,7%)	43 (5,8%)	16 (2,1%)	15 (2%)	3 (0,4%)	4,6	0,4	1,933±2,913
	X ± S		1,247±0,434	4,316±4,088	7,747±1,553	14,695±3,117	26,187±3,237			
$\chi^2 = 17,268$ (Yates' $\chi^2 = 9,2$); $p > 0,05$										
	Godišnje doba	Broj analiziranih uzoraka	Broj uzoraka čija koncentracija AFM ₁ (µg/kg) pripada označenom opsegu (učestalost distribucije %)					Ukupno % koji prelaze EU MDK (>0,05 µg/kg)	Ukupno % koji prelaze srpski MDK (>0,25 µg/kg)	Srednja vrednost ± SD
			≤ 0,025	0,026 – 0,05	0,051 – 0,25	0,251 – 0,5	> 0,5			
			Sirovo mleko	Zima	59	30 (50,8%)	14 (23,7%)			
	Proleće	80	55 (68,8%)	4 (5,0%)	14 (17,5%)	4 (5,0%)	3 (3,8%)	26,3	8,8	0,081±0,173
	Leto	55	24 (43,6%)	14 (25,5%)	17 (30,9%)	0 (0%)	0 (0%)	30,9	0,0	0,050±0,052
	Jesen	191	40 (20,9%)	26 (13,6%)	55 (28,8%)	39 (20,4%)	31 (16,2%)	65,4	36,6	0,220±0,229
	Ukupno	385	149 (38,7%)	58 (15,1%)	96 (24,9%)	48 (12,5%)	34 (8,8%)	46,2	21,3	0,142±0,199
	X ± S		0,013±0,001	0,035±0,007	0,125±0,055	0,341±0,071	0,660±0,119			
$\chi^2 = 99,686$ (Yates' $\chi^2 = 89,428$); $p < 0,05$										
	Godišnje doba	Broj analiziranih uzoraka	Broj uzoraka čija koncentracija AFM ₁ (µg/kg) pripada označenom opsegu (učestalost distribucije %)					Ukupno % koji prelaze EU MDK (>0,05 µg/kg)*	Ukupno % koji prelaze srpski MDK (>0,25 µg/kg)*	Srednja vrednost ± SD
			≤ 0,025	0,026 – 0,05	0,051 – 0,25	0,251 – 0,5	> 0,5			
			Različiti proizvodi od mleka	Zima	91	78 (85,7%)	7 (7,7%)			
	Proleće	124	117 (94,4%)	3 (2,4%)	4 (3,2%)	0 (0%)	0 (0%)	2,0	0,0	0,015±0,014
	Leto	92	90 (97,8%)	2 (2,2%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0,0	0,0	0,013±0,002
	Jesen	249	215 (86,3%)	32 (12,9%)	1 (0,4%)	1 (0,4%)	0 (0%)	0,5	0,2	0,016±0,022
	Ukupno	556	500 (89,9%)	44 (7,9%)	11 (2,0%)	1 (0,2%)	0 (0%)	1,3	0,1	0,016±0,018
	X ± S		0,013±0,001	0,029±0,005	0,083±0,029	0,330±0,010	0,0±0,0			
$\chi^2 = 34,635$ (Yates' $\chi^2 = 28,609$); $p < 0,05$										

X - Srednja vrednost; s – standardna devijacija

* - U odgovarajućim zakonskim aktima je MDK definisan za sirovo mleko i termički tretirano mleko, ali ne i za proizvode od mleka ("Sl. glasnik RS" br. . 81/19, 126/20, 90/21 i 118/21 i EC No1881/2006)

Iz dobijenih rezultata se jasno vidi da je, u odnosu na prethodni period, postignut značajan napredak u smanjenju koncentracije aflatoksina M₁ u proizvodima od mleka, za razliku od sirovog mleka, gde napredak postoji, ali je mnogo manji. Iz toga se može zaključiti da nisu uvedene efikasne mere za kontrolu razvoja gljivica koje proizvode aflatoksine u hrani za životinje, što i dalje rezultira u povećanoj koncentraciji aflatoksina M₁ u sirovom mleku kao sirovini za preradu. Očigledno je da je industrija mleka, pooštavanjem kontrole ulazne sirovine i finalnih proizvoda, odigrala ključnu ulogu u smanjenju nivoa izloženosti stanovništva aflatoksinu M₁ u proizvodima od mleka.

U Srbiji većina fabrika proizvoda od mleka ima bar neku vrstu sistema za kontrolu bezbednosti (Tomasevic i sar., 2016), s jedne strane podstaknuti time da poboljšaju kvalitet i bezbednost svojih proizvoda, a sa druge da ispune zakonsku obavezu da poseduju operativni HACCP sistem. To je odigralo ključnu ulogu u smanjenju izloženosti.

Kontaminacija useva koji se koriste kao sastojci hrane za životinje se može javiti na polju, za vreme žetve i u toku skladištenja (Alvarado i sar., 2017). S obzirom da aflatoksin M₁ potiče od aflatoksina B₁ iz hrane za životinje, očigledno je da za držanje nivoa aflatoksina M₁ pod kontrolom ključnu ulogu treba da ima dobra poljoprivredna praksa. Uticaj klimatskih uslova, koji značajno utiču na pojavu aflatoksina na polju i u toku žetve, se mogu kontrolisati korišćenjem odgovarajućih poljoprivrednih tehnika (Porter i sar., 2017). Međutim, prosečna poljoprivredna gazdinstva u Srbiji su individualne farme sa oko 3 ha poljoprivrednog zemljišta, koje se uglavnom oslanjaju na sopstvenu proizvodnju hrane za životinje (Republički zavod za statistiku Republike Srbije, 2019) i imaju ograničeno znanje o dobroj poljoprivrednoj praksi. Takođe, uvođenje dobre poljoprivredne prakse u individualnim farmama je na dobrovoljnoj bazi, za razliku od industrije mleka. Sve to otežava uspostavljanje kontrole kontaminacije aflatoksinima na nivou hrane za životinje.

Bez obzira na visinu kontaminacije hrane za životinje, zahvaljujući naporima industrije mleka, u proizvodima od mleka koncentracije aflatoksina M₁ ne prelaze propisanu MDK u domaćoj zakonskoj regulativi. Međutim, pošto za aflatoksin M₁ nije propisan TDI, granice treba postaviti što je niže moguće, kako bi se izbeglo ograničavanje unosa proizvoda od mleka koji su nutritivno izuzetno vredni. Zbog toga, treba se usredsrediti na proizvodnju stočne hrane i podizanje standarda dobre poljoprivredne prakse.

5.1.2. Navike stanovništva u konzumiranju mleka i proizvoda od mleka

Demografski profil učesnika u upitniku o navikama odraslog stanovništva Srbije u konzumiranju mleka i proizvoda od mleka dat je u Tabeli 5. Prosečna telesna masa svih učesnika u upitniku je malo iznad 71 kg, što se odlično slaže sa preporukom, koju je dala EFSA, da se za prosečnu telesnu masu odraslog stanovnika Evrope uzme 70 kg, ukoliko tačan podatak nije dostupan (EFSA, 2012). Prosečna potrošnja mleka i proizvoda od mleka je na osnovu potrošnje u poslednjih 7 dana procenjena na 0,27 kg/dan, a na osnovu potrošnje prethodnog dana na 0,32 kg/dan. Na osnovu najvećeg do sada objavljenog istraživanja o potrošnji mleka u Evropi je procenjena prosečna dnevna potrošnja po zemljama u opsegu 0,19 – 0,48 kg/dan (Hjartåker i sar., 2002). Naš rezultat se nalazi u okviru proseka za Evropu.

Tabela 5: Demografski profil učesnika u upitniku o konzumiranju mleka i proizvoda od mleka

Parametar	Demografska kategorija	Ukupno
Pol	Muški	404 (41,1%)
	Ženski	579 (58,9%)
Starost	Manje od 34 godine	306 (31,1%)
	35 – 49 godina	272 (27,7%)
	Preko 50 godina	405 (41,2%)
Telesna masa	Ispod 70 kg	460 (46,8%)
	Iznad 70 kg	523 (53,2%)
BMI	$14,5 \leq \text{BMI} \leq 24,9$	645 (65,6%)
	$\text{BMI} > 24,9$	338 (34,4%)
Prosečna telesna masa [kg]		$71,21 \pm 10,54$
Prosečni dnevni unos – potrošnje prethodnog dana [kg]		$0,32 \pm 0,19$
Prosečni nedeljni unos – potrošnja poslednjih 7 dana [kg]		$1,92 \pm 1,10$

n – broj učesnika u upitniku, % - njihov udeo u ukupnom broju

Dobijeni rezultati za prosečnu potrošnju mleka i proizvoda od mleka u okviru demografskih kategorija (Tabela 6) pokazuju da muškarci, populacija mlađa od 35 godina i populacija čija profesija ima veze sa hranom i ishranom konzumira mleko i proizvode od mleka u većim količinama u odnosu na žene, populaciju stariju od 35 godina i populaciju čija profesija nema veze sa ishranom. Samim tim, ove grupe stanovništva su više izložene kontaminentima u mleku i proizvodima od mleka. Ne postoji razlika u konzumiranju ovih proizvoda u odnosu na indeks telesne mase, stepen obrazovanja i mesto stanovanja.

Tabela 6: Prosečna potrošnja mleka i proizvoda od mleka u okviru demografskih grupa

Parametar	Demografska kategorija	Prosečni dnevni unos proizvoda od mleka [g]
Svi ispitanici		273,8 ± 157,1
Pol	Muški	327,5 ± 200,4
	Ženski	236,1 ± 102,4
Starost	Manje od 34 godine	331,2 ± 188,5
	35 – 49 godina	247,6 ± 139,9
	Preko 50 godina	247,4 ± 127,9
Telesna masa	Ispod 70 kg	246,0 ± 111,5
	Iznad 70 kg	305,9 ± 193,6
BMI	14,5 ≤ BMI ≤ 24,9	273,0 ± 142,6
	BMI > 24,9	275,7 ± 184,3
Obrazovanje	Osnovno	259,6 ± 147,9
	Srednje	265,6 ± 134,0
	Visoko	293,4 ± 196,8
Mesto stanovanja	Selo	265,3 ± 125,7
	Grad	230,2 ± 177,3
Profesija	Ima veze sa ishranom	389,0 ± 258,9
	Nema veze sa ishranom	255,3 ± 124,3

Prema sprovedenom upitniku, proizvodi koji se najviše konzumiraju u Srbiji su pasterizovano mleko (30%), jogurt (28%) i beli sir (13%). Svaki od ostalih proizvoda se konzumira manje od 10% u odnosu na ukupnu potrošnju proizvoda od mleka. S obzirom da su pasterizovano mleko i jogurt dominantni, slično kao i u ostatku Evrope (Hjartåker i sar., 2002), frekvencija njihove potrošnje je obrađena i data u Tabeli 7 i Tabeli 8.

Ako posmatramo potrošnju pasterizovanog mleka (Tabela 7), jasno se vidi da postoji statistički značajna korelacija u potrošnji između muškaraca i žena ($\chi^2 = 54,066$; $p < 0,05$) i među starosnim grupama ($\chi^2 = 68,256$; $p < 0,05$). Muškarci pasterizovano mleko konzumiraju češće (41,2% ispitanika konzumira svakodnevno) u odnosu na žene (uglavnom nekoliko puta nedeljno). Kad posmatramo starosne grupe, vidi se da najčešće mleko konzumira populacija mlađa od 34 godine (50% svakodnevno). Prosečna potrošnja pasterizovanog mleka (1,075 ml nedeljno, tj. 153,6 ml dnevno) je veća u odnosu na Grčku, Nemačku i Francusku (100 – 115 ml dnevno), približna Italiji (145 ml dnevno), a niža u odnosu na Dansku (205 ml dnevno) i Španiju (300 ml dnevno) (Hjartåker i sar., 2002).

Tabela 7: Učestalost potrošnje pasterizovanog mleka u Srbiji (N=521)

	2 puta dnevno	1 dnevno	5-6 puta nedeljno	3-4 puta nedeljno	2 puta nedeljno	1 nedeljno ili ređe	Ukupno
Muškarci	40 (17,9%)	52 (23,3%)	37 (16,6%)	25 (11,2%)	32 (14,3%)	37 (16,6%)	223 (100%)
Žene	9 (3,0%)	40 (13,4%)	53 (17,8%)	71 (23,8%)	70 (23,5%)	55 (18,5%)	298 (100%)
$\chi^2 = 54,066; p < 0,05$							
Manje od 34 god.	39 (19,7%)	39 (19,7%)	40 (20,2%)	36 (18,2%)	24 (12,1%)	20 (10,1%)	198 (100%)
35 – 49 god.	5 (4,6%)	15 (13,8%)	14 (12,8%)	13 (11,9%)	33 (30,3%)	29 (26,6%)	109 (100%)
Preko 50 god.	5 (2,3%)	38 (17,8%)	36 (16,8%)	47 (22,0%)	45 (21,0%)	43 (20,1%)	214 (100%)
$\chi^2 = 68,256; p < 0,05$							
14,5 ≤ BMI ≤ 24,9	37 (10,2%)	64 (17,7%)	62 (17,1%)	74 (20,4%)	69 (19,1%)	56 (15,5%)	362 (100%)
BMI > 24,9	12 (7,5%)	28 (17,6%)	28 (17,6%)	22 (13,8%)	33 (20,8%)	36 (22,6%)	159 (100%)
$\chi^2 = 6,851; p > 0,05$							

n - učestalost potrošnje pasterizovanog mleka tokom posmatranog perioda; % - udeo u ukupnom uzorku.

Iz dobijenih podataka o potrošnji jogurta (Tabela 8) se vidi statistički značajna razlika između polova ($\chi^2 = 12,38; p < 0,05$), a nema razlike među starosnim grupama ($\chi^2 = 14,046; p > 0,05$). Interesantno je da nema statistički značajne korelacije između konzumiranja kako jogurta tako i mleka između grupe sa zdravom telesnom masom ($14,5 \leq \text{BMI} \leq 24,9$) i gojaznih ($\text{BMI} > 24,9$), s obzirom da su neki autori pokazali pozitivnu korelaciju između konzumiranja mleka/jogurta i zdravih navika u ishrani (Brouwer-Brolsma i sar., 2018). Isto kao što je slučaj i sa mlekom, više muškaraca konzumira jogurt svakodnevno u odnosu na žene. Prosečna potrošnja jogurta je 877 ml nedeljno.

Tabela 8: Učestalost potrošnje jogurta u Srbiji (N=601)

	2 puta dnevno	1 dnevno	5-6 puta nedeljno	3-4 puta nedeljno	2 puta nedeljno	1 nedeljno ili ređe	Ukupno
Muškarci	4 (1,6%)	53 (21,8%)	79 (32,5%)	35 (14,4%)	48 (19,8%)	24 (9,9%)	243 (100%)
Žene	6 (1,7%)	51 (14,2%)	97 (27,1%)	79 (22,1%)	89 (24,9%)	36 (10,1%)	358 (100%)
$\chi^2 = 12,38$; (Yates' $\chi^2 = 11,248$); $p < 0,05$							
Manje od 34 god.	3 (1,8%)	41 (24,0%)	45 (26,3%)	25 (14,6%)	37 (21,6%)	20 (11,7%)	171 (100%)
35 – 49 god.	5 (2,4%)	35 (16,7%)	65 (31,1%)	43 (20,6%)	44 (21,1%)	17 (8,1%)	209 (100%)
Preko 50 god.	2 (0,9%)	28 (12,7%)	66 (29,9%)	46 (20,8%)	56 (25,3%)	23 (10,4%)	221 (100%)
$\chi^2 = 14,046$; (Yates' $\chi^2 = 11,517$); $p > 0,05$							
14,5 ≤ BMI ≤ 24,9	5 (1,3%)	67 (17,5%)	106 (27,7%)	73 (19,1%)	91 (23,8%)	40 (10,5%)	382 (100%)
BMI > 24,9	5 (2,3%)	37 (16,9%)	70 (32,0%)	41 (18,7%)	46 (21,0%)	20 (9,1%)	219 (100%)
$\chi^2 = 2,417$; (Yates' $\chi^2 = 1,532$); $p > 0,05$							

n - učestalost potrošnje jogurta tokom posmatranog perioda; % - udeo u ukupnom uzorku

5.1.3. Procena izloženosti aflatoksinu M₁ u mleku i proizvodima od mleka

Na osnovu dobijenih podataka o koncentracijama aflatoksina M₁ u mleku i proizvodima od mleka sa domaćeg tržišta i navikama u konzumiranju mleka i proizvoda od mleka, urađena je procena dnevnog unosa (EDI) Monte Karlo simulacionom metodom.

Za koncentraciju aflatoksina M₁, korišćena su dva scenarija:

- Scenario 1 – izloženost je računata na osnovu srednje vrednosti s obzirom da je, tokom vremena, očekivano da pojedinac bude izložen toj koncentraciji mikotoksina u mleku i proizvodima od mleka (FAO/WHO, 2009a)
- Scenario 2 – uzeta je u obzir distribucija srednjih vrednosti u mleku i proizvodima od mleka.

Za oba scenarija vrednosti koncentracija aflatoksina M₁ su uzete iz Tabele 4.

Navike u konzumiranju su procenjene na osnovu dve metode prikupljanja podataka:

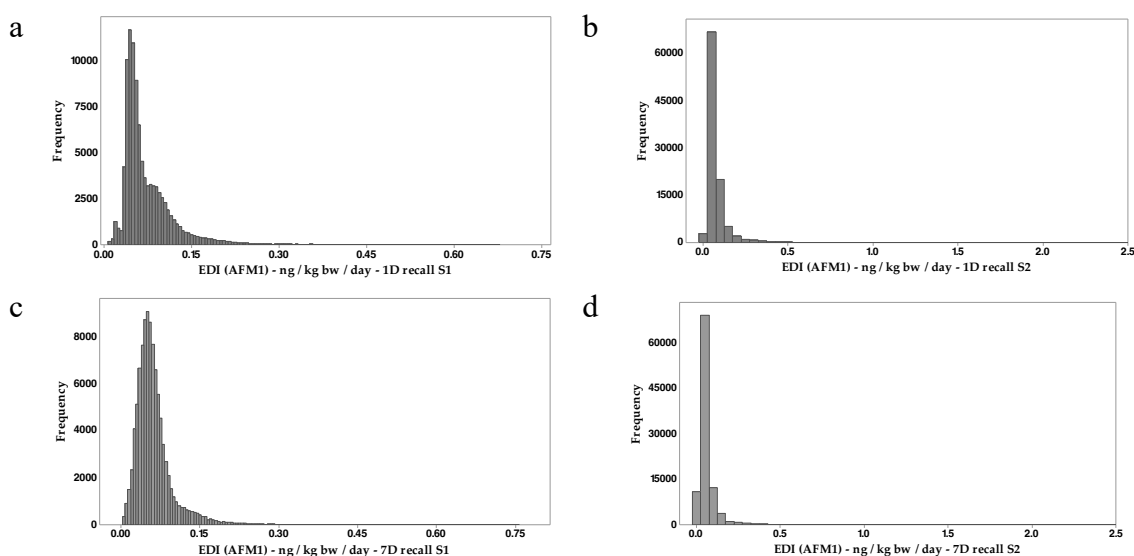
- potrošnja prethodnog dana
- potrošnja u poslednjih 7 dana.

Rezultati su prikazani na Grafikonu 1.

Tabela 9: Procenjeni dnevni unos aflatoksina M₁ (AFM₁)

	EDI AFM ₁ [ng/kg tm/dan] (potrošnja prethodnog dana)		EDI AFM ₁ [ng/kg tm/dan] (potrošnja poslednjih 7 dana)	
	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 1	Scenario 2
Srednja vrednost	0,07362	0,07592	0,06207	0,06420
Minimum	0,00782	0,00658	0,00397	0,00323
1. kvartil	0,04559	0,03845	0,04026	0,03445
3. kvartil	0,08926	0,08255	0,07257	0,06642
Maksimum	0,67381	6,65235	0,75724	7,05512
Interval pouzdanosti 95%	0,07333 – 0,07390	0,07527 – 0,07658	0,06184 – 0,06230	0,06362 – 0,06478

Sve vrednosti su izračunate na osnovu Monte Karlo simulacije.



Grafikon 1. Poređenje procenjenog ukupnog dnevnog unosa aflatoksina M₁ dobijenog Monte Karlo analizom sa 100.000 iteracija. **(a)** Potrošnja prethodnog dana – Scenario 1; **(b)** Potrošnja prethodnog dana – Scenario 2; **(c)** Potrošnja poslednjih 7 dana – Scenario 1; **(d)** Potrošnja poslednjih 7 dana – Scenario 2.

Na osnovu prikazanih rezultata se može zaključiti da na srednje vrednosti više utiče metoda prikupljanja podataka o konzumiranju od odabranog scenarija. Srednje vrednosti izloženosti stanovništva Srbije aflatoksinu M₁ (Grafikon 1, Tabela 9), u zavisnosti od scenarija i broja dana na osnovu kojih je procenjena potrošnja se kreću u opsegu 0,062 – 0,076 ng/kg tm/dan.

U poređenju sa objavljenim rezultatima o proceni izloženosti u Srbiji za prethodne godine, dobijeni rezultati su zadovoljavajući. U 2013. godini procenjena izloženost aflatoksinu M₁ u mleku iznosila je 0,21 ng/kg tm/dan (Kos i sar., 2014), a na osnovu podataka iz 2014. i 2015. godine između 0,18 i

0,20 ng/kg tm/dan (Milićević i sar., 2017). Ako poredimo dobijene rezultate sa drugim zemljama koje takođe imaju klimu podložnu rastu gljivica koje proizvode aflatoksine (Udovicki i sar., 2019), naši rezultati su viši od Italije (0,025 – 0,033 ng/kg tm/dan) (Serraino i sar., 2019) i Španije (0,039 ng/kg tm/dan) (Cano-Sancho i sar., 2013), ali su bliski rezultatima u Francuskoj (0,09 ng/kg tm/dan) (Leblanc i sar., 2005) i Brazilu (0,08 ng/kg tm/dan) (Shundo i sar., 2009).

5.2. Procena izloženosti histaminu, toksičnim i esencijalnim elementima u svežoj, zaleđenoj i konzerviranoj ribi i plodovima mora

5.2.1. Sadržaj histamina u svežoj, zamrznutoj i konzerviranoj ribi

Određivanje sadržaja histamina je urađeno u 974 uzoraka sveže, zamrznute i konzervirane ribe sa prirodno povećanim sadržajem histidina. Skrining metoda je podešena tako da kao pozitivne prepoznaje uzorke sa sadržajem histamina većim od 50 mg kg⁻¹. Ovaj limit je uzet jer je jednak sa najstrožim MDK za histamin u svetu, propisanim u SAD (FDA, 2020). Rezultati su prikazani u Tabeli 10.

Tabela 10: Prisustvo histamina u različitim tipovima ribe

	Tuna (u konzervi)	Tuna (zamrznuta)	Sardina (u konzervi)	Ostala morska riba (u konzervi)	Ostala morska riba (zamrznuta)	Ukupno
Broj uzoraka (pozitivni uzorci)	360 (15)	11 (0)	268 (6)	197 (4)	138 (0)	974 (28)
Srednja vrednost [mg kg ⁻¹]	31,9	25,0	27,3	26,3	25,0	28,4
Opseg [mg kg ⁻¹]	25,0 – 885,0	25,0	25,0 - 256,0	25,0 - 140,0	25,0	25,0 – 885,0

Iz prikazanih rezultata se vidi da prisustvo histamina nije detektovano ni u jednom uzorku sveže i zamrznute ribe, ali da je 28 (3,39%) uzoraka ribe u konzervi bilo pozitivno. Najveća učestalost pozitivnih rezultata i najviša vrednost (885 mg kg⁻¹) je dobijena u tuni u konzervi. S obzirom da se ovaj proizvod često konzumira, može predstavljati rizik za zdravlje stanovništva Srbije. Prema sličnim istraživanjima u Srbiji, takođe je najveća učestalost pozitivnih rezultata (Petrovic i sar., 2016) i najviša vrednost (420 mg kg⁻¹) (Dimitrijevic i sar., 2016) dobijena u tuni u konzervi. Pored toga, i autori iz različitih zemalja su najviše koncentracije histamina nalazili u tuni: Piersanti i sar. (2014) u svežoj tuni (5939 mg kg⁻¹) i u tuni u konzervi (8087 mg kg⁻¹) iz Italije, Karmi (2014) u tuni iz Egipta (237 mg kg⁻¹), Auerswald i sar. (2006) u žutorepoj tuni (399 mg kg⁻¹) i u sušenoj tuni (8001 mg kg⁻¹) iz Južne Afrike, Mahmoudi i Norian (2014) u tuni u konzervi iz Irana (74,57 mg kg⁻¹), Yesudhason i sar. (2013) u svežoj tuni (229 mg kg⁻¹) iz Omana, i Silva i sar. (2011) u svežoj tuni (70,4 mg kg⁻¹) i u tuni u konzervi (83,73 mg kg⁻¹) iz Brazila. Međutim, neki autori su objavili nivoe histamina manje od našeg LOD-a (< 50 mg kg⁻¹) u svim analiziranim uzorcima tune: Muscarella i sar. (2013) u tuni u konzervi iz Italije, Vosikis i sar. (2008) u tuni u konzervi iz Grčke, Naficeh i sar. (2019) u tuni u konzervi iz Irana, Park i sar. (2010) i Kang i sar. (2019) u tuni iz Koreje.

Najviša koncentracija koju smo detektovali u sardini u konzervi (256 mg kg^{-1}) je bila iznad EU MDK (200 mg kg^{-1}). Koncentracije histamina u sardini mogu da budu i veće. Grupa autora (Petrovic i sar., 2016) je detektovala više koncentracije (više od 500 mg kg^{-1}) posle pojave trovanja histaminom u vrtićima u Srbiji. Najviša vrednost (209 mg kg^{-1}) u sardini u konzervi koju su objavili autori iz Italije (Piersanti i sar., 2014) je bila slična našem rezultatu. Niže vrednosti su dobili Vosikis i sar. (2008) u Grčkoj ($< 50 \text{ mg kg}^{-1}$), Karmi (2014) u Egiptu (67 mg kg^{-1}), i Zhai i sar. (2012) u Kini ($22,38 \text{ mg kg}^{-1}$).

Iako je, prema dobijenim rezultatima, u samo 2,9% od svih analiziranih uzoraka detektovana koncentracija histamina prelazila granicu od 50 mg kg^{-1} , u nekim uzorcima su detektovani izuzetno visoki nivoi (885 mg kg^{-1} u tuni u konzervi, 256 mg kg^{-1} u sardini u konzervi). Prema tome, rezultati pokazuju da postoji potreba za stalnim monitoringom koncentracije histamina u ribi i proizvodima koji se nalaze u prodaji.

5.2.2. Sadržaj toksičnih elemenata u svežoj, zamrznutoj i konzerviranoj ribi i morskim plodovima

Dobijeni rezultati određivanja sadržaja kadmijuma, žive i arsena su prikazani u Tabeli 11. Određivanje sadržaja kadmijuma urađeno je u 1.521 uzorku ribe i 388 uzoraka morskih plodova. Prosečna vrednost u svim uzorcima iznosi $0,036 \text{ mg kg}^{-1}$. Dobijen je samo jedan pozitivan rezultat ($0,2 \text{ mg kg}^{-1}$) u ribi (u sardini u konzervi), koji je niži od MDK u tom tipu ribe ("Sl. glasnik RS" br. 81/19, 126/20, 90/21 i 118/21; EC No 1881/2006) i smatra se bezbednim. Prema istraživanju grupe autora (Galimberti i sar., 2016), ribe koje nisu predatori imaju zanemarljiv nivo kadmijuma. Analizirane uzorke su uglavnom činile takve ribe, sa izuzetkom uzoraka tune (1,7%) i tune u konzervi (16,3%). Srednje vrednosti su bile u skladu sa vrednostima u ribi sa tržišta u Srbiji koje su dobili drugi autori (Popović i sar., 2018a; Novakov i sar., 2017), Hrvatskoj (Bilandžić i sar., 2018), Italiji (Storelli i sar., 2010; Galimberti i sar., 2016), Španiji (Rodríguez-Hernández i sar., 2016), Turskoj (Mol, 2011), Iranu (Andayesh i sar., 2014), Maroku (Adil i sar., 2014), USA (Shiber, 2010), i Brazilu (de Paiva i sar., 2017). Niže srednje vrednosti su objavljene u ribi koja je upecana u Hrvatskoj (Bilandžić i sar., 2011), u sardinama iz Grčke (Sofoulaki i sar., 2018) i sardinama iz Gane (Okyere i sar., 2015), dok su veće prosečne vrednosti detektovane u tuni iz Italije (Barone i sar., 2015) i tuni iz Gane (Okyere i sar., 2015). Međutim, detektovano je 45 (11,6%) pozitivnih uzoraka plodova mora, od kojih je u 17 uzoraka (4,4%) nivo kadmijuma bio iznad MDK ($0,5 \text{ mg kg}^{-1}$). Najveća koncentracija kadmijuma je iznosila $2,3 \text{ mg kg}^{-1}$ i detektovana je u plodovima mora. Uzimajući u obzir da su se u analiziranim morskim plodovima uglavnom nalazili glavonošci, dobijeni rezultati su u skladu sa rezultatima istraživanja Bustamante i sar. (1998), Morgano i sar. (2014) i Piras i sar. (2013), potvrđujući da su glavonošci značajan izvor kadmijuma.

Nivo žive je određen u 1.523 uzoraka ribe i 388 uzoraka plodova mora. Dobijena srednja vrednost u svim uzorcima je $0,251 \text{ mg kg}^{-1}$. Najviša koncentracija je detektovana u zamrznutim morskim plodovima ($1,00 \text{ mg kg}^{-1}$). Kada su u pitanju uzorci ribe, najveća koncentracija žive ($0,58 \text{ mg kg}^{-1}$) je dobijena u tuni. Prosečne vrednosti u grupama uzoraka su više od nivoa koje su dobili drugi autori, u ribi sa tržišta u Srbiji (Novakov i sar., 2017; Popović i sar., 2018a), Hrvatskoj (Bilandžić i sar., 2011; Bilandžić i sar., 2018), u sardinama iz Grčke (Sofoulaki i sar., 2018), u tuni u konzervi iz Italije (Storelli i sar., 2010), u ribi iz Jonskog Mora (Copat i sar., 2014), iz Španije (Rodríguez-Hernández i sar., 2016), iz Crnog Mora (Makedonski i sar., 2017), u ribi u konzervi iz Češke (Kral i sar., 2017), u ribi iz Turske (Mol, 2011), Irana (Andayesh i sar., 2014), Maroka (Adil i sar., 2014), Gane (Okyere i sar., 2015), SAD (Shiber, 2010), i Brazila (de Paiva i sar., 2017). Ipak, prosečne vrednosti nivoa žive u svežoj tuni iz Italije (Storelli i sar., 2010), u tuni uveženoj u Italiju (Galimberti i sar., 2016), i u tuni u konzervi iz Kolumbije (Alcala-Orozco i sar., 2017) su u odnosu na naše rezultate veće.

Određivanje sadržaja arsena je urađeno u 1.503 uzoraka ribe i 388 uzoraka morskih plodova. Učestalost pozitivnih rezultata je bila najviša u zamrznutoj tuni (24,2%), koju slede plodovi mora (6,23%), sardina u konzervi (5,77%), tuna u konzervi (0,70%), i ostala morska riba (0,14%). Prosečna koncentracija u svim analiziranim uzorcima je 0,578 mg kg⁻¹, a najveća izmerena koncentracija (22,5 mg kg⁻¹) je detektovana u morskim plodovima. U uzorcima ribe, najveća koncentracija arsena (7,78 mg kg⁻¹) je detektovana u sardini u konzervi, dok je prosečna vrednost u istoj kategoriji (0,656 mg kg⁻¹) slična nivoima u svežoj / zamrznutoj tuni (0,715 mg kg⁻¹) i tuni u konzervi (0,507 mg kg⁻¹). Prema dobijenim rezultatima, arsen je najrasprostranjeniji toksični element. Prosečne vrednosti dobijene u ovom istraživanju su niže od vrednosti koje su dobili u ribi sa tržišta iz Srbije drugi autori (Popović i sar., 2018a; Novakov i sar., 2017), Hrvatske (Bilandžić i sar., 2018), Teherana (Andayesh i sar., 2014) i SAD (Shiber, 2010). Međutim, niže prosečne vrednosti su dobijene u sardini iz Grčke (Sofoulaki i sar., 2018) i u ribi i plodovima mora iz Španije (Rodríguez-Hernández i sar., 2016).

Arsen je najrasprostranjeniji toksični element u analiziranim uzorcima ribe i morskih plodova. Ova činjenica je veoma zabrinjavajuća, s obzirom da ne postoje definisane MDK za arsen u ribi kako u EU tako i u Srbiji. Samim tim, ne sprovodi se zvanična kontrola i monitoring nivoa arsena, pa ni zaštita stanovništva od prekomerne izloženosti ovom kontaminentu kroz unos ribe i plodova mora. Dodatno, koncentracije arsena koje su detektovane u drugim zemljama su čak veće od naših (Bilandžić i sar., 2018; Andayesh i sar., 2014; Shiber, 2010). To pokazuje da bi odsustvo MDK za arsen u zakonskoj regulativi moglo da bude problem u čitavom svetu.

Prema dobijenim rezultatima, morski plodovi su češće od ribe kontaminirani toksičnim elementima. Takođe, najviše detektovane koncentracije ovih kontaminenata su dobijene u plodovima mora. Nasuprot tome, toksični elementi nisu detektovani ni u jednom ispitanom uzorku slatkovodne ribe. Pored toga, slatkovodnim ribama pripadaju vrste sa prirodno niskim sadržajem slobodnog histidina, pa ne postoji rizik od povećanog sadržaja histamina. Iz tog razloga, slatkovodne ribe bi mogle da budu najsigurniji izbor sa tačke gledišta ispitivanih kontaminenata.

Tabela 11: Sadržaj toksičnih metala u različitim tipovima ribe

		Tuna (u konzervi)	Tuna (zamrznuta)	Sardina (u konzervi)	Ostala morska riba (u konzervi)	Ostala morska riba (zamrznuta)	Plodovi mora (u konzervi)	Plodovi mora (zamrznuti)	Slatkovodna riba	Ukupno
Cd	Broj uzoraka (pozitivni uzorci)	280 (0)	32 (0)	256 (1)	56 (0)	722 (0)	3 (0)	385 (45)	175 (0)	1.909 (46)
	Srednja vrednost [mg kg ⁻¹]	0,025	0,025	0,026	0,025	0,025	0,025	0,080	0,025	0,036
	Opseg [mg kg ⁻¹]	0,03 - 0,03	0,03 - 0,03	0,03 - 0,2	0,03 - 0,03	0,03 - 0,03	0,03 - 0,03	0,03 - 0,03	0,03 - 2,3	0,03 - 0,03
Hg	Broj uzoraka (pozitivni uzorci)	281 (0)	33 (1)	257 (0)	56 (0)	721 (1)	3 (0)	385 (4)	175 (0)	1.911 (6)
	Srednja vrednost [mg kg ⁻¹]	0,250	0,260	0,250	0,250	0,251	0,250	0,255	0,250	0,251
	Opseg [mg kg ⁻¹]	0,25 - 0,25	0,25 - 0,58	0,25 - 0,25	0,25 - 0,25	0,25 - 0,54	0,25 - 0,25	0,25 - 1	0,25 - 0,25	0,25 - 1
As	Broj uzoraka (pozitivni uzorci)	282 (2)	33 (8)	260 (15)	56 (0)	703 (1)	3 (0)	385 (24)	169 (0)	1.891 (50)
	Srednja vrednost [mg kg ⁻¹]	0,507	0,715	0,656	0,500	0,506	0,500	0,749	0,500	0,578
	Opseg [mg kg ⁻¹]	0,5 - 1,78	0,5 - 1,93	0,5 - 7,78	0,5 - 0,5	0,5 - 2,12	0,5 - 0,5	0,5 - 22,5	0,5 - 0,5	0,5 - 22,5

5.2.3. Sadržaj esencijalnih elemenata u konzerviranoj ribi

Određivanje sadržaja bakra, cinka i gvožđa je urađeno u 452 uzorka konzervirane ribe i 2 uzorka konzerviranih morskih plodova. Dobijene koncentracije su date u Tabeli 12.

Cink i gvožđe su detektovani u svih 452 uzorka (100%), a bakar u 222 uzoraka (48,9%). Prosečne koncentracije u svim uzorcima su 1,268 mg kg⁻¹ za bakar, 5,661 mg kg⁻¹ za cink i 9,556 mg kg⁻¹ za gvožđe. Prema Pravilniku o deklarisanju, označavanju i reklamiranju hrane ("Sl. glasnik RS" br. 19/17, 16/18, 17/20, 118/20, 17/22, 23/22 i 30/22) riba u konzervi ne predstavlja značajan izvor ova tri minerala, jer je njihov prosečni sadržaj u 100 g proizvoda manji od 15% NRV, što za cink iznosi 1,5 mg/100g, za bakar 0,15 mg/100 g i za gvožđe 2,1 mg/100 g.

Najveće koncentracije sva tri elementa su detektovane u sardini u konzervi (bakar – 6,49 mg kg⁻¹, cink – 37,2 mg kg⁻¹ i gvožđe – 21,8 mg kg⁻¹), kao i najviše srednje vrednosti (bakar - 2,100 mg kg⁻¹, cink - 7,382 mg kg⁻¹ i gvožđe 11,607 mg kg⁻¹).

Tabela 12: Sadržaj esencijalnih elemenata u ribi u konzervi

		Tuna u konzervi	Sardina u konzervi	Ostala morska riba u konzervi	Morski plodovi u konzervi	Ukupno
	Broj uzoraka (pozitivni uzorci)	276 (69)	122 (105)	54 (47)	2 (1)	454 (222)
Cu	Srednja vrednost [mg kg ⁻¹]	0,769	2,100	1,931	1,565	1,268
	Opseg [mg kg ⁻¹]	0,5 - 3,08	0,5 - 6,49	0,5 - 3,11	0,5 - 2,63	0,5 - 6,49
	Broj uzoraka (pozitivni uzorci)	276 (276)	122 (122)	54 (54)	2 (2)	454 (454)
Zn	Srednja vrednost [mg kg ⁻¹]	4,824	7,382	6,016	6,395	5,661
	Opseg [mg kg ⁻¹]	1,92 - 8,7	2,9 - 37,2	2,61 - 8,64	4,11 - 8,68	1,92 - 37,2
	Broj uzoraka (pozitivni uzorci)	276 (276)	122 (122)	54 (54)	2 (2)	454 (454)
Fe	Srednja vrednost [mg kg ⁻¹]	8,401	11,607	10,848	9,005	9,556
	Opseg [mg kg ⁻¹]	1,3 - 13,9	2,71 - 21,8	2,11 - 15,4	6,91 - 11,1	1,3 - 21,8

Do sada su objavljena dva istraživanja o koncentracijama bakra, cinka i gvožđa u ribi u konzervi sa lokalnog tržišta iz Srbije. Popović i sar. (2018b) su analizirali 207 uzoraka tune, sardine i skuše u konzervi, a Novakov i sar. (2017) 98 uzoraka tune i sardine u konzervi. Popović i sar. (2018b), su slično nama, najveće srednje vrednosti za sva tri elementa dobili u uzorcima sardine u konzervi (bakar – 1,28/1,37 mg kg⁻¹ u ulju/paradajz sosu, cink – 15,1/14,05 mg kg⁻¹ i gvožđe – 13,8/16,78 mg kg⁻¹). Njihove vrednosti za bakar su niže od naših, ali značajno više za cink i gvožđe. S druge strane, Novakov i sar. (2017) su, za razliku od nas, detektovali veće vrednosti za bakar (2,60 mg kg⁻¹) i cink (21,96 mg kg⁻¹) u uzorcima tune u konzervi nego u uzorcima sardine u konzervi (bakar - 2,49 mg kg⁻¹, cink - 18,21 mg kg⁻¹), ali veće nivoe gvožđa u uzorcima sardine (21,98 mg kg⁻¹) u odnosu na tunu (20,36 mg kg⁻¹). Svi rezultati su im značajno viši od naših, osim za bakar, koji je blizak sa našim za sardinu u konzervi i nešto viši u odnosu na naš za tunu u konzervi.

Autori iz drugih zemalja su objavili različite nivoe ovih elemenata. Niže nivoe za bakar u sardini u konzervi su objavili autori iz Hrvatske (0,88 mg kg⁻¹) (Bilandžić i sar., 2018), Španije (0,513 – 0,898 mg kg⁻¹) (Olmedo i sar., 2013a), Turske (1,024 mg kg⁻¹) (Mol, 2010), Iraka (0,7 – 2,1 mg kg⁻¹) (Ahmed i Hasan, 2019) i Nigerije (0,01 mg kg⁻¹) (Chukwujindu i sar., 2009), ali rezultati iz SAD-a (0,83 mg kg⁻¹) (Ikem i Egiebor, 2005) i Brazila (1,31 – 2,25 mg kg⁻¹) (Tarley i sar., 2001) su slični našim rezultatima. U tuni u konzervi, autori iz Španije (0,483 mg kg⁻¹) (Olmedo i sar., 2013a), Turske (0,604 mg kg⁻¹) (Mol, 2010) i SAD-a (0,25 mg kg⁻¹) (Ikem i Egiebor, 2005) su detektovali niže koncentracije od naših. Veće nivoe cinka od naših u sardini u konzervi su prijavili autori iz Hrvatske (18 mg kg⁻¹) (Bilandžić i sar., 2018), Turske (23,267 mg kg⁻¹) (Mol, 2010), SAD-a (11,45 mg kg⁻¹) (Ikem i Egiebor, 2005) i Brazila (16,16 – 36,09 mg kg⁻¹) (Tarley i sar., 2001), a niže iz Španije (4,329 – 6,767 mg kg⁻¹) (Olmedo i sar., 2013a) i Nigerije (0,09 – 4,49 mg kg⁻¹) (Chukwujindu i sar., 2009). Kada je u pitanju tuna u konzervi, nivoi cinka prijavljeni od strane autora iz Turske (10,802 mg kg⁻¹) (Mol, 2010) i Libana (7,49 mg kg⁻¹) (Al Ghouli i sar., 2020) su viši, iz Španije (2,27 mg kg⁻¹) (Olmedo i sar., 2013a) su niži a iz SAD-a (4,78 mg kg⁻¹) (Ikem i Egiebor, 2005) su slični u odnosu na naše rezultate. Nivoi gvožđa koje su detektovali u sardini u konzervi autori iz Hrvatske (19 mg kg⁻¹) (Bilandžić i sar., 2018), Turske (Mol, 2010), Iraka (Ahmed i Hasan, 2019) i Brazila (Tarley i sar., 2001) su viši (22,162 mg kg⁻¹, 20 – 30 mg kg⁻¹ i 20,96 – 88,83 mg kg⁻¹, respektivno), a iz Nigerije (Chukwujindu i sar., 2009) (8,04 - 48,18 mg kg⁻¹) i SAD-a (Ikem i Egiebor, 2005) (12,7 mg kg⁻¹) su slični našim rezultatima. U tuni u konzervi autori iz SAD-a (15,8 mg kg⁻¹) (Ikem i Egiebor, 2005) su dobili više, a autori iz Turske (8,105 mg kg⁻¹) (Mol, 2010) su dobili koncentracije slične našim.

5.2.4. Navike u konzumiranju ribe, morskih plodova i njihovih proizvoda

Demografski profil testirane populacije je prikazan u Tabeli 13. Prosečna telesna masa svih učesnika u upitniku je 71,3 kg, što, isto kao i u upitniku o konzumiranju mleka i proizvoda od mleka, odgovara preporuci koju je dala EFSA (EFSA, 2012).

Tabela 13: Demografski profil učesnika u upitniku o konzumiranju ribe, plodova mora i proizvoda

Pol	Muški	366 (43,3%)
	Ženski	479 (56,7%)
Starost	Manje od 24 godine	105 (12,43%)
	25 – 34 godina	154 (18,22%)
	35 – 49 godina	237 (28,05%)
	50 – 64 godina	240 (28,40%)
	Preko 65 godina	109 (12,90%)
Telesna masa	Ispod 70 kg	446 (52,8%)
	Preko 70 kg	399 (47,2%)
BMI	$14,5 \leq \text{BMI} \leq 24,9$	528 (62,5%)
	$\text{BMI} > 24,9$	317 (37,5%)
Prosečna telesna masa [kg]		71,3±10,4

n – broj učesnika u upitniku; % - njihov udeo u ukupnom broju

Kako bi se izbegao bias, autori su, prema smernicama koje je dala EFSA (EFSA, 2009c), odlučili da za procenu izloženosti uzmu u obzir samo podatke o količini konzumirane ribe dobijene na osnovu potrošnje u poslednjih 7 dana. Dobijena prosečna nedeljna potrošnja ribe je 470,3 g, što je manje nego u Belgiji (540 g/week), Irskoj (575 g/week), Italiji (560 g/week), Portugalu (588 g/week), i Španiji (561 g/week) (Cano-Sancho i sar., 2015). Zanimljivo je da je potrošnja u Srbiji mnogo veća nego u Nemačkoj (210 g/week) (Kuballa i sar., 2011). Ovi rezultati potvrđuju našu hipotezu da riba i plodovi mora čine značajan deo ishrane stanovništva Srbije.

Prosečna potrošnja ribe, morskih plodova i njihovih proizvoda u okviru demografskih grupa je prikazana u Tabeli 14.

Tabela 14: Prosečna potrošnja ribe, morskih plodova i njihovih proizvoda u okviru demografskih grupa

Parametar	Demografska kategorija	Prosečni nedeljni unos ribe i plodova mora [g]
Svi ispitanici	Svi ispitanici	470,3 ± 220,0
Pol	Muški	389,2 ± 170,4
	Ženski	576,3 ± 232,4
Starost	Manje od 34 godine	487,9 ± 248,7
	35 – 49 godina	461,0 ± 200,4
	Preko 50 godina	464,0 ± 210,0
Telesna masa	Ispod 70 kg	410,6 ± 192,6
	Iznad 70 kg	537,0 ± 230,2
BMI	$14.5 \leq \text{BMI} \leq 24.9$	451,8 ± 222,9
	$\text{BMI} > 24.9$	508,4 ± 211,1
Obrazovanje	Osnovno	426,7 ± 200,1
	Srednje	477,4 ± 220,2
	Visoko	471,0 ± 225,3
Mesto stanovanja	Selo	475,0 ± 224,9
	Grad	466,7 ± 216,5
Profesija	Ima veze sa ishranom	480,0 ± 265,7
	Nema veze sa ishranom	469,1 ± 212,9

Ako posmatramo razlike u prosečnoj potrošnji sveže, zamrznute i konzervirane ribe i morskih plodova u okviru demografskih kategorija, može se zaključiti da su, usled veće potrošnje ovih namirnica, više izloženi kontaminantima žene, gojazni (> 70 kg i $\text{BMI} > 24,9$) i populacija sa srednjim i visokim obrazovanjem u odnosu na muškarce, populaciju sa telesnom masom manjom od 70 kg i normalnim indeksom telesne mase i populacijom sa osnovnim obrazovanjem. Ne postoji razlika u odnosu na starosnu grupu, mesto stanovanja i vrstu profesije.

Kada je u pitanju učestalost konzumiranja, ni jedan ispitanik nije odgovorio da konzumira ribu svakodnevno, kao ni godišnje. Većina konzumira ribu nedeljno 92,4% (781) i mesečno 7,6% (64).

Dobijeni rezultati pokazuju da nema statistički značajne razlike u učestalosti konzumiranja ribe i plodova mora između populacije sa idealnom telesnom masom ($14,5 \leq \text{BMI} \leq 24,9$) i gojaznih ($\text{BMI} > 24,9$) (Tabela 15), što je u skladu sa zaključcima grupe autora (Jakobsen i sar., 2013), koji

su objavili da konzumiranje ribe nije u značajnoj korelaciji sa gojenjem. Rezultati, takođe, pokazuju da nema statistički značajne razlike u učestalosti u konzumiranju ribe i plodova mora između polova, telesne mase i starosti ($p > 0,05$).

Tabela 15: Učestalost konzumiranja ribe i plodova mora

	Na nedeljnom nivou	Na mesečnom nivou	Ukupno
Žene	436 (91,0%)	43 (9,0%)	479 (100%)
Muškarci	345 (94,3%)	21 (5,7%)	366 (100%)
$\chi^2 = 3,11$ $p > 0,05$			
Ispod 70 kg	413 (92,6%)	33 (7,4%)	446 (100%)
Preko 70 kg	368 (92,2%)	31 (7,8%)	399 (100%)
$\chi^2 = 0,041$; $p > 0,05$			
$14,5 \leq \text{BMI} \leq 24,9$	490 (92,8%)	38 (7,2%)	528 (100%)
$\text{BMI} > 24,9$	291 (91,8%)	26 (8,2%)	317 (100%)
$\chi^2 = 0,286$; $p > 0,05$			
Ispod 35 godina	236 (91,5%)	22 (8,5%)	258 (100%)
35-49 godina	219 (92,0%)	19 (8,0%)	238 (100%)
Preko 50 godina	326 (93,4%)	23 (6,6%)	349 (100%)
$\chi^2 = 0,874$; $p > 0,05$			

Iz ovog upitnika su izvedeni i podaci o učestalosti konzumiranja ribe u konzervi i dati u Tabeli 16. Dobijena prosečna nedeljna potrošnja ribe u konzervi je 228,8 g.

Tabela 16: Učestalost konzumiranja ribe u konzervi (tuna, sardina, druga morska riba, plodovi mora)

	Na nedeljnom nivou	Na mesečnom nivou	Jednom godišnje ili manje	Ukupno
Žene	126 (26,3%)	49 (10,2%)	304 (63,5%)	479 (100%)
Muškarci	227 (62,0%)	33 (9,0%)	106 (29,0%)	366 (100%)
$\chi^2 = 114,557; p < 0,05$				
Ispod 70 kg	134 (30,1%)	43 (9,6%)	269 (60,3%)	446 (100%)
Preko 70 kg	219 (54,9%)	39 (9,8%)	141 (35,3%)	399 (100%)
$\chi^2 = 58,189; p < 0,05$				
$14,5 \leq \text{BMI} \leq 24,9$	201 (38,1%)	48 (9,1%)	279 (52,8%)	528 (100%)
$\text{BMI} > 24,9$	152 (47,9%)	34 (10,7%)	131 (41,3%)	317 (100%)
$\chi^2 = 10,589; p < 0,05$				
Manje od 35 god.	103 (39,9%)	23 (8,9%)	132 (51,2%)	258 (100%)
35 - 49 god.	104 (43,7%)	26 (10,9%)	108 (45,4%)	238 (100%)
Preko 50 god.	146 (41,8%)	33 (9,5%)	170 (48,7%)	349 (100%)
$\chi^2 = 1,834; p > 0,05$				

Na osnovu dobijenih rezultata, vidi se statistički značajna razlika u konzumiranju ribe u konzervi između polova, BMI i telesne mase ($p < 0,05$). Muškarci, učesnici u upitniku preko 70 kg telesne mase i gojazni ($\text{BMI} > 24,9$) češće konzumiraju ribu u konzervi u odnosu na žene, učesnike ispod 70 kg telesne mase i idealne telesne mase ($14,5 \leq \text{BMI} \leq 24,9$). Nema statistički značajne razlike između starosnih kategorija ($p > 0,05$).

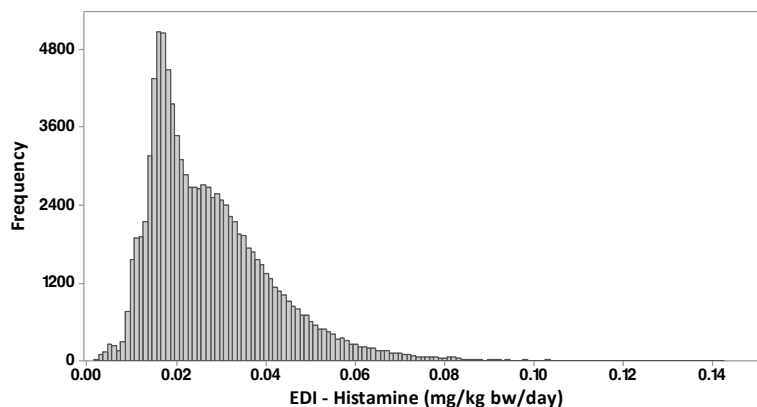
5.2.5. Procena izloženosti histaminu u ribama

Procenjeni dnevni unos histamina u ribi je prikazan u Tabeli 17. Prema našem istraživanju srednja vrednost procenjenog dnevnog unosa histamina u ribi za stanovništvo Srbije iznosi 0,0274 mg/kg tm/dan. Procenjeni ukupni dnevni unos histamina, dobijen Monte Karlo analizom, prikazan je na Grafikonu 2.

Tabela 17: Procenjeni dnevni unos histamina u ribi

	Histamin [mg/kg tm/dan]
Srednja vrednost	0,0274
5. persentil	0,009
1. kvartil	0,017
3. kvartil	0,034
95. persentil	0,079
Granična vrednost	≥ 1,28
Populacija izložena više od dozvoljenog praga	0,04%
95% interval pouzdanosti	0,0273 – 0,0275

Sve vrednosti su izračunate na osnovu Monte Karlo simulacije.



Grafikon 2. Procenjeni ukupni dnevni unos histamina dobijen Monte Karlo analizom sa 100.000 iteracija

Nema mnogo dostupnih podataka o proceni izloženosti histaminu u ribi. Objavljeni EDI stanovništva Irana za histamin (0,20 mg/kg tm/dan) u ribi u konzervi (Rahmani i sar., 2018) je veći u odnosu na naš rezultat (0,0274 mg/kg tm/dan). Kang i sar. (2019) su ispitivali izloženost histaminu u ribama stanovništva Koreje prema starosnim grupama. Dobili su procenjeni unos po obroku za sve starosne grupe u opsegu 0,0003 – 0,0185 mg/kg tm/obroku.

Prema izveštaju FAO/WHO, granična toksična količina histamina iznosi 90 mg (FAO/WHO, 2012a). Ako za prosečnu telesnu masu uzmemo 70 kg, prema preporukama koje daje EFSA (EFSA, 2012a), dobijamo graničnu vrednost jednaku 1,28 mg/kg tm/dan. Prema našem istraživanju, 0,04% stanovništva Srbije je izloženo unosu histamina u ribi preko te granične vrednosti.

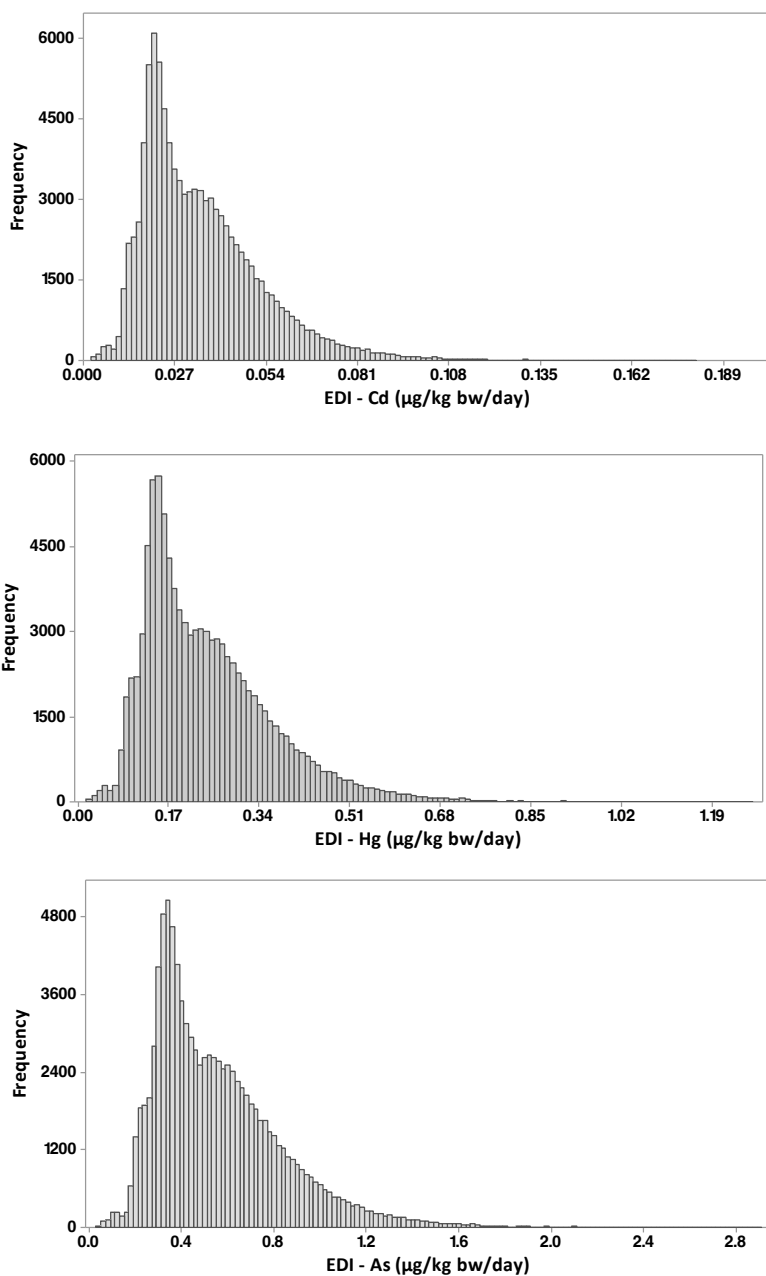
5.2.6. Procena izloženosti toksičnim elementima u ribi i plodovima mora

Prema našem istraživanju, srednja vrednost procenjenog dnevnog unosa odraslog stanovništva Srbije za kadmijum u ribi iznosi 0,0347 µg/kg tm/dan, za živu 0,2426 µg/kg tm/dan i arsen 0,5576 µg/kg tm/dan, (Tabela 18). Procenjeni ukupni dnevni unos za kadmijum, živu i arsen, dobijeni Monte Karlo analizom, prikazan je na Grafikonu 3.

Tabela 18: Procenjeni dnevni unos toksičnih elemenata u ribi i plodovima mora

	Kadmijum [µg/kg tm/dan]	Živa [µg/kg tm/dan]	Arseni [µg/kg tm/dan]
Srednja vrednost	0,0347	0,2426	0,5576
5. persentil	0,013	0,090	0,204
1. kvartil	0,022	0,151	0,347
3. kvartil	0,044	0,307	0,706
95. persentil	0,103	0,711	1,625
Granična vrednost	≥ 0,357	≥ 0,571	≥ 2,143
Populacija izložena više od dozvoljenog praga	0,05%	15,42%	1,24%
95% interval pouzdanosti	0,0346 – 0,0348	0,2418-0,2433	0,5559 – 0,5593

Sve vrednosti su izračunate na osnovu Monte Karlo simulacije.



Grafikon 3. Procenjeni ukupni dnevni unos toksičnih elemenata (Cd, Hg i As) dobijen Monte Karlo analizom sa 100.000 iteracija

Objavljeno je slično istraživanje o izloženosti stanovništva Srbije toksičnim metalima kroz konzumiranje ribe u konzervi (Popović i sar., 2018a), a količina koju stanovništvo konzumira je uzeta iz podataka Republičkog zavoda za statistiku Republike Srbije. Na taj način je dobijen procenjeni nedeljni unos (EWI) za kadmijum koji je u skladu sa našim rezultatima i u zavisnosti od vrste ribe, nalazi se u opsegu 0,17 – 0,32 µg/kg tm/nedeljno (tj. EDI 0,024 – 0,046 µg/kg tm/dan). Prijavljeni EWI za živu je u opsegu 0,85 – 1,59 µg/kg tm/nedeljno (tj. EDI 0,121 – 0,227 µg/kg tm/dan), i takođe je sličan našim rezultatima. Rezultat za EWI za arsen je u opsegu 1,26 – 3,44 µg/kg tm/nedeljno (tj. EDI 0,180 – 0,491 µg/kg tm/dan), i gornja granična vrednost je slična našoj srednjoj vrednosti.

Značajno nižu vrednost za EWI za kadmijum i živu objavila je grupa autora iz Italije (Storelli i sar., 2010), ali njihovo istraživanje je obuhvatilo samo unos iz tune (sveže i u konzervi). Za kadmijum u svežoj tuni dobili su EWI 0,01 µg/kg tm/nedeljno (tj. 0,0014 µg/kg tm/dan), EWI za kadmijum u tuni u konzervi 0,03 µg/kg tm/nedeljno (tj. 0,0043 µg/kg tm/dan), EWI za živu u svežoj tuni 1,23 µg/kg tm/nedeljno (tj. 0,1757 µg/kg tm/dan), i EWI za živu u tuni u konzervi 0,27 µg/kg tm/nedeljno (tj. 0,0386 µg/kg tm/dan). Objavljeno je još jedno istraživanje iz Italije (Storelli i Barone, 2013) u kome je procenjena izloženost kadmijumu i živi u pet tipova ribe. Dobijeni rezultati su slični našim. U zavisnosti od tipa ribe, EWI za kadmijum se kretao u opsegu 0,13 – 0,19 µg/kg tm/nedeljno (EDI 0,019 – 0,027 µg/kg tm/dan), a za živu 0,76 – 2,04 µg/kg tm/week (tj. EDI 0,109 – 0,291 µg/kg tm/dan). U istraživanju koje je sprovedeno u severnoj Italiji (Filippini i sar., 2018) procenjeni unos žive (EWI 0,345 µg/kg tm/nedeljno, tj. EDI 0,0493 µg/kg tm/dan) u ribi i plodovima mora, je manji od onog koji smo procenili u Srbiji, dok je unos arsena (EWI 5,088 µg/kg tm/nedeljno, tj. EDI 0,7269 µg/kg tm/dan) veći od našeg. Prema istraživanju iz Španije (Rodríguez-Hernández i sar., 2016), srednja izloženost kadmijumu (EDI 0,0320 µg/kg tm/dan) i arsenu (EDI 0,4651 µg/kg tm/dan) u ribi je slična našim rezultatima, dok je izloženost stanovništva Španije živi (EDI 0,0521 µg/kg tm/dan) niže nego u Srbiji. Na osnovu istraživanja sedam tipova ribe iz Crnog Mora (Makedonski i sar., 2017) dobijeni EDI za kadmijum (0,002 µg/kg tm/dan), živu (0,020 µg/kg tm/dan) i arsen (0,138 µg/kg tm/dan), su niži od rezultata našeg istraživanja u Srbiji.

Naše rezultate smo uporedili i sa (P)TWI za kadmijum, živu i arsen. Dobili smo da je, kroz unos toksičnih metala u ribi i morskim plodovima, 0,05% stanovništva Srbije izloženo kadmijumu, 15,42% živi i 1,24% arsenu u količinama koje prelaze svoje (P)TWI.

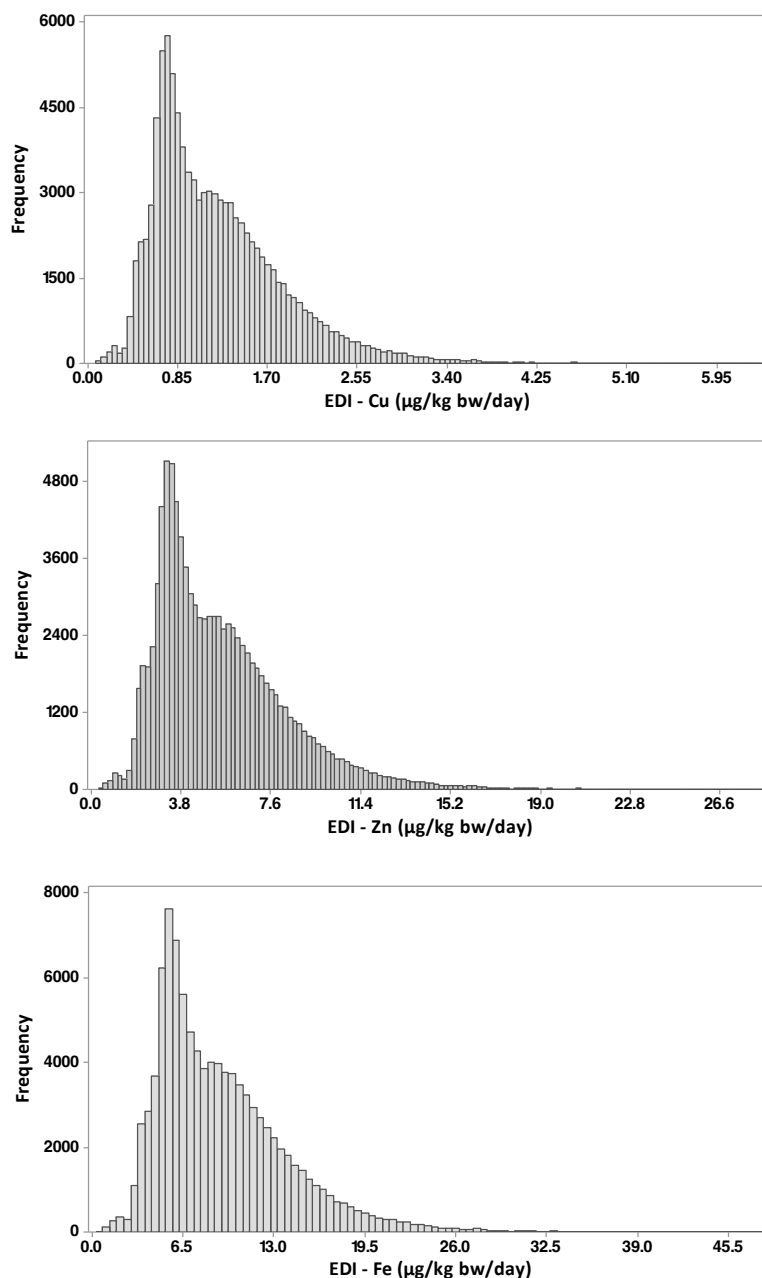
5.2.7. Procena izloženosti esencijalnim elementima u ribi i plodovima mora u konzervi

Prema rezultatima koje smo dobili za koncentracije minerala u ribi i plodovima mora u konzervi, i na osnovu podataka dobijenih kroz upitnik o navikama u ishrani stanovništva Srbije, srednja vrednost procenjenog dnevnog unosa za bakar u ribi u konzervi iznosi 1,2241 µg/kg tm/dan, za cink 5,4634 µg/kg tm/dan i gvožđe 9,2231 µg/kg tm/dan, (Tabela 19). Procenjeni dnevni unos ova tri minerala, dobijen Monte Karlo analizom 100.000 iteracija, je prikazan na Grafikonu 4.

Tabela 19: Procenjeni dnevni unos bakra, cinka i gvožđa u ribi u konzervi

	Bakar [µg/kg tm/dan]	Cink [µg/kg tm/dan]	Gvožđe [µg/kg tm/dan]
Srednja vrednost	1,2241	5,4634	9,2231
5. persentil	0,454	2,043	3,373
1. kvartil	0,763	3,404	5,746
3. kvartil	1,549	6,913	11,669
95. persentil	3,586	16,201	26,936
Granična vrednost	≥ 500	≥ 300 - 1000	≥ 800
Populacija izložena više od dozvoljenog praga	0%	0%	0%
95% interval pouzdanosti	1,2203 – 1,2279	5,4465 – 5,4803	9,1946-9,2516

Sve vrednosti su izračunate na osnovu Monte Karlo simulacije.



Grafikon 4. Procenjeni dnevni unos bakra, cinka i gvožđa, dobijen Monte Karlo analizom 100.000

Objavljeno je slično istraživanje iz Srbije (Popović i sar., 2018b) o doprinosu bakra, cinka i gvožđa iz ribe ukupnom unosu kroz hranu. Istraživanjem su bile obuhvaćene ribe u konzervi, i to tuna, sardina i skuša u ulju i u soku od paradajza. Rezultati su izraženi kao udeo preporučene ishrane (engl. %RDA - *Recommended Dietary Allowances*) za muškarce i žene za svaki tip ribe posebno. Dobijeni EDI za bakar se kretao u opsegu 0,28 – 0,46 %RDA, EDI za cink u opsegu 0,21 – 0,57 %RDA i EDI za gvožđe je bio u opsegu 0,14 – 0,64 %RDA. Autori su zaključili da nivoi bakra, cinka i gvožđa u ribi u konzervi ne predstavljaju rizik za zdravlje, pa čak ni značajan izvor ova tri minerala. U istraživanju iz Španije (Olmedo i sar., 2013b), dobijeni su malo viši rezultati od naših. Procenjeni EDI za bakar je 1,671 µg/kg tm/dan, a za cink 6,629 µg/kg tm/dan.

Naše rezultate smo uporedili sa PMTDI koje je utvrdila JECFA (JECFA, 1982a; JECFA, 1982b; JECFA, 1983) i sa preporučenim dnevnim referentnim unosima prema evropskoj Uredbi (EC No 1169/2011). Došli smo do zaključka da je srednja vrednost procenjenog dnevnog unosa ova tri

minerala u ribi u konzervi ispod preporučenih nivoa (8,6% RDA Cu, 3,8% RDA Zn i 4,6% RDA Fe). Čak i ako uzmemo vrednosti za 95. persentil, što bi odgovaralo unosu onog dela populacije koja najviše konzumira ribu u Srbiji, nije moguće uneti dovoljno ovih minerala kroz konzumiranje ribe u konzervi. Dobijene vrednosti za 95. persentil su 25,1% RDA za bakar, 11,3% RDA za cink i 13,5% RDA za gvožđe.

Dobijeni rezultati pokazuju da ne postoji rizik od izlaganja toksičnim dozama bakra, cinka i gvožđa kroz konzumiranje ribe u konzervi, pa čak da riba u konzervi ne predstavlja značajan izvor ova tri esencijalna elementa.

5.3. Procena izloženosti aditivima u proizvodima od mesa

5.3.1. Sadržaj aditiva u proizvodima od mesa

Rezultati određivanja sadržaja sulfita, nitrita i fosfata u različitim tipovima proizvoda od mesa su prikazani u Tabeli 20. Sadržaj sulfita je određen u ukupno 707 uzoraka (206 uzoraka fermentisanih suvih kobasica i 501 uzorak usitnjenog mesa sa dodacima). Prosečna vrednost sadržaja sulfita u usitnjenom mesu sa dodacima ($21,04 \text{ mg kg}^{-1}$) je veća u odnosu na prosečnu vrednost u fermentisanim kobasicama ($13,12 \text{ mg kg}^{-1}$). Dobijena srednja vrednost za sve analizirane uzorke ($18,73 \text{ mg kg}^{-1}$) je manja u odnosu na objavljene rezultate u Srbiji u periodu od 2007. do 2010. godine ($30,7 - 43,6 \text{ mg kg}^{-1}$) i slična vrednostima objavljenim u periodu od 2011. do 2016. godine ($15,5 - 25,0 - 30,7 \text{ mg kg}^{-1}$) (Tomasevic i sar., 2017a), tj. koncentracije su slične onima dobijenim nakon uvođenja obaveznog HACCP sistema u proizvodnji mesnih prerađevina (1. jun 2011. godine). Iako su maksimalno detektovane koncentracije veoma visoke, radi se o pojedinačnim slučajevima. Na osnovu Gausove raspodele se vidi da je u 95% uzoraka koncentracija sulfita ispod 152 mg kg^{-1} ($k=2$, za nivo poverenja od 95%), što je značajno niže u odnosu na istraživanja objavljena u Španiji, gde je broj uzoraka sa koncentracijom sulfita većom od 450 mg kg^{-1} veoma visok. Zubeldia Lauzurica i Gomar Fayos (1997) su objavili da je u 65% svinjskih i goveđih burgera, Armentia-Alvarez i sar. (1993) u 63% burgera, Paíno-Campa i sar. (1991) u 62% kobasica, a Peña-Egido i sar. (2005) da je u 18% svih uzoraka mesa koncentracija SO_2 veća od 450 mg kg^{-1} . Međutim, ako dobijene rezultate uporedimo sa rezultatima objavljenim u Škotskoj (Mackie, 2005; Bradley, 2013) i Belgiji (Baert i sar., 2011), dolazimo do zaključka da i pored značajnog napredka koji je postignut obaveznom uvođenjem HACCP sistema i dalje ima prostora za poboljšanje.

Koncentracija nitrita je određena u ukupno 2.055 uzoraka proizvoda od mesa, od čega 366 uzoraka suvomesnatih proizvoda, 1.134 uzorka barenih kobasica, 158 uzoraka fermentisanih suvih kobasica, 122 uzorka usitnjenog mesa sa dodacima i 305 uzoraka ostalih proizvoda. Dobijena srednja vrednost za sve ispitivane proizvode od mesa ($24,66 \text{ mg kg}^{-1}$) se slaže sa rezultatom (26 mg kg^{-1}) koji su objavili (Tomasevic i sar., 2017) za sve proizvode od mesa analizirane nakon uvođenja obaveznog HACCP sistema (2011 - 2016). Tomasevic i sar. (2017) su zaključili da uvođenje obaveznog HACCP sistema nije uticalo na broj uzoraka sa koncentracijom nitrita većom od dozvoljene i ovu činjenicu objašnjavaju time što je u celom posmatranom periodu dozvoljena upotreba nitrita samo u obliku preparata koji sadrže 0,4 – 0,6% nitrita u kuhinjskoj soli. Ta praksa se pokazala kao efikasna u sprečavanju slučajnog dodavanja prekomerne količine (Sullivan, 2013), što potvrđuju i naši rezultati. Međutim, uvođenje HACCP sistema indirektno utiče na smanjenje potrebe za nitritima, jer ukoliko je bolja higijena proizvodnje i upravljanje bezbednošću potrebne su manje koncentracije nitrita za inhibiciju *C. botulinum* (EFSA, 2004b). Rezultati ove disertacije su u skladu sa zaključkom do koga su došli Tomasevic i sar. (2017) da je sadržaj nitrita smanjen nakon uvođenja obaveznog HACCP sistema u Srbiji. Dobijena prosečna vrednost u svim analiziranim proizvodima je niža od vrednosti koja je objavljena u Francuskoj (50 mg kg^{-1}) (Menard i sar.,

2008), ali je viša od koncentracija objavljenih u SAD-u ($4,7 \text{ mg kg}^{-1}$) (Nuñez De González i sar., 2012), Danskoj (6 mg kg^{-1}), Belgiji (4 mg kg^{-1}) (Herrmann i sar., 2015b) i Iranu ($13,9 \text{ mg kg}^{-1}$) (Bahadoran i sar., 2016). S obzirom da su poznati primeri zemalja u kojima su objavljeni nivoi nitrita manji u odnosu na nivoe detektovane u Srbiji u periodu od 9 godina (od 2011. do 2019), postavlja se pitanje da li postoji mogućnost da se proizvođačka praksa u Srbiji, pored velikog unapređenja postignutog obavezanim uvođenjem HACCP sistema, dodatno poboljša.

Grupa proizvoda u kojima je detektovana najviša srednja vrednost nitrita (31 mg kg^{-1}) su barene kobasice. Slične vrednosti su dobili i drugi autori u Srbiji. Tomasevic i sar. (2017) su u periodu posle uvođenja HACCP-a objavili sličan rezultat ($32,9 \text{ mg kg}^{-1}$) i pokazali da je postignuto poboljšanje od 23,49% u odnosu na prethodni period. Đorđević i sar. (2019) su barene kobasice podelili u više kategorija i dobijene srednje vrednosti se kreću od $22,46$ do $39,14 \text{ mg kg}^{-1}$, a ukupna srednja vrednost ($34,83 \text{ mg kg}^{-1}$) je malo veća od našeg rezultata. Sličan rezultat ($35,6 \text{ mg kg}^{-1}$) je objavljen u Turskoj (Oztekin i sar., 2002). Veće vrednosti su objavljene u Grčkoj (54 mg kg^{-1}) (Stalikas i sar., 2003) i SAD-u ($108,0 \text{ mg kg}^{-1}$) (Siu i Henshall, 1998). Međutim, u uzorcima analiziranim u Britaniji (Dennis i sar., 1990) dobijene su niže vrednosti ($24,0 \text{ mg kg}^{-1}$).

Sadržaj fosfata je određen u ukupno 1.556 proizvoda (1.058 uzoraka barenih kobasica, 181 uzorak fermentisanih suvih kobasica, 121 uzorak usitnjenog mesa sa dodacima i 196 uzoraka ostalih proizvoda). Dobijena srednja vrednost u svim proizvodima ($4,78 \text{ g kg}^{-1}$) je vrlo blizu MDK (5 g kg^{-1}), što nije iznenađujuće jer se generalno smatra da ovaj aditiv nije štetan za zdravlje. Objavljeno je samo nekoliko istraživanja o uticaju fosfata na zdravlje i njihovi rezultati su kontradiktorni. S jedne strane, Fenton i sar. (2009) i Whybro i sar. (1998) su došli do zaključka da bubrezi odraslog zdravog čoveka sa lakoćom regulišu nivo fosfora u krvi i da nema dokaza da povećani unos fosfata može negativno da utiče na zdravlje kostiju ili na ekskreciju kalcijuma iz kostiju u urin. Sa druge strane, Huttunen i sar. (2006) su pokazali na odraslim miševima da povećani unos fosfata bez pratećeg kalcijuma utiče na smanjenje gustine minerala u kostima. Ritz i sar. (2012) su u svom preglednom radu pokazali da postoji veza između povišenog nivoa fosfora u serumu i povećane smrtnosti pacijenata sa hroničnim oboljenjem bubrega, kao i povećan rizik od kardiovaskularnih tegoba i kalcifikacije koronarne arterije u zdravoj populaciji. I dalje, veoma je ograničen broj radova koji se bave nivoima ovih aditiva u hrani i procenom izloženosti.

Drugi autori iz Srbije su se bavili nivoima fosfata u proizvodima od mesa na našem tržištu. Prosečna vrednost fosfata u svim analiziranim proizvodima od mesa koju su objavili Milicevic i sar. (2021) ($5,19 \text{ g kg}^{-1}$) je iznad naše prosečne vrednosti, dok je njihov rezultat za barene kobasice sličan našem ($4,68 \text{ g kg}^{-1}$). U nekim istraživanjima iz Srbije su objavljeni niži rezultati za barene kobasice ($4,35 \text{ g kg}^{-1}$) (Koricnac i sar., 2015) i $1,96 - 2,13 \text{ g kg}^{-1}$ (Saičić, 2008). Rezultati ove disertacije pokazuju da se nivoi fosfata kreću veoma blizu MDK i postavlja se pitanje da li smo izloženi koncentracijama koje mogu negativno uticati na zdravlje.

Tabela 20: Rezultati određivanja sadržaja sulfita, nitrita i fosfata u različitim tipovima proizvoda od mesa

		Suvomesnati proizvodi	Barene kobasice	Fermentisane suve kobasice	Usitnjeno meso sa dodacima	Ostali proizvodi	Ukupno
	Broj uzoraka	/	/	206	501	/	707
Sulfiti	X ± S [mg kg ⁻¹]	/	/	13,12 ± 48,5	21,04 ± 72,4	/	18,73 ± 66,4
	Opseg [mg kg ⁻¹]	/	/	5 - 380	0,5 - 683	/	0,5 - 683
	Broj uzoraka	336	1.134	158	122	305	2.055
Nitriti	X ± S [mg kg ⁻¹]	10,47 ± 16,42	31,81 ± 22,16	19,78 ± 22,24	0,38 ± 2,30	25,97 ± 19,86	24,66 ± 22,58
	Opseg [mg kg ⁻¹]	0,05 – 147,24	0,05 – 121,39	0,05 – 106,44	0,05 – 18,55	0,05 – 103,03	0,05 – 147,24
	Broj uzoraka	/	1.058	181	121	196	1.556
Fosfati	X ± S [mg kg ⁻¹]	/	4,83 ± 1,46	4,54 ± 1,53	3,91 ± 1,03	5,25 ± 2,41	4,78 ± 1,62
	Opseg [g kg ⁻¹]	/	0,15 – 18,49	1,85 – 11,33	2,1 – 6,45	0,11 – 31,69	0,11 – 31,69

X – srednja vrednost; S – standardna devijacija

5.3.2. Navike u konzumiranju proizvoda od mesa

Demografski profil testirane populacije je prikazan u Tabeli 21, a prosečna potrošnja proizvoda od mesa u okviru demografskih kategorija u Tabeli 22. Prosečna potrošnja proizvoda od mesa u Srbiji iznosi 362,3 g/dan. Muškarci konzumiraju ove proizvode skoro dva puta više (469,3 g/dan) u odnosu na žene (242,6 g/dan), što je višestruko više u odnosu na druge evropske zemlje. U Austriji prosečni unos mesa i mesnih prerađevina za žene iznosi između 68,7 i 71,9 g/dan, a za muškarce 127 – 138 g/dan (Rust i König, 2017), u Finskoj 98 g/dan za žene i 167 g/dan za muškarce (Suomi i sar., 2016), a u Danskoj samo 7,5 g/dan (Herrmann i sar., 2015a).

Na osnovu dobijenih podataka o količinama konzumiranih proizvoda od mesa u okviru demografskih kategorija, može se zaključiti da populacija srednjih godina (35 – 49 god), gojazni (> 70 kg i BMI > 24,9), populacija sa srednjim obrazovanjem i seosko stanovništvo konzumiraju proizvode od mesa u većim količinama u odnosu na mlađu i stariju populaciju, populaciju sa telesnom masom manjom od 70 kg i normalnim indeksom telesne mase, populaciju sa osnovnim i visokim obrazovanjem i gradsko stanovništvo. Samim tim, ove grupe stanovništva su više izložene hemijskim opasnostima u proizvodima od mesa. Ne postoji razlika u odnosu na vrstu profesije.

Tabela 21: Demografski profil učesnika u upitniku o konzumiranju proizvoda od mesa

Parametar	Demografska kategorija	Ukupno
Pol	Muški	361 (52,8%)
	Ženski	323 (47,2%)
Starost	Manje od 24 godine	272 (39,8%)
	25 – 34 godina	174 (25,4%)
	35 – 49 godina	118 (17,3%)
	50 – 64 godina	76 (11,1%)
	Preko 65 godina	44 (6,4%)
Telesna masa	Ispod 70 kg	328 (47,9%)
	Preko 70 kg	356 (52,1%)
BMI	$14,5 \leq \text{BMI} \leq 24,9$	444 (64,9%)
	$\text{BMI} > 24,9$	240 (35,1%)
Prosečna telesna masa [kg]		$74,47 \pm 16,07$

n – broj učesnika u upitniku; % - njihov udeo u ukupnom broju

Prosečna telesna masa svih učesnika u upitniku je 74,5 kg, što je malo više od telesne mase (70 kg) koju je EFSA preporučila da se uzme kao prosečna za evropsko stanovništvo (EFSA, 2012).

Tabela 22: Prosečna potrošnja proizvoda od mesa u okviru demografskih grupa

Parametar	Demografska kategorija	Prosečni dnevni unos proizvoda od mesa [g]
Svi ispitanici		362,3 ± 206,3
Pol	Muški	469,3 ± 388,7
	Ženski	242,6 ± 236,7
Starost	Manje od 34 godine	339,9 ± 214,8
	35 – 49 godina	525,9 ± 221,8
	Preko 50 godina	282,3 ± 183,9
Telesna masa	Ispod 70 kg	269,1 ± 199,8
	Iznad 70 kg	448,1 ± 389,9
BMI	$14.5 \leq \text{BMI} \leq 24,9$	337,8 ± 304,9
	$\text{BMI} > 24,9$	407,6 ± 305,9
Obrazovanje	Osnovno	436,2 ± 246,8
	Srednje	310,0 ± 354,3
	Visoko	310,9 ± 193,3
Mesto stanovanja	Selo	395,4 ± 231,2
	Grad	342,8 ± 236,8
Profesija	Ima veze sa ishranom	393,0 ± 215,8
	Nema veze sa ishranom	341,2 ± 227,9

Rezultati upitnika pokazuju da se proizvodi od mesa redovno konzumiraju u Srbiji. Oko 20% ispitanika je prijavilo da ove proizvode jede svakodnevno, a velika većina na nedeljnom nivou (3-4 puta nedeljno i 1-2 puta nedeljno). Postoji statistički značajna razlika u učestalosti konzumiranja proizvoda od mesa između polova, telesne mase i starosnih kategorija ($p < 0,05$). Muškarci, učesnici u upitniku preko 70 kg telesne mase i mlađi od 35 godina češće konzumiraju proizvode od mesa u odnosu na žene, učesnike ispod 70 kg telesne mase i starije od 35 godina. Nema statistički značajne razlike između populacije sa idealnom telesnom masom ($14,5 \leq \text{BMI} \leq 24,9$) i gojaznih ($\text{BMI} > 24,9$) ($p > 0,05$) (Tabela 23).

Tabela 23: Učestalost konzumiranja proizvoda od mesa

	Svakodnevno	3-4 puta nedeljno	1-2 puta nedeljno	Mesečno	Ukupno
Muškarci	71 (19,67%)	123 (34,07%)	79 (21,88%)	88 (24,38%)	361 (100,0%)
Žene	23 (7,12%)	97 (30,03%)	109 (33,75%)	94 (29,1%)	323 (100,0%)
$\chi^2 = 30,552 p < 0,05$					
Ispod 70 kg	31 (9,45%)	105 (32,01%)	93 (28,35%)	99 (30,18%)	328 (100,0%)
Preko 70 kg	63 (17,7%)	115 (32,3%)	95 (26,69%)	83 (23,31%)	356 (100,0%)
$\chi^2 = 11,649 p < 0,05$					
$14,5 \leq \text{BMI} \leq 24,9$	55 (12,39%)	151 (34,01%)	122 (27,48%)	116 (26,13%)	444 (100,0%)
$\text{BMI} > 24,9$	39 (16,25%)	69 (28,75%)	66 (27,5%)	66 (27,5%)	240 (100,0%)
$\chi^2 = 3,141 p > 0,05$					
Manje od 35 godina	55 (12,33%)	155 (34,75%)	144 (32,29%)	92 (20,63%)	446 (100,0%)
35-49 godina	21 (17,8%)	39 (33,05%)	19 (16,1%)	39 (33,05%)	118 (100,0%)
preko 50 godina	18 (15%)	26 (21,67%)	25 (20,83%)	51 (42,5%)	120 (100,0%)
$\chi^2 = 37,727 p < 0,05$					

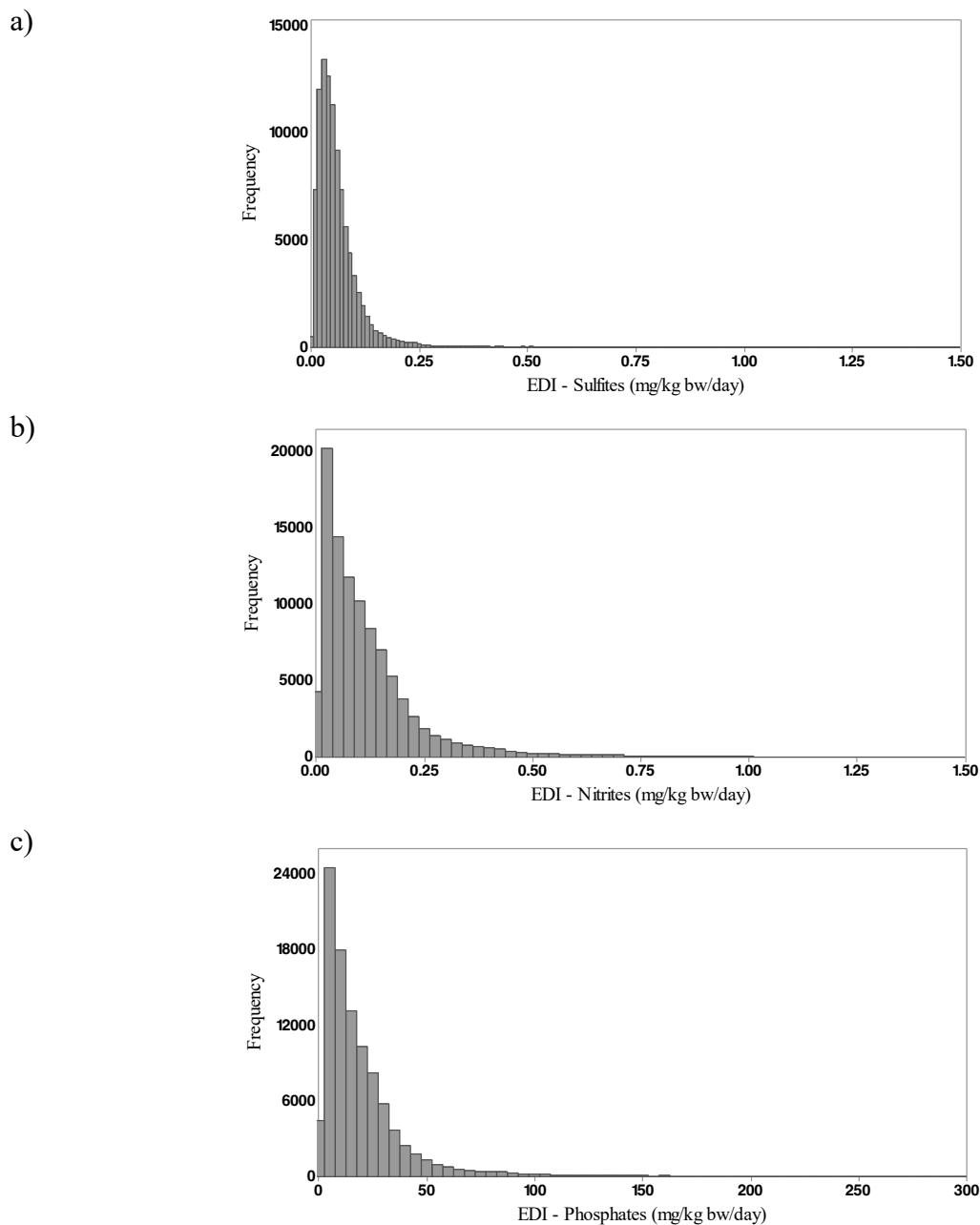
5.3.3. Procena izloženosti sulfitima, nitritima i fosfatima u proizvodima od mesa

Na osnovu koncentracija aditiva u analiziranim uzorcima proizvoda od mesa i rezultatima upitnika o navikama u konzumiranju ovih proizvoda izračunat je EDI za sulfite, nitrite i fosfate. Korišćeni su podaci o konzumiranju na osnovu odgovora ispitanika o količinama potrošenim u prethodnih 7 dana. Srednja vrednost procenjenog dnevnog unosa odraslog stanovništva Srbije za sulfite u proizvodima od mesa je 0,063 mg/kg tm/dan (9% ADI), za nitrite 0,127 mg/kg tm/dan (127% ADI) i za fosfate 20,049 mg/kg tm/dan (50% ADI) (Tabela 24). Procenjeni ukupni dnevni unos za sulfite, nitrite i fosfate, dobijeni Monte Karlo analizom, prikazan je na Grafikonu 5. Naši rezultati pokazuju da je, kroz unos aditiva u proizvodima od mesa, 0,03% stanovništva Srbije izloženo sulfitima, 23,52% nitritima i 2,49% fosfatima u količinama koje prelaze prihvatljive dnevne unose.

Tabela 24: Procenjeni dnevni unos sulfita, nitrita i fosfata u proizvodima od mesa

	Sulfiti [mg/kg tm/dan]	Nitriti [mg/kg tm/dan]	Fosfati [mg/kg tm/dan]
Srednja vrednost	0,063	0,127	20,049
5. persentil	0,017	0,029	5,432
1. kvartil	0,029	0,038	6,682
3. kvartil	0,077	0,157	24,995
95. persentil	0,096	0,169	33,493
Granična vrednost	$\geq 0,7$	$\geq 0,10$	≥ 40
Populacija izložena više od dozvoljenog praga	0,03%	23,52%	2,49%
95% interval pouzdanosti	0,062 – 0,063	0,126 – 0,128	19,907 – 20,191

Sve vrednosti su izračunate na osnovu Monte Karlo simulacije.



Grafikon 5. Procenjeni dnevni unos za a) sulfite, b) nitrite i c) fosfate dobijen Monte Karlo analizom sa 100.000 iteracija

Autori iz drugih zemalja su se bavili procenom izloženosti sulfitima u različitim tipovima hrane i pokazali da je prosečna izloženost stanovništva sulfitima niža od ADI. Mischek i Krapfenbauer-Cermak (2012) su objavili da je prosečna ukupna izloženost odraslog stanovništva Austrije sulfitima u hrani 84% ADI za žene i 89% ADI za muškarce. Uzeli su u obzir sve tipove hrane koji mogu sadržati sulfite i najviše koncentracije su detektovane u vinu i suvom voću. Od mesnih prerađevina su analizirali sirove kobasice i u njima sulfiti nisu detektovani. U Italiji je ukupna izloženost nešto niža (24,5 – 67,6% ADI) (Leclercq i sar., 2000), kao i u Španiji (49% ADI) (Vandevijvere i sar., 2010), Ujedinjenom Kraljevstvu (43,3%AD) (Ministry of Agriculture UK, 1993), Finskoj (9,5% ADI) (Penttila, 1998), Koreji (0,5% ADI) (Suh i sar., 2007). Nakon analize sadržaja sulfita u svim pomenutim istraživanjima proizvodi od mesa su isključeni iz procene sa

pretpostavkom da je njihov doprinos ukupnom unosu zanemarljiv. Autori iz Indonezije (Fanaike i sar., 2019) su takođe dobili prosečnu koncentraciju sulfita u odabranim proizvodima od mesa 1,7 mg kg⁻¹. S obzirom da je prosečna potrošnja ovih proizvoda samo 7,2 g/dan, došli su do zaključka da je izloženost odraslog stanovništva sulfitima kroz konzumiranje proizvoda od mesa 0,00 mg/kg tm/dan, dok je ukupna izloženost kroz hranu 0,25 mg/kg tm/dan (36%ADI). Međutim, naši rezultati pokazuju da je doprinos sulfita u proizvodima od mesa u Srbiji ukupnom unosu značajan (čak 9% ADI) i da se ne sme zanemariti u ukupnoj proceni. Istraživanje autora iz Tajvana potvrđuje naš zaključak, sa prosečnom koncentracijom sulfita od 80 mg kg⁻¹ u proizvodima od svinjskog mesa i ukupnim procenjenim EDI 0,1 – 0,5 mg/kg tm/dan (14 – 71% ADI).

Iako je prosečna dnevna izloženost nitritima koju smo dobili (0,127 mg/kg tm/dan) manja nego u nekim zemljama kao što je Fidži (0,270 mg/kg tm/dan) (Chetty i sar., 2019), procenat stanovništva koji je izložen nitritima iznad ADI (23,52%) je visok. Prema istraživanju koje je sproveda EFSA, izloženost stanovništva evropskih zemalja nitritima (izraženim kao nitritni jon) u proizvodima od mesa je značajno niža (0,01-0,04 mg/kg tm/dan, odn. 14,3 – 57,1% ADI) (EFSA, 2017). Grupe autora iz različitih evropskih zemalja su takođe prijavili manju izloženost. To je očekivano s obzirom da je i potrošnja proizvoda od mesa nekoliko puta manja u tim zemljama (Herrmann i sar., 2015a; Rust i König., 2017; Suomi i sar., 2016). U Finskoj je procenjena dnevna izloženost 57,1% ADI (Suomi i sar., 2016), u Britaniji 18,6% ADI (Knight i sar., 1987), u Francuskoj 16,7% ADI (Menard i sar., 2008), a u Italiji 0,51% ADI (Berardi i sar., 2021). U Austriji je procenjena dnevna izloženost u ukupnoj ishrani 3,2 – 17,5% ADI (Vlachou i sar., 2020), a u Španiji 18,6% ADI (Jakszyn i sar., 2006). Dobijene koncentracije nitrita u svim analiziranim uzorcima su bile u okviru dozvoljenih granica ("Sl. glasnik RS" br. 53/18). Može se zaključiti da je jedini uzrok povećane izloženosti prekomerno konzumiranje proizvoda od mesa. Casoni i sar. (2019) su procenili, uzimajući u obzir sadržaj nitrita, da konzumiranje mesnih prerađevina, kao što su salame, kobasice i svinjska šunka, ne sme biti veća od 150 – 300 g/nedeljno (odn. 21 – 43 g/dan).

Prosečan dnevni unos fosfata koji smo dobili (50% ADI) je veoma visok i nalazi se u opsegu vrednosti koje je objavila grupa autora iz Tajvana (Ling i sar., 2020) za izloženost u ukupnoj ishrani (19,9 – 23,1 mg/kg tm/dan, odnosno 28,4 – 33,0% ADI). Milicevic i sar. (2021) su objavili iznenađujuće nizak rezultat za izloženost fosforu u Srbiji konzumiranjem proizvoda od mesa (1,233 mg/kg tm/dan, odnosno 3,08% ADI), iako su nivoi fosfata u proizvodima koje su analizirali slični našim rezultatima. Razlika u proceni izloženosti, koju smo dobili, može se objasniti samo različitim dobijenim vrednostima za procenjenju potrošnju ovih proizvoda. Milicevic i sar. (2021) su koristili podatke koje je objavio Republički zavod za statistiku Republike Srbije, a naša procena potiče iz upitnika koji je sproveden.

Pravilnik o prehrambenim aditivima ("Sl. glasnik RS" br. 53/18) je u potpunosti usaglašen sa Evropskom Uredbom (EC No 1129/2011). Kao zemlja koja je kandidat za članstvo EU, Srbija ima potrebu da svoju zakonsku regulativu u potpunosti uskladi sa evropskom. Međutim, rezultati pokazuju da, u slučaju MDK za aditive u proizvodima od mesa, nije moguće procenu rizika, koja je urađena za evropsku populaciju, ekstrapolirati na srpsku populaciju. Naše stanovništvo ima naviku prekomernog konzumiranja proizvoda od mesa i, samim tim, rizik od prekomerne izloženosti hemijskim opasnostima prisutnim u tim proizvodima je povećan. Pored toga što je u srpskoj zakonskoj regulativi propisano da je Stručni savet za procenu rizika u oblasti bezbednosti hrane "dužan da u radu primenjuje i koristi preporuke, smernice i informacije dostupne od strane Evropske agencije za bezbednost hrane" u istom zakonskom aktu je navedeno i da se "procena rizika utvrđuje uzimajući u obzir raspoložive naučne dokaze i naročito mišljenje Stručnog saveta, i to na nezavisan, objektivan i transparentan način" ("Sl. glasnik RS" br. 41/09 i 17/19). U skladu sa tim, rezultati ove doktorske disertacije bi mogli da se iskoriste kao naučni dokaz za pokretanje pitanja adekvatnosti postojećih MDK za aditive u proizvodima od mesa. Stručni savet bi trebalo da pokrene sprovođenje istraživanja o navikama domaćeg stanovništva u konzumiranju proizvoda od mesa gde bi bilo obuhvaćeno stanovništvo sa cele teritorije Srbije. Na državnom nivou bi trebalo

sprovesti monitoring koncentracije aditiva u proizvodima od mesa. Na osnovu dobijenih rezultata bi trebalo izvršiti procenu izloženosti na osnovu koje bi se uradila procena rizika od aditiva u proizvodima od mesa za stanovništvo Srbije. Tako dobijena procena rizika bi bila adekvatan ulazni element za upravljanje rizikom. Krajnji rezultat bi bio postavljanje MDK za aditive u odgovarajućem pravilniku ("Sl. glasnik RS" br. 53/18) na osnovu naučnih dokaza relevantnih za stanovništvo Srbije.

6. ZAKLJUČAK

- Stepen izloženosti aflatoksinu M₁ u mleku i proizvodima od mleka na domaćem tržištu jeste umeren i u korelaciji sa prisustvom aflatoksina u stočnoj hrani. Najveće srednje vrednosti koncentracije aflatoksina M₁ u sirovom mleku i aflatoksina B₁ u hrani za životinje su detektovane u jesen, što ukazuje na to da postoji korelacija između stepena kontaminacije hrane za životinje aflatoksinom B₁ i nivoa aflatoksina M₁ u mleku. Nisu uvedene efikasne mere za kontrolu razvoja gljivica koje proizvode aflatoksine u hrani za životinje, što i dalje rezultira u povećanoj koncentraciji aflatoksina M₁ u sirovom mleku. Postignut je značajan napredak u smanjenju koncentracije aflatoksina M₁ u proizvodima od mleka u odnosu na prethodni period, za razliku od sirovog mleka, gde napredak postoji, ali je mnogo manji. Rezultati određivanja sadržaja aflatoksina M₁ u proizvodima od mleka pokazuju da koncentracije ne prelaze propisanu maksimalno dozvoljenu koncentraciju u Republici Srbiji. Industrija mleka je odigrala ključnu ulogu u smanjenju nivoa izloženosti stanovništva aflatoksinu M₁ u proizvodima od mleka pooštavanjem kontrole ulazne sirovine i finalnih proizvoda. Pošto za aflatoksin M₁ nije propisan TDI, granice treba postaviti što je niže moguće, kako bi se izbeglo ograničavanje unosa proizvoda od mleka koji su nutritivno izuzetno vredni. Zbog toga, treba se usredsrediti na proizvodnju stočne hrane i podizanje standarda dobre poljoprivredne prakse. Dobijena srednja vrednost procenjenog dnevnog unosa aflatoksina M₁ u mleku i proizvodima od mleka je tri puta manja u poređenju sa objavljenim rezultatima u Srbiji u 2013, 2014. i 2015. godini. I pored toga što vrednost MDK za aflatoksin M₁ nije usklađena sa evropskom zakonskom regulativom (pet puta je veća), prosečna dnevna izloženost srpskog stanovništva je umerena u poređenju sa drugim zemljama koje imaju sličnu klimu kao Srbija, pogodnu razvoju gljivica roda *Aspergillus*.
- Stepen izloženosti histaminu u svežoj, zamrznutoj i konzerviranoj morskoj ribi na domaćem tržištu jeste umeren. Detektovana koncentracija histamina u 97% uzoraka je ispod maksimalno dozvoljene koncentracije, ali, s obzirom da su u nekim uzorcima detektivani izuzetno visoki nivoi, postoji potreba za stalnim monitoringom koncentracije histamina u ribi i proizvodima koji se nalaze u prodaji. Najveća učestalost pozitivnih rezultata i najviša vrednost histamina je dobijena u tuni u konzervi. S obzirom da se ovaj proizvod često konzumira, može predstavljati rizik za zdravlje stanovništva Srbije. Prema dobijenim rezultatima 0,04% stanovništva je izloženo unosu histamina u ribi preko granične toksične količine.
- Stepen izloženosti toksičnim elementima (kadmijum, živa i arsen) u svežoj, zamrznutoj i konzerviranoj ribi i plodovima mora na domaćem tržištu jeste umeren. Prema dobijenim rezultatima 0,05% stanovništva Srbije je izloženo kadmijumu, 15,42% živi i 1,24% arsenu u količinama koje prelaze svoje prihvatljive dnevne unose. Morski plodovi su češće od ribe kontaminirani toksičnim elementima. Takođe, najviše detektovane koncentracije ovih kontaminanata su dobijene u plodovima mora. Nasuprot tome, toksični elementi nisu detektovani ni u jednom ispitanom uzorku slatkovodne ribe. U uzorcima morske ribe dobijena je najviša koncentracija žive u zamrznutoj tuni, arsena u sardini u konzervi, a kadmijum nije detektovan ni u jednom uzorku ribe. Arsen je najrasprostranjeniji toksični element u analiziranim uzorcima ribe i morskih plodova. Ova činjenica je veoma zabrinjavajuća, s obzirom da ne postoje definisane maksimalno dozvoljene koncentracije za arsen u ribi kako u Evropskoj Uniji tako i u Srbiji. Samim tim, ne sprovodi se zvanična kontrola i monitoring nivoa arsena, pa ni zaštita stanovništva od prekomerne izloženosti ovom kontaminentu kroz unos ribe i plodova mora. Dodatno, koncentracije arsena koje su

detektovane u drugim zemljama su čak veće od naših. To pokazuje da bi odsustvo maksimalno dozvoljenih koncentracija za arsen u zakonskoj regulativi moglo da bude problem u čitavom svetu. U poređenju sa drugim zemljama, dobijene srednje vrednosti procenjenog dnevnog unosa kadmijuma, žive i arsena u ribi i plodovima mora su umerene. Time je potvrđeno da procena rizika za evropsko stanovništvo, koja je predstavljala osnovu za postavljanje MDK za kadmijum i živu u evropskoj zakonskoj regulativi, može da se ekstrapolira na srpsko stanovništvo. U ovom slučaju je potvrđena adekvatnost usvajanja evropske zakonske regulative u Srbiji.

- Stepenn izloženosti esencijalnim elementima (cinku, bakru i gvožđu) u konzerviranoj ribi i plodovima mora na domaćem tržištu je zanemarujuć. Riba u konzervi ne predstavlja značajan izvor cinka, bakra i gvožđa. Srednja vrednost procenjenog dnevnog unosa ova tri esencijalna elementa u ribi u konzervi je niži od preporučenih nivoa. Čak i ako posmatramo vrednosti za 95. persentil, što bi odgovaralo unosu onog dela populacije koja najviše konzumira ribu u Srbiji, nije moguće uneti dovoljno ovih minerala kroz konzumiranje ribe u konzervi. Prema tome, ne postoji rizik od izlaganja toksičnim dozama bakra, cinka i gvožđa kroz konzumiranje ribe u konzervi i odsustvo propisanih MDK u zakonskoj regulativi ne predstavlja opasnost za javno zdravlje.
- Stepenn izloženosti nitritima u proizvodima od mesa na domaćem tržištu može se smatrati zabrinjavajuć. I pored toga što su dobijene koncentracije nitrita u svim analiziranim proizvodima bile u okviru dozvoljenih granica definisanih u zakonskoj regulativi koja je usklađena sa evropskom, zbog prekomernog unosa proizvoda od mesa, preko 20% srpskog stanovništva je izloženo nitritima u količinama koje prelaze preporučeni dnevni unos. Grupa proizvoda u kojima je detektovana najviša srednja vrednost nitrita su barene kobasice.
- Stepenn izloženosti sulfitima u proizvodima od mesa na domaćem tržištu je značajan. Srednja vrednost procenjene dnevne izloženosti iznosi čak 9% prihvatljivog dnevnog unosa i ne sme se zanemariti u ukupnoj proceni, kao što je to slučaj u nekim evropskim zemljama. Dobijene srednje vrednosti koncentracije sulfita u svim grupama proizvoda su bile u okviru dozvoljenih granica. Iako su maksimalno detektovane koncentracije sulfita veoma visoke, radi se o pojedinačnim slučajevima.
- Stepenn izloženosti fosfatima u proizvodima od mesa na domaćem tržištu je visok. Doprinos ukupnom unosu je veoma veliki. Prosečna vrednost procenjenog dnevnog unosa iznosi čak 50% prihvatljivog dnevnog unosa, a 2,49% stanovništva Srbije je izloženo fosfatima u količinama koje prelaze ovu graničnu vrednost. Srednja vrednost koncentracije fosfata u svim proizvodima je vrlo blizu maksimalno dozvoljene koncentracije
- Zbog prekomernog unosa proizvoda od mesa, koji je nekoliko puta veći u odnosu na stanovništvo evropskih zemalja, možemo zaključiti da usklađivanje zakonske regulative, kojom su regulisane dozvoljene granice za aditive u ovim proizvodima, sa evropskom, nije adekvatno i da može negativno uticati na zdravlje srpskog stanovništva. To potvrđuju dobijene vrednosti procenjenog dnevnog unosa analiziranih aditiva, koje su značajno veće u odnosu na druge evropske zemlje. Rezultati ove doktorske disertacije bi mogli da se iskoriste kao naučni dokaz za pokretanje pitanja adekvatnosti postojećih MDK za aditive u proizvodima od mesa. Potrebno je sprovesti mere koje će dovesti do smanjenja izloženosti srpskog stanovništva aditivima u proizvodima od mesa. Pored izmene MDK za aditive u proizvodima od mesa, do koje bi se došlo na osnovu procene rizika za domaće stanovništvo, potrebno je uložiti napor da se sprovede edukacija stanovništva o štetnosti ovih proizvoda u cilju smanjenja konzumiranja mesnih prerađevina.
- Postoji razlika u stepenu izloženosti hemijskim opasnostima u proizvodima animalnog porekla domaćeg stanovništva između plova. Muškarci konzumiraju mleko i proizvode od

mleka, ribu u konzervi i proizvode od mesa u većim količinama u odnosu na žene, dok žene konzumiraju više sveže zaleđene ribe.

- Postoji razlika u stepenu izloženosti hemijskim opasnostima u proizvodima animalnog porekla domaćeg stanovništva između starosnih grupa. Mlađa populacija (< 35 godina) konzumira mleko i proizvode od mleka u većoj količini u odnosu na populaciju srednjih godina (35 – 49 godina) i stariju populaciju (> 50 god), dok proizvode od mesa populacija srednjih godina konzumira u većoj količini u odnosu na ostale starosne grupe. Nema razlike između starosnih kategorija u potrošnji ribe.
- Postoji razlika u stepenu izloženosti hemijskim opasnostima u proizvodima animalnog porekla domaćeg stanovništva u odnosu na indeks telesne mase. Gojazni konzumiraju ribu i proizvode od mesa u većoj količini u odnosu na populaciju sa idealnom telesnom masom. Nema razlike u potrošnji mleka i proizvoda od mleka.
- Postoji razlika u stepenu izloženosti hemijskim opasnostima u proizvodima animalnog porekla domaćeg stanovništva u odnosu na stepen obrazovanja. Populacija sa srednjim i visokim stepenom obrazovanja konzumira ribu u većoj količini u odnosu na populaciju sa osnovnim obrazovanjem, a proizvode od mesa u većoj meri konzumira populacija sa srednjim stepenom obrazovanja u odnosu na druge kategorije. Nema razlike u potrošnji mleka.
- Postoji razlika u stepenu izloženosti hemijskim opasnostima u proizvodima animalnog porekla domaćeg stanovništva između urbanog i seoskog stanovništva. Seosko stanovništvo u većim količinama konzumira proizvode od mesa u odnosu na urbano stanovništvo. Ne postoji razlika u konzumiranju mleka i ribe.
- Postoji razlika u stepenu izloženosti hemijskim opasnostima u proizvodima animalnog porekla domaćeg stanovništva između populacije čija je profesija povezana sa ishranom i populacije čija profesija nije povezana sa ishranom. U većoj meri mleko i proizvode od mleka konzumira populacija čija profesija ima veze sa ishranom u odnosu na populaciju čija profesija nema veze sa ishranom. Nema razlike u konzumiranju ribe i proizvoda od mesa.

7. LITERATURA

- Adil, C., Hilali, M., Benlhachimi, A., Bouzid, T. (2014): Contents of cadmium, mercury and lead in fish from the Atlantic sea (Morocco) determined by atomic absorption spectrometry. *Food chemistry* 147C, 357-360.
- Ahmed, S., Hasan, M. (2019): Determination of Some Heavy Metals in Three Fish Species from Duhok City Markets in Kurdistan of Iraq. *Science Journal of University of Zakho* 7(4):152-157
- Al Ghoul, L., Abiad, M.G., Jammoul, A., Matta, J., El Darra, N. (2020): Zinc, aluminium, tin and bis-phenol a in canned tuna fish commercialized in Lebanon and its human health risk assessment. *Heliyon* 6, 04995.
- Alcala-Orozco, M., Morillo-Garcia, Y., Caballero-Gallardo, K., Olivero-Verbel, J. (2017): Mercury in canned tuna marketed in Cartagena, Colombia, and estimation of human exposure. *Food additives and contaminants. Part B, Surveillance* 10, 241-247.
- Alvarado, A.M., Zamora-Sanabria, R., Granados-Chinchilla, F. (2017): A focus on aflatoxins in feedstuffs: levels of contamination, prevalence, control strategies, and impacts on animal health. *Aflatoxin-Control, Analysis, Detection and Health Risks*, 116-152.
- Andayesh, S., Hadiani, M., Mousavi, Z., Shoeibi, S. (2014): Lead, cadmium, arsenic and mercury in canned tuna fish marketed in Tehran, Iran. *Food additives and contaminants. Part B, Surveillance* 8.
- Archer, M.C. (1989): Mechanisms of action of N-nitroso compounds. *Cancer surveys* 8 2, 241-250.
- Armentia-Alvarez, A., Fernandez-Casero, A., Garcia-Moreno, C., Peña-Egido, M.J. (1993): Residual levels of free and total sulphite in fresh and cooked burgers. *Food Additives and Contaminants* 10, 157-165.
- ATSDR (2002): Toxicological Profile for Copper. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. U.S. Department of Health and Humans Services. Public Health Service, Centres for Diseases Control, Atlanta, GA.
- ATSDR (2012a): Toxicological Profile for Cadmium. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. US Department of Health and Human Services, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Atlanta.
- Auerswald, L., Morren, C., Lopata, A. (2006): Histamine levels in seventeen species of fresh and processed South African seafood. *Food Chemistry* 98, 231-239.
- Baert, K., Huffel, X., Wilmart, O., Jacxsens, L., Berkvens, D., Diricks, H., Huyghebaert, A., Uyttendaele, M. (2011): Measuring the safety of the food chain in Belgium: Development of a barometer. *Food Research International* 44, 940-950.
- Bahadoran, Z., Mirmiran, P., Jeddi, S., Azizi, F., Ghasemi, A., Hadaegh, F. (2016): Nitrate and nitrite content of vegetables, fruits, grains, legumes, dairy products, meats and processed meats. *Journal of Food Composition and Analysis* 51, 93-105.
- Baranyi, N., Kocsubé, S., Vágvölgyi, C., Varga, J. (2013): Current trends in aflatoxin research. *Acta Biologica Szegediensis* 57, 95-107.
- Barone, G., Storelli, A., Garofalo, R., Busco, V.P., Quaglia, N.C., Centrone, G., Storelli, M.M. (2015): Assessment of mercury and cadmium via seafood consumption in Italy: estimated

- dietary intake (EWI) and target hazard quotient (THQ). *Food additives and contaminants. Part A, Chemistry, analysis, control, exposure and risk assessment* 32, 1277-1286.
- Beal, S.L. (2001): Ways to fit a PK model with some data below the quantification limit. *Journal of pharmacokinetics and pharmacodynamics* 28, 481-504.
- Berardi, G., Albenzio, M., Marino, R., D'Amore, T., Di Taranto, A., Vita, V., Iammarino, M. (2021): Different use of nitrite and nitrate in meats: A survey on typical and commercial Italian products as a contribution to risk assessment. *LWT* 150, 112004.
- Bernhoft, R. (2012): Mercury Toxicity and Treatment: A Review of the Literature. *Journal of environmental and public health* 2012, 460508.
- Bier, V. (1999): Challenges to the acceptance of probabilistic risk analysis. *Risk Analysis* 19, 703–710
- Bilandžić, N., Đokić, M., Sedak, M. (2011): Metal content determination in four fish species from the Adriatic Sea. *Food Chemistry* 124, 1005-1010.
- Bilandžić, N., Sedak, M., Čalopek, B., Đokić, M., Varenina, I., Kolanović, B.S., Luburić, Đ.B., Varga, I., Benić, M., Roncarati, A. (2018): Element contents in commercial fish species from the Croatian market. *Journal of Food Composition and Analysis* 71, 77-86.
- Bradley, P. (2013): A report by the Scottish Food Enforcement Liaison Committees Sampling and Surveillance Working Group. Edinburgh.
- Bridges, C., Zalups, R. (2017): Mechanisms involved in the transport of mercuric ions in target tissues. *Archives of Toxicology* 91.
- Brouwer-Brolsma, E.M., Sluik, D., Singh-Povel, C.M., Feskens, E.J.M. (2018): Dairy shows different associations with abdominal and BMI-defined overweight: Cross-sectional analyses exploring a variety of dairy products. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases* 28, 451-460.
- Bustamante, P., Caurant, F., Fowler, S.W., Miramand, P. (1998): Cephalopods as a vector for the transfer of cadmium to top marine predators in the north-east Atlantic Ocean. *Science of The Total Environment* 220, 71-80.
- Cano-Sancho, G., Sanchis, V., Marín, S., Ramos, A. (2013): Occurrence and exposure assessment of aflatoxins in Catalonia (Spain). *Food and Chemical Toxicology* 51, 188-193.
- Cano-Sancho, G., Sioen, I., Vandermeersch, G., Jacobs, S., Robbens, J., Nadal, M., Domingo, J. (2015): Integrated risk index for seafood contaminants (IRISC): Pilot study in five European countries. *Environmental research* 143.
- Cardoso, C., Lourenço, H., Afonso, C., Nunes, M. (2012): Risk assessment of methyl-mercury intake through cephalopods consumption in Portugal. *Food additives and contaminants. Part A, Chemistry, analysis, control, exposure and risk assessment* 29, 94-103.
- Casoni, D., Badiu, R., Frentiu, T. (2019): Spectrophotometric determination and assessment of potential health risk of nitrite from meat and processed meat products. *Studia Universitatis Babeş-Bolyai Chemia* 64, 265-277.
- Chetty, A.A., Prasad, S., Pinho, O.C., de Morais, C.M. (2019): Estimated dietary intake of nitrate and nitrite from meat consumed in Fiji. *Food chemistry* 278, 630-635.
- Chukwujindu, I., Nwajei, G., Arimoro, F., Eguavoen, O. (2009): Characteristic levels of heavy metals in canned sardines consumed in Nigeria. *The Environmentalist* 29, 431-435.

- Cobbina, S., Chen, Y., Zhou, Z., Wu, X., Zhao, T., Zhang, Z., Feng, W., Wang, W., Li, Q., Wu, X., Yang, L. (2015): Toxicity assessment due to sub-chronic exposure to individual and mixtures of four toxic heavy metals. *Journal of Hazardous Materials* 294.
- Copat, C., Vinceti, M., D'Agati, M.G., Arena, G., Mauceri, V., Grasso, A., Fallico, R., Sciacca, S., Ferrante, M. (2014): Mercury and selenium intake by seafood from the Ionian Sea: A risk evaluation. *Ecotoxicology and environmental safety* 100, 87-92.
- De Paiva, E.L., Morgano, M.A., Milani, R.F. (2017): Cadmium, lead, tin, total mercury, and methylmercury in canned tuna commercialised in São Paulo, Brazil. *Food additives and contaminants. Part B, Surveillance* 10, 185-191.
- Dennis, M.J., Key, P.E., Papworth, T., Pointer, M., Massey, R.C. (1990): The determination of nitrate and nitrite in cured meat by HPLC/UV. *Food Additives and Contaminants* 7, 455-461.
- Dimitrijevic, M., Stefanović, S., Karabasil, N., Vasilev, D., Cobanovic, N., Grkovic, N., Đorđević, V. (2016): UPLC-MS/MS determination of histamine levels in canned fish collected from Belgrade retail markets. *Meat technology* 57, 47-56.
- Djekic, I., Udovicki, B., Gajdoš Kljusurić, J., Papageorgiou, M., Jovanovic, J., Giotsas, C., Djugum, J., Tomic, N., Rajkovic, A. (2019): Exposure assessment of adult consumers in Serbia, Greece and Croatia to deoxynivalenol and zearalenone through consumption of major wheat-based products. *World Mycotoxin Journal* 12, 1-12.
- Đorđević, V., Baltic, T., Parunović, N., Simunovic, S., Tomasevic, I., Velebit, B., Ćirić, J. (2019): The nitrite content in domestic and foreign cooked sausages from the Serbian market. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 333, 012058.
- EC No 1129/2011, Commission Regulation of 12 November 2011 amending annex II to regulation EC No 1333/2008 of the European Parliament and of the council by establishing a union list of food additives. *Official Journal of the European Union*, L295, 1. *Official Journal of the European Union*
- EC No 1881/2006, Commission Regulation of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. *Official Journal of the European Union* L 364, 5-24.
- EC No 2073/2005, Commission Regulation of 15 November 2005 on microbiological criteria for foodstuffs. *Official Journal of the European Union* L 338:1–26.
- EC No 178/2002, Commission Regulation of the European Parliament and of the Council of 28 January 2002 laying down the general principles and requirements of food law, establishing the European Food Safety Authority and laying down procedures in matters of food safety. *Official Journal of the European Union* L 31, 1.2.2002, p. 1–24.
- EC No 1169/2011, Regulation of the European Parliament and of the Council of 25 October 2011 on the provision of food information to consumers, amending Regulations (EC) No 1924/2006 and (EC) No 1925/2006 of the European Parliament and of the Council, and repealing Commission Directive 87/250/EEC, Council Directive 90/496/EEC, Commission Directive 1999/10/EC, Directive 2000/13/EC of the European Parliament and of the Council, Commission Directives 2002/67/EC and 2008/5/EC and Commission Regulation (EC) No 608/2004.
- EFSA (2004a): Opinion of the scientific panel on contaminants in the food chain on a request from the commission related to aflatoxin B₁ as undesirable substance in animal feed. *The EFSA Journal* 39, 1-27.

- EFSA (2004b): Opinion of the scientific panel on biological hazard (BIOHAZ) related to the effects of nitrites/nitrates on the microbiological safety of meat products. EFSA Journal 2(3): 1-31.
- EFSA (2005): Opinion of the Scientific Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies on a request from the Commission related to the Tolerable Upper Intake Level of Phosphorus. EFSA Journal 233: 1-19.
- EFSA (2009a): Cadmium in food - Scientific opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain. EFSA Journal 7.
- EFSA (2009b): Scientific Opinion on Arsenic in Food. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). EFSA Journal 7, 1-198.
- EFSA (2009c): General principles for the collection of national food consumption data in the view of a pan-European dietary survey. EFSA Journal 7 (12), 1-51.
- EFSA (2010): Scientific Opinion on establishing Food-Based Dietary Guidelines. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition, and Allergies (NDA), European Food Safety Authority (EFSA), Parma, Italy, EFSA Journal 8(3):1460.
- EFSA (2011): Overview of the procedures currently used at EFSA for the assessment of dietary exposure to different chemical substances. EFSA Journal 9, 1-33.
- EFSA (2012a): Guidance on selected default values to be used by the EFSA Scientific Committee, Scientific Panels and Units in the absence of actual measured data. EFSA Journal 10.
- EFSA (2012b): Scientific Opinion on the risk for public health related to the presence of mercury and methylmercury in food. EFSA Journal 10.
- EFSA (2012c): Guidance on the Use of Probabilistic Methodology for Modelling Dietary Exposure to Pesticide Residues. EFSA Journal 10(10): 95.
- EFSA (2016): Scientific Opinion on the re-evaluation of sulfur dioxide (E 220), sodium sulfite (E 221), sodium bisulfite (E 222), sodium metabisulfite (E 223), potassium metabisulfite (E 224), calcium sulfite (E 226), calcium bisulfite (E 227) and potassium bisulfite (E 228) as food additives, EFSA Journal 14(4):4438
- EFSA (2017): Re-evaluation of potassium nitrite (E 249) and sodium nitrite (E 250) as food additives. EFSA Panel on Food Additives Nutrient Sources added to Food. EFSA Journal 15, e04786.
- EFSA (2019): Re-evaluation of phosphoric acid–phosphates – di-, tri- and polyphosphates (E 338–341, E 343, E 450–452) as food additives and the safety of proposed extension of use. EFSA Journal 17(6):5674.
- EFSA (2020): Risk assessment of aflatoxins in food, EFSA Journal 18(3):6040
- EFSA (2021): <https://www.efsa.europa.eu/en/microstrategy/food-consumption-survey>.
- EN 14084:2003 Foodstuffs - Determination of trace elements - Determination of lead, cadmium, zinc, copper and iron by atomic absorption spectrometry (AAS) after microwave digestion
- EPA (1997): Guiding Principles for Monte Carlo Analysis, Technical Panel
- EPA (2001): Risk Assessment Guidance for Superfund: Volume III - Part A, Process for Conducting Probabilistic Risk Assessment, Office of Emergency and Remedial Response U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC 20460

- Erasmus, C.P. (2004): The concentration of ten metals in the tissues of shark species *Squalus megalops* and *Mustelus mustelus* (chondrichthyes) occurring along the Southeastern coast of South Africa.
- Evans, P., Halliwell, B. (2001): Micronutrients: oxidant/antioxidant status. *The British journal of nutrition* 85 Suppl 2, S67-74.
- Falcó, G., Llobet, J.M., Bocio, A., Domingo, J.L. (2006): Daily Intake of Arsenic, Cadmium, Mercury, and Lead by Consumption of Edible Marine Species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54, 6106-6112.
- Fallah, A. (2010): Assessment of aflatoxin M1 contamination in pasteurized and UHT milk marketed in central part of Iran. *Food Chem Toxicol* 48, 988-991.
- Fanaïke, R., Andarwulan, N., Prangdimurti, E., Indrotristanto, N., Puspitasari, R. (2019): Dietary exposure to sulfites in Indonesians. *Asia Pacific journal of clinical nutrition* 28, 122-130.
- FAO/WHO (1995): Application of risk analysis to food standards issues: report of the Joint FAO/WHO.
- FAO/WHO (2005): Food Safety Risk Analysis PART I An Overview and Framework Manual Provisional Edition, Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations
- FAO/WHO (2008): Codex Alimentarius Commission procedural manual, 18th ed. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Codex Alimentarius Commission.
- FAO/WHO (2009a): Principles and Methods for the Risk Assessment of Chemicals in Food, Environmental Health Criteria 240. Food and Agriculture Organization of the United Nations and World Health Organization Geneva, Switzerland.
- FAO/WHO (2009b): Principles and methods for the risk assessment of chemicals in food, Environmental Health Criteria 240.
- FAO/WHO (2012a): Joint FAO/WHO Expert Meeting on the Public Health Risks of Histamine and Other Biogenic Amines from Fish and Fishery Products. Food and Agriculture Organization of the United Nations and World Health Organization Rome, Italy.
- FAO/WHO (2012b): Public health risks of histamine and other biogenic amines from fish and fishery products, Meeting report. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO/WHO (2013): Public Health Risks of Histamine and other Biogenic Amines from Fish and Fishery Products; Meeting report. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO/WHO (2018): Histamine in Salmonids, Food and Agriculture Organization of the United Nations, World Health Organization.
- FDA (1993): Guidance Document for Arsenic in Shellfish, . Center for Food Safety and Applied Nutrition, United States Food and Drug Administration.
- FDA (2007): Sec. 527.400 whole milk, low fat milk, skim milk - Aflatoxin M1 (CPG 7106.10) Food and Drug Administration. FDA/ORR Compliance Policy Guides.
- FDA (2020): Fish and fishery products hazards and controls guidance, Fourth Edition. Department of Health and Human Services, Food and Drug Administration, Center for Food Safety and Applied Nutrition.
- Fenton, T.R., Lyon, A.W., Eliasziw, M., Tough, S.C., Hanley, D.A. (2009): Phosphate decreases urine calcium and increases calcium balance: a meta-analysis of the osteoporosis acid-ash diet hypothesis. *Nutrition journal* 8, 41.

- Filippini, T., Malavolti, M., Cilloni, S., Wise, L.A., Violi, F., Malagoli, C., Vescovi, L., Vinceti, M. (2018): Intake of arsenic and mercury from fish and seafood in a Northern Italy community. *Food and chemical toxicology: an international journal published for the British Industrial Biological Research Association* 116, 20-26.
- Fraga, C.G. (2005): Relevance, essentiality and toxicity of trace elements in human health. *Molecular aspects of medicine* 26, 235-244.
- Galimberti, C., Corti, I., Cressoni, M., Moretti, V.M., Menotta, S., Galli, U., Cambiaghi, D. (2016): Evaluation of mercury, cadmium and lead levels in fish and fishery products imported by air in North Italy from extra-European Union Countries. *Food Control* 60, 329-337.
- Godwin, S.L., McGuire, B., Chambers, E. (2001): Evaluation of portion size estimation aids used for meat in dietary surveys. *Nutrition Research* 21(9), 1217-33.
- Herrmann, S.S., Duedahl-Olesen, L., Christensen, T., Olesen, P.T., Granby, K. (2015a): Dietary exposure to volatile and non-volatile N-nitrosamines from processed meat products in Denmark. *Food and chemical toxicology: an international journal published for the British Industrial Biological Research Association* 80, 137-143.
- Herrmann, S.S., Duedahl-Olesen, L., Granby, K. (2015b): Occurrence of volatile and non-volatile N-nitrosamines in processed meat products and the role of heat treatment. *Food Control* 48, 163-169.
- Herrmann, S.S., Granby, K., Duedahl-Olesen, L. (2015c): Formation and mitigation of N-nitrosamines in nitrite preserved cooked sausages. *Food Chemistry* 174, 516-526.
- Hjartåker, A., Lagiou, A., Slimani, N., Lund, E., Chirlaque, M., Vasilopoulou, E., Zavitsanos, X., Berrino, F., Sacerdote, C., Ocke, M. (2002): Consumption of dairy products in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC) cohort: data from 35955 24-hour dietary recalls in 10 European countries. *Public health nutrition* 5, 1259-1271.
- Hsieh, D.P., Cullen, J. M., & Ruebner, B. H. (1984): Comparative hepatocarcinogenicity of aflatoxins B₁ and M₁ in the rat. *Food and chemical toxicology* 22(12), 1027-1028.
- Huss, H.H., Ababouch, L., Gram, L. (2003): Assessment and management of seafood safety and quality. *FAO Fisheries Technical Paper* 444.
- Huttunen, M.M., Pietilä, P.E., Viljakainen, H.T., Lamberg-Allardt, C.J. (2006): Prolonged increase in dietary phosphate intake alters bone mineralization in adult male rats. *The Journal of nutritional biochemistry* 17, 479-484.
- IARC (2016): Agents Classified by the IARC Monographs, International Agency for Research on Cancer, 1-116.
- Ikem, A., Egiebor, N.O. (2005): Assessment of trace elements in canned fishes (mackerel, tuna, salmon, sardines and herrings) marketed in Georgia and Alabama (United States of America). *Journal of Food Composition and Analysis* 18, 771-787.
- IPCS (2004): IPCS risk assessment terminology. A joint publication of the Food and Agriculture Organization of the United Nations and the World Health Organization, International Programme on Chemical Safety (Harmonization Project Document, No. 1)
- IPCS (2009): Principles and methods for the risk assessment of chemicals in food, A joint publication of the Food and Agriculture Organization of the United Nations and the World Health Organization, International Programme on Chemical Safety
- Ivanovic, S., Teodorovic, V., Baltic, M. (2012): Kvalitet mesa - Biološke i hemijske opasnosti. Naučni institut za veterinarstvo Srbije, Beograd.

- Matić, J., Mastilović, J., Cabarkapa, I., Mandić, A. (2009): Mycotoxins as a risk in the grain food. *Zbornik Matice Srpske za Prirodne Nauke* 117.
- Jakobsen, M.U., Dethlefsen, C., Due, K.M., May, A.M., Romaguera, D., Vergnaud, A.C., Norat, T., Sørensen, T.I., Halkjær, J., Tjønneland, A., Boutron-Ruault, M.C., Clavel-Chapelon, F., Fagherazzi, G., Teucher, B., Kühn, T., Bergmann, M.M., Boeing, H., Naska, A., Orfanos, P., Trichopoulou, A., Palli, D., Santucci De Magistris, M., Sieri, S., Bueno-de-Mesquita, H.B., van der, A.D., Engeset, D., Hjartåker, A., Rodríguez, L., Agudo, A., Molina-Montes, E., Huerta, J.M., Barricarte, A., Amiano, P., Manjer, J., Wirfält, E., Hallmans, G., Johansson, I., Khaw, K.T., Wareham, N.J., Key, T.J., Chajès, V., Slimani, N., Riboli, E., Peeters, P.H., Overvad, K. (2013): Fish consumption and subsequent change in body weight in European women and men. *Br J Nutr* 109, 353-362.
- Jaksic, S.M., Abramović, B.F., Prunj, B.Z., Mihaljev, A.Z., Živkov, M.M., Jajj, I., Despotović, V., Bjelica, L.J. (2011): Incidence of aflatoxins and fumonisins in cereal food from Serbian market. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 17(2), 108-112
- Jakszyn, P., Agudo, A., Berenguer, A., Ibáñez, R., Amiano, P., Pera, G., Ardanaz, E., Barricarte, A., Chirlaque, M.D., Dorronsoro, M., Larrañaga, N., Martinez, C., Navarro, C., Quirós, J.R., Sánchez, M.J., Tormo, M.J., González, C.A. (2006): Intake and food sources of nitrites and N-nitrosodimethylamine in Spain. *Public Health Nutr* 9, 785-791.
- Janić-Hajnal, E., Kos, J., Krulj, J., Krstović, S., Igor, J., Pezo, L., Šarić, B., Milićević, N. (2017): Aflatoxins contamination of maize in Serbia: The impact of weather conditions in 2015. *Food Additives & Contaminants: Part A* 34.
- JECFA (1982a): Summary of Evaluations Performed by the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. JECFA Report TRS 683-JECFA 26/31.
- JECFA (1982b): Summary of Evaluations Performed by the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. JECFA Report TRS 683-JECFA-26/32.
- JECFA (1983): Summary of Evaluations Performed by the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. JECFA Report TRS 696-JECFA-27/29.
- JECFA (1999): Safety evaluation of certain food additives, WHO Food Additive Series: 42. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives TRS-662.
- Kang, J.O. (2001): Chronic iron overload and toxicity: clinical chemistry perspective. *Clinical laboratory science: journal of the American Society for Medical Technology* 14, 209-219; 222.
- Kang, Y., Kim, M.I.N., Park, S., Heu, M.-S., Kim, J.-S. (2019): Survey and Exposure Assessment of Biogenic Amines in Fish Species Commonly Consumed in Korea. *Journal of Food Protection* 82, 151-158.
- Kapaj, S., Peterson, H., Liber, K., Bhattacharya, P. (2006): Human Health Effects From Chronic Arsenic Poisoning—A Review. *Journal of environmental science and health. Part A, Toxic/hazardous substances and environmental engineering* 41, 2399-2428.
- Karmi, M. (2014): Determination of histamine and tyramine levels in canned salted fish by using HPLC. *Global Veterinaria* 12, 264-269.
- Kettler, S., Kennedy, M., McNamara, C., Oberdörfer, R., O'Mahony, C., Schnabel, J., Smith, B., Sprong, C., Faludi, R., Tennant, D. (2015): Assessing and reporting uncertainties in dietary exposure analysis: mapping of uncertainties in a tiered approach. *Food and Chemical Toxicology* 82: 79–95.

- Knight, T.M., Forman, D., Al-Dabbagh, S.A., Doll, R. (1987): Estimation of dietary intake of nitrate and nitrite in Great Britain. *Food and chemical toxicology: an international journal published for the British Industrial Biological Research Association* 25, 277-285.
- Knipe, L. (2003): Phosphates as meat emulsion stabilizers. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*, 2077-2080.
- Koedrith, P., Kim, H., Weon, J.-I., Seo, Y. (2013): Toxicogenomic approaches for understanding molecular mechanisms of heavy metal mutagenicity and carcinogenicity. *International journal of hygiene and environmental health* 216.
- Koricanac, V., Vranic, D., Lilic, S., Milicevic, D., Sobajic, S., Zrnic, M. (2015): Total Phosphorus Content in Various Types of Cooked Sausages from the Serbian Market. *Procedia Food Science* 5, 152-155.
- Kos, J., Lević, J., Đuragić, O., Kokić, B., Miladinović, I. (2014): Occurrence and estimation of aflatoxin M₁ exposure in milk in Serbia. *Food Control* 38, 41-46.
- Kos, J., Mastilović, J., Janić-Hajnal, E., Šarić, B. (2013): Natural occurrence of aflatoxins in maize harvested in Serbia during 2009–2012. *Food Control* 34, 31–34.
- Kovarich, S., Ciacci, Andrea, Baldin, Rossella, Carnesecchi, Edoardo, Roncaglioni, Alessandra, Mostrag, Aleksandra, Tarkhov, Aleksey, Gibin, Davide, Di Piazza, Giulio, Pasinato, Luca, Sartori, Luca, Benfenati, Emilio, Yang, Chihae, Livaniou, Anastasia, Richardson, Jane, Dorne, Jean Lou C.M. (2021): OpenFoodTox: EFSA's chemical hazards database (Version 4). Zenodo.
- Kral, T., Blahová, J., Sedlackova, L., Kalina, J., Svobodova, Z. (2017): Mercury in canned fish from local markets in the Czech Republic. *Food Additives and Contaminants: Part B* 10.
- Kroes, R., Müller, D., Lambe, J., Löwik, M.R., van Klaveren, J., Kleiner, J., Massey, R., Mayer, S., Urieta, I., Verger, P., Visconti, A. (2002): Assessment of intake from the diet. *Food and chemical toxicology: an international journal published for the British Industrial Biological Research Association* 40, 327-385.
- Kroese, D.P., Brereton, T., Taimre, T., Botev, Z.I. (2014): Why the Monte Carlo method is so important today, *WIREs Comput Stat* 6:386–392
- Kuballa, T., Moellers, M., Schoeberl, K., Lachenmeier, D. (2011): Survey of methylmercury in fish and seafood from the southwestern German market. *European Food Research and Technology* 232, 737-742.
- Kuivenhoven, M., Mason, K. (2021): Arsenic Toxicity, StatPearls. StatPearls Publishing LLC., Treasure Isli (FL).
- Lampila L.E., (2002): Food phosphates. In A.L. Branen, P. M. Davidson, S.Salminen and J.H. Thorngate III (Eds.), *Food Additives - 2nd edition (Chapter 25)*. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Larsen, R., Eilertsen, K.E., Elvevoll, E.O. (2011): Health benefits of marine foods and ingredients. *Biotechnology advances* 29, 508-518.
- Leblanc, J.-C., Tard, A., Volatier, J.-L., Verger, P. (2005): Estimated dietary exposure to principal food mycotoxins from the first French Total Diet Study. *Food Additives and Contaminants* 22, 652-672.
- Leclercq, C., Molinaro, M.G., Piccinelli, R., Baldini, M., Arcella, D., Stacchini, P. (2000): Dietary intake exposure to sulphites in Italy--analytical determination of sulphite-containing foods and their combination into standard meals for adults and children. *Food Addit Contam* 17, 979-989.

- Lehane, L., Olley, J. (2000): Histamine fish poisoning revisited. *International journal of food microbiology* 58, 1-37.
- Li, R., Han, w., Ding, J., Fu, W., Gan, L., Li, Y. (2017): Mercury pollution in vegetables, grains and soils from areas surrounding coal-fired power plants. *Scientific Reports* 7.
- Lindboe, M., Henrichsen, E.N., Høgåsen, H.R., Bernhoft, A. (2012): Lead concentration in meat from lead-killed moose and predicted human exposure using Monte Carlo simulation. *Food additives and contaminants. Part A, Chemistry, analysis, control, exposure and risk assessment* 29, 1052-1057.
- Ling, M.-P., Huang, J.-D., Hsiao, H.-A., Chang, Y.-W., Kao, Y.-T. (2020): Risk Assessment of the Dietary Phosphate Exposure in Taiwan Population Using a Total Diet Study. *Foods* 9.
- Llobet, J.M., Falcó, G., Casas, C., Teixidó, A., Domingo, J.L. (2003): Concentrations of Arsenic, Cadmium, Mercury, and Lead in Common Foods and Estimated Daily Intake by Children, Adolescents, Adults, and Seniors of Catalonia, Spain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51, 838-842.
- Mackie, A. (2005): Survey of fat content, sulphur dioxide and meat species present in minced meat sold in Scotli during 2000 to 2002. *Edinburgh*.
- Mahmoudi, R., Norian, R. (2014): Occurrence of histamine in canned tuna fish from Iran. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit* 9, 133-136.
- Makedonski, L., Peycheva, K., Stancheva, M. (2017): Determination of heavy metals in selected black sea fish species. *Food Control* 72, 313-318.
- McGuire, B., Chambers, E., Godwin, S.L., Brenner, S. (2001): Size Categories Most Effective For Estimating Portion Size of Muffins. *Journal of the American Dietetic Association* 101(4), 470-2
- McKnight, G., Duncan, C., Leifert, C., Golden, M. (1999): Dietary nitrate in man: Friend or foe? *The British journal of nutrition* 81, 349-358.
- Menard, C., Heraud, F., Volatier, J.L., Leblanc, J.C. (2008): Assessment of dietary exposure of nitrate and nitrite in France. *Food additives and contaminants. Part A, Chemistry, analysis, control, exposure & risk assessment* 25, 971-988.
- Milicevic, D., Vranic, D., Koricanac, V., Petrovic, Z., Bajcic, A., Betic, N., Zagorac, S. (2021): The intake of phosphorus through meat products: a health risk assessment. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 854, 012057.
- Milićević, D.R., Spirić, D., Radičević, T., Velebit, B., Stefanović, S., Milojević, L., Janković, S. (2017): A review of the current situation of aflatoxin M₁ in cow's milk in Serbia: risk assessment and regulatory aspects. *Food Additives and Contaminants: Part A* 34, 1617-1631.
- Ministry of Agriculture, UK (1993): Dietary intake of food additives in the UK: initial surveillance, food surveillance paper 37
- Miocinovic, J., Keskic, T., Miloradovic, Z., Kos, A., Tomasevic, I., Pudja, P. (2017): The aflatoxin M₁ crisis in the Serbian dairy sector: the year after. *Food Additives and Contaminants: Part B* 10, 1-4.
- Mischek, D., Krapfenbauer-Cermak, C. (2012): Exposure assessment of food preservatives (sulphites, benzoic and sorbic acid) in Austria. *Food additives and contaminants. Part A, Chemistry, analysis, control, exposure and risk assessment* 29, 371-382.

- Mol, S. (2010): Levels of Heavy Metals in Canned Bonito, Sardines, and Mackerel Produced in Turkey. *Biol Trace Elem Res* 143, 974-982.
- Mol, S. (2011): Levels of selected trace metals in canned tuna fish produced in Turkey. *Journal of Food Composition and Analysis* 24, 66-69.
- Morgano, M.A., Rabonato, L.C., Milani, R.F., Miyagusku, L., Quintaes, K.D. (2014): As, Cd, Cr, Pb and Hg in seafood species used for sashimi and evaluation of dietary exposure. *Food Control* 36, 24-29.
- Muñoz-Olivas, R., Cámara, C. (2001): Speciation related to human health, Trace Element Speciation for Environment, Food and Health. *The Royal Society of Chemistry*, 331-353.
- Muscarella, M., Lo Magro, S., Campaniello, M., Armentano, A., Stacchini, P. (2013): Survey of histamine levels in fresh fish and fish products collected in Puglia (Italy) by ELISA and HPLC with fluorimetric detection. *Food Control* 31, 211–217.
- Naficeh, S., Masoomah, B., Behrooz, J., Mohammadreza, O., Mannan, H., Mohammad, M. (2019): Determination of histamine in canned tuna fish available in Tehran market by ELISA method. *Journal of Food Safety and Hygiene* 5.
- Nakamura, M., Hachiya, N., Murata, K.-Y., Nakanishi, I., Kondo, T., Yasutake, A., Miyamoto, K.-I., Ser, P., Omi, S., Shimizu-Furusawa, H., Watanabe, C., Usuki, F., Sakamoto, M. (2014): Methylmercury exposure and neurological outcomes in Taiji residents accustomed to consuming whale meat. *Environment international* 68C, 25-32.
- NMKL No 118 (1988): Histamine: Qualitative Thin-Layer Chromatographic Screening Method for Fish
- NMKL No 196 (2013): Biogenic amines. HPLC determination in foods.
- 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 and Contaminants: Part B* 10, 208-215.
- Nuñez De González, M.T., Osburn, W.N., Hardin, M.D., Longnecker, M., Garg, H.K., Bryan, N.S., Keeton, J.T. (2012): Survey of residual nitrite and nitrate in conventional and organic/natural/uncured/indirectly cured meats available at retail in the United States. *J Agric Food Chem* 60, 3981-3990.
- Okyere, H., Voegborlo, R.B., Agorku, S.E. (2015): Human exposure to mercury, lead and cadmium through consumption of canned mackerel, tuna, pilchard and sardine. *Food chemistry* 179, 331-335.
- Olmedo, P., Hernández, A.F., Pla, A., Femia, P., Navas-Acien, A., Gil, F. (2013a): Determination of essential elements (copper, manganese, selenium and zinc) in fish and shellfish samples. Risk and nutritional assessment and mercury-selenium balance. *Food and chemical toxicology : an international journal published for the British Industrial Biological Research Association* 62, 299-307.
- Olmedo, P., Pla, A., Hernández, A.F., Barbier, F., Ayouni, L., Gil, F. (2013b): Determination of toxic elements (mercury, cadmium, lead, tin and arsenic) in fish and shellfish samples. Risk assessment for the consumers. *Environment International* 59, 63-72.
- Osredkar, J. (2011): Copper and Zinc, Biological Role and Significance of Copper/Zinc Imbalance. *Journal of Clinical Toxicology* s3.
- Oteiza, P.I., Clegg, M.S., Zago, M.P., Keen, C.L. (2000): Zinc deficiency induces oxidative stress and AP-1 activation in 3T3 cells. *Free radical biology and medicine* 28, 1091-1099.

- Ovaskainen, M.L., Paturi, M., Reinivuo, H., Hannila, M.L., Sinkko, H., Lehtisalo, J., Pynnönen-Polari, O., Männistö, S. (2008): Accuracy in the estimation of food servings against the portions in food photographs. *European journal of clinical nutrition* 62, 674-681.
- Oztekin, N., Nutku, M.S., Erim, F.B. (2002): Simultaneous determination of nitrite and nitrate in meat products and vegetables by capillary electrophoresis. *Food Chemistry* 76, 103-106.
- Paíno-Campa, G., Peña-egido, M., García-Moreno, C. (1991): Liquid chromatographic determination of free and total sulphites in fresh sausages. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 56, 85-93.
- Park, J., Lee, C., Kwon, E., Lee, H., Kim, J., Kim, S.H. (2010): Monitoring the contents of biogenic amines in fish and fish products consumed in Korea. *Food Control* 21, 1219-1226.
- Parthasarathy, D., Bryan, N. (2012): Sodium nitrite: The "cure" for nitric oxide insufficiency. *Meat science* 92, 274-279.
- Patrick, L. (2003): Mercury Toxicity and Antioxidants: Part I: Role of Glutathione and alpha-Lipoic Acid in the Treatment of Mercury Toxicity. *Alternative medicine review: a journal of clinical therapeutic* 7, 456-471.
- Peña-Egido, M.J., García-Alonso, B., García-Moreno, C. (2005): S-sulfonate contents in raw and cooked meat products. *J Agric Food Chem* 53, 4198-4201.
- Penttila, P.L., Slaminen, S., Niemi, E. (1998): Estimates on the intake of food additives in Finland. *Zeitschrift fur Lebensmittel-Untersuchung und-Forschung* 186, 11–15.
- Petrovic, J., Babić, J., Jaksic, S., Kartalovic, B., Ljubojevic, D., Cirkovic, M. (2016): Fish Product-Borne Histamine Intoxication Outbreak and Survey of Imported Fish and Fish Products in Serbia. *Journal of food protection* 79, 90-94.
- Piersanti, A., Tavoloni, T., Lestingi, C., Galarini, R. (2014): High-throughput histamine analysis approach in an official control laboratory: analytical methods and four years fish products results. *Food chemistry* 153, 437-443.
- Piras, P., Chessa, G., Cossu, M., Rubattu, F., Fiori, G. (2013): Variability of cadmium accumulation in cephalopods (*Octopus vulgaris*, *Sepia officinalis*, *Loligo vulgaris* and *Todarodes sagittatus*) collected in Sardinia in 2008-2012. *Italian Journal of Food Safety* 2.
- Popović, A.R., Đinović-Stojanović, J., Đorđević, D. S., Relić, D., Vranić, D., Milijašević, M. P., Pezo, L. (2018a): Levels of toxic elements in canned fish from the Serbian markets and their health risks assessment. *Journal of Food Composition and Analysis* 67, 70-76.
- Popović, A.R., Relić, D.J., Vranić, D.V., Babić-Milijašević, J.A., Pezo, L.L., Đinović-Stojanović, J.M. (2018b): Canned sea fish marketed in Serbia: their zinc, copper, and iron levels and contribution to the dietary intake. *Arh Hig Rada Toksikol* 69, 55-60.
- Porter, J.R., Xie, L., Challinor, A.J., Cochrane, K., Howden, S.M., Iqbal, M.M., Travasso, M., Barros, V., Field, C., Dokken, D. (2017): Food security and food production systems.
- Pradhan, A., Ivanek, R., Grohn, Y., Geornaras, I., Sofos, J., Wiedmann, M. (2009): Quantitative Risk Assessment for *Listeria monocytogenes* in Selected Categories of Deli Meats: Impact of Lactate and Diacetate on Listeriosis Cases and Deaths. *Journal of food protection* 72, 978-989.
- Prandini, A., Tansini, G., Sigolo, S., Filippi, L., Laporta, M., Piva, G. (2009): On the occurrence of aflatoxin M1 in milk and dairy products. *Food and chemical toxicology* 47, 984-991.
- Pravilnik o deklarisanju, označavanju i reklamiranju hrane ("Sl. glasnik RS" br. 19/17, 16/18, 17/20, 118/20, 17/22, 23/22 i 30/22).

- Pravilnikom o maksimalno dozvoljenim količinama ostataka sredstava za zaštitu bilja u hrani i hrani za životinje i o hrani i hrani za životinje za koju se utvrđuju maksimalno dozvoljene količine ostataka sredstava za zaštitu bilja (Sl. glasnik RS br. 25/10; 28/11, 20/13).
- Pravilnika o maksimalno dozvoljenim količinama ostataka sredstava za zaštitu bilja u hrani i hrani za životinje i o hrani i hrani za životinje za koju se utvrđuju maksimalno dozvoljene količine ostataka sredstava za zaštitu bilja (Sl. glasnik RS br. 29/14, 37/14, 39/14, 72/14, 80/15, 84/15, 35/16, 81/16, 21/17 i 81/17)
- Pravilnik o maksimalno dozvoljenim količinama ostataka sredstava za zaštitu bilja u hrani i hrani za životinje i o hrani i hrani za životinje za koju se utvrđuju maksimalno dozvoljene količine ostataka sredstava za zaštitu bilja (Sl. glasnik RS br. 22/18 i 90/18)
- Pravilnik o maksimalnim koncentracijama određenih kontaminanata u hrani ("Sl. glasnik RS" br. 81/19, 126/20, 90/21 i 118/21)
- Pravilnik o opštim i posebnim uslovima higijene hrane u bilo kojoj fazi proizvodnje, prerade i prometa ("Sl. glasnik RS" br. 72/10, 62/18).
- Pravilnik o prehrambenim aditivima ("Sl. glasnik RS" br. 53/18).
- Rahmani, J., Miri, A., Mohseni-Bandpei, A., Fakhri, Y., Bjørklund, G., Keramati, H., Moradi, B., Amanidaz, N., Shariatifar, N., Khaneghah, A.M. (2018): Contamination and Prevalence of Histamine in Canned Tuna from Iran: A Systematic Review, Meta-Analysis, and Health Risk Assessment. *Journal of food protection* 81, 2019-2027.
- RASFF, 2020. https://ec.europa.eu/food/safety/rasff/portal_en.
- Renwick, A.G., Barlow, S.M., Hertz-Picciotto, I., Boobis, A.R., Dybing, E., Edler, L., Eisenbrand, G., Greig, J.B., Kleiner, J., Lambe, J., Müller, D.J., Smith, M.R., Tritscher, A., Tuijelaars, S., van den Brandt, P.A., Walker, R., Kroes, R. (2003): Risk characterisation of chemicals in food and diet. *Food and chemical toxicology : an international journal published for the British Industrial Biological Research Association* 41, 1211-1271.
- Republički zavod za statistiku Republike Srbije (2010-2019): *Godišnjak 2010-2019*.
- Republički zavod za statistiku Republike Srbije (2019): *Godišnjak 2019*.
- Ritz, E., Hahn, K., Ketteler, M., Kuhlmann, M.K., Mann, J. (2012): Phosphate additives in food--a health risk. *Deutsches Arzteblatt international* 109, 49-55.
- Robson, P.J., Livingstone, M.B. (2000): An evaluation of food photographs as a tool for quantifying food and nutrient intakes. *Public Health Nutr* 3, 183-192.
- Rodríguez-Hernández, Á., Camacho, M., Henríquez-Hernández, L.A., Boada, L.D., Ruiz-Suárez, N., Valerón, P.F., Almeida González, M., Zaccaroni, A., Zumbado, M., Luzardo, O.P. (2016): Assessment of human health hazards associated with the dietary exposure to organic and inorganic contaminants through the consumption of fishery products in Spain. *The Science of the total environment* 557-558, 808-818.
- Ruiter, A., Scherpenisse, P. (2011): Analysis of Chemical Preservatives in Foods, 423-444.
- Ruiz-Capillas, C., Jiménez-Colmenero, F. (2009): Application of flow injection analysis for determining sulphites in food and beverages: A review. *Food Chemistry* 112:487-493.
- Rust P., H.V., König J. (2017): *Österreichischer Ernährungsbericht 2017*. University of Vienna, Vienna, Austria, 2017.
- Saha, N., Zaman, M. (2012): Evaluation of possible health risks of heavy metals by consumption of foodstuffs available in the central market of Rajshahi City, Bangladesh. *Environmental monitoring and assessment* 185.

- Saičić, S., Vranić, D., Trbović, D., Pavlov, N. (2008): Sadržaj ukupnog fosfora u proizvodima od mesa. *Tehnologija mesa* 49(3-4), 147-152.
- Santin, E., Diaz, D.E. (2005): Mould growth and mycotoxin production.
- Seixas, T., Moreira, I., Siciliano, S., Malm, O., Kehrig, H. (2014): Differences in Methylmercury and Inorganic Mercury Biomagnification in a Tropical Marine Food Web. *Bulletin of environmental contamination and toxicology* 92.
- Serraino, A., Bonilauri, P., Kerekes, K., Farkas, Z., Giacometti, F., Canever, A., Zambrini, A.V., Ambrus, Á. (2019): Occurrence of Aflatoxin M1 in Raw Milk Marketed in Italy: Exposure Assessment and Risk Characterization. *Frontiers in Microbiology* 10.
- Shiber, J. (2010): Arsenic, cadmium, lead and mercury in canned sardines commercially available in eastern Kentucky, USA. *Marine pollution bulletin* 62, 66-72.
- Shundo, L., Navas, S.A., Lamardo, L.C.A., Ruvieri, V., Sabino, M. (2009): Estimate of aflatoxin M₁ exposure in milk and occurrence in Brazil. *Food Control* 20, 655-657.
- Silva, T., Sabaini, P., Evangelista, W., Gloria, M.B.A. (2011): Occurrence of histamine in Brazilian fresh and canned tuna. *Food Control* 22, 323-327.
- Siu, D.C., Henshall, A. (1998): Ion chromatographic determination of nitrate and nitrite in meat products. *Journal of chromatography. A* 804, 157-160.
- Skibsted, L. (2011): Nitric oxide and quality and safety of muscle based foods. *Nitric oxide: biology and chemistry / official journal of the Nitric Oxide Society* 24, 176-183.
- Skrinjar, M., Jakic-Dimic, D., Soso, V., Blagojevic, N., Moracanin, V.-M., Geric, T. (2011): Results of mycological and mycotoxicological investigations of corn-based feed for dairy cow diet. *Veterinarski glasnik* 65, 333-348.
- Slimani, N., Fahey, M., Welch, A.A., Wirfält, E., Stripp, C., Bergström, E., Linseisen, J., Schulze, M.B., Bamia, C., Chloptsios, Y., Veglia, F., Panico, S., Bueno-de-Mesquita, H.B., Ocké, M.C., Brustad, M., Lund, E., González, C.A., Barcos, A., Berglund, G., Winkvist, A., Mulligan, A., Appleby, P., Overvad, K., Tjønneland, A., Clavel-Chapelon, F., Kesse, E., Ferrari, P., Van Staveren, W.A., Riboli, E. (2002): Diversity of dietary patterns observed in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC) project. *Public Health Nutr* 5, 1311-1328.
- Sofoulaki, K., Kalantzi, I., Machias, A., Mastoraki, M., Chatzifotis, S., Mylona, K., Pergantis, S.A., Tsapakis, M. (2018): Metals and elements in sardine and anchovy: Species specific differences and correlations with proximate composition and size. *The Science of the total environment* 645, 329-338.
- SRPS EN 13806:2008 Prehrambeni proizvodi - Određivanje elemenata u tragovima - Određivanje žive atomskom apsorpcionom spektrometrijom -tehtnikom hladnih para (CVAAS) posle razaranja pod pritiskom
- SRPS EN 14332:2008 Prehrambeni proizvodi - Određivanje elemenata u tragovima - Određivanje arsena u morskim plodovima atomskom apsorpcionom spektrometrijom u grafitnoj kivetu (GFAAS) posle mikrotalasnog razaranja
- SRPS EN 1988-2:2004 Prehrambeni proizvodi - Određivanje sulfita - Deo 2: Enzimaska metoda
- SRPS ISO 2918:1999 Meso i proizvodi od mesa - Određivanje sadržaja nitrita (Referentna metoda)
- SRPS ISO 13730:1999 Meso i proizvodi od mesa - Određivanje sadržaja ukupnog fosfora - Spektrometrijska metoda

- Stalikas, C.D., Konidari, C.N., Nanos, C.G. (2003): Ion chromatographic method for the simultaneous determination of nitrite and nitrate by post-column indirect fluorescence detection. *Journal of chromatography. A* 1002, 237-241.
- Stern, B.R. (2010): Essentiality and toxicity in copper health risk assessment: overview, update and regulatory considerations. *Journal of toxicology and environmental health. Part A* 73, 114-127.
- Storelli, M.M., Barone, G. (2013): Toxic metals (Hg, Pb, and Cd) in commercially important demersal fish from Mediterranean sea: contamination levels and dietary exposure assessment. *Journal of food science* 78, T362-366.
- Storelli, M.M., Barone, G., Cuttone, G., Giungato, D., Garofalo, R. (2010): Occurrence of toxic metals (Hg, Cd and Pb) in fresh and canned tuna: public health implications. *Food Chem Toxicol* 48, 3167-3170.
- Suh, H.-J., Cho, Y.-H., Chung, M.-S., Kim, B.-H. (2007): Preliminary data on sulphite intake from the Korean diet. *Journal of Food Composition and Analysis* 20, 212-219.
- Sullivan, G. (2013): A comparison of traditional and alternative meat curing methods. *AMSA fact sheet*.
- Sun, J., Wu, Y. (2016): Evaluation of dietary exposure to deoxynivalenol (DON) and its derivatives from cereals in China. *Food control* 69, 90-99.
- Suomi, J., Ranta, J., Tuominen, P., Putkonen, T., Bäckman, C., Ovaskainen, M.L., Virtanen, S.M., Savela, K. (2016): Quantitative risk assessment on the dietary exposure of Finnish children and adults to nitrite. *Food additives and contaminants. Part A, Chemistry, analysis, control, exposure and risk assessment* 33, 41-53.
- Tarley, C.R.T., Coltro, W.K.T., Matsushita, M., de Souza, N.E. (2001): Characteristic Levels of Some Heavy Metals from Brazilian Canned Sardines (*Sardinella brasiliensis*). *Journal of Food Composition and Analysis* 14, 611-617.
- Tchounwou, P.B., Newsome, C., Williams, J., Glass, K. (2008): Copper-Induced Cytotoxicity and Transcriptional Activation of Stress Genes in Human Liver Carcinoma (HepG(2)) Cells. *Metal ions in biology and medicine* 10, 285-290.
- Thorning, T.K., Raben, A., Tholstrup, T., Soedamah-Muthu, S.S., Astrup, I., Givens, A., Arne, A. (2016): Milk and dairy products: Good or bad for human health? An assessment of the totality of scientific evidence. *Food Nutr.Res* 60, 32527.
- Tomasevic, I., Dodevska, M., Simić, M., Raicevic, S., Matovic, V., Djekic, I. (2018): A decade of sulphite control in Serbian meat industry and the effect of HACCP. *Food Additives and Contaminants: Part B* 11, 49-53.
- Tomasevic, I., Dodevska, M., Smiljic, M., Raicevic, S., Matovic, V., Djekic, I. (2017): The use and control of nitrites in Serbian meat industry and the influence of mandatory HACCP implementation. *Meat Science* 134, 76-78.
- Tomasevic, I., Smigic, N., Djekic, I., Zaric, V., Tomic, N., Miocinovic, J., Rajkovic, A. (2016): Evaluation of food safety management systems in Serbian dairy industry. *Mljekarstvo* 66, 48-58.
- Tomasevic, I., Smigic, N., Djekic, I., Zaric, V., Tomic, N., Rajkovic, A. (2013): Serbian meat industry: A survey on food safety management systems implementation. *Food Control* 32, 25-30.

- Tomašević, I., Petrović, J., Jovetić, M., Raičević, S., Milojević, M., Miočinović, J. (2015): Two year survey on the occurrence and seasonal variation of aflatoxin M1 in milk and milk products in Serbia. *Food Control* 56, 64-70.
- Tsai, M.-T., Huang, S.-Y., Cheng, S.-Y. (2017): Lead Poisoning Can Be Easily Misdiagnosed as Acute Porphyria and Nonspecific Abdominal Pain. *Case Reports in Emergency Medicine* 2017, 9050713.
- Turconi, G., Guarcello, M., Berzolari, F.G., Carolei, A., Bazzano, R., Roggi, C. (2005): An evaluation of a colour food photography atlas as a tool for quantifying food portion size in epidemiological dietary surveys. *European journal of clinical nutrition* 59, 923-931.
- Udovicki, B., Audenaert, K., Saeger, S., Rajkovic, A. (2018): Overview on the Mycotoxins Incidence in Serbia in the Period 2004–2016. *Toxins* 10, 279.
- Udovicki, B., Djekic, I., Kalogianni, P., Eleni, Rajkovic, A. (2019): Exposure Assessment and Risk Characterization of Aflatoxin M1 Intake through Consumption of Milk and Yoghurt by Student Population in Serbia and Greece. *Toxins* 11(4):205.
- Vandevijvere, S., Temme, E., Andjelkovic, M., De Wil, M., Vinx, C., Goeyens, L., Van Loco, J. (2010): Estimate of intake of sulfites in the Belgian adult population. *Food additives and contaminants. Part A, Chemistry, analysis, control, exposure & risk assessment* 27, 1072-1083.
- Vlachou, C., Hofstädter, D., Rauscher-Gabernig, E., Griesbacher, A., Fuchs, K., König, J. (2020): Risk assessment of nitrites for the Austrian adult population with probabilistic modelling of the dietary exposure. *Food and chemical toxicology : an international journal published for the British Industrial Biological Research Association* 143, 111480.
- Vosikis, V., Papageorgopoulou, A., Economou, V., Frilingos, S., Papadopoulou, C. (2008): Survey of the histamine content in fish samples randomly selected from the Greek retail market. *Food additives and contaminants. Part B, Surveillance* 1, 122-129.
- Wang, W., Zhang, Z., Yang, G., Wang, Q. (2014): Health risk assessment of Chinese consumers to nickel via dietary intake of foodstuffs. *Food additives & contaminants. Part A, Chemistry, analysis, control, exposure & risk assessment* 31, 1861-1871.
- Whybro, A., Jagger, H., Barker, M., Eastell, R. (1998): Phosphate supplementation in young men: lack of effect on calcium homeostasis and bone turnover. *European journal of clinical nutrition* 52, 29-33.
- Yesudhasan, P., Al-Zidjali, M., Al-Zidjali, A., Al-Busaidi, M., Al-Waili, A., Al-Mazrooei, N., Al-Habsi, S. (2013): Histamine levels in commercially important fresh and processed fish of Oman with reference to international standards. *Food chemistry* 140, 777-783.
- Zakon o bezbednosti hrane ("Sl. glasnik RS" br. 41/09; 17/19).
- Zhai, H., Yang, X., Li, L., Xia, G., Cen, J., Huang, H., Hao, S. (2012): Biogenic amines in commercial fish and fish products sold in southern China. *Food Control* 25.
- Zubeldia Lauzurica, L., Gomar Fayos, J. (1997): Presence of sulfites in minced meat and meat products prepared in industries of the Valencia Community. *Revista espanola de salud publica* 71, 401-407.
- Zakon o bezbednosti hrane ("Sl. glasnik RS" br. 41/09 i 17/19)

8. PRILOG 1: Upitnik o konzumiranju mleka i proizvoda od mleka

Ovaj upitnik ima za cilj da prikupi podatke o konzumiranju mleka i proizvoda od mleka u Srbiji. Učešće u ovom istraživanju je dobrovoljno i svi podaci su strogo poverljivi.

Hvala unapred na vašoj saradnji, bez koje ne bismo bili u mogućnosti da realizujemo ovo istraživanje.

I. DEMOGRAFSKI PODACI

Zahtevani demografski podaci služe samo za daljnu interpretaciju rezultata i strogo su poverljivi.

(Popuniti tako što se stavi "X" ili tako što se popuni odgovor u predviđeni prostor).

1. **Starost:** _____ godina

2. **Pol:**

Žensko <input type="checkbox"/> ₁	Muško <input type="checkbox"/> ₂
----------------------------------------------	---------------------------------------------

3. **Najviši stepen obrazovanja:**

Osnovna škola <input type="checkbox"/> ₁	Srednja škola <input type="checkbox"/> ₂	Univerzitet (fakultet/viša škola) <input type="checkbox"/> ₃
-----------------------------------------------------	-----------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------

4. **Zemlja prebivališta** _____

5. **Okruženje u kom se živi:**

Seosko <input type="checkbox"/> ₁	Urbano/gradsko <input type="checkbox"/> ₂	Prigradsko <input type="checkbox"/> ₃
----------------------------------------------	------------------------------------------------------	--------------------------------------------------

6. **Građanski status:**

Samac/samica <input type="checkbox"/> ₁	Venčan/živi u zajednici <input type="checkbox"/> ₂	Razveden(a) <input type="checkbox"/> ₃
Udovac/udovica <input type="checkbox"/> ₄		

7. **Radni status:**

Zaposlen <input type="checkbox"/> ₁	Nezaposlen <input type="checkbox"/> ₂	Student <input type="checkbox"/> ₃
Penzioner(ka) <input type="checkbox"/> ₄		Student zaposlen <input type="checkbox"/> ₅

8. **Da li je vaš radni status/studiranje povezan sa nekim od sledećih oblasti:**

Ishrana <input type="checkbox"/> ₁	Hrana <input type="checkbox"/> ₂	Poljoprivreda <input type="checkbox"/> ₃	Sport <input type="checkbox"/> ₄	Psihologija <input type="checkbox"/> ₅
Zdravstvo <input type="checkbox"/> ₆	Koje? _____ (6.a)			
Moj radni status nije povezan ni sa jednom od navedenih oblasti <input type="checkbox"/> ₇				

9. **Da iste vi odgovorni za nabavku namirnica za ishranu?**

– Da <input type="checkbox"/> ₁	Ne <input type="checkbox"/> ₂
--------------------------------------------	------------------------------------------

II. ANTROPOMETRIJSKI PODACI

Po Vašim saznanjima koje ste visine i telesne mase:

10. **Visina:** _____ metara

11. **Masa:** _____ kg

Koliko često konzumirate sledeće proizvode od mleka?

Sirovo mleko	Termički tretirano mleko	Jogurt (bilo koja vrsta)
<input type="checkbox"/> 2+ dnevno <input type="checkbox"/> 1 put dnevno <input type="checkbox"/> 5-6 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 3-4 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 2 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 1 put nedeljno <input type="checkbox"/> 2-3 puta mesečno <input type="checkbox"/> 1 put mesečno <input type="checkbox"/> nekoliko puta godišnje	<input type="checkbox"/> 2+ dnevno <input type="checkbox"/> 1 put dnevno <input type="checkbox"/> 5-6 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 3-4 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 2 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 1 put nedeljno <input type="checkbox"/> 2-3 puta mesečno <input type="checkbox"/> 1 put mesečno <input type="checkbox"/> nekoliko puta godišnje	<input type="checkbox"/> 2+ dnevno <input type="checkbox"/> 1 put dnevno <input type="checkbox"/> 5-6 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 3-4 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 2 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 1 put nedeljno <input type="checkbox"/> 2-3 puta mesečno <input type="checkbox"/> 1 put mesečno <input type="checkbox"/> nekoliko puta godišnje
Kiselo mleko	Kisela pavlaka	Mleko u prahu
<input type="checkbox"/> 2+ dnevno <input type="checkbox"/> 1 put dnevno <input type="checkbox"/> 5-6 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 3-4 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 2 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 1 put nedeljno <input type="checkbox"/> 2-3 puta mesečno <input type="checkbox"/> 1 put mesečno <input type="checkbox"/> nekoliko puta godišnje	<input type="checkbox"/> 2+ dnevno <input type="checkbox"/> 1 put dnevno <input type="checkbox"/> 5-6 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 3-4 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 2 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 1 put nedeljno <input type="checkbox"/> 2-3 puta mesečno <input type="checkbox"/> 1 put mesečno <input type="checkbox"/> nekoliko puta godišnje	<input type="checkbox"/> 2+ dnevno <input type="checkbox"/> 1 put dnevno <input type="checkbox"/> 5-6 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 3-4 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 2 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 1 put nedeljno <input type="checkbox"/> 2-3 puta mesečno <input type="checkbox"/> 1 put mesečno <input type="checkbox"/> nekoliko puta godišnje
Surutka u prahu	Sladoled	Beli sir (domaća pijaca)
<input type="checkbox"/> 2+ dnevno <input type="checkbox"/> 1 put dnevno <input type="checkbox"/> 5-6 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 3-4 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 2 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 1 put nedeljno <input type="checkbox"/> 2-3 puta mesečno <input type="checkbox"/> 1 put mesečno <input type="checkbox"/> nekoliko puta godišnje	<input type="checkbox"/> 2+ dnevno <input type="checkbox"/> 1 put dnevno <input type="checkbox"/> 5-6 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 3-4 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 2 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 1 put nedeljno <input type="checkbox"/> 2-3 puta mesečno <input type="checkbox"/> 1 put mesečno <input type="checkbox"/> nekoliko puta godišnje	<input type="checkbox"/> 2+ dnevno <input type="checkbox"/> 1 put dnevno <input type="checkbox"/> 5-6 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 3-4 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 2 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 1 put nedeljno <input type="checkbox"/> 2-3 puta mesečno <input type="checkbox"/> 1 put mesečno <input type="checkbox"/> nekoliko puta godišnje

Feta sir	Mozzarella	Kačkavalj
<input type="checkbox"/> 2+ dnevno <input type="checkbox"/> 1 put dnevno <input type="checkbox"/> 5-6 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 3-4 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 2 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 1 put nedeljno <input type="checkbox"/> 2-3 puta mesečno <input type="checkbox"/> 1 put mesečno <input type="checkbox"/> nekoliko puta godišnje	<input type="checkbox"/> 2+ dnevno <input type="checkbox"/> 1 put dnevno <input type="checkbox"/> 5-6 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 3-4 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 2 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 1 put nedeljno <input type="checkbox"/> 2-3 puta mesečno <input type="checkbox"/> 1 put mesečno <input type="checkbox"/> nekoliko puta godišnje	<input type="checkbox"/> 2+ dnevno <input type="checkbox"/> 1 put dnevno <input type="checkbox"/> 5-6 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 3-4 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 2 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 1 put nedeljno <input type="checkbox"/> 2-3 puta mesečno <input type="checkbox"/> 1 put mesečno <input type="checkbox"/> nekoliko puta godišnje
Trapist	Gauda	
<input type="checkbox"/> 2+ dnevno <input type="checkbox"/> 1 put dnevno <input type="checkbox"/> 5-6 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 3-4 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 2 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 1 put nedeljno <input type="checkbox"/> 2-3 puta mesečno <input type="checkbox"/> 1 put mesečno <input type="checkbox"/> nekoliko puta godišnje	<input type="checkbox"/> 2+ dnevno <input type="checkbox"/> 1 put dnevno <input type="checkbox"/> 5-6 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 3-4 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 2 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 1 put nedeljno <input type="checkbox"/> 2-3 puta mesečno <input type="checkbox"/> 1 put mesečno <input type="checkbox"/> nekoliko puta godišnje	

Da li ste značajno menjali svoje navike konzumiranja ribe i plodova mora u poslednjih 5 godina? • da • ne

Ako da, kako?

- sveukupno konzumiram manje ribe i plodova mora nego pre 4-5 godina
- sveukupno konzumiram više ribe i plodova mora nego pre 4-5 godina

DNEVNI / SEDMODNEVNI MENI SA OVIM PROIZVODIMA

PREHRAMBENI PROIZVOD	Koliko ste pojeli juče? [gr]	Koliko ste pojeli u prethodnih sedam dana? [gr]
Sirovo mleko (sa farme)		
Termički tretirano mleko (prodavnica)		
Jogurt (bilo koja vrsta)		
Kiselo mleko		
Mleko u prahu		
Surutka u prahu		
Sladoled		
Beli sir (domaća pijaca)		
Feta sir		
Mozzarella		
Kačkavalj		
Trapist		
Gauda		

– Hvala Vam na saradnji!

9. PRILOG 2: Upitnik o konzumiranju ribe, plodova mora i proizvoda

Ovaj upitnik ima za cilj da prikupi podatke o konzumiranju proizvoda od mesa u Srbiji. Učešće u ovom istraživanju je dobrovoljno i svi podaci su strogo poverljivi.

Hvala unapred na vašoj saradnji, bez koje ne bismo bili u mogućnosti da realizujemo ovo istraživanje.

I. DEMOGRAFSKI PODACI

Zahtevani demografski podaci služe samo za daljnu interpretaciju rezultata i strogo su poverljivi. (Popuniti tako što se stavi "X" ili tako što se popuni odgovor u predviđeni prostor).

1. **Starost:** _____ godina

2. **Pol:**

Žensko ₁

Muško ₂

3. **Najviši stepen obrazovanja:**

Osnovna škola ₁

Srednja škola ₂

Univerzitet (fakultet/viša škola)

₃

4. **Zemlja prebivališta** _____

5. **Okruženje u kom se živi:**

Seosko ₁

Urbano/gradsko ₂

Prigradsko ₃

6. **Građanski status:**

Samac/samica ₁

Venčan/živi u zajednici ₂

Razveden(a) ₃

Udovac/udovica ₄

7. **Radni status:**

Zaposlen ₁

Nezaposlen ₂

Student ₃

Penzioner(ka) ₄

Student zaposlen ₅

8. **Da li je vaš radni status/studiranje povezan sa nekim od sledećih oblasti:**

Ishrana ₁

Hrana ₂

Poljoprivreda ₃

Sport ₄

Psihologija ₅

Zdravstvo ₆ Koje? _____ (6.a)

Moj radni status nije povezan ni sa jednom od navedenih oblasti ₇

9. **Da iste vi odgovorni za nabavku namirnica za ishranu?**

– Da ₁

Ne ₂

II. ANTROPOMETRIJSKI PODACI

Po Vašim saznanjima koje ste visine i telesne mase:

10. **Visina:** _____ metara

11. **Masa:** _____ kg

Koliko često konzumirate sledeće proizvode?

Tunjevina u konzervi	Sveža / zamrznuta tunjevina	Sardina u konzervi
<input type="checkbox"/> 2+ dnevno <input type="checkbox"/> 1 put dnevno <input type="checkbox"/> 5-6 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 3-4 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 2 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 1 put nedeljno <input type="checkbox"/> 2-3 puta mesečno <input type="checkbox"/> 1 put mesečno <input type="checkbox"/> nekoliko puta godišnje	<input type="checkbox"/> 2+ dnevno <input type="checkbox"/> 1 put dnevno <input type="checkbox"/> 5-6 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 3-4 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 2 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 1 put nedeljno <input type="checkbox"/> 2-3 puta mesečno <input type="checkbox"/> 1 put mesečno <input type="checkbox"/> nekoliko puta godišnje	<input type="checkbox"/> 2+ dnevno <input type="checkbox"/> 1 put dnevno <input type="checkbox"/> 5-6 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 3-4 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 2 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 1 put nedeljno <input type="checkbox"/> 2-3 puta mesečno <input type="checkbox"/> 1 put mesečno <input type="checkbox"/> nekoliko puta godišnje
Ostala morska riba u konzervi (haringa, losos, skuša, inćuni, papaline, orada brancin,...)	Ostala morska riba sveža / zamrznuta (haringa, losos, skuša, inćuni, papaline, orada brancin,...)	Plodovi mora u konzervi (rakovi, lignje, dagnje,...)
<input type="checkbox"/> 2+ dnevno <input type="checkbox"/> 1 put dnevno <input type="checkbox"/> 5-6 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 3-4 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 2 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 1 put nedeljno <input type="checkbox"/> 2-3 puta mesečno <input type="checkbox"/> 1 put mesečno <input type="checkbox"/> nekoliko puta godišnje	<input type="checkbox"/> 2+ dnevno <input type="checkbox"/> 1 put dnevno <input type="checkbox"/> 5-6 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 3-4 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 2 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 1 put nedeljno <input type="checkbox"/> 2-3 puta mesečno <input type="checkbox"/> 1 put mesečno <input type="checkbox"/> nekoliko puta godišnje	<input type="checkbox"/> 2+ dnevno <input type="checkbox"/> 1 put dnevno <input type="checkbox"/> 5-6 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 3-4 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 2 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 1 put nedeljno <input type="checkbox"/> 2-3 puta mesečno <input type="checkbox"/> 1 put mesečno <input type="checkbox"/> nekoliko puta godišnje
Sveži / zamrznuti plodovi mora (rakovi, lignje, dagnje,..)	Sveža / zamrznuta rečna riba (pastrmka, šaran, oslić, som, pangasius,...)	
<input type="checkbox"/> 2+ dnevno <input type="checkbox"/> 1 put dnevno <input type="checkbox"/> 5-6 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 3-4 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 2 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 1 put nedeljno <input type="checkbox"/> 2-3 puta mesečno <input type="checkbox"/> 1 put mesečno <input type="checkbox"/> nekoliko puta godišnje	<input type="checkbox"/> 2+ dnevno <input type="checkbox"/> 1 put dnevno <input type="checkbox"/> 5-6 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 3-4 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 2 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 1 put nedeljno <input type="checkbox"/> 2-3 puta mesečno <input type="checkbox"/> 1 put mesečno <input type="checkbox"/> nekoliko puta godišnje	

Da li ste značajno menjali svoje navike konzumiranja ribe i plodova mora u poslednjih 5 godina?

• da • ne

Ako da, kako?

• sveukupno konzumiram manje ribe i plodova mora nego pre 4-5 godina

• sveukupno konzumiram više ribe i plodova mora nego pre 4-5 godina

DNEVNI / SEDMODNEVNI MENI SA OVIM PROIZVODIMA

PREHRAMBENI PROIZVOD	Koliko ste pojeli juče? [gr]	Koliko ste pojeli u prethodnih sedam dana? [gr]
Tunjevina u konzervi		
Sveža / zamrznuta tunjevina		
Sardina u konzervi		
Ostala morska riba u konzervi (oslić, haringa, losos, skuša, inćuni, papaline, orada, brancin...)		
Ostala morska riba u konzervi (oslić, haringa, losos, skuša, inćuni, papaline, orada, brancin...)		
Plodovi mora u konzervi (rakovi, lignje, dagnje...)		
Sveži / zamrznuti plodovi mora (rakovi, lignje, dagnje...)		
Sveža / zamrznuta rečna riba (pastrmka, šaran, som...)		

— Hvala Vam na saradnji!

10. PRILOG 3: Upitnik o konzumiranju proizvoda od mesa

Ovaj upitnik ima za cilj da prikupi podatke o konzumiranju proizvoda od mesa u Srbiji. Učešće u ovom istraživanju je dobrovoljno i svi podaci su strogo poverljivi.

Hvala unapred na vašoj saradnji, bez koje ne bismo bili u mogućnosti da realizujemo ovo istraživanje.

I. DEMOGRAFSKI PODACI

Zahtevani demografski podaci služe samo za daljnu interpretaciju rezultata i strogo su poverljivi. (Popuniti tako što se stavi "X" ili tako što se popuni odgovor u predviđeni prostor).

1. **Starost:** _____ godina

2. **Pol:**

Žensko ₁ Muško ₂

3. **Najviši stepen obrazovanja:**

Osnovna škola ₁ Srednja škola ₂ Univerzitet (fakultet/viša škola) ₃

4. **Zemlja prebivališta** _____

5. **Okruženje u kom se živi:**

Seosko ₁ Urbano/gradsko ₂ Prigradsko ₃

6. **Građanski status:**

Samac/samica ₁ Venčan/živi u zajednici ₂ Razveden(a) ₃
Udovac/udovica ₄

7. **Radni status:**

Zaposlen ₁ Nezaposlen ₂ Student ₃
Penzioner(ka) ₄ Student zaposlen ₅

8. **Da li je vaš radni status/studiranje povezan sa nekim od sledećih oblasti:**

Ishrana ₁ Hrana ₂ Poljoprivreda ₃ Sport ₄ Psihologija ₅
Zdravstvo ₆ Koje? _____ (6.a)
Moj radni status nije povezan ni sa jednom od navedenih oblasti ₇

9. **Da iste vi odgovorni za nabavku namirnica za ishranu?**

– Da ₁ Ne ₂

II. ANTROPOMETRIJSKI PODACI

Po Vašim saznanjima koje ste visine i telesne mase:

10. **Visina:** _____ metara

11. **Masa:** _____ kg

Koliko često konzumirate sledeće proizvode od mesa?

ČAJNA KOBASICA	SREMSKA KOBASICA	KULEN
<input type="checkbox"/> 2+ dnevno <input type="checkbox"/> 1 put dnevno <input type="checkbox"/> 5-6 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 3-4 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 2 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 1 put nedeljno <input type="checkbox"/> 2-3 puta mesečno <input type="checkbox"/> 1 put mesečno <input type="checkbox"/> nekoliko puta godišnje	<input type="checkbox"/> 2+ dnevno <input type="checkbox"/> 1 put dnevno <input type="checkbox"/> 5-6 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 3-4 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 2 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 1 put nedeljno <input type="checkbox"/> 2-3 puta mesečno <input type="checkbox"/> 1 put mesečno <input type="checkbox"/> nekoliko puta godišnje	<input type="checkbox"/> 2+ dnevno <input type="checkbox"/> 1 put dnevno <input type="checkbox"/> 5-6 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 3-4 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 2 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 1 put nedeljno <input type="checkbox"/> 2-3 puta mesečno <input type="checkbox"/> 1 put mesečno <input type="checkbox"/> nekoliko puta godišnje
VIRŠLA	PARIZER	STIŠNJENA ŠUNKA
<input type="checkbox"/> 2+ dnevno <input type="checkbox"/> 1 put dnevno <input type="checkbox"/> 5-6 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 3-4 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 2 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 1 put nedeljno <input type="checkbox"/> 2-3 puta mesečno <input type="checkbox"/> 1 put mesečno <input type="checkbox"/> nekoliko puta godišnje	<input type="checkbox"/> 2+ dnevno <input type="checkbox"/> 1 put dnevno <input type="checkbox"/> 5-6 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 3-4 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 2 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 1 put nedeljno <input type="checkbox"/> 2-3 puta mesečno <input type="checkbox"/> 1 put mesečno <input type="checkbox"/> nekoliko puta godišnje	<input type="checkbox"/> 2+ dnevno <input type="checkbox"/> 1 put dnevno <input type="checkbox"/> 5-6 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 3-4 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 2 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 1 put nedeljno <input type="checkbox"/> 2-3 puta mesečno <input type="checkbox"/> 1 put mesečno <input type="checkbox"/> nekoliko puta godišnje
PRŠUTA	SLANINA	BUTKICA
<input type="checkbox"/> 2+ dnevno <input type="checkbox"/> 1 put dnevno <input type="checkbox"/> 5-6 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 3-4 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 2 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 1 put nedeljno <input type="checkbox"/> 2-3 puta mesečno <input type="checkbox"/> 1 put mesečno <input type="checkbox"/> nekoliko puta godišnje	<input type="checkbox"/> 2+ dnevno <input type="checkbox"/> 1 put dnevno <input type="checkbox"/> 5-6 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 3-4 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 2 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 1 put nedeljno <input type="checkbox"/> 2-3 puta mesečno <input type="checkbox"/> 1 put mesečno <input type="checkbox"/> nekoliko puta godišnje	<input type="checkbox"/> 2+ dnevno <input type="checkbox"/> 1 put dnevno <input type="checkbox"/> 5-6 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 3-4 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 2 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 1 put nedeljno <input type="checkbox"/> 2-3 puta mesečno <input type="checkbox"/> 1 put mesečno <input type="checkbox"/> nekoliko puta godišnje

REBRA	SVINJSKI PRŠUT	KRAŠKI VRAT
<input type="checkbox"/> 2+ dnevno <input type="checkbox"/> 1 put dnevno <input type="checkbox"/> 5-6 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 3-4 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 2 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 1 put nedeljno <input type="checkbox"/> 2-3 puta mesečno <input type="checkbox"/> 1 put mesečno <input type="checkbox"/> nekoliko puta godišnje	<input type="checkbox"/> 2+ dnevno <input type="checkbox"/> 1 put dnevno <input type="checkbox"/> 5-6 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 3-4 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 2 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 1 put nedeljno <input type="checkbox"/> 2-3 puta mesečno <input type="checkbox"/> 1 put mesečno <input type="checkbox"/> nekoliko puta godišnje	<input type="checkbox"/> 2+ dnevno <input type="checkbox"/> 1 put dnevno <input type="checkbox"/> 5-6 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 3-4 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 2 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 1 put nedeljno <input type="checkbox"/> 2-3 puta mesečno <input type="checkbox"/> 1 put mesečno <input type="checkbox"/> nekoliko puta godišnje
PANCETA	MLEVENO SVINJSKO MESO	MLEVENO GOVEĐE MESO
<input type="checkbox"/> 2+ dnevno <input type="checkbox"/> 1 put dnevno <input type="checkbox"/> 5-6 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 3-4 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 2 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 1 put nedeljno <input type="checkbox"/> 2-3 puta mesečno <input type="checkbox"/> 1 put mesečno <input type="checkbox"/> nekoliko puta godišnje	<input type="checkbox"/> 2+ dnevno <input type="checkbox"/> 1 put dnevno <input type="checkbox"/> 5-6 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 3-4 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 2 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 1 put nedeljno <input type="checkbox"/> 2-3 puta mesečno <input type="checkbox"/> 1 put mesečno <input type="checkbox"/> nekoliko puta godišnje	<input type="checkbox"/> 2+ dnevno <input type="checkbox"/> 1 put dnevno <input type="checkbox"/> 5-6 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 3-4 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 2 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 1 put nedeljno <input type="checkbox"/> 2-3 puta mesečno <input type="checkbox"/> 1 put mesečno <input type="checkbox"/> nekoliko puta godišnje
ČEVAPČIĆI	PLJESKAVICA	SIROVA (GRILL) KOBASICA
<input type="checkbox"/> 2+ dnevno <input type="checkbox"/> 1 put dnevno <input type="checkbox"/> 5-6 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 3-4 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 2 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 1 put nedeljno <input type="checkbox"/> 2-3 puta mesečno <input type="checkbox"/> 1 put mesečno <input type="checkbox"/> nekoliko puta godišnje	<input type="checkbox"/> 2+ dnevno <input type="checkbox"/> 1 put dnevno <input type="checkbox"/> 5-6 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 3-4 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 2 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 1 put nedeljno <input type="checkbox"/> 2-3 puta mesečno <input type="checkbox"/> 1 put mesečno <input type="checkbox"/> nekoliko puta godišnje	<input type="checkbox"/> 2+ dnevno <input type="checkbox"/> 1 put dnevno <input type="checkbox"/> 5-6 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 3-4 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 2 puta nedeljno <input type="checkbox"/> 1 put nedeljno <input type="checkbox"/> 2-3 puta mesečno <input type="checkbox"/> 1 put mesečno <input type="checkbox"/> nekoliko puta godišnje

DNEVNI / SEDMODNEVNI MENI SA OVIM PROIZVODIMA

PREHRAMBENI PROIZVOD	Koliko ste pojeli juče? [gr]	Koliko ste pojeli u prethodnih sedam dana? [gr]
Čajna kobasica		
Sremska kobasica		
Kulen		
Viršla		
Parizer		
Stišnjena šunka		
Pršuta		
Slanina		
Butkica		
Rebra		
Svinjski pršut		
Kraški vrat		
Panceta		
Mleveno svinjsko meso		
Mleveno goveđe meso		
Ćevapčići		
Pljeskavica		
Sirova (grill) kobasica		

– Hvala Vam na saradnji!

11. BIOGRAFIJA KANDIDATA

Jelena Petrović, rođ. Miličević, rođena je 16.07.1978. godine u Zemunu, Republika Srbija. Diplomirala je na Hemijskom fakultetu Univerziteta u Beogradu na smeru Biohemija, 16.07.2004. godine sa opštim uspehom 9,12 u toku studija i ocenom 10 na diplomskom ispitu. Od 2004. godine zaposlena je u akreditovanoj laboratoriji za kontrolu hrane. Doktorske studije na Poljoprivrednom fakultetu Univerziteta u Beogradu, smer Prehrambena tehnologija, upisala je školske 2017/18. godine. U saradnji sa drugim autorima objavila je šest naučnih radova (pet u međunarodnim časopisima na SCI listi i jedan u nacionalnom časopisu) i jedno saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u celini.

Izjava o autorstvu

Ime i prezime autora: Jelena Petrović

Broj indeksa: TH170006

Izjavljujem

da je doktorska disertacija pod naslovom:

Procena izloženosti hemijskim opasnostima u hrani animalnog porekla

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

Potpis autora

U Beogradu, _____

Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije doktorskog rada

Ime i prezime autora: Jelena Petrović

Broj indeksa: TH170006

Studijski program: Prehrambena tehnologija

Naslov rada: Procena izloženosti hemijskim opasnostima u hrani animalnog porekla

Mentor: prof. Dr Igor Tomašević

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

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

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

Potpis autora

U Beogradu, _____

Izjava o korišćenju

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

Procena izloženosti hemijskim opasnostima u hrani animalnog porekla

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 autora

U Beogradu, _____

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