UDK: 637.5.04:669.018.674
637.5.04:546.173

Određivanje sadržaja nitrita i teških metala u mesu i proizvodima od mesa

Svetlana Đogo Mrachević^{*1},
Slađana Arnautović¹,
Aleksandar Lolić²,
Danica Perušković²,
Tamara Bakić¹

¹ Katedra za analitičku hemiju, Univerzitet u Beogradu – Farmaceutski fakultet

² Katedra za analitičku hemiju, Hemijski fakultet, Univerzitet u Beogradu

* Autor za korespondenciju:
Svetlana Đogo Mrachević, Univerzitet u Beogradu – Farmaceutski fakultet,
Vojvode Stepe 450, 11221 Beograd,
Tel/Faks: +381 11 3951262,
e-mail: sdjogo@pharmacy.bg.ac.rs

Kratak sadržaj:

Porast životnog standarda je znatno uticao na ishranu i proizvodnju hrane. Meso i mesne prerađevine su, zbog svoje visoke nutritivne vrednosti, značajan segment ljudske ishrane i bogat izvor elemenata u tragovima poput Fe, Zn, Mn, Ca, K, Mg, ali s druge strane, mogu akumulirati teške metale kao što su Cd i Pb. Toksične koncentracije metala u mišićima su retke, ali ih jetra i bubrezi akumuliraju. U industriji mesa, kao aditivi, važnu ulogu imaju nitriti, koji vremenom mogu preći u toksične i kancerogene nitrozamine što zavisi od pH, temperature, redoks potencijala kao i količine dodatih nitrita. U praćenju kvaliteta mesa i mesnih prerađevina, bitno je pratiti sadržaj metala, ali i rezidualne koncentracije nitrita.

Cilj ovog rada je bio određivanje sadržaja Cd, Cu, Fe i Zn u uzorcima svinjskog i goveđeg mesa i svinjskoj džigerici, te sadržaja nitrita u uzorcima svinjskog i goveđeg mesa i mesnim prerađevinama – pašteta i kobasicama. Metali su određivani primenom metode ICP- AES, a nitriti standardnom metodom SRPS ISO 2918/1999. Sadržaj gvožđa u džigerici je 189,2 µg/kg, svinjskom i goveđem mesu 89,78 µg/kg, odnosno 87,79 µg/kg. Sadržaj Cu i Zn u svim ispitivanim uzorcima je u dozvoljenim granicama, a Cd se u uzorku svinjskog mesa nalazi 1,2 puta više nego što je dozvoljeno. Na osnovu dobijenih rezultata može se pretpostaviti da je inicijalno dodata količina nitrita u proizvodnom procesu bila u skladu sa zakonski definisanim ograničenjem.

Glavne reči: nitriti, teški metali, meso i mesne prerađevine, fotometrija, ICP-AES

UVOD

Stalno povećanje svetske populacije i generalno životnog standarda i stvaranje novih životnih navika dovodi do sve veće potrebe za proizvodnjom hrane potvrdnog kvaliteta. Meso u ljudskoj ishrani zauzima značajno mesto, jer se konzumacijom mesa unose proteini visoke biološke vrednosti, esencijalne aminokiseline, masti, esencijalne masne kiseline, vitamini i mineralne supstance. Meso sadrži vitamin B kompleksa, zatim fosfor (P), gvožđe (Fe) i cink (Zn), kalcijum (Ca), kalijum (K), magnezijum (Mg), mangan (Mn) i mnoge druge esencijalne makro i mikronutrijente, ali nije dobar izvor lipo-solubilnih vitamina [1]. Meso je bogat izvor esencijalnih elemenata u tragovima, ali može akumulirati teške metale kao što su kadmijum (Cd), olovo (Pb) i druge. Visoke koncentracije teških metala u mišićima su vrlo retke, ali neretko dolazi do njihove akumulacije u masnim tkivima, iznutricama (jetri i bubrežima), a posledično u proizvodima od mesa. Usled razvoja industrije i nedovoljne brige o zaštiti životne sredine, životinje su izložene visokim koncentracijama teških metala, iz vode, vazduha,

zemljišta, hrane koje uzimaju, što bitno utiče na njihovo zdravlje. Takvo meso sa visokim sadržajem teških metala ulazi u ishranu ljudi i danas je poznato preko 20 različitih teških metala koji mogu izazvati niz negativnih posledica na ljudsko zdravlje, pre svega dovesti do biohemijskih i neuroloških poremećaja [2].

Razvoj društva, osim na nutritivne vrednosti hrane, sve češće nameće visoke zahteve u pogledu izgleda, ukusa, mirisa i roka trajanja namirnica. Zbog tog razloga proizvođači sve češće prilikom proizvodnje hrane koriste različite aditive. U tehnologiji prerade mesa među najznačajnije aditive spadaju nitriti i nitrati [3]. Oni se u meso dodaju u obliku KNO₂ (E249), NaNO₂ (E250), odnosno KNO₃ (E252) i NaNO₃ (E251), zavisno od vrste proizvoda i doprinose karakterističnom ukusu i teksturi mesnih prerađevina, te specifičnoj crvenoj boji, zahvaljujući formiranju nitrozilmioglobina (NOMb). Nitriti i nitrati, koji enzimskim delovanjem prelaze u nitrite, međutim, imaju mnogo značajniju ulogu kao konzervansi, i kao takvi, jedini delotvorno inhibiraju rast i razvoj patogenih bakterija *Clostridium botulinum* i *Staphylococcus aureus* [4].

Upotreba nitrita i nitrata je strogo definisana pravilnicima i direktivama, a u našoj zemlji je važeći Pravilnik o prehranbenim aditivima [5]. Naučni odbor za hranu (*Scientific Committee on Food – SCF*) je 2002. godine ustanovio, a EFSA (European Food Safety Authority) 2017. godine potvrdila da je prihvatljivi dnevni unos (*Allowed Daily Intake – ADI*) za nitrite od 0 do 0,07 mg/kg telesne mase na dan, tako da se u praksi sve više teži smanjivanju količine ovih jedinjenja za očuvanje mikrobiološke ispravnosti hrane [6].

Cilj ovog rada je bilo određivanje sadržaja nitrita, kadmijuma, cinka, bakra i gvožđa u uzorcima pašteta, kobasica, svinjske džigerice i mlevenog svinjskog i goveđeg mesa, kao i poređenje dobijenih količina sa dozvoljenim vrednostima iz relevantnih domaćih i evropskih pravilnika. Takođe, urađena je validacija metode za određivanje nitrita i validacija metode za određivanje metala.

MATERIJAL I METODE

Materijali

Za ispitivanje su uzeta tri uzorka jetrene paštete, dva uzorka kobasica i po jedan uzorak svinjske džigerice, svinjskog i goveđeg mlevenog mesa kupljenih u maloprodaji u toku decembra 2015. godine i odabranih metodom slučajnog uzorka. Uzorci su pripremljeni i analizirani istog dana.

Korišćeni su: mehanička mašina za mlevenje mesa (laboratorijski tip), analitička vaga, odmerne boce, konusna boca (300 ml), pipete sa jednom oznakom (trbušaste), vodeno kupatilo i filter-papir. Za pripremu uzoraka za određivanje nitrita korišćeni su reagensi analitičke čistoće (*p.a.*) i Milli-Q voda. Rastvor za taloženje belančevina: kalijum-heksacijanoferat(II)-trihidrat [$K_4Fe(CN)_6 \cdot 3H_2O$] (Merck) i cink-acetat-dihidrat [$Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$] (Merck), glacijalna sirćetna kiselina (Merck), dinatrijum-tetraborat-dekahidrat ($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$) (Merck). Rastvori za razvijanje boje: sulfanilamid ($NH_2C_6H_4SO_2NH_2$) (Eastman, 98% min), koncentrovana hlorovodonična kiselina (Baker), *N*-nafil-1-etilendiamin-hlorid ($C_{10}H_7NHCH_2CH_2NH_2 \cdot 2HCl$) (JT Baker), razblažena hlorovodonična kiselina.

Reagensi korišćeni za pripremu uzorka za određivanje sadržaja metala u ispitivanim uzorcima bili su analitičkog stepena čistoće, *p.a.* Za pripremu radnih standarda korišćena je konc. HNO_3 (65%) (Baker). Korišćena je Milli-Q voda. Za pripremu uzoraka korišćena je konc. HNO_3 (65%) (Baker).

Određivanje sadržaja nitrita u mesu i mesnim prerađevinama

Priprema uzoraka

Uzorci paštete su homogenizovani, dok su uzorci kobasice, svinjske džigerice i mesa usitnjeni propuštanjem dva puta kroz mašinu za mlevenje mesa. Izmerene su mase uzoraka od oko 10 g, sa tačnošću od ± 1 mg. Iz

uzoraka su nakon toga uklonjene belančevine, dodatkom tople vode i reagenasa za denaturaciju (soli gvožđa i cinka). Nakon ceđenja kroz filter-papir (plava traka), uzorci su tretirani reagensima za razvijanje karakteristične crvene boje. Paralelno su pripremane i slepe probe.

Pripremana je serija standardnih rastvora natrijum-nitrita sledećih koncentracija 0, 0,5, 1, 2,5, 5,0 i 10 $\mu g/ml$ na dan merenja.

Merenje koncentracije nitrita

Određivanje koncentracije nitrita u ispitivanim uzorcima rađeno je po metodi SRPS ISO 2918/1999 [7]. Za snimanje apsorbancije serije standardnih rastvora i ispitivanih uzoraka korišćen je uređaj Lovibond Photometer Systems, Multi Direct, tip PC/22 (Nemačka).

Određivanje metala u mesu i mesnim prerađevinama

Mikrotalasna digestija uzorka

Po 0,5 g homogenizovanog uzorka se kvantitativno prenese u teflonski sud za digestiju, doda 7 ml 65% HNO_3 i 1 ml 30% H_2O_2 i prenese u peć za mikrotalasnu digestiju CEM MDS-2100. Uzorci se razaraju na temperaturi od 200 °C i pritisku od 400 psi, a postupak traje 10 min. Tretirani uzorak se kvantitativno prenese u normalni sud od 50 ml i dopuni destilovanom vodom do crte nakon čega se rastvor filtrira kroz membranski filter čija je veličina pora 0,45 μm . Svaki uzorak je pripreman u triplicatu.

Merenje koncentracije metala vršeno je primenom Induktivno spregnute plazme atomske emisije spektrometrije (ICP-AES)

Metoda ICP-AES je primenjena za određivanje sadržaja Cd, Cu, Fe i Zn u ispitivanim uzorcima na instrumentu Model iCAP 6500 Duo, Thermo Scientific (USA).

REZULTATI I DISKUSIJA

Validacija analitičke metode za određivanje sadržaja nitrita

Za kvantifikaciju sadržaja nitrita u ispitivanim uzorcima konstruisana je kalibraciona prava za opseg koncentracija nitrita od 0 do 10 $\mu g/ml$, u kom je potvrđena linearnost metode, sa koeficijentom korelacije od 0,9999 (Slika 1).

Granica detekcija je izračunata prema izrazu $3SD/a$ (SD je standardna devijacija *y*-odsečka, a '*a*' nagib prave), a granica kvantifikacije prema $10SD/a$. Dobijene vrednosti su prikazane u tabeli 1. Preciznost instrumentalne metode je predstavljena kao relativna standardna devijacija (RSD) za devet uzastopnih merenja i za rastvor koncentracije 0,5 $\mu g/ml$ i iznosi $\pm 1,09\%$, a za rastvor od 10 $\mu g/ml$ iznosi $\pm 0,13\%$.

Slika 1. Kalibraciona prava za određivanje sadržaja nitrita na $\lambda = 528 \text{ nm}$.

Tabela 1. Parametri validacije metode za određivanje nitrita.

Preciznost (RSD) (n=9)	$\pm 1,09\%$ za $0,5 \mu\text{g/ml}$
	$\pm 0,13\%$ za $10 \mu\text{g/ml}$
Granica detekcije (LOD)	$0,77 \mu\text{g/kg}$
Granica kvantifikacije (LOQ)	$2,88 \mu\text{g/kg}$

Na uzorcima mesa je ispitana tačnost, primenom metode standardnog dodatka. U uzorke je dodata količina od 50 mg/kg nitrita i oni su obrađeni prema opisanoj proceduri. Iz dobijenih rezultata (Tabela 2), može se videti da u toku analize dolazi do gubitka nitrita od oko 10% .

Tabela 2. Rezultati provere tačnosti metode za određivanje nitrita na uzorcima mlevenog mesa.

Uzorak	Dodata koncentracija nitrita (mg/kg)	Nađena koncentracija (mg/kg)	Recovery (%)
Mleveno meso 1	50,0	43,3	86,64
Mleveno meso 2	50,0	45,1	90,24

Validacija analitičke metode za određivanje sadržaja metala u mesu i proizvodima od mesa

Radni standardi za svaki pojedinačni element su pripremani od osnovnih standarda (1000 mg/l), razblaživanjem sa $0,07 \text{ mol/l HNO}_3$. Serije standarda su pripremane tako da opseg koncentracija odgovara radnom opsegu instrumenta za svaki element pojedinačno. Pripremljeni su standardni rastvori kadmijuma, cinka, gvožđa i bakra, polazeći od osnovnih rastvora ($1,0 \text{ mg/ml}$). Za kvantifikaciju sadržaja kadmijuma, cinka, gvožđa i bakra u ispitivanim uzorcima snimljene su kalibraciona prava za opseg koncentracija kadmijuma i bakra

u opsegu od 0 do $60 \mu\text{g/kg}$, dok je lineranost pri određivanju gvožđa i cinka bila u opsegu od 0 do $1200 \mu\text{g/kg}$. Validacioni parametri za određivanje sadržaja metala prikazani su u Tabeli 3.

Tabela 3. Validacioni parametri ICP-AES metode za određivanje metala.

Element	R^2	RSD, %	LOD, $\mu\text{g/kg}$	LOQ, $\mu\text{g/kg}$	Recovery (%)
Fe	0,9997	1,20	0,309	1,030	97,4
Cd	0,9999	1,3	0,2759	0,828	98,4
Cu	0,9995	2,31	0,1181	0,3936	97,8
Zn	0,9998	1,24	0,0779	0,2598	96,7

Sadržaj nitrita i metala u ispitivanim uzorcima mesa, džigerice i mesnatih prerađevina

U Tabeli 4 prikazani su sadržaji nitrita u ispitivanim uzorcima (mg/kg). Sadržaj nitrita je ocenjen u odnosu na vrednosti propisane Pravilnikom o prehranbenim aditivima [5], koji je u saglasnosti sa evropskim pravilnikom [4]. Prema ovom pravilniku, sadržaj nitrita u mesu i mesnim prerađevinama se razlikuju u zavisnosti od tipa proizvoda, načina obrade i sterilizacije. Maksimalno dozvoljena količina nitrita koja se može dodati tokom proizvodnje u sterilisane proizvode (paštete) je 100 mg/kg , a u nesterilisane (kobasice) 150 mg/kg . Na osnovu dobijenih rezultata može se pretpostaviti da je u svim uzorcima inicijalno dodata količina nitrita u proizvodnom procesu bila u skladu sa zakonski definisanim ograničenjem. Sadržaj nitrita u uzorcima koji su ispitivani u ovom radu je u saglasnosti sa podacima koji se mogu pronaći u literaturi [4], gde je sadržaj nitrita određivan visoko efikasnom tečnom hromatografijom (HPLC). Kako je analitičkim metodama moguće odrediti samo rezidualnu frakciju nitrita [4, 8], može se pretpostaviti da je količina koja je dodata tokom proizvodnje veća. Naime, prilikom obrade mesa i mesnih prerađevi-

na jedan deo nitrita (do 5%) se gubi na stvaranje azotovog oksida – NO, do 10% se oksiduje do nitrata, 5-10% ostaju kao slobodni nitriti, 5-15% reaguje sa sulfhidrilnim jedinjenjima i mioglobinom, a 20-30% se vezuje za proteine [8]. Upravo kao proizvod reakcije sa proteinima mogu nastati toksična i kancerogena jedinjenja *N*-nitrozamini [4, 8-10]. Reakcija nitrozacije u kojoj nastaju *N*-nitrozamini direktno zavisi od pH, temperature, redoks potencijala, te količine dodatih nitrita. Da bi se tačno utvrdio sadržaj nitrozoamina, koji mogu biti potencijalno opasni po zdravlje ljudi, potrebno je uraditi dodatna kvalitativna i kvantitativna ispitivanja *N*-nitrozamina metodom gasne hromatografije spregnute sa masenom spektrometrijom.

U tabeli 4 je prikazan i sadržaj metala u ispitivanim uzorcima. Sadržaj gvožđa u svim ispitivanim uzorcima bio je u opsegu od 58,98-189,20 mg/kg, a najviši je bio u svinjskoj džigerici (189,2 mg/kg). Nešto veći sadržaj gvožđa

je bakar jedan od esencijalnih mikronutrijenata, njegov sadržaj u hrani, pa i u mesu, mora biti strogo kontrolisan. Visoke koncentracije bakra mogu dovesti do neželjenih efekata, posebno kod hiperaktivne dece obolele od autizma [12].

Kako prosečni stanovnik Srbije pojede oko 100 g mesa dnevno, odnosno oko 50 g mesnih prerađevina [13], na taj način unese do 5,4 mg bakra (računato u odnosu na maksimalne koncentracije bakra određene u ovom radu za meso i mesne prerađevine). Kako je preporučeni dnevni unos bakra 0,9 mg/ dan, a maksimalni 10 mg/ dan, prilikom uzimanja mesa i mesnih prerađevina (pašteta i kobasica), neće doći do prekoračenja maksimalnog dozvoljenog unosa bakra [14]. Ipak, treba voditi računa, posebno kod osetljivih populacija, kao što su deca obolela od autizma. Takođe, treba imati na umu da postoje i drugi izvori bakra koji se koriste u svakodnevnoj ishrani. Što se tiče cinka, preporučeni

dnevni unos je 8 mg/dan za žene, odnosno 11 mg/ dan za muškarce, dok je maksimalni dozvoljeni dnevni unos 40 mg/ dan. Imajući u vidu unos mesa i mesnih prerađevina, kao i maksimalni sadržaj cinka u mesu i mesnim prerađevinama određen u ovom radu, može se zaključiti da se putem ovih namirnica prosečno unese oko 20 mg cinka dnevno pa maksimalna dnevna doza nije prekoračena [14].

Za razliku od gvožđa, cinka i bakra, koji imaju i esencijalnu ulogu u organizmu, kadmijum je isključivo toksičan metal, sa ozbiljnim uticajem na zdravlje ljudi pre svega na funkciju bubrega. Iz tog razloga je veoma značajno njegovo određivanje u hrani, vodu, vazduhu, zemljištu, pa i mesu. Domaća i evropska regulativa definišu gornje granice sadržaja kadmijuma u mesu [11,15]. Prema domaćoj regulativi dozvoljen sadržaj kadmijuma u

mesu je 0,05 mg/kg, na osnovu čega se može zaključiti da je sadržaj kadmijuma u svinjskom mesu od 0,06 mg/kg prekoračen za +20%. Sadržaj kadmijuma u džigerici je 0,18 mg/kg, što je prema domaćoj regulativi, koja dozvoljava 0,5 mg/kg, u redu, takođe i direktiva Evropske unije navodi isti dozvoljen sadržaj kadmijuma u jetri pa je i prema ovom propisu sadržaj kadmijuma u skladu sa dozvoljenim [15]. Nešto viša koncentracija kadmijuma u uzorcima mesnih prerađevina u odnosu na čisto meso je verovatno posledica toga što se mesne prerađevine u velikoj meri proizvode od iznutrica, u kojima je kadmijum akumuliran. Sadržaj kadmijuma je u ostalim uzorcima od 0,04 do 0,12 mg/kg, a kako za ispitivane proizvode od mesa nije definisana maksimalna dozvoljena koncentracija, ocenu njihove usklađenosti sa pravilnikom nije moguće izvršiti jer je za to potrebno uračunati procesne faktore koji nisu lako dostupni [15].

Tabela 4. Sadržaj nitrita i metala u uzorcima mesa, pašteta i kobasica.

Uzorak	Nitriti (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Cd (mg/kg)
Svinjsko meso	< LOD	89,78	133,7	4,54	0,06
Goveđe meso	< LOD	107,79	175,95	3,57	0,04
Svinjska džigerica	< LOD	189,2	51,55	80,02	0,18
Pašteta 1	3,27	67,56	37,59	69,32	0,12
Pašteta 2	5,04	58,98	42,69	78,58	0,09
Pašteta 3	3,83	72,35	45,67	75,23	0,08
Kobasica 1	1,87	73,15	87,26	5,24	0,04
Kobasica 2	3,75	69,58	73,52	3,27	0,09

je uočen u goveđem, nego u svinjskom mesu. Sadržaj cinka je takođe bio viši u goveđem, nego u svinjskom mesu i daleko viši nego u ostalim ispitivanim uzorcima. Cink predstavlja mikronutrijent prisutan u mesu životinja i predstavlja značajan element uključen u sintezu proteina i predstavlja jedan od najznačajnijih kofaktora mnogih metaloenzima. Sadržaj cinka u uzorcima mesnih proizvoda od iznutrica (pašteta) je u dozvoljenim granicama definisanim pravilnikom (manje od 100 mg/kg) [11], dok za sadržaj cinka u mesu ne postoje granice. Bakra najviše ima u svinjskoj džigerici (80,02 mg/kg), kao i u paštetama, koje su najvećim delom napravljene od džigerice. Sadržaj bakra u džigerici je na gornjoj granici prema Pravilniku o maksimalno dozvoljenim količinama ostataka sredstava za zaštitu bilja u hrani i hrani za životinje gde je maksimalna dozvoljena količina bakra u jetri goveda, ovaca, svinja, konja i živine 80 mg/kg [11]. Daleko manji sadržaj bakra je uočen u svinjskom i goveđem mesu i u kobasicama (3,27-5,24 mg/kg). Iako

ZAKLJUČAK

Ova studija je pokazala da je kvalitet uzoraka mesa i mesnih prerađevina u Republici Srbiji, odabranih metodom slučajnog uzorka, zadovoljavajućeg kvaliteta u pogledu usklađenosti sa zakonskim propisima.

Sadržaj nitrita u ispitivanim uzorcima predstavlja samo rezidualnu frakciju, pa se može pretpostaviti da je količina koja je dodata tokom proizvodnje veća, ali u okviru dozvoljenih vrednosti propisanih važećim pravilnicima u našoj zemlji i Evropskoj uniji.

Pokazano je da meso i mesne prerađevine mogu predstavljati značajne izvore esencijalnih metala, kao što su gvožđe, bakar i cink. Međutim, sadržaj bakra u svinjskoj džigerici i pašteti je na gornjoj granici dozvoljenom važećim pravilnikom, pa prilikom njihovog konzumiranja treba voditi računa da ne dođe do prekoračenja preporučenog dnevnog unosa bakra, zbog potencijalnog razvoja neželjenih efekata. Sadržaj toksičnog metala, kadmijuma u gotovo svim uzorcima mesa i džigerica bio je u dozvoljenim granicama predviđenim domaćim i evropskim pravilnikom, samo u jednom uzorku svinjskog mesa je za 20% veći od dozvoljenog. Kako za ispitivane mesne prerađevine nije definisana maksimalna dozvoljena koncentracija, ocenu njihove usklađenosti sa pravilnikom nije moguće izvršiti jer je za to potrebno uračunati procesne faktore koji nisu lako dostupni [15].

Vrlo je značajno stalno praćenje kvaliteta mesa i mesnih prerađevina u pogledu dodataka različitih aditiva, kojima se poboljšavaju vizuelne i teksturne karakteristike namirnica, kao i sadržaj teških metala, kako onih esencijalnih, tako i toksičnih. Praćenje svih karakteristika mesa je značajno, pre svega sa aspekta očuvanja zdravlja stanovništva.

Zahvalnica: Autori se zahvaljuju prof. Slavici Ražić na stručnoj podršci u analizi teških metala.

Literatura

1. Lombardi-Boccia G, Lanzi S, Aguzzi A. Aspect of meat quality: trace elements and B vitamin in raw and cooked meats. *Journal of Food Composition and Analysis* 2004;18(1):39–46.
2. Dural M, Goksu M.Z. L, Ozak A. A. Investigation of heavy metal levels in economically important fish species captured from the Tuzla lagoon. *Journal of Food Chemistry* 2007; 27:415–421.
3. Prica N, Petrović J, Rackov O. Sadržaj nitrita i ukupnog fosfora u proizvodima od mesa različitih proizvođača sa teritorije Južnobačkog i Sremskog okruga tokom 2006. godine. *Tehnologija mesa* 2007;48(5-6):225-229.
4. Pavlinić I, Bevardi M, Marušić N, Vidaček S, Kolarić S, Medić H. Nitriti i nitrati kao prekursori N- nitrozoamina u paštetama u konzervi. *Meso*, 2010;(6):322-332.
5. Pravilnik o prehrambenim aditivima „Službeni glasnik RS”, broj 63 od 19. jula 2013.
6. <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/4786> sajtu pristupljeno 10.10.2017. god.
7. Institut za standardizaciju Srbije. Meso i proizvodi od mesa – Određivanje sadržaja nitrita (Referentna metoda) – SRPS ISO 2918/1999.
8. Hui HY, *Encyclopaedia of Food Science and Technology*, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1992.
9. Pearson MA, Dutson RT. Meat and Health, *Advances in meat research*, Elsevier Applied Science, London/New York, 1990.
10. Honikel K.O. The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products. *Meat Science* 2008;78:68-76.
11. Pravilnik o maksimalno dozvoljenim količinama ostataka sredstava za zaštitu bilja u hrani i hrani za životinje (“Sl. glasnik RS”, br. 29/2014, 37/2014 – ispr. i 39/2014)
12. Kidd PM. Autism, an extreme challenge to integrative medicine. Part 2: medical management. *Alternative Medicine Review* 2002;7(6):472-499.
13. Rodić Trmčić B, Ivanović M, Ilić V. The quality of nourishment in the population across the regions of the Republic of Serbia from 2011 to 2013, *PONS Medicinski časopis* 2015;12(2):58-63.
14. Food and Nutrition Board: Institute of Medicine. Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium and Zinc. Washington DC: National Academy Press, 2001.
15. Commission Regulation (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. *Off. J. Eur. Union*. L364:5-24.

DETERMINATION OF NITRITE AND HEAVY METALS CONTENT IN MEAT AND ITS PRODUCTS

Svetlana Đogo Mračević¹,
Slađana Arnautović¹,
Aleksandar Lolić²,
Danica Perušković²,
Tamara Bakić¹

¹ Department of Analytical Chemistry,
University of Belgrade – Faculty of
Pharmacy

² Department of Analytical Chemistry,
University of Belgrade – Faculty of
Chemistry

Abstract:

The improvement of living standards has a significant impact on food and food production. Meat and meat products, due to their high nutritional value, are an important segment of human nutrition and a rich source of elements such as Fe, Zn, Mn, Ca, K, Mg. On the other hand, meat can accumulate heavy metals such as Cd and Pb. Toxic metal concentrations in the muscles are rare, but the liver and kidneys have an ability of accumulation. Nitrites are very important in the meat industry as additives and preservatives, but downside effects of nitrite addition are the development of toxic and carcinogenic nitrosoamine. In monitoring the quality of meat and meat products, it is important to keep track of metal content, but also the residual concentration of nitrite.

The aim of this study was to determine the content of Cd, Cu, Fe, and Zn in samples of pork and beef meat and pig liver and the content of nitrites in samples of pork and beef meat and meat products – patches and sausages. Metals were determined using the ICP-AES method and nitrate by the standard method SRPS ISO 2918/1999. The content of iron in the liver, pork and beef meat is 189.2 µg / kg, 89.78 µg / kg and 87.79 µg / kg respectively. The content of Cu and Zn in all tested samples is below MAC values, and Cd in pork meat sample is 1.2 times more than MAC values. The content of nitrite is below the MAC values and represents the residual concentration of these compounds.

Key words: nitrites, metals, meat and meat products, photometry, ICP-AES