



ԱՊՐՈԳՐԵՍԻՎ ԵՎ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱ

Հայաստանի ազգային ագրարային համալսարան

AGRICULTURE AND TECHNOLOGY

АГРОНАУКА И ТЕХНОЛОГИЯ

Միջազգային գիտական
պարբերական

ISSN 2579-2822



Կայքէջ՝ anau.am/scientific-journal

doi:10.52276/25792822-2021.1-109

ՀՏԴ 639.2 : 637.07

ԿԱՂՄԻՈՒՄԻ ԵՎ ՊՐԵՑԻՆԻ ՌԻՍԿԻ ԳՆԱՀԱՏՈՒՄԸ ԶԿՆԱՄԱՆԱԿԱՆ ՍՊԱՌՄԱՆ ԴԵՊՐԵՍԻԱ

Դ.Ա. Պիպոյան *ան.գ.թ.*, Ա.Ս. Աբրահամյան, Ս.Ա. Ստեփանյան, Ա.Ս. Հովհաննիսյան

ԳԱԱ Էկոլոգանոսֆերային հետազոտությունների կենտրոն

david.pipoyan@cens.am, armen.abrahamyan@cens.am, seda.stepanyan@cens.am, astghik.hovhannisyan@cens.am

ՏԵՂԵԿՈՒԹՅՈՒՆ

Բանալի բառեր՝

ծանր մետաղ,
ձկնամիս,
օրական սպառում,
կլաստերային վերլուծություն,
ոչ քաղցկեղածին ռիսկ

ԱՍՓՈՓԱԳԻՐ

Հետազոտությունների նպատակն է գնահատել Երևանի բնակչության կողմից ձկնամսի սպառմամբ պայմանավորված ծանր մետաղների՝ կադմիումի և պղնձի ոչ քաղցկեղածին ռիսկը: Կիրառվել է K-means կլաստերային վերլուծության մեթոդը: Սևանի իշխան, ստերլեդ, սազան ձկնատեսակների նմուշներում հայտնաբերված կադմիումի և պղնձի միջին օրական ընդունման չափաքանակները չեն գերազանցել միջազգային առողջապահական ուղեցուցային արժեքները: Դրանց ներգործությամբ պայմանավորված ոչ քաղցկեղածին ռիսկեր չեն հայտնաբերվել:

Կլաստերային վերլուծության արդյունքները կարող են հիմք ընդունվել ընդհանուր սննդակարգային ուսումնասիրություններ կատարելու համար:

Նախաբան

Ամբողջ աշխարհում, այդ թվում՝ Հայաստանում, սննդարդյունաբերության զարգացմանը զուգընթաց գրանցվում է նաև ձկնաբուծության աճ:

Ձկնամիսը մարդու սննդակարգում կարևոր նշանակություն ունի (A.A. Pastorelli et al., 2012): Այն կենսաբանական բարձրարժեք սպիտակուցների, ճարպերի, ինչպես նաև ճարպալույծ վիտամինների աղբյուր է (S. Kh. Tilami, S. Sampels, 2017):

Հարկ է նշել, որ ձկան որակի և անվտանգության ցուցանիշները պայմանավորված են մի շարք գործոններով, մասնավորապես ծանր մետաղներով աղտոտվածության աստիճանով (M. Javed, N. Usmani, 2016):

Ծանր մետաղները ձկան օրգանիզմ կարող են ներթափանցել կերի, ջրի, ինչպես նաև էպիթելային հյուսվածքի միջոցով (C. Qiao-qiao et al., 2007):

Պղինձը (Cu) հիմնականում կուտակվում է ձկան մկանային հյուսվածքներում և ներքին օրգաններում: Այն որոշ ֆերմենտների, կոֆակտորների և սպիտակուցների բաղադրիչներից է: Ցածր պարունակության դեպքում վնասակար չէ մարդու համար, սակայն մեծ քանակության դեպքում կարող է գործել թունավոր ազդեցություն (O.K. Adeyemo, O.T. Akomolafe, 2011):

Կադմիումը (Cd) ձկան օրգանիզմ է ներթափանցում կերի և ջրի միջոցով՝ հիմնականում կուտակվելով խոզիկներում, ստամոքսում, մաշկում և մկաններում (P. Perera et al., 2015): Այն ջրային միջավայրի առաջնային աղտոտիչներից է. ընդգրկված է քաղցկեղածին նյութերի A խմբում (IRIS, 2012): Մարդու օրգանիզմում կադմիումը կուտակվում է համեմատաբար երկար ժամանակահատվածում՝ 20-30 տարվա ընթացքում: Բարձր չափաքանակի դեպքում առաջացնում է շնչառական համակարգի ախտահարում և ոսկրային հիվան-

դություն: Դրա երկարատև ներգործությունը կարող է ունենալ տերատոգեն, մուտագեն և քաղցկեղածին ազդեցություն (E.A. Renieri et al., 2014):

Հետազոտություններն իրականացվել են Հայաստանի արհեստական լճակային տնտեսություններում բուծվող ձկների սպառման արդյունքում ծանր մետաղների ռիսկը գնահատելու նպատակով: Երևանի բնակչության շրջանում գնահատվել են պղնձի և կադմիումի օրական ընդունման չափաքանակն ու ոչ քաղցկեղածին ռիսկը:

Նյութը և մեթոդները

Հետազոտություններն իրականացվել են 2016-2017 թվականներին: Հայաստանի տարբեր մարզերի արհեստական լճակային տնտեսություններում բուծվող ձկների նմուշառումը կատարվել է Սննդամթերքի անվտանգության պետական ծառայության կողմից իրականացված ձկնատեսակներում մնացորդային նյութերի հսկողության մոնիթորինգային ծրագրի շրջանակում՝ Եվրոպական հանձնաժողովի (ԵՀ) խորհրդի 96/23/ԵՀ կանոնակարգի պահանջների համաձայն (Council Directive, 1996): Նմուշառվել է չորս ձկնատեսակ՝ Սևանի իշխան (Salmo ischchan), ստերլեդ (Acipenser ruthenus), սազան (Acipenser ruthenus) և կարաս (Prussian carp):

Ձկների 16 նմուշները տեղադրվել են պլաստմասե տարաների մեջ և սառեցնող կոնտեյներով տեղափոխվել «Հանրապետական անասնաբուժասանիտարական և բուսասանիտարական լաբորատոր ծառայությունների կենտրոնի» լաբորատորիա (հավատարմագրված ISO/IEC 17025:2005 միջազգային ստանդարտի պահանջներին համապատասխան): Այդ նմուշները նախ մաքրվել են, լվացվել իոնազերծված (դեոնիզացված) ջրով, ապա առանձնացվել են մաշկն ու ոսկորները: Այնուհետև ձկնամիսը մշակվել է կերամիկական հավանագով և խառնիչի օգնությամբ համասեռացվել (EN 13804:2002):

Ձկների նմուշներում ծանր մետաղների՝ կադմիումի և պղնձի պարունակությունը որոշվել է ատոմային արտորբման սպեկտրաչափի (Thermo iSE 3000, Thermo Fisher Scientific Inc., USA) միջոցով՝ EN 14083-2003 մեթոդի համաձայն (EN 14083-2003): Հայտնաբերման շեմը (LOD) կադմիումի համար կազմել է $2 \cdot 10^{-4}$ մգ/կգ, իսկ պղնձի համար՝ $5 \cdot 10^{-3}$ մգ/կգ:

Երևանի բնակչության կողմից ձկնամսի սպառումն ուսումնասիրելու նպատակով համապատասխան տվյալների հավաքագրումն իրականացվել է սննդի սպառման հաճախականության հարցաթերթի (FFQ) մեթոդով: Վերջինս կիրառվում է սպառողի սննդակարգի գնահատման նպատակով և որոշում է, թե նշված ժամանակահատվածում տվյալ մթերքն ինչ հաճախականությամբ է սպառվում: 2018 թ. հարցմանը մասնակցել է Երևանի 12 համայնքների 18-65 տարեկան 1040 բնակիչ: Տվյալ-

ների վիճակագրական վերլուծությունն իրականացվել է SPSS ծրագրային փաթեթով (տարբերակը՝ 22.0): Կիրառվել է *K-means* կլաստերային վերլուծության մեթոդը: Հարկ է նշել, որ կլաստերային վերլուծության շնորհիվ կարելի է կազմել սպառողների միատարր խմբեր և ավելի ճշգրիտ որոշել միջին սպառումը (G. Ares, 2014):

Կլաստերների վերջնական քանակը որոշվել է փորձնականորեն՝ *K*-ի բնական արժեքները 2-ից մինչև 10-ը փոփոխելու միջոցով:

Ոչ քաղցկեղածին ռիսկի գնահատման նպատակով ծանր մետաղների օրական ընդունումը (EDI) որոշվել է հետևյալ բանաձևով.

$$EDI = \frac{C_{metal} \cdot C_{fish}}{BW}, \quad (1)$$

որտեղ C_{metal} -ը ձկնամսի մեջ ծանր մետաղների պարունակությունն է, մգ/կգ, C_{fish} -ը՝ ձկան օրական միջին սպառումը, կգ/օր, BW -ն՝ մարմնի զանգվածը, 65 կգ:

Այն նմուշների համար, որոնցում կադմիումի և պղնձի պարունակությունը թույլատրելի սահմանից ցածր է (<LOD), ոչ քաղցկեղածին ռիսկի հաշվարկ կատարելիս կիրառվել է LOD/2 արժեքը (IPCS, 2009):

Ծանր մետաղների տևական (քրոնիկ) ներգործությամբ պայմանավորված ոչ քաղցկեղածին ռիսկը գնահատելու նպատակով թիրախային վտանգի գործակիցը (THQ) և վտանգի ինդեքսը (HI) հաշվարկվել են հետևյալ բանաձևերով.

$$THQ_{Heavy\ metal} = \frac{EDI}{RfD}, \quad (2)$$

$$THQ_{(Heavy\ metal\ 1)} + THQ_{(Heavy\ metal\ 2)} + THQ_{(Heavy\ metal\ n)}, \quad (3)$$

որտեղ RfD -ն կադմիումի և պղնձի օրալ ռեֆերենս չափաբաժինն է՝ համապատասխանաբար 0,001 և 0,01 մգ/կգ/օր (IRIS, 2012, ATSDR, 2004): Ընդունված մեթոդաբանության համաձայն, եթե թիրախային վտանգի գործակիցի և վտանգի ինդեքսի արժեքները մեծ են 1-ից, ապա առկա է առողջության համար հնարավոր վնասակար ազդեցության ռիսկ, իսկ եթե փոքր են 1-ից, ռիսկի մակարդակն ընդունելի է (D. Pipoyan et al., 2018):

Արդյունքները և վերլուծությունը

Հետազոտված ձկնամսի նմուշների 50 %-ում հայտնաբերվել են 0,3-2 մգ/կգ պղնձ և $5 \cdot 10^{-4}$ - $3 \cdot 10^{-3}$ մգ/կգ կադմիում (աղ. 1): Վերջինս չի գերազանցում ԵՄ և ԵԱՏՄ կողմից սահմանված թույլատրելի չափաքանակները՝ համապատասխանաբար $5 \cdot 10^{-2}$ և $2 \cdot 10^{-1}$ մգ/կգ (TP TC 021/2011, Commission Regulation, 2006): Կադմիումի առավելագույն քանակություն հայտնաբերվել է Սևանի իշխան (FN-3), նվազագույն քանակություն՝ սազան տեսակների ձկնամսում (FN-12): Ընդ որում՝ սազան

տեսակի ձկնամսում (FN-12) պղինձը ևս կազմել է նվազագույն քանակություն (0,3 մգ/կգ):

Աղյուսակ 1. Ծանր մետաղների պարունակությունը ձկնամսում*

Նմուշի կոդը	Նմուշի տեսակը	Ծանր մետաղներ, մգ/կգ	
		Cd	Cu
FN-1	Սևանի իշխան	$1 \cdot 10^{-3}$	0,498
FN-2	Սևանի իշխան	$2 \cdot 10^{-3}$	1,9
FN-3	Սևանի իշխան	$3 \cdot 10^{-3}$	0,49
FN-4	Սևանի իշխան	չ/հ	չ/հ
FN-5	Սևանի իշխան	$6 \cdot 10^{-4}$	4
FN-6	Սևանի իշխան	$1 \cdot 10^{-3}$	2
FN-7	Սևանի իշխան	չ/հ	չ/հ
FN-8	ստերիլեդ	$2 \cdot 10^{-3}$	0,48
FN-9	ստերիլեդ	չ/հ	չ/հ
FN-10	ստերիլեդ	չ/հ	չ/հ
FN-11	սազան	$7 \cdot 10^{-4}$	0,485
FN-12	սազան	$5 \cdot 10^{-4}$	0,3
FN-13	կարաս	չ/հ	չ/հ
FN-14	կարաս	չ/հ	չ/հ
FN-15	կարաս	չ/հ	չ/հ
FN-16	կարաս	չ/հ	չ/հ

«չ/հ» - չի հայտնաբերվել

*Կազմվել է հեղինակների կողմից:

Երևանում իրականացված հարցումների համաձայն՝ բնակչության 83 %-ն օգտագործում է ձկնամիս: Տվյալների ճշգրիտ բաշխման նպատակով կիրառված *K-means* կլաստերային վերլուծությամբ, ըստ ձկնամսի սպառման հաճախականության և չափաբաժնի տվյալների, առանձնացվել է սպառողների երեք խումբ (աղ. 2):

Երեք կլաստերային խմբերի համար ծանր մետաղների միջին օրական ընդունման չափաքանակը (*EDI*), ինչպես նաև ոչ քաղցկեղածին ռիսկը, մասնավորապես թիրախային վտանգի գործակցը (*THQ*) և վտանգի ինդեքսը (*HI*) ներկայացված են աղյուսակ 3-ում:

Աղյուսակ 2. Երևանի բնակչության կողմից ձկնամսի օրական միջին սպառումն ըստ կլաստերների*

Կլաստերներ	Օրական միջին սպառումը, կգ/օր	Ստանդարտ շեղումը
N1	0,016	0,010
N2	0,063	0,015
N3	0,156	0,020

Աղյուսակ 3. Կադմիումի և պղնձի միջին օրական ընդունման չափաքանակները, թիրախային վտանգի գործակիցն ու վտանգի ինդեքսը*

Ծանր մետաղներ	Կլաստերներ	Օրական ընդունման չափաքանակը, մգ/կգ մ.գ/օր	Թիրախային վտանգի գործակիցը	Վտանգի ինդեքսը
Կադմիում	N1	$1,73 \cdot 10^{-7}$	0,0002	0,013
	N2	$7,01 \cdot 10^{-7}$	0,0007	0,04
	N3	$1,73 \cdot 10^{-6}$	0,0017	0,1
Պղինձ	N1	$9,82 \cdot 10^{-5}$	0,01	-
	N2	$3,97 \cdot 10^{-4}$	0,04	-
	N3	$9,73 \cdot 10^{-4}$	0,10	-

*Կազմվել է հեղինակների կողմից:

Ըստ երեք կլաստերային խմբերի հաշվարկների՝ մետաղների միջին օրական ընդունման չափաքանակները չեն գերազանցել միջազգային առողջապահական ուղեցուցային արժեքները: Կադմիումի շաբաթական ընդունման պայմանականորեն թույլատրելի $2,5 \cdot 10^{-3}$ մգ/կգ մ.գ/օր (EFSA, 2009) չափաքանակն օրական տվյալի վերածելու համար բաժանվել է յոթի: Երկու մետաղների դեպքում էլ առավելագույն օրական ընդունման չափաքանակ գրանցվել է N3 կլաստերի հաշվարկային տվյալներով:

Այսպիսով՝ ոչ քաղցկեղածին ռիսկի գնահատման նպատակով հաշվարկված թիրախային վտանգի գործակցի և վտանգի ինդեքսի արժեքները զգալիորեն փոքր են 1-ից: Կադմիումի և պղնձի ոչ քաղցկեղածին նվազագույն ռիսկ գրանցվել է N1, իսկ առավելագույն ռիսկ՝ N3 կլաստերների հաշվարկային տվյալներով:

Եզրակացություն

Ըստ հարցումների՝ Երևանի բնակչության 83 %-ն օգտագործում է ձկնամիս: Հետազոտված ձկնամսի նմուշներում ծանր մետաղների՝ կադմիումի և պղնձի ներգործությամբ պայմանավորված ոչ քաղցկեղածին ռիսկեր չեն հայտնաբերվել:

Կլաստերային վերլուծության արդյունքները կարող են հիմք ընդունվել ընդհանուր սննդակարգային ուսումնասիրություններ կատարելու համար:

Գրականություն

1. TP TC 021/2011. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (с изменениями на 8 августа 2019 года).
2. Adeyemo, O.K., Akomolafe, O.T. (2011). Copper Level in Fish, Selected Fresh and Marine Aquatic Ecosystems in Nigeria. *Afr. J. Biomed. Res.*, - pp. 105-111.
3. Ares, G. (2014). Cluster Analysis: Application in Food Science and Technology in Mathematical and Statistical Methods in Food Science and Technology. (G.A.D. Granato, Ed.) West Sussex.
4. ATSDR (2004). Toxicological Profile for Copper. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service.
5. Commission Regulation (2006). Setting Maximum Levels for Certain Contaminants in Foodstuffs. Commission Regulation (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006.
6. Council Directive (1996). Council Directive 96/23/EC of 29 April 1996 on Measures to Monitor Certain Substances and Residues thereof in Live Animals and Animal Products and Repealing Directives 85/358/EEC and 86/469/EEC and Decisions 89/187/EEC and 91/664/EEC. *OJ EC L*, 125, - pp. 10-31.
7. EFSA (2009). Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain on a Request from the European Commission on Cadmium in Food. *The EFSA Journal* 980, 1-139, Parma, Italy.
8. EN 13804:2002 "Foodstuffs. Determination of Trace Elements. Performance Criteria, General Considerations and Sample Preparation", IDT.
9. EN 14083-2003 Foodstuffs. Determination of Trace Elements. Determination of Lead, Cadmium, Zinc, Copper and Iron by Atomic Absorption Spectrometry (AAS) after Microwave Digestion.
10. IPCS (2009). Principles and Methods for the Risk Assessment of Chemicals in Food. World Health Organization, International Program on Chemical Safety (Environmental Health Criteria, No. 240) Geneva.
11. IRIS (2012). Cadmium. Integrated Risk Information System. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency February 22, 2012.
12. Javed, M., Usmani, N. (2016). Accumulation of Heavy Metals and Human Health Risk Assessment via the Consumption of Freshwater Fish *Mastacembelus armatus* Inhabiting, Thermal Power Plant Effluent Loaded Canal. // *Springer Plus*, 5:77, doi:10.1186/s40064-016-2471-3.
13. Pastorelli, A.A., Baldini, M., Stacchini, P., Baldini, G., Morelli, S., Sagratella, E., Zaza, S., Ciardullo, S. (2012). Human Exposure to Lead, Cadmium and Mercury through Fish and Seafood Product Consumption in Italy: a Pilot Evaluation. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 29:12, 1913-1921, doi:10.1080/19440049.2012.719644.
14. Perera, P., Kodithuwakku, S.P., Sundarabharthy, T.V., Edirisinghe, U. (2015). Bioaccumulation of Cadmium in Freshwater Fish: An Environmental Perspective. *Insight Ecology*, 4:1-12. doi:10.5567/ECOLOGY-IK.2015.1.12.
15. Pipoyan, D., Beglaryan, M., Costantini, L., Molinari, R., Merendino, N. (2018). // Risk Assessment of Population Exposure to Toxic Trace Elements via Consumption of Vegetables and Fruits Grown in Some Mining Areas of Armenia. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*. 24 (2), - pp. 317-330.
16. Qiao-qiao, C., Guang-wei, Z., Langdon, A. (2007). Bioaccumulation of Heavy Metals in Fishes from Taihu Lake, China. *Journal of Environmental Sciences*, Vol. 19, Issue 12, - pp. 1500-1504.
17. Renieri, E. A., Alegakis, A. K., Kiriakakis, M., Vinceti, M., Ozcagli, E., Wilks, M. F., Tsatsakis, A. M. (2014). Cd, Pb and Hg Biomonitoring in Fish of the Mediterranean Region and Risk Estimations on Fish Consumption. *Toxics*, 2, - pp. 417-442.
18. Tilami, S. Kh., Sampels, S. (2017). Nutritional Value of Fish: Lipids, Proteins, Vitamins, and Minerals, *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*. 26(2):1-11. doi: 10.1080/23308249.2017.1399104.

Оценка риска кадмия и меди при потреблении рыбы

Д.А. Пипоян, А.С. Абраамян, С.А. Степанян, А.С. Оганесян

Центр эколого-ноосферных исследований НАН РА

Ключевые слова: *тяжелые металлы, рыбное мясо, суточное потребление, кластерный анализ, неканцерогенный риск*

Аннотация. Целью исследования является оценка неканцерогенного риска тяжелых металлов кадмия и меди в результате потребления рыбы населением Еревана. Использован метод кластерного анализа K-means. Обнаруженная в образцах севанской форели, стерляди, сазана суточная доза потребления металлов кадмия и меди не превышает допустимых международных здравоохранительных показателей. Неканцерогенные риски, связанные с их влиянием, не были обнаружены.

Результаты кластерного анализа могут быть взяты за основание для проведения общего диетического анализа.

Risk Assessment of Cadmium and Copper via Fish Consumption

D.A. Pipoyan, A.S. Abrahamyan, S.A. Stepanyan, A.S. Hovhannisyan

Center for Ecological-Noosphere Studies of National Academy of Sciences, RA

Keywords: *heavy metals, fish meat, daily consumption, cluster analysis, non-carcinogenic risk*

Abstract. The aim of the study is to assess the non-carcinogenic risk of heavy metals (*Cd*, *Cu*) through fish consumption by the population of Yerevan. The method of K-means cluster analyses has been applied. The amount of the average daily intake of cadmium and copper detected in the fish samples of Sevan Trout, Sterlet and Sazan didn't exceed the standards of International Health Regulation (IHR). Non-carcinogenic risks related to their effect haven't been recorded.

The results of cluster analyses can serve as a base for conducting general dietary investigations.

*Ընդունվել է՝ 20.11.2020 թ.
Գրախոսվել է՝ 08.02.2021 թ.*