pISSN 1229-1153 / eISSN 2465-9223 *J. Food Hyg. Saf.*
Vol. 37, No. 3, pp. 159~165 (2022)
https://doi.org/10.13103/JFHS.2022.37.3.159

Journal of Food Hygiene and Safety
Available online at http://www.foodhygiene.or.kr

유통 패류의 중금속 및 패류독소 분석

김정은* · 황선일 · 이성봉 · 신상운 · 권혜정 · 이지연 · 이병훈 · 모아라 · 최옥경
경기도보건환경연구원 농수산물검사부 농수산물안전성검사팀

Analysis of Heavy Metal Contamination and Shellfish Poisoning Toxins in Marketed Shellfishes

Jeong-Eun Kim*, Seon-Il Hwang, Seong-Bong Lee, Sang-Woon Shin, Hye-Jung Kwon, Ji-Yeon Lee, Byoung-Hoon Lee, A-Ra Mo, Ok-Kyung Choi
Agricultural and Fishery Products Safety Inspection Team, Gyeonggi Province Institute of Health and Environment, Suwon, Korea

(Received April 27, 2022/Revised June 17, 2022/Accepted June 17, 2022)

ABSTRACT - In this study, heavy metals (lead, cadmium, and mercury) and shellfish poisoning toxins (diarrhetic shellfish poisoning toxins, amnesic shellfish poisoning toxins) were investigated in a total of 104 shellfishes. According to the analysis of heavy metals, lead (Pb) was detected in the range of 0.0177-0.5709 mg/kg, cadmium (Cd) was detected in the range of 0.0226-1.4602 mg/kg, and mercury (Hg) was detected in the range of 0.0015-0.0327 mg/kg. Levels of Pb, Cd, and Hg were acceptable by Korean standards. Okadaic acid (OA) and dinophysistoxin-1 (DTX-1) were investigated for monitoring of diarrhetic shellfish poisoning toxins and OA and DTX-1 were not detected. As a result of monitoring of amnesic shellfish poisoning toxins, domoic acid was detected in 5 of 104 samples and detection ratio was 4.8%. The detection period was found as follows; 1 case in January, 1 case in February, 1 case in May, 2 cases in September. These showed that continuous monitoring for the management of shellfish poisoning toxins and heavy metals is required. In addition, this study can be used as reference data to strengthen managing heavy metals in fishery products.

Key words: Shellfish, Heavy metal, Diarrhetic shellfish poison, Amnesic shellfish poison

우리나라는 1인당 연간 수산물 소비량이 약 58 kg으로 세계 주요국 중 1위를 차지할 만큼 다른 국가들에 비해 수산물 소비량이 상대적으로 높으며 지속적으로 증가하고 있는 추세다[1,2]. 수산물 중 패류는 얕은 바다에서 주로 생산되며 생태 특성상 정착성이기 때문에 주변 환경으로부터의 영향이 크다[3]. 특히 산업단지의 오염된 폐수나 생활하수, 토양 속 중금속은 하천이나 호수를 거쳐 바다로 이동하며, 이 과정에서 패류는 해수 중 각종 부유물과 함께 중금속을 흡수하여 축적한다[4]. 패류 내 중금속은 먹이연쇄 과정을 통해 생물농축되고[5], 이는 결국 식품 섭취를 통해 체내에 들어와 분해되지 않고 축적되어 만성적으로 내분비계를 교란시키는 작용을 하는 등[6] 인체에 악영향을 미친다. 또한 국내 수산물 유해물질 연구조사 통계보고서(2013-2018)에 따르면, 전체 수산물 중 중금속 평균 함량보다 패류 중 중금속 평균 함량이 높기 때문에 패류의 중금속에 대한 안전관리가 필수적이다[7].

또한 패류는 플랑크톤을 먹이로 하여 서식하며 특히 유독성 플랑크톤을 섭취한 패류는 독화되고, 독화된 패류를 섭취한 사람에게 식중독을 유발하여 건강을 위협하고 있다[8,9]. 패류독소의 종류에는 치사율이 높은 신경성 급성독인 마비성 패류독소(paralytic shellfish poison, PSP)와 소화기계 장애를 일으키는 설사성 패류독소(diarrhetic shellfish poison, DSP), 일시적으로 기억을 상실시키는 기억상실성 패류독소(amnesic shellfish poison, ASP), 그 외 신경성 패류독소(neurotoxid shellfish poison, NSP) 등이 알려져 있다[10]. 설사성 패류독소는 유독 성분의 기본적인 골격의 화학구조 특성에 따라 okadaic acid (OA) group, pectenotoxin

*Correspondence to: Jeong-Eun Kim, Agricultural and Fishery Products Safety Inspection Team, Gyeonggi Province Institute of Health and Environment, Suwon, Korea
Tel: +82-31-8008-9729, Fax: +82-31-294-4602
E-mail: kje0122@gg.go.kr

Copyright © The Korean Society of Food Hygiene and Safety. All rights reserved. The Journal of Food Hygiene and Safety is an Open-Access journal distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution,and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

(PTX) group, yessotoxin (YTX) group 등으로 구분된다[11,12]. 이러한 독소 중 OA group의 OA와 dinophysistoxins (DTXs)가 주로 설사를 유발하는 것으로 알려져 있다[13-15]. 우리나라에서는 이미패류에 대해 설사성 패류독소의 기준 규격이 2009년에 처음 설정되어 안전관리를 하고 있으며, 현재까지 국내 부적합 사례는 없다.

기억상실성 패류독소는 다른 식중독과 달리 일시적으로 기억을 잃는 증상이 있어 기억상실성 패류독소라고 부르며, 원인물질인 domoic acid에 기인하여 domoic acid 중독증(domoic acid poisoning)이라고 부르기도 한다. 우리나라에서는 기억상실성 패류독소에 의한 식중독이 발생한 바 없으나 미국으로 수출된 굴 통조림이 원인으로 추정되는 식중독이 발생한 바 있다[16]. 우리나라에서는 매년 봄철 해수 온도가 15-17°C일 때 패류독소가 최고치를 나타내다가 18°C 이상으로 상승하는 6월 중순경부터 자연소멸 되기 때문에 매년 3월부터 5월까지 정기적으로 패류에 대해 수거·검사를 실시하고 있다[17]. 한편, 최근 해양 온난화로 인한 해양환경 변화는 해양생태계에 직접적인 영향을 미치고 있고, 특히, 패류의 먹이가 되는 유독성 플랑크톤이 대량증식하고 있어, 패류독소 검출시기에도 변화가 있을 것으로 예상되며[18,19], 이에 따른 연중 모니터링이 필요할 것으로 판단된다.

따라서 본 연구에서는 수산물 중 패류의 중금속(납, 카드뮴, 수은) 및 패류독소(설사성 패류독소, 기억상실성 패류독소) 실태를 조사하여 패류의 안전성 확보의 기초자료를 제공하고자 하였다. 현재 패류의 국내 관리 기준은 납과 카드뮴은 2.0 mg/kg 이하, 수은은 0.5 mg/kg 이하이며, 설사성 패류독소는 OA와 DTX-1의 합계가 0.16 mg/kg 이하, 기억상실성 패류독소는 20 mg/kg 이하로 관리하고 있다.

Materials and Methods

대상시료

2021년 1월부터 9월까지 온라인과 시중에서 유통 중인 국내산 패류 104건을 대상으로 하였으며, 바지락 43건, 홍합 20건, 꼬막 18건, 가리비 10건, 동죽 6건, 굴 5건, 모시조개 2건이었다. 월별로는 1월 6건, 2월 14건, 3월 18건, 4월 18건, 5월 15건, 6월 10건, 7월 3건, 8월 6건, 9월 14건이었다. 패류독소 분석법 검증을 위한 바탕시료는 설사성 패류독소와 기억상실성 패류독소가 검출되지 않은 바지락을 사용하였다.

시약 및 전처리

중금속(납, 카드뮴, 수은)

납과 카드뮴 분석을 위한 표준용액인 Inductively coupled plasma-mass spectrometer (ICP-MS) calibration standard 2 (Accustandard, New haven, CT, USA)는 질산(Chemitop, Jincheon, Korea)으로 희석(w/w)하여 사용하였다. 시료는 식품공전 제8. 일반시험법 9.1.2 납(Pb) 시험법 중 마이크로웨이브법에 따라 분석하였다[20]. 탈각한 시료를 균질화 후 약 0.5 g을 정밀히 측정하여 질산 4 mL을 가한 후, Multiwave (Multiwave7000, Anton paar, Graz, Austria)를 이용하여 분해하였다. 분해가 끝난 시료는 증류수를 이용하여 적절한 농도가 되도록 희석(w/w)하여 시험용액으로 하였다.

수은 분석을 위한 표준용액인 mercury ICP standard (Merck, Darmstadt, Germany)는 0.01% L-cysteine (Sigma-Aldrich, St.Louis, MO, USA)으로 희석하여 사용하였다. 시료의 전처리는 식품공전 제8. 일반시험법 9. 식품 중 유해물질 9.1 중금속 9.1.6 수은(Hg) 중 2)원자흡광광도법에 의한 정량(금아말감법)에 따라 분석하였다[20].

설사성 패류독소

OA와 DTX-1 표준품은 LGC (Teddington, UK)사, acetonitrile은 Honeywell (Charlotte, NC, USA)사, formic acid (98.0%)와 methanol은 Wako Pure Chemical (Osaka, Japan)사, ammonium formate (99.995%)는 Merck (Darmstadt, Germany)사 제품을 사용하였다. 시료는 식품공전 제8. 일반시험법 9. 식품 중 유해물질 9.8 패독소 9.8.3 설사성 패독에 따라 분석하였다[20]. 균질화한 시료 약 1 g을 칭량하여 90% methanol 9 mL을 가하고 교반기를 이용하여 3분 동안 추출하였다. 추출액을 15 mL 원심분리관에 넣고 90% methanol로 10 mL로 정용하여 1,000 × g에서 5분간 원심분리 후, 상층액 중 2 mL을 여과(0.2 μm PTFE syringe filter)하여 시험용액으로 하였다.

기억상실성 패류독소

Domoic acid 표준품은 TRC (Toronto, ON, Canada)사, trifluoroacetic acid는 Sigma-Aldrich (St.Louis, Mo, USA)사 제품을 사용하였다. 시료는 식품공전 제8. 일반시험법 9. 식품 중 유해물질 9.8 패독소 9.8.4 기억상실성 패독에 따라 분석하였다[20]. 균질화한 시료 약 10 g을 정밀히 취하여 50% methanol 40 mL을 가하고 다시 2분간 균질화하였다. 시료용액을 1,000 × g에서 5분간 원심분리한 후, 상층액을 여과(0.2 μm PTFE syringe filter)하여 시험용액으로 하였다.

기기 분석

납, 카드뮴의 분석을 위해 ICP-MS (Nexion 300D, PerkinElmer, Waltham, MD, USA)를 사용하였고, 분석 조건은 Table 1에 나타내었다. 수은 분석을 위해 가열기화금아말감법의 원리를 이용하여 분석하는 수은분석기(MA-3000, Nippon Instrument Co., Tokyo, Japan)를 사용하였다.

OA와 DTX-1의 분석기기는 LC-MS/MS (API 3200, AB

Table 1. Analytical conditions of ICP-MS

Parameters	Conditions	
RF Power	1600 Watt	
Aux. gas	1.2 L/min as Argon	
Neb. gas	1.02 L/min as Argon	
Pulse stage voltage	900 V	
Mass	Pb	Cd
	207.977	110.904

Table 2. Analytical conditions of diarrhetic shellfish poisoning toxins by LC-MS/MS

Parameters		Conditions		
LC	Column	Cadenza CD C18 (2.0 mm×150 mm×3 μm)		
	Column oven	40°C		
	Injection volume	3 μL		
	Flow rate	0.2 mL/min		
	Mobile phase	A: 0.1% formic acid, 2 mM ammonium formate in water B: 0.1% formic acid, 2 mM ammonium formate in acetonitrile		
	Gradient program	Time (min)	A (%)	B (%)
		0.0	80	20
		10.0	0	100
		15.0	0	100
		17.0	80	20
		20.0	80	20
MS/MS	Ionization mode	Electrospray ionization (ESI)		
	Ion source	Turbo spray		
	Spray voltage	-4.5 kV		
	Capillary temperature	450°C		

sciex, Framingham, MA, USA)를 사용하였고, 질량분석기 이온화 방식은 electrospray ionization (ESI)이며 negative mode로 분석하였으며, Liquid chromatography-tandem mass spectrometry (LC-MS/MS)의 분석 조건은 Table 2와 같다. 각 성분의 정량이온과 정성이온은 식품공전(9)의 수산물 중 설사성패독 시험법에 의해 설정하여 분석하였다.

Domoic acid의 분석기기는 HPLC (UltiMate 3000, Thermo fisher scientific, Santa Clara, CA, USA)를 사용하였고, 컬럼은 ACQUITY UPLC BEH C18 (2.1 mm× 50 mm, 1.7 μm, Milford, Massachusetts, USA)를 사용하였으며, 분석 조건은 Table 3과 같다.

Table 3. Analytical conditions of amnesic shellfish poisoning toxins by HPLC

Parameters		Conditions		
LC	Column	ACQUITY UPLC BEH C18 (2.1 mm×50 mm×1.7 μm)		
	Column oven	35°C		
	Detector	UV 242 nm		
	Injection volume	2 μL		
	Flow rate	0.25 mL/min		
	Mobile phase	A: 0.05% Trifluoroacetic acid in water B: 0.05% Trifluoroacetic acid in acetonitrile		
	Gradient program	Time (min)	A (%)	B (%)
		0.0	95	5
		2.0	85	15
		6.0	85	15
		6.5	5	95
		8.9	5	95
		9.1	95	5
		10.0	95	5

유효성 검증

시험 방법에 대한 유효성 검증은 식품의약품안전처 식품의약품안전평가원의 식품 등 시험법 마련 기준절차에 관한 가이드라인(2016)[21]에 근거하여 직선성(linearity), 검출한계(limit of detection, LOD) 및 정량한계(limit of quantitation, LOQ), 회수율(recovery)을 확인하였다. 직선성은 각 표준품 검량선의 결정계수(coefficient of determination, R^2)로 확인하였다. 검출한계 및 정량한계는 International Conference on Harmonisation of Technical Requirements for Registration of Pharmaceuticals for Human (ICH)에서 제시한 방법과 같이 구하였다[22].

$$LOD = 3.3 \times \delta/S$$
$$LOQ = 10 \times \delta/S$$

δ: The standard deviation of the response
S: The slope of the calibration curve

중금속의 회수율은 한국표준과학연구원(KRISS)에서 구매한 인증표준물질(certified reference material, CRM)인 밀가루(CRM No. 108-01-006) 및 굴 건조 분말(CRM No. 108-04-003)을 이용하였고, 3회 반복 측정하여 확인하였다. 패류독소의 회수율 시험은 바탕시료인 바지락에 시험용액 농도가 OA와 DTX-1은 10.0, 20.0, 40.0 μg/kg, domoic acid는 0.1, 0.5, 1.0 mg/kg가 되도록 표준용액을 첨가한 후,

3회 반복 측정하여 확인하였다.

Results and Discussion

유효성 검증

중금속의 직선성, 검출한계 및 정량한계, 회수율의 결과는 Table 4와 같다. 납, 카드뮴, 수은의 직선성은 모두 식품의약품안전처 식품의약품안전평가원의 식품 등 시험법 마련 기준절차에 관한 가이드라인(2016)[21]의 기준인 R^2>0.99의 조건을 충족하였고, 검출한계는 각각 0.0227, 0.015, 0.191 μg/kg, 정량한계는 각각 0.0687, 0.047, 0.577 μg/kg이었다. 이는 Lee 등[2]의 결과보다 높은 결과를 보였다. 회수율은 CRM에서 제시한 인증값에 대한 비로 계산하였고, 납은 104.6±0.6%, 카드뮴은 100.9±0.8%, 수은은 102.2±2.9%로 나타났으며, 이는 식품의약품안전처 식품의약품안전평가원의 식품 등 시험법 마련 기준절차에 관한 가이드라인(2016)[21]의 기준인 100±20%의 조건을 충족하였다.

패류독소의 직선성, 검출한계 및 정량한계, 회수율의 결과는 Table 5와 같다. OA, DTX-1, domoic acid의 직선성은 모두 R^2>0.99이었고, 검출한계는 각각 0.0039, 0.0022, 0.0025 mg/kg, 정량한계는 각각 0.0119, 0.0069, 0.0077 mg/kg이었다. 이는 Kim 등[3]의 결과와 비슷하였다. 패류독소의 회수율은 바탕시료인 바지락에 3개 농도의 표준물질을 각각 첨가한 시료를 분석한 후, 첨가한 표준물질의 이론상 검출농도에 대한 실제 검출농도의 비로 계산하였다. 그 결과, 농도별 OA의 회수율은 100.3±5.8%, 97.3±1.1%, 95.7±2.0%이었고, DTX-1의 회수율은 97.8±2.9%, 97.2±2.0%, 93.5±3.2%이었으며, Domoic acid의 회수율은 113.9±2.0%, 110.6±0.6%, 108.5±1.8%로 나타났다. 패류독소의 유효성 검증 결과도 식품의약품안전처 식품의약품안전평가원의 식품 등 시험법 마련 기준절차에 관한 가이드라인(2016)[21]의 기준에 부합하였다.

패류 중 중금속 함량

시료별 중금속 평균 함량 분석 결과는 Table 6과 같다. 패류 104건의 납 평균 함량[(평균±표준편차) (최소값-최대값)]은 0.1319±0.0270 (0.0177-0.5709) mg/kg로 나타났고, 시료별로는 동죽에서 0.1885±0.1253 (0.0782-0.4219) mg/kg으로 가장 높았으며, 모시조개에서 0.1020±0.0847 (0.0421-0.1619) mg/kg으로 가장 낮게 나타났다. 현재 수산물 중 패류가 속하는 연체류의 납 기준은 2.0 mg/kg 이하로 관리하고 있으며, 모두 기준 이내로 적합한 수준이었다.

카드뮴의 평균 함량은 0.3398±0.0977 (0.0226-1.4602) mg/kg로 나타났고, 시료별로는 꼬막에서 0.8335±0.2999 (0.2502-1.4602) mg/kg으로 가장 높게 나타났으며, 모시조개에서 0.0652±0.0000 (0.0652) mg/kg으로 가장 낮게 나타났다. 꼬막의 경우, 2016년과 2017년에 카드뮴 기준인 2.0 mg/kg을 초과한 부적합 사례들이 있으며[23], 본 연구에

Table 4. Linearity, limit of detection (LOD), limit of quantitation (LOQ) results of heavy metal and recovery of certified reference material (CRM)

Element	R^2	LOD (μg/kg)	LOQ (μg/kg)	Concentration (mg/kg)		Recovery (%)
				Certified	Determined	
Pb	1.000	0.0227	0.0687	0.4134±0.0083	0.4322±0.0026	104.6±0.6
Cd	1.000	0.015	0.047	3.405±0.067	3.437±0.028	100.9±0.8
Hg	1.000	0.191	0.577	0.670±0.033	0.685±0.020	102.2±2.9

Table 5. Linearity, limit of detection (LOD), limit of quantitation (LOQ) and recovery of shellfish poisoning toxins

Toxins	R^2	LOD (mg/kg)	LOQ (mg/kg)	Concentration (mg/kg)	Recovery (%)
OA[1]	0.9995	0.0039	0.0119	0.01	100.3±5.8
				0.02	97.3±1.1
				0.04	95.7±2.0
DTX-1[2]	0.9989	0.0022	0.0069	0.01	97.8±2.9
				0.02	97.2±2.0
				0.04	93.5±3.2
Domoic acid	0.9999	0.0025	0.0077	0.10	113.9±2.0
				0.50	110.6±0.6
				1.00	108.5±1.8

[1] Okadaic acid.
[2] Dinophysistoxin-1.

Table 6. Contents of heavy metals in shellfish samples

Name of samples	N[1)]	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Hg (mg/kg)
		Mean±SD (minimum-maximum)		
Manila clam	43	0.1073±0.0895 (0.0409-0.5709)	0.1441±0.0803 (0.0226-0.3729)	0.0103±0.0058 (0.0046-0.0327)
Mussel	20	0.1216±0.0848 (0.0250-0.3558)	0.2099±0.0810 (0.0892-0.4008)	0.0051±0.0020 (0.0029-0.0103)
Cockle	18	0.1601±0.0575 (0.0675-0.3293)	0.8335±0.2999 (0.2502-1.4602)	0.0082±0.0030 (0.0033-0.0151)
Scallop	10	0.1285±0.1151 (0.0177-0.2888)	0.2655±0.1446 (0.1064-0.4838)	0.0044±0.0020 (0.0015-0.0089)
Surf clam	6	0.1885±0.1253 (0.0782-0.4219)	0.1298±0.0321 (0.1020-0.1704)	0.0085±0.0032 (0.0050-0.0146)
Oyster	5	0.1150±0.0521 (0.0649-0.1701)	0.7306±0.0910 (0.6579-0.8729)	0.0070±0.0020 (0.0050-0.0104)
Short-necked clam	2	0.1020±0.0847 (0.0421-0.1619)	0.0652±0.0000 (0.0652)	0.0094±0.0002 (0.0092-0.0095)
Total	104	0.1319±0.0270 (0.0177-0.5709)	0.3398±0.0977 (0.0226-1.4602)	0.0075±0.0017 (0.0015-0.0327)

[1)] Number of samples.

서도 카드뮴의 평균 함량이 꼬막에서 가장 높은 결과를 보인 것으로 볼 때, 대체적으로 꼬막의 카드뮴 함량이 높은 경향을 보이는 것으로 판단된다.

수은의 평균 함량은 0.0075±0.0017 (0.0015-0.0327) mg/kg, 시료별로는 바지락에서 0.0103±0.0058 (0.0046-0.0327) mg/kg으로 가장 높았고, 가리비에서 0.0044±0.0020 (0.0015-0.0089) mg/kg으로 가장 낮게 나타났다. 수은 기준은 0.5 mg/kg 이하로 관리하고 있으며, 기준에 비해 아주 낮은 검출 결과를 보였다. 수은의 함량은 납과 카드뮴의 함량에 비해 매우 낮고 편차가 적게 나타났는데, 이는 수산물의 중금속 함량 중 수은이 낮게 나타나는 기존의 연구 결과를 통해 보고된 적 있다[2,24)].

패류 중 패류독소 함량

2021년 1월부터 9월까지 온라인과 시중에서 유통 중인 패류 104건의 패류독소 검사 결과는 Table 7과 같다. 설사성 패류독소인 OA와 DTX-1은 검출되지 않았지만, 2011년과 2012년에 서울시에 유통 중인 굴에서 OA가 0.004, 0.001 μg/g, 진주담치에서 OA가 0.001, 0.0006 μg/g, DTX-1이 0.0105 μg/g, 바지락에서 OA가 0.0007 μg/g, DTX-1이 0.0006 μg/g, 대합에서 DTX-1이 0.0060 μg/g이 검출된 결과가 있다[3,9)]. 현재 설사성 패류독소의 국내 기준은 OA와 DTX-1의 합계가 0.16 mg/kg 이하로 설정되어 있고, 검출된 사례들은 모두 기준 이내로 적합한 수준이다. 본 연구에서는 설사성 패류독소가 검출되지 않았지만, 국내 다른 지역에서 검출된 사례들이 있어 패류독소에 대한 지속적인 모니터링이 필요할 것으로 판단된다.

Table 7. Results of the shellfish poisoning toxins in shellfish samples

Name of samples (N[1)])	Number of sample toxin detected	Toxins (μg/g)		
		OA[2)]	DTX-1[3)]	Domoic acid
Manila clam (43)	0	N.D[4)]	N.D	N.D
Mussel (20)	0	N.D	N.D	N.D
Cockle (18)	3	N.D	N.D	0.7031 (February) 0.3257 (May) 1.0756 (September)
Scallop (10)	1	N.D	N.D	0.4074 (September)
Surf clam (6)	0	N.D	N.D	N.D
Oyster (5)	1	N.D	N.D	0.3898 (January)
Short-necked clam (2)	0	N.D	N.D	N.D

[1)] Number of samples.
[2)] Okadaic acid.
[3)] Dinophysistoxin-1.
[4)] N.D is not detected and means less than LOQ.

기억상실성 패류독소인 domoic acid는 꼬막에서 0.7031-

1.0756 μg/g이 검출되었고, 가리비에서 0.4074 μg/g이 검출되었으며, 굴에서 0.3898 μg/g이 검출되어 4.8%의 검출률을 보였다. 기억상실성 패류독소의 국내 기준은 2020년에 20 mg/kg 이하로 신설되었고[25], 본 연구 결과는 모두 기준 이하로 안전한 수준이다. 하지만 기억상실성 패류독소에 대한 국내 모니터링 연구 보고가 많지 않은 실정이기 때문에 앞으로 기억상실성 패류독소에 대한 조사가 체계적으로 이루어져야 할 필요성이 있을 것으로 판단된다. 월별 패류독소 함량을 비교한 결과, 설사성 패류독소는 모두 불검출이었으나 기억상실성 패류독소는 1월에 굴 1건, 2월에 꼬막 1건, 5월에 꼬막 1건, 9월에 꼬막 1건과 가리비 1건이 검출되었다. 봄철 수산물 안전관리에 따라 매년 3월-5월 패류독소를 관리하고 있으나, 본 연구 결과 봄철 이외 다른 시기인 1월, 2월, 9월에도 검출된 결과를 보였다.

국문요약

본 연구에서는 유통 패류 104건을 대상으로 중금속(납, 카드뮴, 수은) 및 패류독소(설사성 패류독소, 기억상실성 패류독소) 실태조사를 하였다. 중금속 분석 결과, 납의 검출범위는 0.0177-0.5709 mg/kg, 카드뮴의 검출범위는 0.0226-1.4602 mg/kg, 수은의 검출범위는 0.0015-0.0327 mg/kg이었으며, 모두 국내 기준 이하로 안전한 수준이었다. 설사성 패류독소 모니터링을 위해 okadaic acid와 dinophysistoxin-1을 분석하였고, 그 결과 104건 모두 불검출이었다. 기억상실성 패류독소인 domoic acid를 분석한 결과, domoic acid가 검출된 것은 5건으로 4.8%의 검출률을 보였다. 기억상실성 패류독소가 검출된 시기는 각각 1월 1건, 2월 1건, 5월 1건, 9월 2건이 검출되어 패류독소에 대한 지속적인 모니터링이 필요할 것으로 판단된다. 또 패류 내 중금속은 기준 규격 이내로 안전한 수준이라 하더라도 중금속 오염에 대한 지속적인 안전관리가 필요하고, 향후 수산물 중금속에 대한 안전관리 강화를 위한 기초자료로 제공하고자 한다.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflict of interest.

ORCID

Jeong-Eun Kim https://orcid.org/0000-0003-2768-0993
Seon-Il Hwang https://orcid.org/0000-0002-1097-7099
Seong-Bong Lee https://orcid.org/0000-0001-5724-7774
Saong-Woon Shin https://orcid.org/0000-0002-6414-5378
Hye-Jung Kwon https://orcid.org/0000-0001-7923-937X
Ji-Yeon Lee https://orcid.org/0000-0002-3795-3329
Byoung-Hoon Lee https://orcid.org/0000-0002-2554-0834
A-Ra Mo https://orcid.org/0000-0001-8239-5445
Ok-Kyung Choi https://orcid.org/0000-0002-6954-8109

References

1. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2016. The State of World Fisheries and Aquaculture: 2016. FAO, Rome, Italy, pp. 176-178.
2. Lee, J. Y., Jeong, J. A., Jeon, J. S., Lee, S. B., Kwon, H. J., Kim, J. E., Lee, B. H., Moh, A. R., and Choi, O. K., Monitoring of Radioactivity and Heavy Metal Contamination of Dried Processed Fishery Products, *J. Food Hyg. Saf.*, **36**, 248-256 (2021).
3. Kim, S. U., Yuk, D. H., Park, Y. A., Kim, J. A., Par, A. S., and Kim, Y. C., Analysis of Diarrhetic Shellfish Poisoning Toxins by Liquid Chromatography-electrospray Ionization Mass Spectrometry, *Korean J. Food Sci. Technol.*, **44**, 390-392 (2012).
4. Kim, P. H., Choi, W. S., Yoon, M. C., Jo, M. R., Kwon, J. Y., Kim, J. H., and Lee, H. J., Heavy Metal Contents in Internal Organs and Tissues of Scallops Patinopecten yessoensis and Comb Pen Shell Atrina pectinata, *Korean J. Fish. Aquat. Sci.*, **50**, 487-493 (2017).
5. Rashed, M. N., Monitoring of environmental heavy metals in fish from Nasser Lake. Environment international, **27**, pp. 49-54 (2001).
6. Cho, Y. S., Kim, K. C., Kim, K. A., Kang, S. H., Jung, Y. J., Kwak, S. H., Lee, P. S., Lee, W. H., Moh, A. R., Yong, K. C., and Yoon, M. H., A Study on Heavy Metals and Selenium Contents of Seafoods Commonly Consumed in Gyeonggi-Do, *J. Food Hyg. Saf.*, **32**, 211-216 (2017).
7. Gyeonggi province Institute of Health and Environment, 2018. Statistics report of harmful substance in Shellfishes, Ansan, Korea.
8. Ministry of Food and Drug Safety, 2006. Establishment of Analytical Method and Monitoring for Shellfish Poisons, Osong, Korea.
9. Choi, Y. E., Bae, C. M., Lee, H. H., Lee, W., and Jeong, K. J., Verification of Analytical Methods for Diarrhetic shellfish poisoning Toxins by Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry, *Report of Gangwon Institute of Health and Environment*, **30**, pp. 49-54 (2019).
10. Ministry of Food and Drug Safety, (2019, March 13). https://www.foodsafetykorea.go.kr/portal/board/boardDetail.do?menu_no=3120&bbs_no=bbs001&ntctxt_no=1072567&menu_grp=MENU_NEW01
11. Yasumoto, T., Murata, M., Oshima, Y., Sano, M., Matsumoto, G. K., and Clardy, J., Diarrhetic shellfish toxins, *Tetrahedron*, **41**, 1019-1025 (1985).
12. Yasumoto, T., and Murata, M., Marine Toxins, *Chem. Rev.*, **93**, 1897-1909 (1993).
13. Blanco, J., Morono, A., and Fernandez, M. L., Toxic episodes in shellfish, produced by lipophilic phycotoxins: an

overvies, *Galician Journal of Marine Resources*, **1**, 1-70 (2005).
14. Fujiki, H., Suganuma, M., Suguri, H., Yoshizawa, S., Takagi, K., Uda, N., Wakamatsu, K., Yamada, K., Murata, M., Yasumoto, T., and Sugimura, T., Diarrhetic Shellfish Toxin, Dinophysistoxin-1, Is a Potent Tumor Promoter on Mouse Skin, *Japanese Journal of Cancer Research*, **79**, 1089-1093 (1988).
15. Tomohiro, N., Hajime, U., Toshiyuki, S., Wittaya, T., Shota, A., Shingo, A., and Masao, A., *Phycological Research*, **68**, 30-40 (2020).
16. Ministry of Food and Drug Safety, 2007. Monitoring of Diarrhoetic shellfish poison (DSP) and Amnesic shellfish poison (ASP) in Shellfish, Osong, Korea.
17. Ministry of Food and Drug Safety, (2020, April 13). https://www.foodsafetykorea.go.kr/portal/board/boardDetail.do?menu_no=3120&bbs_no=bbs001&ntctxt_no=1078242&menu_grp=MENU_NEW01
18. Ministry of Food and Drug Safety, 2018. Preliminary Safety Management Plan Study of Marine Biotoxins in Marine Products, Osong, Korea.
19. Lee, H. W.,(2009, September 8). Global Warming caused food poisoing in seafood. Retrieved from http://www.agrinet.co.kr/news/articleView. html? idxno=86772
20. Ministry of Food and Drug Safety, 2019. Food Code, Osong, Korea.
21. National Institute of Food and Drug Safety Evaluation (NIFDS) (2016), Guidelines on standard procedures for preparing analysis method.
22. ICH Steering Committee, 2005. ICH harmonised tripartite guideline - Validation of Analytical Procedures: Text and Methodology Q2(R1). ICH, Geneva, Switzerland, pp. 11-12.
23. Ministry of Food and Drug Safety, (2020, December 31). https://www.mfds.go.kr/brd/m_218/view.do?seq=33358
24. Hwang, Y. O., Kim, S. U., Ryu, S. H., Ham, H. J., Park, G. Y. and Park, S. G., Contents of mercur, lead, cadmium, and arsenic in dried marine products, *Anal. Sci. Technol.* **22**, 336-344 (2009).
25. Ministry of Food and Drug Safety, 2020. Food Code, Osong, Korea.