

Review

## 기후변화대응 수산물 중 해양생물독소의 안전관리 현황과 방향

한승이 · 신승정 · 윤지원 · 현석우 · 이순호\*  
식품의약품안전평가원 식품위해평가부 오염물질과

### Current Status and Future Perspectives for Marine Biotxin Safety Management in Seafood Products in Response to Climate Change

Songyi Han, Seungjung Shin, Jiwon Yoon, Seok-woo Hyun, Soonho Lee\*

Division of Food contaminants, National Institution of Food and Drug Safety, Cheongju, Korea

(Received October 16, 2024/Revised October 24, 2024/Accepted October 24, 2024)

**ABSTRACT** - The Ministry of Food and Drug Safety is executing a five-year research project called "Establishment of a Safety Management System for Marine Biotoxins" to determine a safety management system for marine biotoxins. This initiative aims to manage public health concerns by proactively addressing the emerging risks of climate change and the diversification of imported foods. By establishing a robust national management system and promptly responding to marine biotoxin incidents, this project aims to prevent the introduction of new toxins and ensure the safety of domestic seafood products, thereby contributing to food safety management in the Korean fishery industry.

**Key words:** Marine biotoxins, Food safety, Climate change, Food regulation, Seafood

기후 변화는 전 세계적으로 환경에 심각한 영향을 미치고 있으며, 특히 해양 생태계에서 그 변화가 두드러지게 나타나고 있다<sup>1)</sup>. 기온 상승과 함께 해양 온도가 상승하면서 해양 환경의 물리적, 화학적 변화가 초래되고 이는 우리나라의 농·수산물 생산에 다양한 영향을 주며 수산물을 섭취하는 사람에게도 심각한 위협이 될 수 있다. 특히 대한민국은 세계에서 수산물 소비가 많은 국가 중 하나<sup>2)</sup>, 해양 환경 변화가 수산물 안전성에 미치는 영향이 크기 때문에 이에 대한 선제적 대응이 필요하다.

해양생물독소는 식물성 플랑크톤, 미세조류, 어류, 해파리 등 해양 생물이 생성하는 독소를 통칭한다<sup>3)</sup>. 해양생물독소는 해양 환경에 자연적으로 존재하지만, 해수 온도 상승과 적조 발생 등 해양 환경 조건에 따라 그 농도가 증가해 인체에 치명적인 영향을 미칠 수 있다<sup>4)</sup>. 특히, 기후

변화로 인한 해양 생태계 변화는 기존에 알려진 독소의 발생 빈도를 높일 뿐만 아니라, 새로운 해양생물독소를 출현<sup>5)</sup>시키고 있어 이에 대한 과학적 연구와 체계적인 관리가 요구된다. 특히, 조류에 의해 생성된 독소는 상위 포식자의 아가미나 위장에 축적되어 해당 생물을 독화시키며, 먹이사슬을 통해 전이될 수 있다<sup>6)</sup>. 생물독소로 오염된 수산물을 사람이 섭취할 경우 식중독과 같은 위해 요인이 될 수 있으므로 안전하게 관리되어야 할 것이다.

식품의약품안전처는 기후 변화 및 수입 식품 다변화에 따른 위험 요소에 선제적으로 대응하고자 '수산물 중 해양생물 독소의 사전 예방적 안전관리'를 목표로, 신규 출현 가능 해양생물독소 뿐만 아니라 현재 관리하고 있는 분야까지 포함하여 '해양생물 독소의 선제적 대응을 위한 안전관리망 구축' 사업을 기획하였다. 이 사업은 현 정부의 국정 과제인 '안심 먹거리, 건강한 생활환경'과도 부합하며 지속 가능한 수산식품 산업 기반 조성과 생산에서 소비까지 전 단계에서 수산물 안전성 확보에 기초 자료가 될 것이다.

\*Correspondence to: Soon-ho Lee, Division of food contaminants, National Institution of Food and Drug Safety, Cheong-ju, 28159, Korea

Tel: +82-43-719-4251, Fax: +82-43-719-4250

E-mail: leesh13@korea.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.

### 기후변화와 해양생물독소

해수 온도의 상승은 독소를 생성하는 조류(algae)의 생

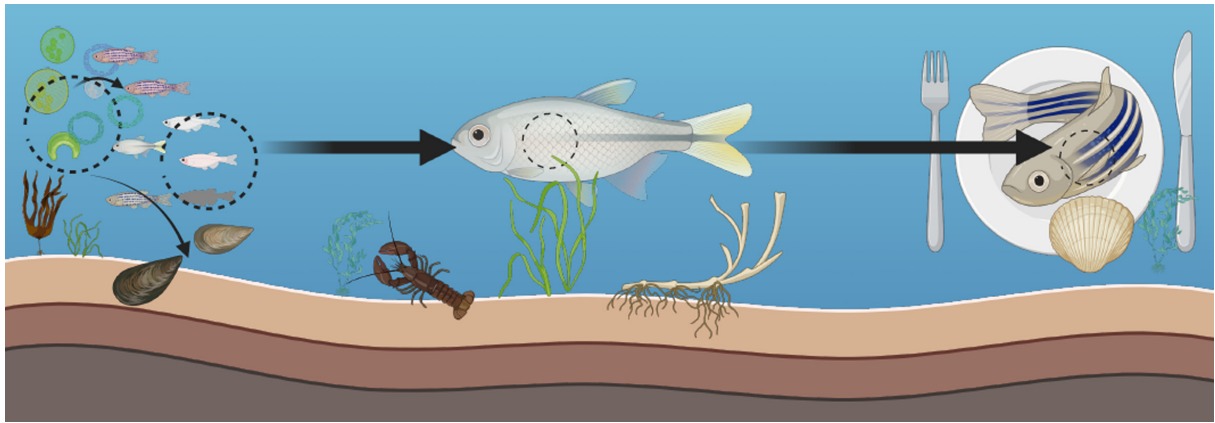


Fig. 1. Example of marine biotoxin biotransfer (created with BioRender).

육에 큰 영향을 미치며, 이는 독소 발생 빈도의 증가로 이어진다. 전 세계적으로 해수 온도가 1°C 상승할 때마다 유독성 조류의 번식률이 평균 10-20% 증가한다고 알려져 있다. 우리나라 해양에서 마비성 패류독을 생성하는 *Alexandrium spp.* 조류의 발생 빈도는 이와 직접적으로 관련이 있다<sup>8)</sup>. 또한, 해양 염분 농도의 변화, 해류 패턴의 변화, 그리고 영양 염류의 재분포와 같은 환경적 변화 역시 독소 생성에 영향을 미친다<sup>9)</sup>. 예를 들어, 태평양에서 발생한 엘니뇨가 우리나라 주변 해역의 해양 환경을 급격하게 변화시켜 신규 해양독소 생성 미생물이 번식할 수 있는 환경을 조성할 수 있다. 이러한 환경 변화는 기존에 드물게 발생했던 해양생물독소를 활성화시키거나, 새로운 독소의 출현을 촉발할 수 있다. 해양 생물 중 미세조류나 패류가 섭취한 신규 해양생물독소는 어류에 축적(Fig. 1)될 수 있으며, 이를 섭취한 사람에게 마비, 기억상실성 등 중독 증상을 유발할 수 있다.

해양생물독소는 증상에 따라 마비성, 설사성, 기억상실성, 신경성 등으로 구분하고 있으며, 이 외에도 신규 해양생물독소가 연구되고 있다.

마비성패류독소(paralytic shellfish poisoning, PSP)는 *Alexandrium sp.*, *Pyrodinium sp.* 및 *Gymnodinium catenatum* 등의 조류가 주로 생산하고 담수 남조류인 *Aphanizomenon flos-aquae*, *Anabaena circinalis*, *Lyngbya wollei* 및 *Cylindrospermopsis raciborskii* 등에서도 생산되며 전 세계적으로 광범위하게 관찰된다. 국내 연안의 마비성패류독 발생에는 *A. tamarense*가 주로 관여하는 것으로 보고되어 있으며, *A. tamarense* 밀도가 높아지면 패류의 독성도 높아지는 경향이 있다<sup>10)</sup>. 마비성패류독소는 수산물 섭취뿐만 아니라 상처를 통해서도 중독을 유발할 수 있으며 마비, 메스꺼움, 구토 등의 증상을 나타내고 심하면 사망에 이를 수 있다. 마비성패류독소에는 saxitoxin group (STX, neoSTX), gonyautoxin group (GTX1, 2, 3, 4), N-sulfocarbamoyl toxin group (GTX5, 6, C1, 2, 3, 4),

decarbamoyl toxin group (dcSTX, dcneoSTX, dcGTX1, 2, 3, 4), deoxydecarbamoyl toxin group (doSTX, doGTX2, 3) 등 20 종류 이상이 알려져 있다.

설사성패류독소(diarrhetic shellfish poisoning, DSP)는 *Dinophysis spp.*와 *Procentrum spp.* 등이 원인조류로 알려져 있고 중독증상은 구토, 메스꺼움, 복통, 설사 등 다양하게 나타나며, 간손상을 유발하기도 한다. 독소는 오카다익산(okadaic acid (OA))와 dynophysistoxins (DTXs), sulphated polyether, pectenotoxins (PTXs), yessotoxins (YTXs) 등이 알려져 있다.

기억상실성패류독소(amnesic shellfish poisoning, ASP)는 국내에서도 모니터링되고 있는 적조생물인 *Pseudonitzschia spp.*가 원인생물로 알려져 있으며 도모익산(domoic acid)이 있다.

이 외에도 미국 멕시코만에서 빈번하게 발생하고 최근에는 호주에서도 발생 사례가 보고되고 있는 신경성패류독(neurotoxic shellfish poisoning, NSP), 발생지점이 확대되는 아자스필산독(azaspiric acid poisoning, AZP), 시구아테라어독(CFP), 테트로도톡신(tetrodotoxin, TTX, 복어독) 등 해양생물로부터 검출되는 다양한 독소가 전 세계적으로 발생하고 있다(Table 1).

## 국내·외 안전관리 현황

### 국외

수산물 안전관리는 각국의 식품 안전 규제와 국제 협약을 바탕으로 체계적으로 이루어지고 있다. 미국, 캐나다, 유럽연합(European Union, EU), 중국, 일본과 같은 주요 국가들은 해양생물독소 오염 등에 대하여 생산 및 유통단계에서 모니터링하는 시스템을 운영하고 있다. 특히, 유럽 식품안전청(European Food Safety Authority, EFSA)과 미국 식품의약국(Food and Drug Administration, FDA) 등은 해양생물독소에 대한 리스크 평가와 신속 시험법 개발을

**Table 1.** Classification of marine biotoxins in aquatic products

구분	독소	원인조류	축적가능수산물									
PSP (마비성패독)	Carbamate	<ul style="list-style-type: none"> <li>· <i>Alexandrium</i> sp.</li> <li>· <i>A. acatenella</i></li> <li>· <i>A. andersoni</i></li> <li>· <i>A. angustitabulatum</i></li> <li>· <i>A. catenella</i></li> <li>· <i>A. cohorticula</i></li> <li>· <i>A. fundyense</i></li> <li>· <i>A. minutum</i></li> <li>· <i>A. ostenfeldii</i></li> <li>· <i>A. tamaremsae</i></li> <li>· <i>A. tamiyavanichi</i></li> <li>· <i>Cochlodinium polykrikoides</i></li> <li>· <i>Gymnodinium</i> spp.</li> <li>· <i>G. catenatum</i></li> <li>· <i>Pyrodinium</i> spp.</li> <li>· <i>Pyrodinium bahamense</i></li> <li>· <i>P. fundyense</i></li> </ul>	고등류, 게, 따개비, 새우, 바닷가재, 꼬막, 백합, 섭조개, 굴, 가리비, 홍합, 고등어, 밴댕이, 복어류, 꽁치, 대구, 악상어, 연어, 파랑비늘돔, 푸른바다거북, 오징어									
	N-sulfo-carbamoyl											
	Decarbamoyl											
	Deoxydecarbomoyl											
	Carbamoyl-N-hydroxy analogues											
	· STX											
	· Neosaxitoxin (neoSTX)											
	· Gonyautoxins (GTX1-4)											
	· GTX5-6											
	· C1-4											
DSP (설사성패독)	· Okadaic acid (OA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· <i>Dinophysis</i> spp.</li> <li>· <i>D. fortii</i></li> <li>· <i>D. acuminata</i></li> <li>· <i>D. acuta</i></li> <li>· <i>D. norvegica</i></li> <li>· <i>Prorocentrum</i> spp.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· <i>P. lima</i></li> <li>· <i>P. concavum</i></li> <li>· <i>P. micans</i></li> <li>· <i>P. minimum</i></li> <li>· <i>P. redfieldii</i></li> <li>· <i>Vulcanodinium rugosum</i></li> </ul>									
	· Sulphated polyether											
	· Pectenotoxins (PTXs)											
	· Yessotoxins (YTXs)											
	ASP (기억상실성패독)			· Domoic acid (DA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· <i>Pseudo-nitzschia</i> sp.</li> <li>· <i>P. australis</i></li> <li>· <i>P. delicatissima</i></li> <li>· <i>P. multiseriis</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· <i>P. pungens</i></li> <li>· <i>Nitzschia</i> spp.</li> <li>· <i>Amphora</i> spp.</li> <li>· <i>Alexandrium</i> spp.</li> </ul>						
				NSP (신경성패독)			· Brevetoxins (BTXs)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· <i>Gymnodinium breve</i></li> <li>· <i>Karenia brevis</i></li> <li>· <i>Chatonella marina</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· <i>Chatonella antiqua</i></li> <li>· <i>Fibrocapsa japonica</i></li> <li>· <i>Heterosigma akashiwo</i></li> </ul>			
							AZP (아자스필산독)			· Azaspiracid (AZA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· <i>Protoceratum crassipes</i></li> <li>· <i>Protoperidinium</i> spp.</li> </ul>	홍합, 담치, 굴, 조개류
										· AZA1-5		
										· Azadinium spp.		
	CFP (시구아테라)			· Ciguatoxin (CTX)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· <i>Azadinium</i> spp.</li> <li>· <i>A. spinosum</i></li> <li>· <i>Dinophysis acuta</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· <i>P. mexicanum</i></li> <li>· <i>P. rhathytum</i></li> <li>· <i>Ostreopsis lenticularis</i></li> <li>· <i>O. siamensis</i></li> <li>· <i>Thalassiosira eccentrica</i></li> </ul>	고등류, 조개류, 비늘돔, 붉바리, 농어류(그루퍼 등), 꼬치고기류, 도미류, 쥐치류, 전갱이류, 놀래기류, 장어류, 고등어					
Palytoxins (PITX)		· Palytoxin	<ul style="list-style-type: none"> <li>· <i>Ceratium</i> spp.</li> <li>· <i>Gambierdiscus toxicus</i></li> <li>· <i>Gambierdiscus</i> spp.</li> <li>· <i>Gymnodinium sangienseum</i></li> <li>· <i>Prorocentrum concavum</i></li> </ul>					게, 말미잘, 파랑비늘돔, 산호				
		Cyclic imines (CIs)							· Gymnodimines (GYMs)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· <i>Alexandrium ostenfeldii</i></li> <li>· <i>A. peruvianum</i></li> <li>· <i>Gymnodinium mikimotoi</i></li> <li>· <i>Karenia selliformis</i></li> </ul>	홍합, 굴, 가리비	
									· Pinnatoxins (PnTXs)			
									· Pteriatoxins (PtTXs)			
· Spirolides (SPXs)												
· Pectenotoxins (PTXs)												
· Yessotoxins (YTXs)												
Tetrodotoxin (TTX)	· Epi-tetrodotoxin · Deoxy-tetrodotoxin · 4,9-anhydrotetrodotoxin · Dideoxytetrodotoxin · Trideoxytetrodotoxin · Nortetrodotoxin	<ul style="list-style-type: none"> <li>· <i>Shewanella alga</i></li> <li>· <i>Listonella pelagia</i></li> <li>· <i>Alteromonas tetraodonis</i></li> <li>· <i>Alteromonas</i> spp.</li> <li>· <i>Pseudomonas</i> spp.</li> </ul>	복어류, 불가사리, 파란고리문어									

통해 선제적으로 대응하고 있다. 또한, 국제식품규격위원회(Codex Alimentarius)는 국제적으로 통용되는 수산물 안전 기준을 마련하고 기후변화로 인한 새로운 위험 요소에 대응하기 위하여 국제적으로 협력하고 있다.

**국내**

식품의약품안전처는 해양수산부와 협력하여 패류독소 중 독사고 발생 예방을 위해 해역 및 수산물을 관리하고 있다. 해양수산부 국립수산물과학원에서는 패류독소가 빈번하게 발생하는 해역을 지정하여 월 1회 이상 정기조사를 실시하고, 식품의약품안전처에서는 패류독소 기준 초과 발생 해역의 수산물 채취 및 출하를 금지하는 조치를 취하는 등 생산해역 관리를 하고 있다. 또한, 국립수산물과학원에서는 전국 연안의 수산물을 정기적으로 모니터링하고 있으며, 국립수산물품질관리원에서는 출하 전 수산물에 대해, 식품의약품안전처에서는 유통 중 수산물에 대해 패류독소 검사를 주기적으로 실시하는 등 꼼꼼하게 안전관리하고 있다.

우리나라의 해양생물독소(패독소)의 관리기준은 「식품의 기준 및 규격」(제2024-35호, 2024.7.10. 식품의약품안전처고시)에 명시되어 있으며 마비성 패독, 설사성 패독, 기억상실성 패독(도모익산), 복어독 등을 관리하고 있다. 먼저, 마비성 패독은 패류 및 피낭류(멍게,미더덕,오만둥이

등)에 0.8 mg/kg 이하를 기준으로 관리하고 있으며 설사성 패독은 이대패류 1 kg 중 오카다익산 당량(okadaic acid 및 dinophysistoxin-1, dinophysistoxin-2를 okadaic acid로 환산하여 합한 값)으로서 0.16 이하를 기준으로 기억상실성 패독은 패류 및 갑각류에서 도모익산으로 20 mg/kg 이하를 기준으로 관리하고 있다. 그 외 복어독 관리 기준은 육질 및 껍질 10 MU/g 이하로 규정하고 있으며, 식용가능한 복어에 대해 복섬(*Takifugu niphobles*, *Takifugu alboplumbeus*), 흰점복(*Takifugu poecilonotus*, *Takifugu flavipterus*) 등 총 21종의 명칭 및 그에 따른 학명을 명시하고 있다.

해양생물독소의 기준규격과 함께 시험법도 동 고시 제 8. 일반시험법 9. 유해물질 시험법에 명시되어 있으며, 패독소 시험 시료에 대한 규정은 증금속 시험 시료에 따라 처리하는 것을 원칙으로 하고 있다. 현재 마비성 패독류(복어독 포함)의 시험법은 마우스를 기본으로 한 시험법으로, 균질화한 검체를 추출한 뒤 상층액을 마우스 복강 내에 주사하여 치사 시간을 기준으로 mouse unit (MU, 체중이 20 g인 마우스를 15분 내에 사망에 이르게 하는 독량)를 산출하고, 희석 표준 용액의 농도를 반영하여 최종 마비성 패독의 검출 값을 산출한다. 설사성 패독 시험법은 이미패류의 패육을 취하여 메탄올로 추출한 후 okadaic acid, DTX-1, DTX-2에 각 독소에 해당하는 독성등가계수(toxic equivalency factors, TEFs)를 곱하고, 이들의 합계를

**Table 2.** Safety management organizations for fishery products worldwide

	생산단계	유통단계
미국	NOAA (해양대기청), FDA (식품의약국), NSSP, ISSC	
캐나다	Health Canada (보건부), CFIA (식품검사청)	
유럽(EU)	EFSA (유럽식품안전청), FVO (식품수의국), RASFF (식품/사료 신속 경보시스템)	
중국	MOA (농업부)	CFDA
일본	농림수산성	후생노동성
FAO/WHO	식품안전위원회 CODEX Alimentarius Commission	

NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration; FDA, Food and Drug Administration; NSSP, National Shellfish Sanitation Program; ISSC, Interstate Shellfish Sanitation Conference; CFIA, Canadian Food Inspection Agency; EFSA, European Food Safety Authority; FVO, Food and Veterinary Office; RASFF, Rapid Alert System for Food and Feed; MOA, Ministry of Agriculture; CFDA, China Food & Drug Administration.

**Table 3.** Domestic fisheries management agencies and their roles

	생산단계	유통단계
담당기관	해양수산부, 지자체(생산 담당 부서) 등	식품의약품안전처, 지자체(위생 담당부서) 등
관련법령	(법) 농수산물품질관리법(제60~68조) (고시) 수산물 안전성조사업무 처리요령	(법) 식품안전기본법, 식품위생법, 농수산물품질관리법 제68조 (고시) 식품의 기준 및 규격 수산물 유해물질 잔류조사 요령
역할	(해수부) 생산단계 안전성조사 세부추진계획 (수과원) 생산단계 패류독소 등 연구 (수품원) 생산단계 안전성조사 (지자체) 시도별 안전성 조사	(식약처) 수산물 안전관리 총괄 (지방청) 위해정보 기획단속 및 유통수산물검사 (지자체) 시도별 유통수산물 수거 검사

**Table 4.** Status of research on marine toxins

구분	독소	관리 독소 파악	원인 생물 연구	수산물 관리	표준 분석법 개발	관리 기준	표준품 확보 방안	신속 검출법 개발	이성질체 독성 연구	대체동물 시험법 개발
국내 관리 독소	PSP (마비성패독) DSP (설사성패독) ASP (기억상실성패독)	○	○	○	○	○	△	×	×	×
제외국 관리 독소	TTX (복어독) NSP (신경성패독) AZP (아자스필산독)									
국내 미관리 독소	PTX (팩테노톡신) YTX (예소톡신) CFP (시구아테라독)	○	△	△	△	×	×	×	×	×
미관리 신규 독소	Palytoxin (펠리톡신) 외 10종	△	△	×	×	×	×	×	×	×

오카다익산 당량(mg OA/kg)으로 계산하여 함량을 구한다. 기억상실성 패독의 경우 액체크로마토그래프-자외선 흡광 검출기를 사용하여 도모익산의 함량을 정량하고, LC-MS/MS를 활용하여 확인 시험까지 하도록 규정하고 있다. 다만 CODEX와 EU에서도 도모익산과 그 이성질체인 epi-도모익산의 합으로 검사가 이루어지고 있는 만큼, 액체 크로마토그래프에 사용되는 이동상 조건 및 기기 조건 등의 변경을 통해 시험법 개정을 추진 중에 있다.

### ‘해양생물독소 안전관리망 구축’ 연구사업의 목표 및 성과

‘해양생물 독소의 선제적 대응을 위한 안전관리망 구축’ 사업은 ‘수산물 중 해양생물독소의 사전 예방적 안전관리’를 목표로, 지속 가능한 수산식품 산업 기반을 조성하고 생산에서 소비까지 전 단계의 안전성을 확보할 수 있는 선제적 관리 방안을 마련하는 데 중점을 두고 기획되었다.

연구는 해양생물독소를 신규관리독소, 제외국 관리독소, 국내관리 독소로 크게 구분하고, 신규관리독소의 경우 이종교배 어종과 새로운 조류에서의 독소 발생 가능성을 염두에 두고 이종교배어종의 형태학적 분류 및 부위별 독소 분석을 통한 DB 확보, 새로운 조류 및 생물종에서의 독소 발생 연구, 미세조류로부터 신규 해양생물독소 표준품을 확보하는 연구로 구성하였다. 제외국 관리독소는 국내 수산물과 수입수산물에서 해당독소의 오염도조사 및 위해 평가를 통해 국내출현 가능성을 연구하며 국내에서 관리 중인 해양생물독소는 현 관리체계의 고도화를 목표로 관리독소의 이성질체까지 연구하여 동시 분석법 확립, 오염도 조사 및 위해평가를 통해 안전관리 기반을 마련하고 현장 활용성을 높일수 있는 신속 검출기술을 연구하는 것으로 구성하고 있다.

그 간 본 사업을 통해 복어보다 강력한 테트로도톡신을 가진 파란선문어가 국내에서 처음 발견되어 그 위험성을

알렸으며 우리 국민들이 많이 먹는 가리비나 소라 등을 안전하게 먹을 수 있도록 손질 방법을 제시하는 홍보자료를 배포한 바 있다. 또한, 설사성패류독소 시험법을 개선하여 「식품의 기준 및 규격」을 개정하였고, 기억상실성 패독소 등 시험법의 개정을 추진 중에 있다.

본 사업을 통해 도출된 성과는 향후 국내외 수산물 안전 관리의 중요한 기초 자료가 되며 다양한 측면에서의 효과가 기대된다.

기술적으로 국내 미관리독소 및 신규 해양생물독소에 대한 신속하고 정확한 시험법 개발은 국민에게 안전한 수산물을 제공하는 데 기여하고, 국내외 연구자들에게 중요한 과학적 자료로 활용될 것이다. 경제적으로는 수산물 섭취로 인한 위해 사고를 예방하며, 해양생물독소를 사전에 감지하고 관리할 수 있는 기술 개발이 식품 안전성을 높여 수산물 산업의 경쟁력을 강화하고, 안전한 수산물 공급을 통해 지역 경제 발전에도 긍정적인 영향을 미칠 것이다. 사회적 측면에서는 국민의 식품 안전에 대한 신뢰를 높이고, 안전한 수산물 관리 체계를 구축함으로써 국민들이 안심하고 해양 먹거리를 소비할 수 있는 환경을 조성하는데 의의가 있다.

### 향후 수산물 안전관리 방향

수산물 중 해양생물독소의 안전관리를 강화하기 위해서는 먼저, 신규 해양생물독소의 특성, 원인조류, 생장조건과 독소에 노출될 수 있는 수산물 등에 대한 기초 자료가 필요하다. 이와 함께 해당 독소를 정확하게 분석할 수 있는 시험법이 마련되어야 하며 분석할 때 사용하는 표준품도 구비되어야 할 것이다. 또한 이 독소가 실제 수산물을 섭취할 경우 사람에게 얼마나 위해한지, 관리가 필요한지 등의 정책 결정을 위한 과학적 근거 마련도 중요하다. 마지막으로, 생산 단계에서부터 독소를 신속하게 관리할 수 있도록 다양한 활용 방법 마련과 독소의 변형 여부에 대

한 추가 연구도 필요할 것이다.

현재 우리나라는 「식품의 기준 및 규격」에 따라 마비성 패독, 설사성 패독, 기억상실성 패독, 복어독 등 4종의 해양생물독소를 관리하고 있지만, 미국이나 유럽에서는 국내에는 기준이 없는 시구아톡신, 신경성 패독, 아자스필산, 예소톡신 등도 관리되고 있어 우리나라도 해양생물독소 관리 범위의 확대가 예상된다.

우리나라는 삼면이 바다로 둘러싸여 수산업이 경제에서 중요한 역할을 하고 농수산물의 자급율이 낮아 수입의존도가 높은 나라이다. 따라서 국내 연안에서 발생하는 해양생물독소뿐만 아니라 해외에서 발생하는 독소 사고에 신속하게 대응하고, 국내·외에서 관리되는 독소 및 신규 독소를 국가 차원에서 관리·감독하여 수산업의 경제적 피해를 예방하고 안정적인 생산 기반을 구축할 필요가 있다. 식품의약품안전처는 현재 추진중인 ‘해양생물 독소의 선제적 대응을 위한 안전관리망 구축’ 사업의 연구성과를 활용하여 새로운 해양독소의 유입과 피해를 방지하고, 수산물 안전관리 수준을 국제수준으로 향상시켜 국내 수산업의 안전을 강화하며, 수출 경쟁력 확보에도 기여할 것으로 기대된다.

### 국문요약

식품의약품안전처는 기후 변화 및 수입 식품 다변화에 따른 위험 요소에 선제적으로 대응하기 위해 신규 출현 가능 해양생물독소 뿐만 아니라 현재 관리하고 있는 분야까지 포함한 ‘해양생물 독소의 선제적 대응을 위한 안전관리망 구축’ 사업을 5년에 걸쳐 추진하고 있다. 이 사업을 통해 국내 연안에서 발생하는 해양생물독소 뿐만 아니라 해외에서 발생하는 독소 사고에 신속하게 대응함으로써 새로운 해양독소의 유입과 피해를 방지하고, 국내·외에서 관리되는 독소 및 신규 독소를 국가 차원에서 관리 감독할 수 있는 시스템을 마련하여 우리나라 수산물 안전관리 수준을 국제적으로 향상시켜 국내 수산업의 안전을 강화하고 수출 경쟁력 확보에도 기여할 것으로 기대된다.

### Conflict of interests

The authors declare no potential conflict of interest.

### ORCID

Songyi Han	<a href="https://orcid.org/0009-0007-1884-5166">https://orcid.org/0009-0007-1884-5166</a>
Seungjung Shin	<a href="https://orcid.org/0009-0009-2454-8111">https://orcid.org/0009-0009-2454-8111</a>
Jiwon Yoon	<a href="https://orcid.org/0000-0002-5041-5808">https://orcid.org/0000-0002-5041-5808</a>
Seok-Woo Hyun	<a href="https://orcid.org/0009-0005-9124-7766">https://orcid.org/0009-0005-9124-7766</a>
Soonho Lee	<a href="https://orcid.org/0009-0000-1144-3550">https://orcid.org/0009-0000-1144-3550</a>

### References

1. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014. Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Contribution of working group II to the fifth assessment report, Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp 62-99.
2. Food and Agriculture Organization (FAO), 2022. The state of world fisheries and aquaculture 2022. Towards blue transformation, FAO, Rome, Italy, pp. 11-17.
3. Jain, R., Camarillo, M.K., Stringfellow, W.T., 2014. Drinking water security for engineers, planners, and managers. Chapter 3 - threats, integrated water security series, Butterworth-Heinemann, Oxford, England, pp. 45-67.
4. Anderson, D.M., Glibert, P.M., Burkholder, J.M., Harmful algal blooms and eutrophication: nutrient sources, composition, and consequences. *Estuaries*, **25**, 704-726 (2002).
5. Wells, M.L., Trainer, V.L., Smayda, T.J., Karlson, B.S.O., Trick, C.G., Kudela, R.M., Ishikawa A., Bernard S., Wulff A., Anderson D.M., Cochlan, W.P., Harmful algal blooms and climate change: Learning from the past and present to forecast the future. *Harmful algae*, **49**, 68-93 (2015).
6. Neves, R.A., Nascimento, S.M., Santos, L.N., Harmful algal blooms and shellfish in the marine environment: an overview of the main molluscan responses, toxin dynamics, and risks for human health. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, **28**, 55846-55868 (2021).
7. Doney, S.C., Ruckelshaus, M., Duffy, J.E., Barry, J.P., Chan, F., English, C.A., Galindo HM, Grebmeier JM, Hollowed AB, Knowlton N, Polovina J, Rabalais NN, Sydeman WJ, Talley, L.D., Climate change impacts on marine ecosystems. *Annu. Rev. Mar. Sci.*, **4**, 11-37 (2012).
8. Kim, Y.O., Choi, J.M., Baek, S.H., Lee, M., Oh, H.M., Tracking *Alexandrium catenella* from seed-bed to bloom on the southern coast of Korea. *Harmful Algae*, **99**, 101922 (2020).
9. Fu, F.X., Tatters, A.O., Hutchins, D.A., Global change and the future of harmful algal blooms in the ocean. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **470**, 207-233 (2012).
10. Montoya, N.G., Carignan, M.O., Carreto, J.I., 2018. Alexandrium tamarense/catenella blooms in the southwestern atlantic: paralytic shellfish toxin production and its trophic transference. Plankton ecology of the southwestern atlantic: from the subtropical to the subantarctic realm, Springer, Cham, Switzerland, pp. 453-476.