pISSN 1229-1153 / eISSN 2465-9223 *J. Food Hyg. Saf.*
Vol. 36, No. 6, pp. 455~473 (2021)
https://doi.org/10.13103/JFHS.2021.36.6.455

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

Review

해양독소를 보유한 연체동물의 기관별 명칭과 생태학적 특성에 관하여

홍현기[1] · Nobuhisa Kajino[1] · 김현중[1] · 이완옥[1] · 이지현[2] · 최광식[1]*
[1]제주대학교 해양생명과학과 (BK21 FOUR) & 해양과학연구소
[2]중앙대학교 식품공학부 식품공학과

Anatomical and Ecological Characteristics of Marine Biotoxin-Bearing Mollusks

Hyun-Ki Hong[1], Nobuhisa Kajino[1], Hyoun Joong Kim[1], Wan Ok Lee[1], Jihyun Lee[2], Kwang-Sik Choi[1]*
[1]*Department of Marine Life Science (BK21 FOUR) and Marine Science Institute, Jeju National University, Jeju, Korea*
[2]*Department of Food Science and Technology, Chung-Ang University, Anseong, Korea*

(Received September 23, 2021/Revised December 14, 2021/Accepted December 14, 2021)

ABSTRACT - In order to aid the researchers who analyze the biotoxins in marine molluscs, this paper introduces the official names and ecological characteristics of the domestically produced or distributed bivalve and gastropods that can be contaminated with marine biotoxins. Also, the paper intends to inform the location and scientific name of each organ of the representative group of species through anatomical maps. In the future, it is necessary to standardize and normalize the names of the species and the research institutions in food codes, scholarly papers and reports on the marine biotoxin analysis.

Keywords: Marine biotoxins, Marine mollusks, Anatomy, Ecology

1. 해양생물 독소 종류와 독화 가능한 생물

수온상승과 같은 기후변화와 외래종의 유입으로 인하여 해양독소를 생성하는 미세조류(microalgae)들의 발생 범위가 전 세계적으로 확대되고 있다[1]. 미세조류에 의해 생성된 독소는 미세조류를 여과섭식(filter-feeding)하는 이매패류(bivalves)에 주로 축적이 되며, 독화된 이매패류를 사람이 다량 섭취할 경우 식중독 사고가 발생하게 된다. 또한 복어류에 주로 존재하는 tetrodotoxin (TTX)이 자연계의 많은 복족류(gastropods)에 존재하는 것이 밝혀짐에 따라 독화된 복족류의 섭취로 인한 TTX 중독 위험성이 증가하고 있다[2-4].

해양 생물독소(marine biotoxins)는 중독 증상에 따라 Paralytic Shellfish Poisoning (PSP, 마비성패류독소), Amnesic Shellfish Poisoning (ASP, 기억상실성패류독소), Diarrhetic Shellfish Poisoning (DSP, 설사성패류독소), Neurotoxic Shellfish Poisoning (NSP, 신경성패류독소), Ciguatera Fish Poisoning (CFP, 시구아테라어독)로 분류되고 있다[5]. 또한 독소의 화학구조에 따라 saxitoxin (STX), domoic acid (DA), okadaic acid (OA), pectenotoxin (PTX), yessotoxin (YTX), azaspiracid (AZA), brevetoxin (BTX), ciguatoxin (CTX), cyclic imine (CI), palytoxin (PITX)으로 나뉜다[6]. 이 외에도 복어독으로 잘 알려진 TTX가 소형 복족류, 불가사리, 파란고리문어(blue-ringed octopus), 부채게(xanthid crab) 등에서 검출되고 있다. 육식성 권패류 일부의 침샘(salivary gland)에 고농도로 함유되어 식중독을 유발하는 아민 일종인 tetramine도 있다. 현재 국내에서 관리하고 있는 해양 생물독소는 PSP, ASP, DSP, TTX으로 총 4종이다. 국외에서는 관리되고 있지만 국내에서는 관리하고 있지 않은 제외국 관리독소는 YTX, AZA, PTX, BTX, CTX으로 총 5종이다. 마지막으로 국내뿐만 아니라 국외에서도 관리하고 있지 않은 독소는 tetramine, PITX, CI이다.

이러한 해양 생물독소들이 검출되는 이매패류와 복족류들은 Table 1과 같다. 대부분의 독소들이 수산식품으로 이용되는 생물 종들에서 다량 검출되고 있고 있어, 독화된

*Correspondence to: Kwang-Sik Choi, Department of Marine Life Science (BK21 FOUR) and Marine Science Institute, Jeju National University, Jeju 63243, Korea
Tel: +82-64-756-3422, Fax: +82-64-756-3493
E-mail: skchoi@jejunu.ac.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.

Table 1. List of bivalves and gastropods shellfish found to contain marine biotoxins (modified from FAO 2004[1])

Toxin group	Bivalves					Gastropods
	Clams	Oysters	Mussels	Cockles	Scallops	
Paralytic Shellfish Poisoning (PSP)[1]	*Arctica islandica,* *Chamalea striatula* *Donax kindermanni* *Donax trunculus* *Ensis siliqua* *Hiatula diphos* *Leukoma staminea* *Mercenaria mercenaria* *Meretrix meretrix* *Mesodesma arctatum* *Mya arenaria* *Paphies subtriangulata* *Polititapes rhomboides* *Ruditapes philippinarum* *Saxidomus gigantea* *Saxidomus nuttalli* *Scrobicularia plana* *Siliqua patula* *Spisula solidissima* *Venerupis corrugata* *Venus verrucosa*	*Crassostrea gigas* *Ostrea edulis*	*Mytilus californianus* *Mytilus chilensis* *Mytilus edulis* *Mytilus galloprovincialis* *Pinna bicolor*	*Acanthocardia tuberculata* *Anadara broughtonii* *Cerastoderma edule* *Clinocardium nuttallii* *Tegillarca granosa*	*Argopecten irradians* *Azumapecten farreri* *Callista chione* *Crassadoma gigantea* *Mizuhopecten yessoensis* *Pecten albicans* *Pecten maximus* *Placopecten magellanicus*	*Argobuccinum pustulosum* *Buccinum* spp. *Colus* spp. *Concholepas concholepas* *Haliotis tuberculata* *Nassarius conoidalis* *Neverita didyma* *Thais* spp.
Amnesic Shellfish Poisoning (ASP)[1]	*Mya arenaria* *Ruditapes philippinarum* *Scrobicularia plana* *Siliqua patula* *Siliqua patula* *Venus verrucosa*	*Crassostrea gigas*	*Mytilus edulis* *Mytilus galloprovincialis*	*Cerastoderma edule*	*Argopecten irradians* *Azumapecten farreri* *Pecten maximus* *Pecten jacobaeus* *Placopecten magellanicus*	
Diarrheic Shellfish Poisoning (DSP)[7-17]	*Chamelea gallina* *Donax sp.* *Glycymeris glycymeris* *Macridiscus aequilatera* *Mactra chinensis* *Mesodesma donacium* *Meretrix meretrix* *Ruditapes decussatus* *Ruditapes philippinarum* *Siliqua patula* *Solen capensis* *Venerupis corrugata* *Venus verrucosa*	*Crassostrea gigas* *Ostrea* spp.	*Mytilus chilensis* *Mytilus coruscum* *Mytilus edulis* *Mytilus galloprovincialis* *Perna canaliculus* *Perna viridis*	*Acanthocardia tuberculate* *Cerastoderma edule*	*Aequipecten opercularis* *Azumapecten farreri* *Argopecten irradians* *Argopecten purpuratus* *Mizuhopecten yessoensis* *Pecten fumatus* *Pecten maximus*	*Neptunea cumingii* *Neverita didyma* *Rapana venosa*

Table 1. (Continued) List of bivalves and gastropods shellfish found to contain marine biotoxins (modified from FAO 2004[1])

Toxin group	Bivalves					Gastropods
	Clams	Oysters	Mussels	Cockles	Scallops	
Cyclic Imines (CI)[27-30]	*Ruditapes decussatus* *Spisula solida*	*Crassostrea gigas* *Ostrea edulis*	*Mytilus edulis* *Mytilus galloprovincialis* *Perna canaliculus*	*Cerastoderma edule*		
Neurotoxic Shellfish Poisoning (NSP)[18-26]	*Austrovenus stutchburyi* *Macrocallista nimbosa* *Mercenaria* spp.	*Crassostrea gigas* *Crassostrea virginica*	*Perna canaliculus*			*Cinctura hunteria* *Fulguropsis spirata* *Sinistrofulgur sinistrum* *Strombus alatus* *Triplofusus giganteus*
Tetrodotoxin (TTX)[31-55]	*Austrovenus stutchburyi* *Macrocallista nimbosa* *Mercenaria* spp.	*Crassostrea gigas*	*Mytilus chilensis* *Mytilus edulis* *Mytilus galloprovincialis*	*Acanthocardia tuberculata*	*Mizuhopecten yessoensis*	*Babylonia formosae* *Babylonia japonica* *Charonia lampus* *Nassarius conoidalis* *Nassarius glans* *Nassarius gruneri* *Nassarius livescens* *Nassarius papillosus* *Nassarius scalaris* *Nassarius sinensis* *Nassarius sufflatus* *Natica pseustes* *Natica vitellus* *Neverita didiyma* *Oliva hirasei* *Oliva miniacea* *Oliva mustelina* *Polinices mammilla* *Rapana rapiformis* *Rapana venosa* *Tanea lineata* *Umbonium suturale*
Tetramine[56,57]						*Buccinum leucostoma* *Fusitriton oregonensis* *Hemifusus tuba* *Neptunea amianta* *Neptunea antiqua* *Neptunea arthritica* *Neptunea constricta* *Neptunea cumingii* *Neptunea eulimata* *Neptunea intersculpta* *Neptunea lyrata*

어패류의 섭취로 인한 식중독의 위험성이 증가하고 있다. 이에 따라, 국내 관리독소 뿐만 아니라 제외국 관리독소와 신규독소에 대한 시험법 개발 및 국내 생산·유통 수산물에 대한 독소오염 실태조사가 진행되고 있다. 그러나 해양생물 독소를 분석하기 위한 식품공전, 학술논문 및 보고서에는 시험 생물 종(species) 뿐만 아니라 분석에 사용된 기관(organ)의 이름이 혼재되고 있다. 한 예로, 패류의 소화기관들이 모여 있는 부분은 연구자에 따라 내장, 중장선, 소화맹낭, 내장낭, 간췌장 등, 다양한 명칭으로 불리우고 있어, 기관별 명칭의 정확한 정의가 필요시되고 있다. 따라서 이 연구에서는 해양연체동물 내 독소를 연구하는 연구자들의 이해를 돕기 위하여, 국내 생산·유통 수산물 중 해양 생물독소에 오염될 수 있는 이매패류와 복족류 종들의 공식 명칭과 생태학적 특성을 소개하고 대표적인 생물군의 해부도를 통한 기관별 명칭을 알리고자 한다.

본 론

1. 해양 이매패류의 독화 메커니즘

이매패류(Phylum: Mollusca, Class: Bivalvia)는 부유물 섭식(suspension feeding) 또는 퇴적물 섭식(deposit feeding)을 통해 해수와 퇴적물 내 미세조류나 부유물질을 아가미를 통해 걸러먹는 여과 섭식자(filter feeder)이다. 이매패류의 체내로 독소가 유입되는 경로는 두 가지이다. 첫 번째는 해수 중 용존된 형태(dissolved phase)의 독소가 직접적으로 이매패류 체내로 유입될 수 있다. 두 번째는 독소를 함유하고 있는 세포나 입자물질(particular matter)이 체내로 유입되는 경우로, 대부분의 독소들이 이 경로를 통해 체내로 유입된다. 입수관(siphon) 또는 패각 사이를 통해 유입된 세포나 입자물질은 아가미(gills)를 통해 여과되면서 순판(labial palp)을 통해 입(mouth)으로 모인다. 입으로 들어간 먹이 입자는 식도(esophagus), 위(stomach), 소화맹낭(digestive gland), 장(intestine) 등을 거쳐 소화된 후 노폐물은 항문(anus)과 출수관(exhalant siphon)을 통해 배출된다(Fig. 1).

이매패류 체내로 유입된 독성 미세조류는 다른 여과 물질들과 함께 세포외 소화(extracellular digestion)와 세포내 소화(intracellular digestion)된다. 세포외 소화는 위의 후방에 위치한 투명한 곤봉 모양의 당면체(crystalline style)라는 기관이 담당한다. 당면체는 수많은 섬모를 이용한 회전운동을 통해 미세조류들을 점액질 형태로 모은 후, 위벽에 있는 키틴질 형태의 gastric shield와 부딪히며 미세조류들을 작은 입자로 분해시킨다. 그리고 당면체에는 세포벽을 분해할 수 있는 소화효소(digestive enzyme)들이 포함되어 있어 위 속의 미세조류들을 분해하여 소화흡수를 돕는다.

위에서 세포외 소화를 통해 부분적으로 소화된 물질들은 소화맹낭으로 이동되어 세포내에서 소화 및 흡수가 이루어진다. 소화맹낭 내 소화세포는 식세포작용(phagocytosis) 또는 음세포작용(pinocytosis) 등을 통해 물질들을 세포 안으로 운반한 뒤 리소좀(lysosome)이나 엔도좀(endosome)

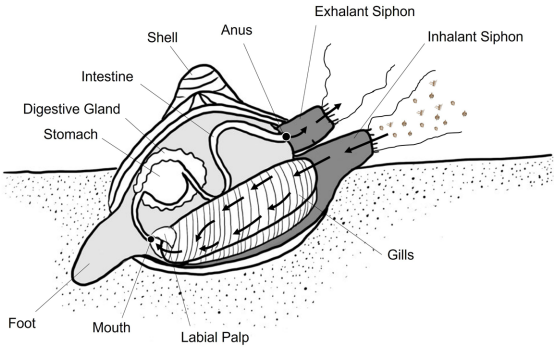

Fig. 1. Filter feeding mechanism of bivalves (Inhalant siphon → Gills → Labial palp → Mouth → Stomach → Digestive gland → Intestine → Anus → Exhalant siphon)

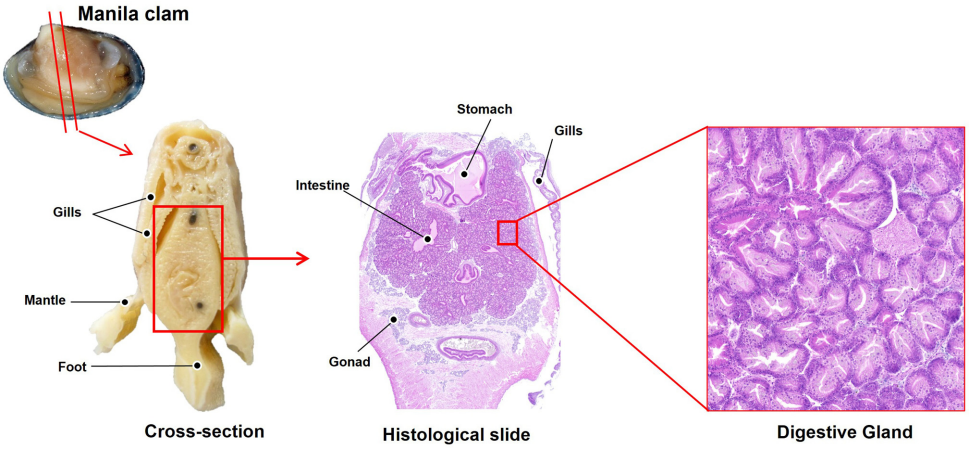

Fig. 2. Histological structure of the digestive gland of Manila clam

과 융합하여 소화가 된다. 이러한 경로를 통해 독소가 이매패류 소화맹낭 내 소화세포에 축적될 수 있다. 실제로 Guéguen 등[58]은 담치류의 소화맹낭 내 소화세포의 리소좀에 설사성 패독인 okadaic acid가 다량 축적되어 있는 것을 확인하였다.

이매패류의 소화맹낭은 세포외 및 세포내 소화가 일어나는 기관으로 독소들이 가장 많이 축적되는 곳이다. 설사성 패독인 okadaic acid가 소화맹낭 내에 가장 많이 축적되어 있음이 담치류 *Mytilus galloprovincailis*[59], *M. edulis*[60-63], 가리비류 *Argopecten irradians*[64], *Pecten fumatus*[65], 백합류 *Spisula solida*[66], 새조개류 *Donax trunculus*[66], 키조개류 *Pinna bicolor*[65] 등의 많은 이매패류들에서 보고되었다. Blanco 등[67]은 백합류인 *Mesodesma donacium*에서 다른 육질부에 비해 소화맹낭에서 pectenotoxins (PTX2, PTX2sa) 이 10배 이상 축적되어 있음을 확인하였다.

2. 독화 가능한 수산물 목록

독성 미세조류 섭이를 통해 독화될 수 있는 수산물은 여과섭식을 하는 연체동물문(Phylum Mollusca) 중 이매패강(Class Bivalvia)와 복족강(Class Gastropoda)이다(Fig. 3). 이매패류 중에는 홍합과(Family Mytilidae), 돌조개과(Family Arcidae), 굴과(Family Ostreidae), 키조개과(Family Pinnidae), 가리비과(Family Petinidae), 새조개과(Family Cardiidae), 백합과(Family Veneridae), 및 개량조개과(Family Mactridae)가 있다. 복족류 중에서는 물레고둥과(Family Buccinidae)와 뿔소라과(Family Muricidae)가 있다[68,69].

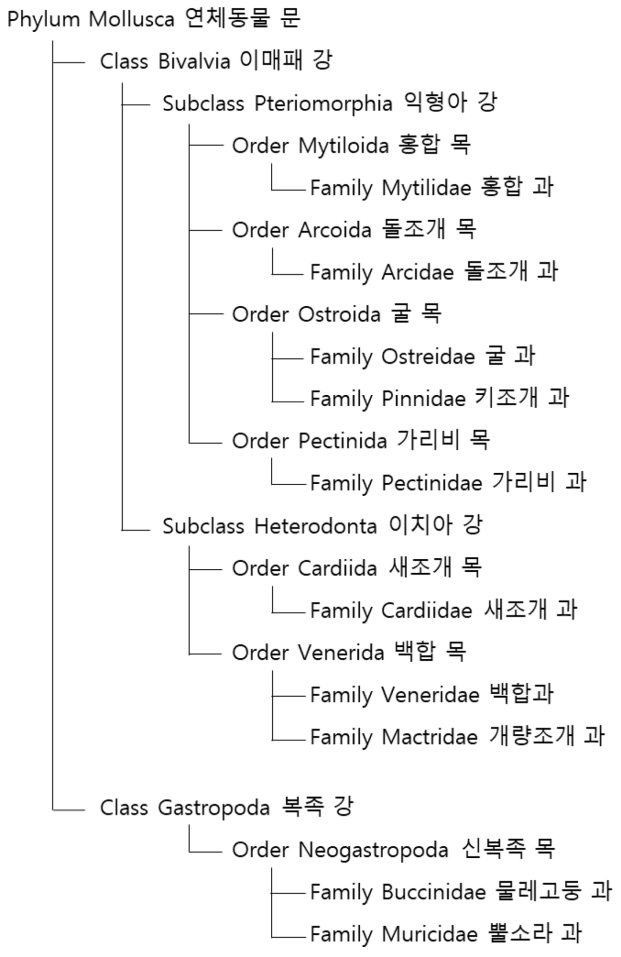

Fig. 3. Classification of marine mollusks bearing marine biotoxins

가. 이매패류(Bivalvia)

1) 홍합 목(Order Mytilida), 홍합 과(Family Mytilidae)

① 지중해담치(Fig. 4)

- 학명: *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819
- 영명: Mediterranean mussel
- 유사어: 진주담치
- 생태학적 특성: 지중해담치는 유럽남부 지중해 특산종으로 2차 세계대전 혹은 6·25 기간 중 우리나라에 유입된 것으로 추정되고 있다. 우리나라 남해안 환경에 잘 적응하여 현재 여수 가막만, 마산 등지에서 널리 양식되고 있으며, 적응력이 강하여 동해안에서도 발견된다.
- 독소 오염현황: 국내에서는 1986과 1996년데 PSP에 오염된 지중해담치를 먹고 사망한 사례가 처음 발생하였으며[70,71], 그 이후에도 남해안 진해-마산만, 거제연안 등에서 서식하는 지중해담치에서 saxitoxin 및 그 유사체들이 지속적으로 검출되고 있다[72-74]. 국외의 경우, 지중해담치에서 PSP 이외에도 ASP[1], DSP (azaspiracid[8,17], pectenotoxin[10]), CI[28,29], 및 TTX[32]의 독소들이 검출되고 있다.

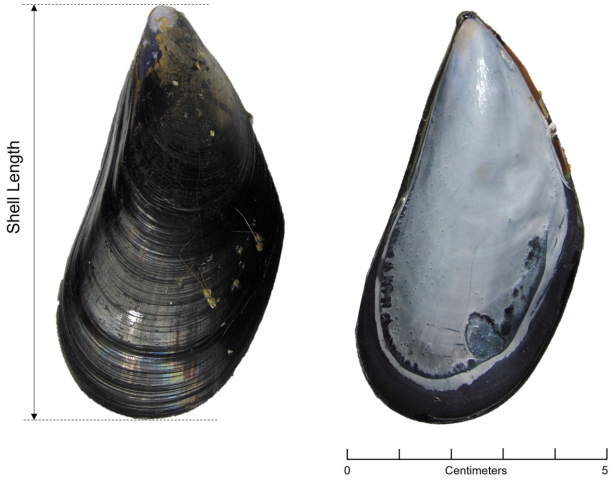

Fig. 4. Exterior (left) and interior (right) shell morphology of *Mytilus galloprovincialis*

② 홍합(Fig. 5)

- 학명: *Mytilus coruscus* Gould, 1861
- 영명: Korean mussel, hard-shelled mussel
- 유사어: 참담치, 섭

- 생태학적 특성: 홍합은 우리나라 전 연안과 추자도의 수심 5-10 m의 암반 조하대 바위 표면에 집단으로 서식하고 있다. 지중해담치가 우리나라 연안에 유입되기 이전까지 국내에서 생산된 홍합은 모두 *M. coruscus*로 추정된다. 홍합은 최대 15 cm까지 자라는 대형 종으로 지중해담치의 최대 크기 7-8 cm보다 2배나 크다.

- 독소 오염현황: 홍합에서 해양 생물독소가 검출된 국내외 사례는 아직까지 없다. PSP 원인생물체인 와편모조류 *Alexandrium tamarense*를 홍합에게 먹이로 공급하였을 때 체내에 마비성패독이 축적되는 것을 확인한 사례는 있었으나, 축적되는 양은 지중해담치보다 1/3 수준으로 낮았다[75].

2) 돌조개 목(Order Arcida), 돌조개 과(Family Arcidae)

① 피조개(Fig. 6)

- 학명: *Anadara broughtonii* Schrenck, 1867
- 영명: Blood clam, Blood cockle, Ark clam
- 유사어: 큰피조개
- 생태학적 특성: 우리나라 전 연안의 수심 5-50 m 깊이의 뻘이나 모래질에 주로 서식하며, 남해의 득량만, 여자만, 강진만, 거제만 등에서 대량 양식되고 있다. 피조개는 일반 이매패류와는 달리 호흡색소(respiratory pigment)가 헤모시아닌(hemocyanin)이 아닌 헤모글로빈(hemoglobin)이라 육질부가 붉은색을 띄는 blood cockles 중 하나이다.

- 독소 오염현황: 일본 Seto 내해에 채집된 피조개에서 PSP가 검출된 사례가 있다[76]. 국내에서는 2020년 식품의약품안전처에서 봄철 수산물 대상으로 패류독소 검사 결과, 시중에 판매중인 피조개에서 PSP가 기준치인 0.8 mg/kg를 초과한 1.4 mg/kg이 검출된 사례가 있다.

② 새꼬막(Fig. 7)

- 학명: *Anadara kagoshimensis* Tokunaga, 1906
- 영명: Blood clam, Blood cockle, Ark clam
- 유사어: 새고막, 피조개
- 생태학적 특성: 우리나라 전 연안의 조간대부터 수심 10 m 사이의 뻘에 서식하며, 남해 여자만에서 주로 양식되고 있다. 피조개와 함께 육질부가 붉은색을 띠는 blood cockle 중 하나이다.

- 독소 오염현황: 새꼬막에서 해양 생물독소가 검출된 국내·외 사례는 아직까지 없다.

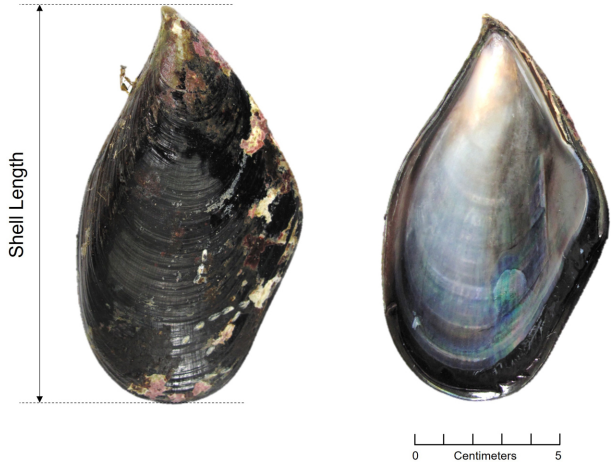

Fig. 5. Exterior (left) and interior (right) shell morphology of *Mytilus coruscus*

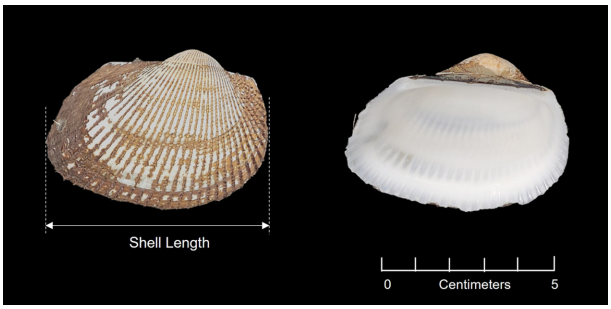

Fig. 6. Exterior (left) and interior (right) shell morphology of *Anadara broughtonii*

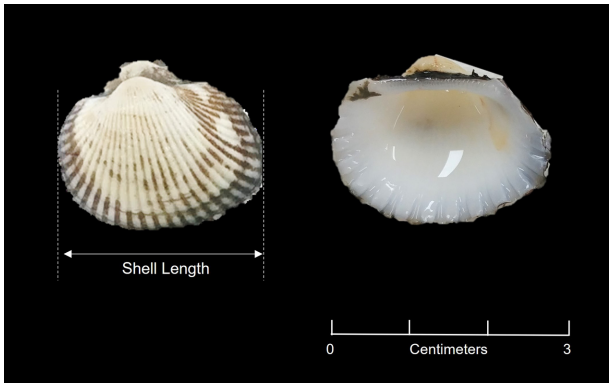

Fig. 7. Exterior (left) and interior (right) shell morphology of *Anadara kagoshimensis*

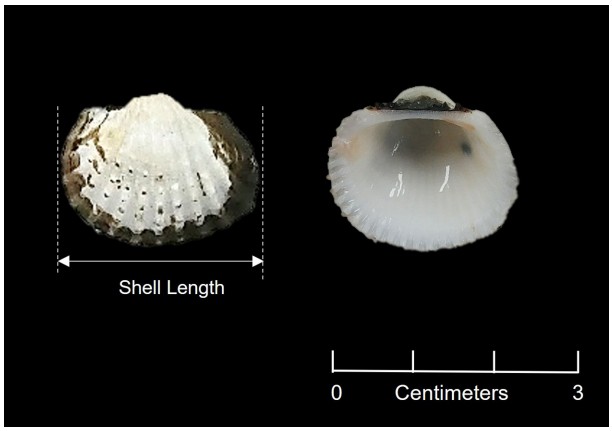

Fig. 8. Exterior (left) and interior (right) shell morphology of *Tegillarca granosa*

③ 꼬막(Fig. 8)

- 학명: *Tegillarca granosa* Linnaeus, 1758
- 영명: blood clam, blood cockle, ark clam
- 유사어: 참꼬막, 똥꼬막, 고막
- 생태학적 특성: 우리나라 전 연안의 조간대부터 수심 10 m 사이의 뻘에 서식하며, 남해안 여자만 대량 양식되고 있다. 피조개와 새꼬막과 함께 육질부가 붉은색을 띠는 blood cockle 중 하나이다. 피조개와 새꼬막과 비교할 때 크기가 작고 패각 표면의 방사륵(放射肋) 수가 10-15개 정도로 새꼬막(40-50개) 보다 현저히 적으며, 굵은 것이 특징이다.
- 독소 오염현황: 꼬막은 인도네시아[77], 말레이시아[78], 태국[79] 등의 동남아시아 지역에서 PSP 오염실태가 보고되었다. 국내에서는 수산시장에서 유통되는 꼬막에서 PSP 오염이 보고되었다[80].

3) 굴 목(Ordre Ostreoidae), 굴 과(Family Osteridae)

① 굴(Fig. 9)

- 학명: *Crassostrea gigas* Thunberg, 1793
- 영명: Pacific oyster, Pacific cupped oyster, Japanese oyster
- 유사어: 참굴, 석화
- 생태학적 특성: 우리나라, 일본, 중국, 프랑스, 미국 서부 태평양연안에서 양식되고 있으며, 우리나라 남해안 내만에서 수하식으로 대량 양식되고 있다. 주요 양식 어장은 경남 통영, 거제 한산만, 여수 가막만 등이다.
- 독소 오염현황: 굴은 PSP[1], ASP[1], DSP (pectenotoxin[10], azaspiracids[17]), NSP (brevetoxin[22]) 등의 패류독소들 뿐만 아니라 CI[28,29], TTX[34]도 오염사례가 다수 보고되었다. 국내에서는 PSP[72,80], DSP (okadaic acid, dinophysistoxin, pectenotoxin, yessotoxin)[81]의 오염실태가 보고되어 있다.

4) 굴 목(Order Ostreoidae), 키조개 과(Family Pinnidae)

① 키조개(Fig. 10)

- 학명: *Atrina pectinata* Linnaeus, 1767

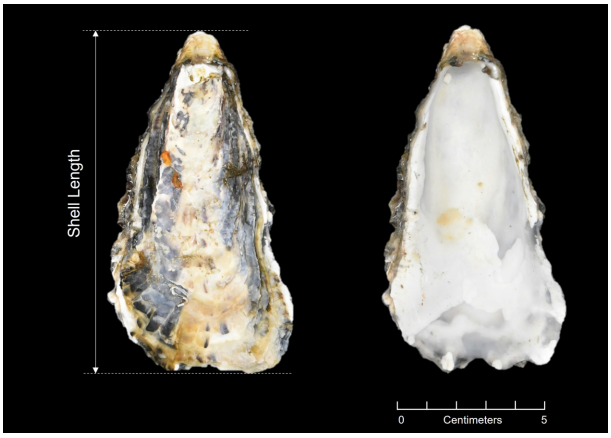

Fig. 9. Exterior (left) and interior (right) shell morphology of *Crassostrea gigas*

- 영명: Comb pen shell
- 유사어: 개두, 게이지, 게지, 채이조개, 챙이조개, 치조개, 가시개두키조개, 치조개
- 생태학적 특성: 우리나라를 비롯한 인도 태평양, 인도양 및 대서양의 얕은 조하대의 부드러운 저질에 서식하는 종으로, 우리나라에서는 남해안의 진해만, 여자만, 득량만과 서해안의 천수만, 군산연안 등의 수심 약 5 m 이상의 깊은 뻘 바닥에 무리지어 서식하고 있다. 특히, 키조개는 폐각근(adductor muscle, 관자)을 식용으로 이용하는 인기있는 수산물 중 하나이다.
- 독소 오염현황: 키조개는 대만[82]과 필리핀[83]에서 PSP 오염사례가 보고되었으며, 일본에서는 cyclin imine 독소인 pinnatoxin[84]이 검출되었다. 국내에서는 식품의약품안전처의 패류독소 검사에 의해 키조개에서 기준치를 초과한 패류독소들이 검출되기도 한다.

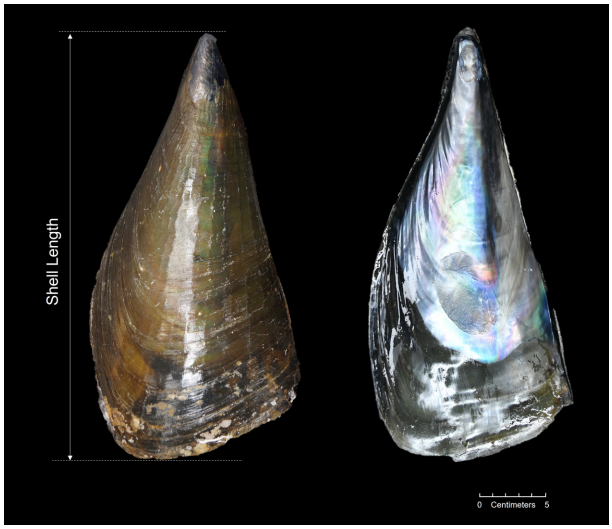

Fig. 10. Exterior (left) and interior (right) shell morphology of *Atrina pectinate*

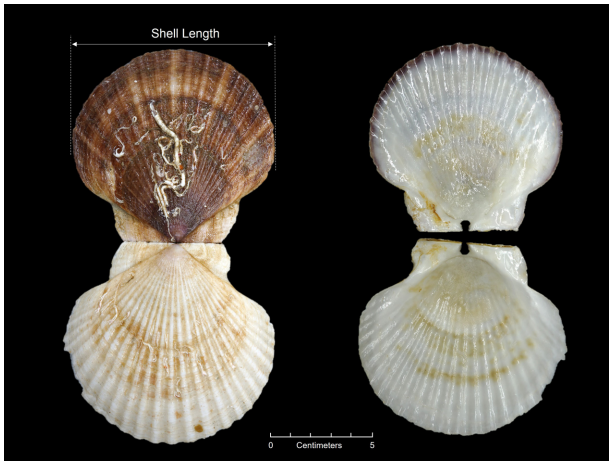

Fig. 11. Exterior (left) and interior (right) shell morphology of *Mizuhopecten yessoensis*

5) 가리비 목(Order Pectinida), 가리비 과(Fmaily Pectinidae)

① 큰가리비(Fig. 11)

- 학명: *Mizuhopecten yessoensis* Jay, 1857
- 영명: Yesso scallop, Japanese scallop
- 유사어: 참가리비, 밥조개
- 생태학적 특성: 냉수성 이매패류로 일본 홋카이도 지방과 중국 산동성지역에서 대량 양식되고 있다. 우리나라의 경우 동해안에서 일부 양식되지만 그 생산량이 매우 적어 대부분 중국과 일본에서 수입되고 있다.
- 독소 오염현황: 큰가리비는 PSP[1)], DSP (okadaic acid[13)], azaspiracid[8)], dinophysistoxin[12,13)], pectenotoxin[12,13)], yessotxin[13)]), TTX[32)]의 오염 사례가 보고되어 있으며, 국내에서는 PSP[85)]와 DSP (okadaic acid, dinophysistoxin, petenotoxin, yessotoxin)[86)]의 오염실태가 보고된 바 있다.

② 파래가리비(Fig. 12)

- 학명: *Azumapecten farreri* Jones & Preston, 1904
- 영명: Farreri's scallop
- 유사어: 비단가리비
- 생태학적 특성: 우리나라 서해안 및 남해안 조간대부터 수심 10 m 사이의 바위나 자갈 바닥에 분포하며, 특히 서해 백령도, 연평도 인근에서 많이 어획된다. 중국 산동성 지역에서 대량 양식되고 있으며, 시판되는 파래가리비는 대부분 중국에서 수입된 것이다.
- 독소 오염현황: 파래가리비는 PSP[1)], ASP (domoic aicd[89,92)]), DSP (okadaic acid[87,88)], dinophytoxin[87,88)], petenotoxin[10)], yessotoxin[90)], azaspiriacid[91)])의 오염이 보고되었으며, 국내에서는 PSP[93)]와 ASP[94)]의 오염이 보고되었다.

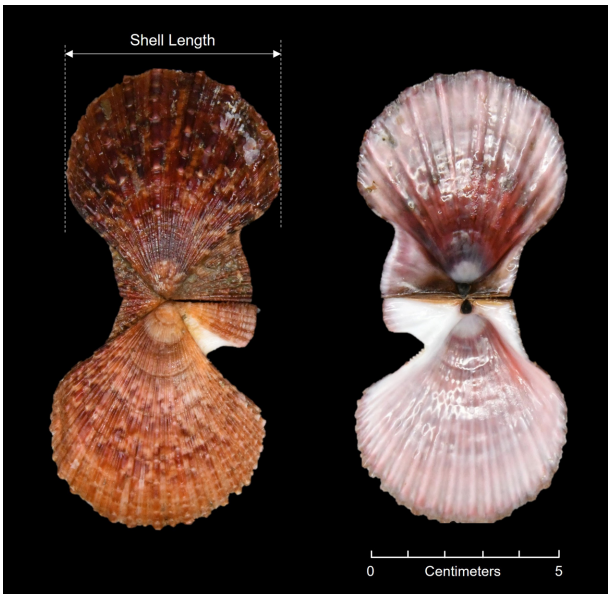

Fig. 12. Exterior (left) and interior (right) shell morphology of *Azumapecten farreri*

③ 대서양해만가리비(Fig. 13)

- 학명: *Argopecten irradians* Lamarck, 1819
- 영명: Atlantic bay scallop, Bay scallop
- 유사어: 해만가리비, 홍가리비
- 생태학적 특성: 북아메리카 대서양이 원산지이며 1986년 북아메리카에서 중국으로 이식되어 대량 양식이 이루어진 품종이다. 성장이 빨라 중국을 거쳐 국내에 도입되어 경남 통영과 고성에서 양식되고 있다. 경남 통영과 고성에서 양식되어 홍가리비라는 이름으로 판매되고 있는 소형 가리비도 북아메리카 대서양이 원산지인 해만가리비류의 개량종으로 외래종에 속한다.
- 독소 오염현황: 대서양해만가리비에서는 PSP[1,95)], ASP[1,96)], DSP (okadaic acid[96)], pectenotoxin[10)])의 오염이 보고되었으며, 국내에서는 PSP[97,98)]의 오염만이 보고되었다.

6) 백합 목(Order Venerida), 백합 과(Family Veneridae)

① 바지락(Fig. 14)

- 학명: *Ruditapes philippinarum* A. Adams & Reeve, 1850
- 영명: Manila clam, Japanese littleneck clam, Japanese carpet shell

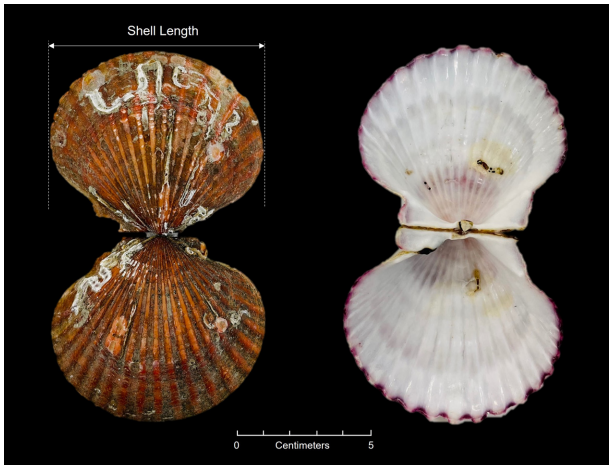

Fig. 13. Exterior (left) and interior (right) shell morphology of *Argopecten irradians*

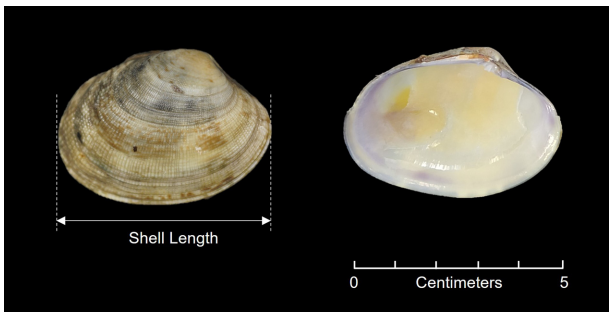

Fig. 14. Exterior (left) and interior (right) shell morphology of *Ruditapes philippinarum*

- 유사어: 반지락, 반지래기, 빤지락, 모시조개, 바스레기
- 생태학적 특성: 바지락은 황해의 고유종으로 우리나라 전 연안을 비롯하여 베트남 북부에서 오호츠크해의 조간대까지에 분포한다. 바지락은 우리나라에서 서해안과 남해안 조간대에서 양식되고 있으며, 굴과 지중해담치 다음으로 많이 생산되는 수산업적으로 매우 중요한 패류 자원이다.
- 독소 오염현황: 바지락은 PSP[1,99], ASP[1,92,100,101], DSP (okadaic acid[102], hinophysistoxin[102], petenotoxin[10,102], yessotoxin[91,102], azaspiracid[102,103])의 패류독소 오염이 보고되었다. 국내에서도 PSP[105], ASP[106], DSP (okadaic acid, dinophysistoxin, petenotoxin, yessotoxin)[107]의 오염이 보고되어 있다.

② 개조개(Fig. 15)
- 학명: *Saxidomus purpurata* Sowerby II, 1852
- 영명: Purple butter clam
- 유사어: 대합
- 생태학적 특성: 개조개는 우리나라, 일본 북해도 남부부터 큐슈 및 중국 대륙 연안까지 넓게 분포하는 종으로 조간대부터 수심 40 m의 모래나 자갈이 섞인 진흙에 서식한다. 우리나라의 경우 남해안 통영에서 주로 생산되고 있지만, 그 생산량이 급감하여 현재는 대부분 중국에서 수입되고 있다.
- 독소 오염현황: PSP 독소인 saxitoxin은 1957년 개조개와 같은 속에 속하는 *Saxidomus giganteus*에서 분리·정제한 독소로 이 종의 속명을 따서 명명하였다. 개조개 *S. purpurata*에서는 일본에서 PSP 오염이 보고된 적이 있으나[108], 다른 해양 생물독소들은 현재까지 보고되지 않았다. 국내에서는 마비성패류독소 검사 결과 기준치인 0.8 mg/kg 이하로 낮게 보고되었다.

③ 말백합(Fig. 16, 17)
- 학명: *Meretrix petechialis* Lamarck, 1818
- 영명: spotted hard clam
- 유사어: 백합, 상합, 생합
- 생태학적 특성: 우리나라에 주로 서식하는 백합류는

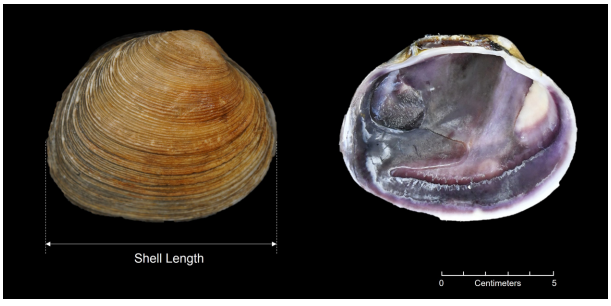

Fig. 15. Exterior (left) and interior (right) shell morphology of *Sasidomus purpurata*

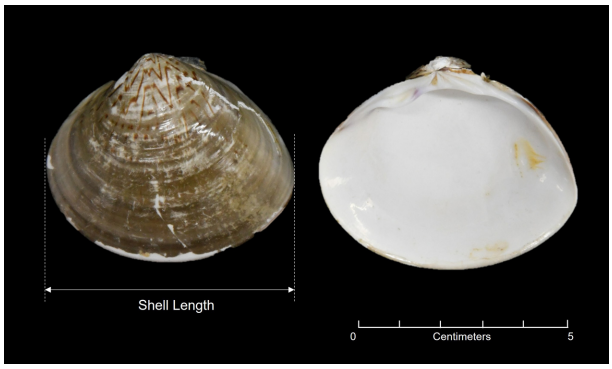

Fig. 16. Exterior (left) and interior (right) shell morphology of *Meretrix petechialis*

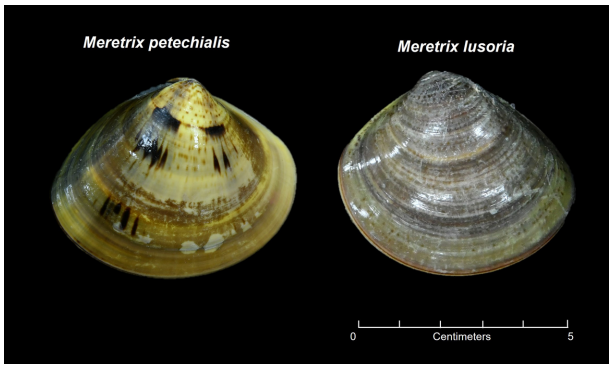

Fig. 17. Shell morphology of *Meretrix petechialis* and *M. lusoria*

백합(*M. lusoria*)과 말백합(*M. petechialis*)으로 우리나라 전 연안에 걸쳐 광범위하게 분포하며 특히, 내만 강하구 가까운 천해 조간대에 많이 서식한다. 말백합은 패각에 톱니 모양의 무늬가 있는 것이 특징이다.
- 독소 오염현황: 현재까지 말백합과 백합에서 해양 생물독소 오염실태가 보고된 사례는 없다. 그러나 같은 속에 속하는 *Meretrix meretrix*에서 PSP[109] 및 DSP (okadaic acid, dinophysistoxin, petenotoxin, yessotoxin)[109]의 오염실태가 보고되었다. 국내에서 실시하는 마비성패류독소(PSP) 검사에서 기준치 이하로 검출되고 있으며, 설사성패류독소(DSP) 검사에서 domoic acid가 검출되지 않았다[110].

④ 가무락조개(Fig. 18)
- 학명: *Cyclina sinensis* Gmelin, 1791
- 영명: Chinese cyclina, Venus clam
- 유사어: 모시조개, 참모시, 검정조개, 까막, 까막조개
- 생태학적 특성: 홍해에서부터 필리핀, 중국, 대만, 일본 오키나와와 혼슈, 우리나라에 걸쳐 조간대부터 수심 20 m 사이의 모래펄에 주로 서식한다. 우리나라의 주 생산지는 인천, 경기, 충남, 전북 지역이다. 가무락은 패각이 검다고 하여 가무락이란 이름이 붙여졌다.

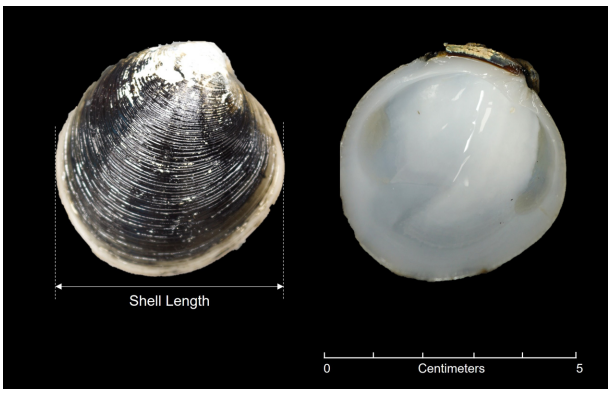

Fig. 18. Exterior (left) and interior (right) shell morphology of *Cyclina sinensis*

- 독소 오염현황: 중국의 가무락조개에서 PSP가 기준치를 초과한 사례가 보고된 바 있다[111]. 국내에서 실시하는 PSP 검사에서 기준치 이하로 검출되고 있으며, DSP인 domoic acid 검사에서 불검출 되었다[112].

7) 백합 목(Order Venerida), 개량조개 과(Family Mactridae)

① 동죽(Fig. 19)

- 학명: *Mactra quadrangularis* Reeve, 1854
- 영명: Venus mactra
- 유사어: 동조개, 동죽조개
- 생태학적 특성: 동죽은 한국, 일본, 중국 등에 분포하고 있으며, 우리나라의 경우 서해와 남해 연안의 조간대부터 수심 20 m 사이의 모래나 뻘에 서식한다.
- 독소 오염현황: 동죽에서 해양 생물독소 오염실태가 보고된 국·내외 사례는 현재까지 없다.

8) 새조개 목(Order Cardiida), 새조개 과(Family Cardiidae)

① 새조개(Fig. 20)

- 학명: *Fulvia mutica* Reeve, 1844
- 영명: Japanese cockle
- 유사어: 갈매기조개, 도리가이, 오리조개

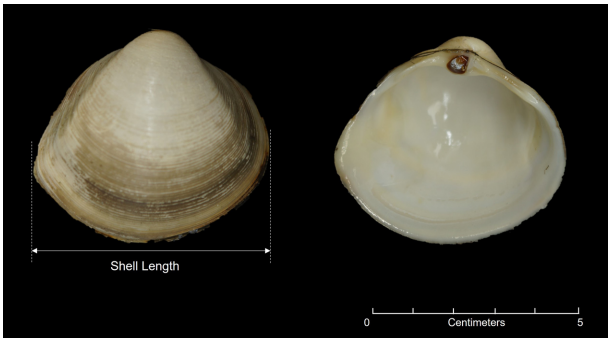

Fig. 19. Exterior (left) and interior (right) shell morphology of *Mactra quadrangularis*

- 생태학적 특성: 새조개는 한국, 동중국해, 홍콩 및 일본 등에 분포한다. 우리나라의 경우 남해안 진해만, 가막만, 득량만 일대와 서해안의 천수만 해역의 수심 10-30 m 깊이의 사니질에 주로 서식한다.
- 독소 오염현황: 새조개는 일본에서 PSP[113]에 오염 실태를 보고하였으며, 다른 해양 생물독소들의 오염은 보고되지 않았다.

나. 복족류(Gastropoda)

1) 물레고둥 과(Family Buccinidae)

① 갈색띠매물고둥(Fig. 21)

- 학명: *Neptunea cumingii* Crosse, 1862
- 영명: Neptune whelk
- 유사어: 삐뚤이소라, 비뚤이고둥, 흑매물고둥, 서해바다골뱅이
- 생태학적 특성: 갈색띠매물고둥은 우리나라의 서남해안, 일본, 중국의 조하대 수심 50 m까지 암반 및 니질에 군집하여 서식한다. 주로 조개나 바위에 붙은 굴, 죽은 바닷물고기를 먹는 육식성이다.
- 독소 오염현황: 갈색띠매물고둥을 포함한 명주매물고둥(*N. constricta*), 조각매물고둥(*N. intersculpta*), 관절매물

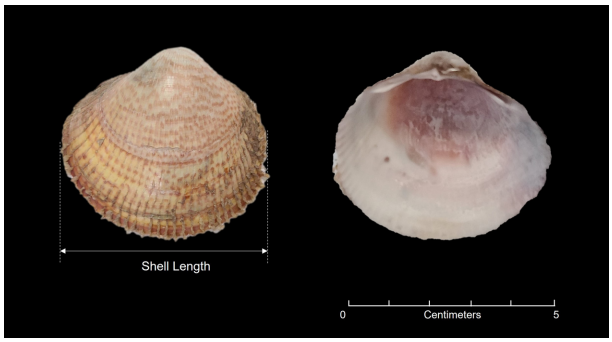

Fig. 20. Exterior (left) and interior (right) shell morphology of *Fulvia mutica*

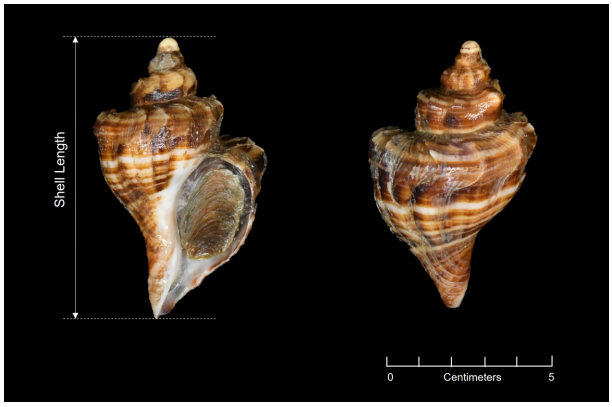

Fig. 21. Shell morphology of *Neptunea cumingii*

고둥(*N. arthritica*) 등의 물레고둥 과에 속하는 육식성 고둥들의 침샘(타액선)에는 테트라민(tetramine) 독소가 집중되어 있다[56].

② 북방명주매물고둥(Fig. 22)
- 학명: *Neptunea eulimata* Dall, 1907
- 영명: Neptune whelk
- 유사어: 매물고둥, 명주매물고둥, 골뱅이
- 생태학적 특성: 북방명주매물고둥은 대형종으로 크기는 15-20 cm 정도이며, 패각은 짙은 갈색이다. 명주매물고둥과 형태학적으로 매우 흡사하나, 패각색깔로 종을 구분한다. 우리나라 동해안에서 일본 북해도까지 약 수심 200-600 m의 깊은 곳에서 서식한다. 육식성 복족류로 다른 패류나 죽은 물고기 등을 먹이로 삼는다.
- 독소 오염현황: 갈색띠매물고둥과 같이 침샘에는 높은 함량의 테트라민 독소가 함유되어 있다[56].

2) 뿔소라 과(Family Muricidae)
① 피뿔고둥(Fig. 23)

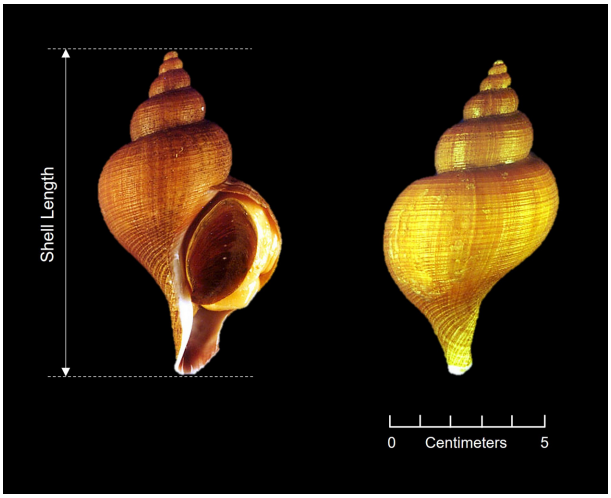

Fig. 22. Shell morphology of *Neptunea eulimata*

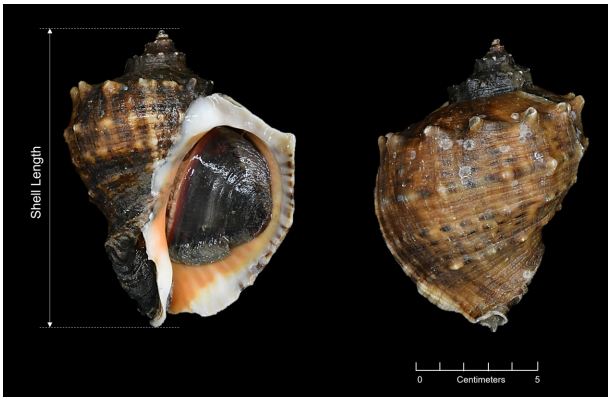

Fig. 23. Shell morphology of *Rapana venosa*

- 학명: *Rapana venosa* Valenciennes, 1846
- 영명: veined rapana whelk, Asian rapa whelk
- 유사어: 참소라
- 생태학적 특성: 피뿔고둥은 우리나라 서남해의 조간대와 조하대의 수심 10-20 m의 사니질에 서식한다. 패각 안쪽면은 주황색을 띄며 패각 안쪽 입구에 줄무늬가 있는 것이 특징이다.
- 독소 오염현황: 피뿔고둥은 시기에 따라 적은 양의 PSP[114]와 TTX[36]가 검출된다.

다. 피낭류(Tunicata)
1) 멍게 과(Family Pyuridae)
① 우렁쉥이(멍게)(Fig. 24)
- 학명: *Halocynthia roretzi* Drasche, 1884
- 영명: solitary ascidian
- 유사어: 멍게
- 생태학적 특성: 우렁쉥이는 우리나라 동해와 남해의 수심 5-20 m 암반에 고착하여 군락을 이루며 시식한다. 몸통 윗부분에 입수공과 출수공이 있어 이를 통해 각종 유기물과 플랑크톤을 섭식한다. 우리나라에서는 남해안 통영 지방을 중심으로 수하식 양식방법을 이용하여 양성되고 있다.
- 독소 오염현황: 멍게는 일본에서 PSP[115] 및 DSP (okadaic acid, dinophysistoxin)[116] 오염이 보고되었다.

2) 미더덕 과(Family Styelidae)
② 미더덕
- 학명: *Styela clava* Herdman, 1881
- 영명: solitary tunicate
- 생태학적 특성: 미더덕은 대표적인 부착성 부유물 섭식자(suspesion feeder)로서 북동 태평양에서부터 유럽 그리고 남반구의 뉴질랜드에 걸쳐 전 세계적으로 분포하고 있다. 우리나라에서는 특유의 향과 맛으로 인해 수요증가와 함께 1990년대 후반부터 남해의 진동만을 중심으로 양식산업이 발전하였다.

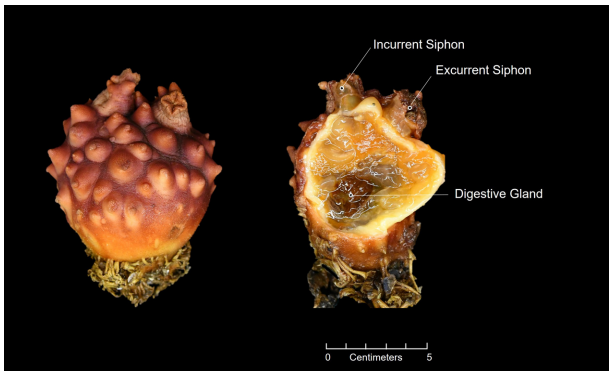

Fig. 24. External (left) and internal (righy) morphology of *Halocynthia roretzi*

- 독소 오염현황: 국내에서는 식품의약품안전처에서 실시하는 패류독소 조사에서 미더덕 내 기준치를 초과한 패류독소가 검출되기도 한다.

3. 대표 생물군의 생물별 기관별 명칭

각 과(Family)를 대표하는 생물 종인 지중해담치, 굴, 새꼬막, 키조개, 큰가리비, 개조개, 갈색띠매물고둥을 대상으로 해부도를 통해, 기관별 영문과 국문 명칭 및 기관별 역할은 다음과 같다.

가. Mantle (외투막)

이매패류의 육질부를 감싸는 가장 바깥쪽의 막으로 외투막의 상피에서 conchiolin과 탄산칼슘(calcium carbonate)을 분비하여 패각(shell)을 형성한다.

나. Adductor muscle (폐각근)

패각의 안쪽 전후에는 전폐각근(anterior adductor muscle)과 후폐각근(posterior adductor muscle)이 있어 패각을 여닫고 한다. 가리비와 키조개에서는 폐각근을 흔히 관자라고 부르며 식품으로서 인기가 좋다.

다. Siphon (수관)

이매패류의 경우 출수관(exhalant siphon)과 입수관(inhalant siphon)이 있어서, 두 수관을 통해 물을 외투강 속으로 출입시켜 호흡과 먹이의 획득을 돕는다. 복족류는 길다란 입수관만 가지고 있어 이를 통해 물을 외투강 속으로 통과시킨다.

라. Gills (아가미)

이매패류는 외투막 안쪽에 두 쌍의 넓은 판 모양의 아가미를 가지고 있다. 아가미는 호흡 외에도 여과 작용을 통해 해수 중 먹이를 거르는 역할도 한다.

마. Labial palp (순판)

아가미 끝에는 입(mouth)이 있으며, 입 주위에는 보통 순판(입술)이 있어 아가미에서 걸러진 먹이를 입으로 모아주는 역할을 한다.

바. Digestive gland (소화맹낭)

입 뒤에 식도, 위, 창자, 항문이 이어진다. 위 주위에는 소화맹낭이 있어 소화효소를 내고 세포내소화도 한다. 소화맹낭은 먹이의 소화, 흡수뿐만 아니라 오염물질의 해독 및 배출 작용에도 관여한다. 소화맹낭을 중장선(中腸腺, mid-intestinal gland) 또는 간췌장(肝膵臟, hepatopancreas)이라 부르기도 한다.

사. Gonad (생식소)

대부분의 이매패류는 자웅이체이며 자웅동체인 종들도 있다. 일반적으로 이매패류의 생식소는 물리적으로 분리되어 있지 않다. 담치류와 가리비류의 경우 성적으로 성숙한 시기가 되면 생식소의 색깔로 암수가 쉽게 구별된다. 담치의 경우 성숙하게 되면 생식소의 색이 암컷은 적황색, 수컷은 유백색을 띤다. 성숙한 큰가리비의 생식소는 암컷의 경우 선홍색(파래가리비는 분홍색)을 띄며 수컷은 유백색을 띤다.

아. Heart (심장)

개방순환계로 2심방 1실실로 구성된 심장을 가지고 있다. 심장에서 만들어지는 혈구세포들(hemocytes)은 혈관과 혈림프액(hemolymph) 안에서 자유롭게 순환하여 각 조직에 산소와 영양을 공급한다.

자. Foot (발)

이매패류는 머리와 치설이 없고 도끼 모양의 발이 있어 땅을 파고 들어가거나 이동에 사용된다.

차. Salivary gland (침샘)

침샘(타액선)은 육식성 고둥류의 소화에 있어 중요한 역할을 한다. 침샘에서는 많은 소화효소를 분비하여 식도로 넘어가는 음식을 분해하는 데 도움을 준다. 매물고둥류의 침샘에는 테트라민 독소가 다량 함유하고 있어서 고둥을 식용 시 반드시 침샘을 제거해야 한다.

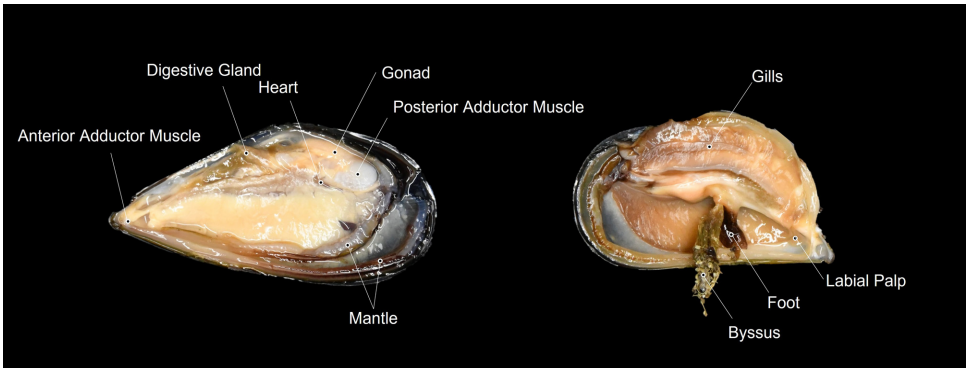

Fig. 25. Anatomy of *Mytilus galloprovincialis*

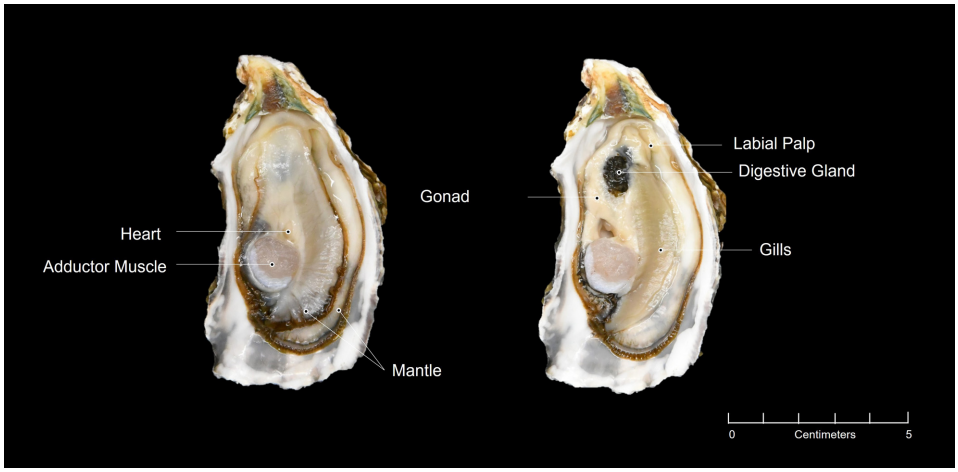

Fig. 26. Anatomy of *Crassostrea gigas*

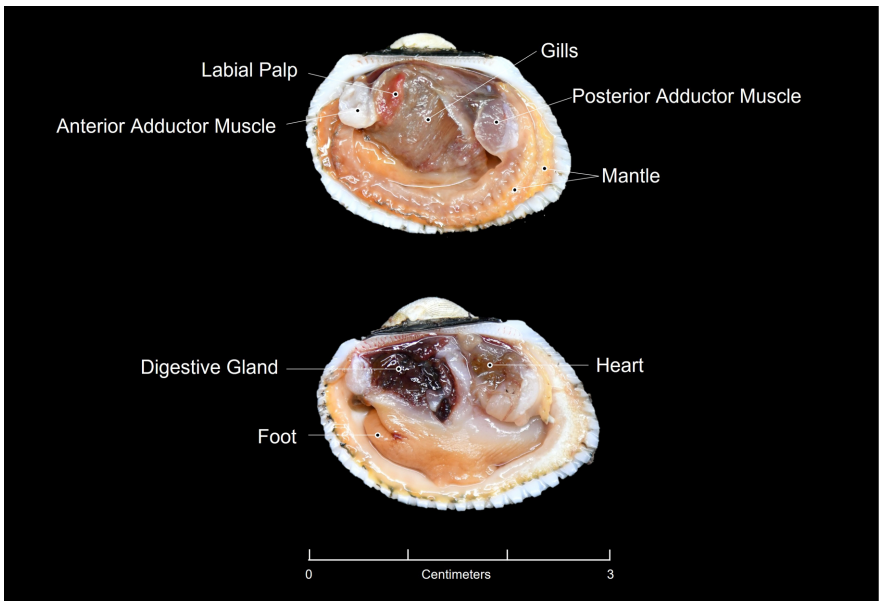

Fig. 27. Anatomy of *Anadara kagoshimensis*

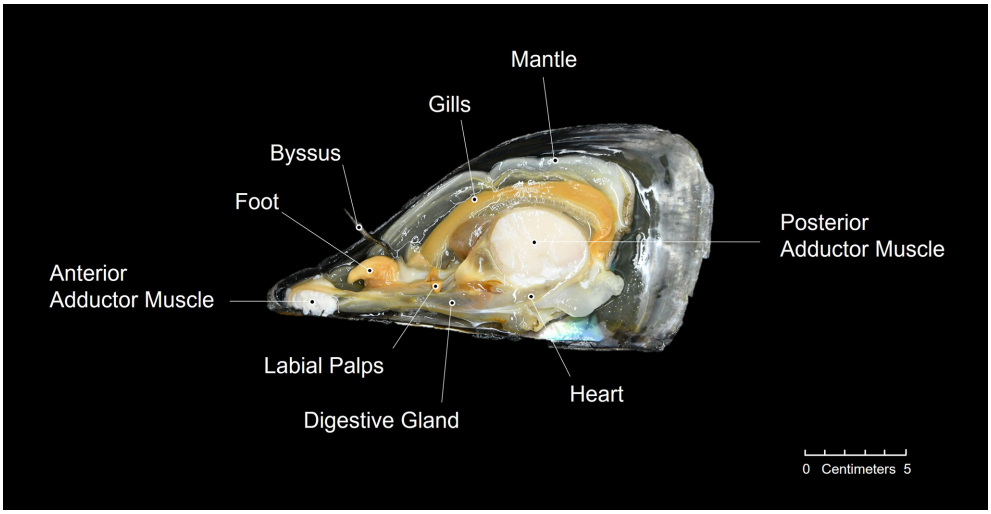

Fig. 28. Anatomy of *Atrina pectinata*

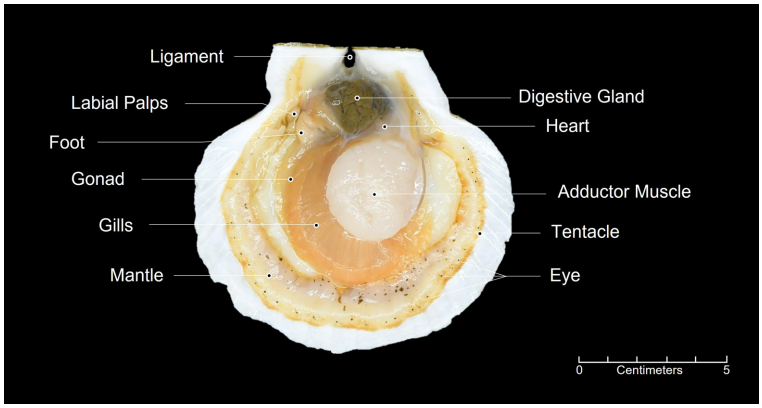

Fig. 29. Anatomy of *Mizuhopecten yessoensis*

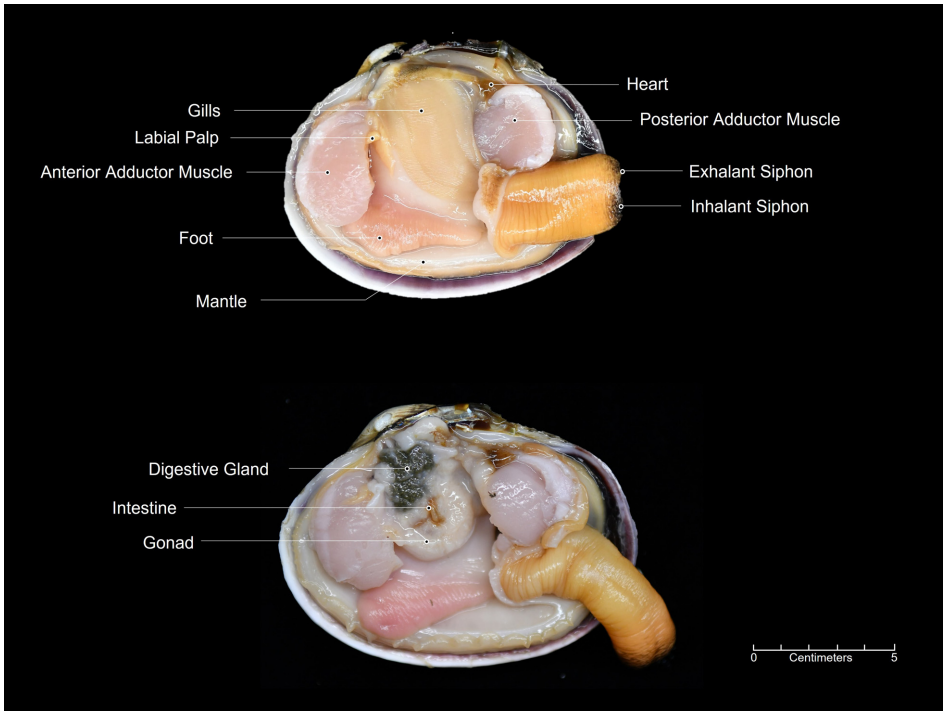

Fig. 30. Anatomy of *Sasidomus purpurata*

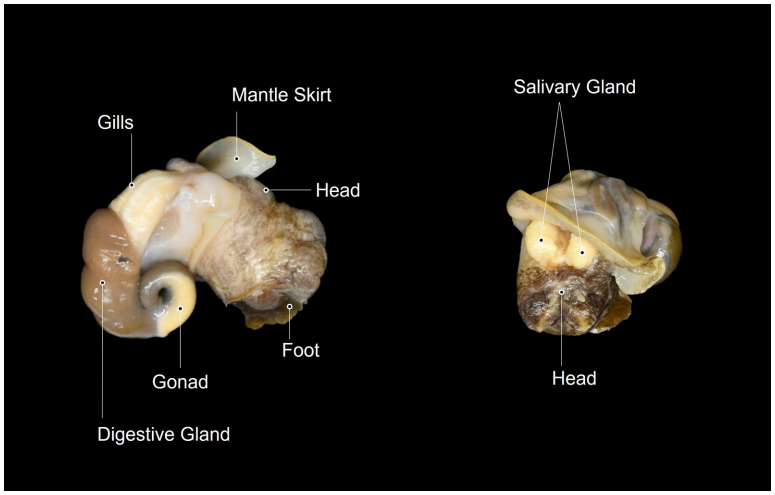

Fig. 31. Anatomy of *Neptunea cumingii*

결 론

전 지구적인 기후변화와 수입식품 다변화에 따라 해양생물 내 다양한 해양생물 독소들이 발견되고 있다. 이에 따라 전 세계적으로 수산물 내 독소 검출, 오염현황 평가, 위해평가 등에 대한 연구가 진행되고 있다. 우리나라도 국내에서 생산되거나 유통되는 어패류를 대상으로 독소 시험법 개발 및 실태조사를 통한 선제적 대응체계 구축에 노력을 기울이고 있다. 그러나 해양생물 독소를 분석하기 위한 식품공전, 학술논문 및 보고서에 시험 생물 종과 분석하고자 하는 기관에 대한 명명법이 혼재되어 있어, 이에 대한 통일화 및 규격화가 필수적이다. 이 총설에서 소개한 우리나라에서 생산·유통되는 대표적인 이매패류와 복족류 종들의 공식 명칭과 특징, 그리고 각 기관별 위치와 명칭은 해양생물독소를 연구에 활용되어 국내 해양생물독소 안전관리를 강화하는데 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

Acknowledgements

본 연구는 2021년도 식품의약품안전처의 연구개발비(20163MFDS641)로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

국문요약

이 총설에서는 해양 연체동물 내 독소 분석을 하는 연구자들의 이해를 돕기 위하여, 국내에서 생산되거나 유통되는 수산물 중 해양 생물독소에 오염될 수 있는 이매패류와 복족류 종들의 공식 명칭과 생태학적 특성을 소개하였다. 또한 대표적인 생물군의 해부도를 통한 각 기관들의 위치와 공식적인 명칭을 알리고자 하였다. 향후 해양생물독소 분석 관련 식품공전, 학술논문 및 보고서에 실험생물의 정확한 종명과 분석 기관의 명칭에 대한 통일 및 규격화가 필요하다.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflict of interest.

ORCID

Hyun-Ki Hong https://orcid.org/0000-0002-6646-3417
Nobuhisa Kajino https://orcid.org/0000-0003-3512-6765
Hyoun Joong Kim https://orcid.org/0000-0001-7847-6015
Wan Ok Lee https://orcid.org/0000-0001-5063-3357
Jihyun Lee https://orcid.org/0000-0001-5693-0109
Kwang-Sik Choi https://orcid.org/0000-0002-6868-9460

References

1. Van Egmond, H., 2004. Marine biotoxins: food and nutrition paper 80. Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy, pp. 1-4.
2. Hwang, P.A., Tsai, Y.H., Lin, S.J., Hwang, D.F., The gastropods possessing TTX and/or PSP. *Food Rev. Int.*, **23**, 321-340 (2007).
3. Magarlamov, T.Y., Melnikova, D.I., Chernyshev, A.V., Tetrodotoxin-productin bacteria: detection, distribution and migration of the toxin in aquatic systems. *Toxins (Basel)*, **9**, 166 (2017).
4. Noguchi, T., Arakawa, O., Tetrodotoxin – Distribution and accumulation in aquatic organisms, and cases of human intoxication. *Mar. Drugs*, **6**, 220-242 (2008).
5. Poletti, R., Milandri, A., Pompei, M., Algal biotoxins of marine origin: new indications from the European Union. *Vet. Res. Commun.* **27**, 173–182 (2003).
6. Visciano, P., Schirone, M., Berti, M., Milandri, A., Tofalo, R., Suzzi, G., Marine biotoxins: Occurrence, toxicity, regulatory limits, and reference methods. *Front. Microbiol*. **7**, 1051 (2016).
7. Alcántara-Rubira, A., Bárcena-Martínez, V., Reyes-Paulino, M., Medina-Acaro, K., Valiente-Terrones, L., Rodríguez-Velásquez, A., Estrada-Jiménez, R., Flores-Salmón, O., First report of Okadaic acid and Pectenotoxins in individual cells of *Dinophysis* and in scallops *Argopecten purpuratus* from Perú. *Toxins*, **10**, 490 (2018)
8. Amzil, Z., Sibat, M., Royer, F., Savar, V., First report on azaspiracid and yessotoxin groups detection in French shellfish. *Toxicon*, **52**, 39-48 (2018)
9. Lee, K.J., Mok, J.S., Song, K.C., Yu, H., Lee, D.S., Jung, J.H., Kim, J.H., First detection and seasonal variation of lipophilic toxins Okadaic acid, Dinophysistoxin-1, and yessotoxin in Korean gastropods. *J. Food Prot*., **75**, 2000-2006 (2012).
10. Liu, R., Liang, Y., Wu, X., Xu, D., Liu, Y., Liu, L., First report on the detection of pectenotoxin groups in Chinese shellfish by LC-MS/MS. *Toxicon,* **57**, 1000-1007 (2011).
11. López-Rivera, A., O'callaghan, K., Moriarty, M., O'Driscoll, D., Hamilton, B., Lehane, M., James, K.J., Furey, A., First evidence of azaspiracids (AZAs): A family of lipophilic polyether marine toxins in scallops (*Argopecten purpuratus*) and mussels (*Mytilus chilensis*) collected in two regions of Chile. *Toxicon*, **55**, 692-701 (2010).
12. Matsushima, R., Uchida, H., Nagai, S., Watanabe, R., Kamio, M., Nagai, H., Kaneniwa, M., Suzuki, T., Assimilation, Accumulation, and Metabolism of Dinophysistoxins (DTXs) and Pectenotoxins (PTXs) in the several tissues of Japanese scallop *Patinopecten yessoensis*. *Toxins*, **7**, 5141-5154 (2015).
13. Suzuki, T., Igarashi, T., Ichimi, K., Watai, M., Suzuki, M., Ogiso, E., Yasumoto, T., Kinetics of diarrhetic shellfish poisoning toxins, okadaic acid, dinophysistoxin-1, pectenotoxin-6 and yessotoxin in scallops *Patinopecten yessoensis*.

Fish. Sci., **71**, 948-955 (2005).
14. Suzuki, T., Mitsuya, T., Matsubara, H., Yamasaki, M., Determination of pectenotoxin-2 after solid-phase extraction from seawater and from the dinoflagellate *Dinophysis fortii* by liquid chromatography with electrospray mass spectrometry and ultraviolet detection: Evidence of oxidation of pectenotoxin-2 to pectenotoxin-6 in scallops. *J.Chromatogr. A*, **815**, 155-160 (1998)
15. Torgersen, T., Sandvik, M., Lundve, B., Lindgarth, S., Profiles and levels of fatty acid esters of okadaic acid group toxins and pectenotoxins during toxin depuration. Part II: Blue mussels (*Mytilus edulis*) and flat oyster (*Ostrea edulis*). *Toxicon*, **52**, 418-427 (2008).
16. Vale, P., Sampayo, M.A.de M., Pectenotoxin-2 seco acid, 7-epi-pectenotoxin-2 seco acid and pectenotoxin-2 in shellfish and plankton from Portugal. *Toxicon,* **40**, 979-987 (2002).
17. Vale, P., Bire, R., Hess, P., Confirmation by LC-MS/MS of azaspiracids in shellfish from the Portuguese north-western coast. *Toxicon*, **51**, 1449-1456 (2008).
18. Abraham, A., Flewelling, L.J., Said, K.R.E., Odom, W., Geiger, S.P., Granholm, A.A., Jackson, J.T., Bodager, D., An occurrence of neurotoxic shellfish poisoning by consumption of gastropods contaminated with brevetoxins. *Toxicon*, **191**, 9-17 (2021).
19. Abraham, A., Said, K.R.E, Wang, Y., Jester, E.L.E., Plakas, S.M., Flewelling, L.J., Henry, M.S., Pierce, R.H., Biomarkers of brevetoxin exposure and composite toxin levels in hard clam (*Mercenaria* sp.) exposed to *Karenia brevis* blooms. *Toxicon*, **96**, 82-88 (2015).
20. Abraham, A., Wang, Y., El Said, K.R., Plakas, S.M., Characterization of brevetoxin metabolism in *Karenia brevis* bloom-exposed clams (*Mercenaria* sp.) by LC-MS/MS. *Toxicon*, **60**, 1030-1040 (2012).
21. Ishida, H., Nozawa, A., Hamano, H., Naoki, H., Fujita, T., Kaspar, H.F., Tsuji, K., Brevetoxin B5, a new brevetoxin analog isolated from cockle *Austrovenus stutchburyi* in New Zealand, the marker for monitoring shellfish neurotoxicity. *Tetrahedron Letters*, **45**, 29-33 (2004).
22. Ishida, H., Nozawa, A., Nukaya, H., Tsuji, K., Comparative concentrations of brevetoxins PbTx-2, PbTx-3, BTX-B1 and BTX-B5 in cockle, *Austrovenus stutchburyi*, greenshell mussel, *Perna canaliculus*, and Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, involved neurotoxic shellfish poisoning in New Zealand. *Toxicon*, **43**, 779-789 (2004).
23. Morohashi, A., Satake, M., Murata, K., Naoki, H., Kaspar, H.F., Yasumoto, T., Brevetoxin B3, a new brevetoxin analog isolated from the greenshell mussel *Perna canaliculus* involved in neurotoxic shellfish poisoning in new Zealand. *Tetrahedron Lett.*, **36**, 8995-8998 (1995).
24. Plakas, S.M., Said, K.R.E., Jester, E.L.E., Granade, H.R., Musser, S.M., Dickey, R.W., Confirmation of brevetoxin metabolism in the Eastern oyster (*Crassostrea virginica*) by controlled exposures to pure toxins and to *Karenia brevis* cultures. *Toxicon*, **40**, 721-729 (2002).
25. Plakas, S.M., Said, K.R.E., Jester, E.L.E., Said, K.R.E., Granade, A.A., Dickey, R.W., Scott, P.S., Flewelling, L.J., Henry, M., Blum, P., Pierce, R., Monitoring of brevetoxins in the *Karenia brevis* bloom-exposed Eastern oyster (*Crassostrea virginica*). *Toxicon*, **52**, 32-38 (2008).
26. Wang, Z., Plakas, S.M., Said, K.R.E., Jester, E.L.E., Granade, H.R., Dickey, R.W., LC/MS analysis of brevetoxin metabolites in the Eastern oyster (*Crassostrea virginica*). *Toxicon*, **43**, 455-465.
27. Otero, P., Vale, C., Boente-Juncal, A., Costas, C., Louzao, M.C., Batana, L.M., Detection of cyclic imine toxins in dietary supplements of green lipped mussels (*Perna canaliculus*) and in shellfish *Mytilus chilensis*. *Toxins*, **12**, 613 (2020).
28. Rambla-Alegre, M., Miles, C.O., de la lglesia, P., Fernandez-Tejedor, M., Jacobs, S., Sioen, I., Verbeke, W., Samdal, I.A., Snadvik, M., Barbosa, V., Tediosi, A., Madorran, E., Granby, K., Kotterman, M., Calis, T., Diogene, J., Occurrence of cyclic imines in European commercial seafood and consumers risk assessment. *Environ. Res*., **161**, 392-398 (2018).
29. Selwood, A.I., Miles, C.O., Wilkins, A.L., Ginkel, R.V., Munday, R., Rise, F., McNabb, P., Isolation, structural determination and acute toxicity of Pinnatoxins E, F and G. *J. Agric. Food Chem*., **58**, 6532-6542 (2010).
30. Biessy, L., Pearman, J.K., Smith, K.F., Hawes, I., Wood, S.A., Seasonal and spatial variation in bacterial communities from tetrodotoxin-bearing and non-tetrodotoxin-bearing clams. *Front. Microbiol*., **11**, 1860 (2020).
31. Boundy, M.J., Biessy, L., Roughan, B., Nicolas, J., Harwood, D.T., Survey of tetrodotoxin in New Zealand bivalve molluscan shellfish over a 16-month period. *Toxins (Basel)*, **12**, 512 (2020).
32. Costa, P.R., Giraldez, J., Rodrigues, S.M., Leao, J.M., Pinto, E., Solino, L., Gago-Martinez, A., High levels of tetrodotoxin (TTX) in trumpet shell *Charonia lampas* from the Portugues coast. *Toxins*, **13**, 250 (2021).
33. Dhanji-Rapkova, M., Turner, A.D., Baker-Austin, C., Huggett, J.F., Ritchie, J.M., Distribution of tetrodotoxin in Pacific oysters (*Crassoters gigas*). *Mar. Drugs*, **19**, 84 (2021).
34. Hess, P., Abadie, E., Hervé, F., Berteaux, T., Séchet, V., Aráoz, R., Molgó, J., Zakarian, A., Sibat, M., Rundberget, T., Miles, C.O., Amzil, Z., Pinnatoxin G is responsible for atypical toxicity in mussels (*Mytilus galloprovincialis*) and clams (*Venerupis decussata*) from Ingril, a French Mediterranean lagoon. *Toxicon*, **75**, 16-26 (2013).
35. Hwang, D.F., Chueh, C.H., Jeng, S.S., Tetrodotoxin secretion from the lined moon shell *Natica lineata* in response to external stimulation. *Toxicon*, **28**, 1133-1136 (1990).
36. Hwang, D.F., Lu, S.C., Jeng, S.S., Occurrence of tetrodotoxin in the gastropods *Rapana rapiformis* and *R. venosa venosa*. *Mar. Biol.*, **111**, 65-69 (1991).
37. Hwang, D.F., Tai, K.P., Chueh, C.H., Lin, L.C., Jeng, S.S., Tetrodotoxin and derivatives in several species of the gastropod Naticidae. *Toxicon*, **29**, 1019-1024 (1991).
38. Hwang, D.F., Lin, L.C., Jeng, S.S., Occurrence of tetrodo-

toxin related toxins in the gastropod mollusk *Niotha clathrata* from Taiwan. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **55**, 63-67 (1992).
39. Hwang, D.F., Shiu Y.C., Hwang, P.A., Lu, Y.H., Tetrodotoxin in gastropods (snails) implicated in food poisoning in Northern Taiwan. *J. Food Prot*., **65**, 1341-1344 (2002).
40. Hwang, P.A., Tsai, Y.H., Lu, Y.H., Hwang, D.F., Paralytic toxins in three new gastropod (Olividae) species implicated in food poisoning in Southern Taiwan. *Toxicon*, **41**, 529-533 (2003).
41. Hwang, P.A., Tsai, Y.H., Deng, J.F., Cheng, C.A., Ho, P.H., Hwang, D.F., Identification of tetrodotoxin in a marine gastropod (*Nassarius glans*) responsible for human morbidity and mortality in Taiwan. *J. Food Prot*., **68**, 1696-1701 (2005).
42. Jen, H.C., Lin, S.J., Lin, S.Y., Huang, Y.W., Liao, I.C., Arakawa, O., Hwang, D.F., Occurrence of tetrodotoxin and paralytic shellfish poisons in a gastropod implicated in food poisoning in southern Taiwan. Food Addit. Contam., **24**, 902-909 (2007).
43. Kawashima, Y., Nagashima, Y., Shiomi, K., Determination of tetramine in marine gastropods by liquid chromatography/electrospray ionization-mass spectrometry. *Toxicon*, **44**, 185-191 (2004).
44. Lin, S.J., Liao, H.J., Hwang, D.F., Toxicity of gastropods *Babylonia formosae* and *Charonia sauliae* in Taiwan. *J. Nat. Toxins*, **5**, 307-315 (1996).
45. Lin, S.J., Hwang, D.F., Possible source of tetrodotoxin in the starfish *Astropecten scoparius*. *Toxicon*, **39**, 573-579 (2001).
46. Liu, F.M., Fu, Y.M., Shih, D.Y.C., Occurrence of tetrodotoxin poisoning in *Nassarius papillosus* Alectrion and *Nassarius gruneri* Niotha. J. Food Drug Anal., **12**, 189-192 (2004).
47. Noguchi, T., Maruyama, J., Ueda, Y., Hashimoto, K., Harada, T., Occurrence of tetrodotoxin in the Japanese ivory shell *Babylonia japonica*. *Nippon Suisan Gakkaishi,* **47**, 909-914 (1981).
48. Noguchi, T., Narita, H., Maruyama, J., Hashimoto, K., Tetrodotoxin in the starfish *Astropecten polyacanthus*, in association with toxification of a trumpet shell, *"Boshubora" Charonia sauliae*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **48**, 1173-1177 (1982).
49. Noguchi, T., Maruyama, J., Narita, H., Hashimoto, K., Occurrence of tetrodotoxin in the gastropod mollusk *Tutufa lissostoma* (Frog Shell). *Toxicon,* **22**, 219-226 (1984).
50. Numano, S., Kudo, Y., Cho, Y., Konoki, K., Yotsu-Yamashita, M., Temporal variation of the profile and concentrations of paralytic shellfish toxins and tetrodotoxin in the scallop, *Patinopecten yessoensis*, cultured in a bay of East Japan. *Mar. Drugs*, **17**, 653 (2019).
51. Ochi, N., Simultaneous determination of ten paralytic shellfish toxins and tetrodotoxin in scallop and short-necked clam by ion-pair solid-phase extraction and hydrophilic interaction chromatography with tandem mass spectrometry. *J. Chromatogr. A*, **1651**, 462328 (2021).
52. Power, A.J., Keegan, B.F., Nolan, K., The seasonality and role of the neurotoxin tetramine in the salivary glands of the red whelk *Neptunea antiqua* (L.). *Toxicon*, **40**, 419-425 (2002).
53. Reverté, L., Rambla-Alegre, M., Leonardo, S., Bellés, C., Campbell, K., Elliott, C.T., Gerssen, A., Klijnstra, M.D., Diogène, J., Campàs, M., Development and validation of a maleimide-based enzyme-linked immunosorbent assay for the detection of tetrodotoxin in oysters and mussels. *Talanta*, **176**, 659-666 (2018).
54. Turner, A.D., Boundy, M.J., Dhanji-Rapkova, M., Development and single-laboratory validation of a liquid chromatography tandem mass spectrometry method for quantitation of tetrodotoxin in mussles and oysters. *J. AOAC Int*., **100**, 1469-1482 (2017).
55. Turner, A.D., Dhanji-Rapkova, M., Fong, S.Y.T., Hungerford, J., McNabb, P.S., Boundy, M.J., Harwood, D.T., Ultra-high-performance hydrophilic interaction liquid p chromatography with tandem mass spectrometry method for the determination of paralytic shellfish toxins and tetrodotoxin in mussels, oysters, clams, cockles, and scallops: Collaborative study. *J. AOAC Int*., **103**, 533–562 (2020).
56. Mok, J.S., Son, K.T., Lee, T.S., Oh, E.G., Hwang, H.J., Kim, J.H., Tetramine contents of sea snails from the Korean coast. *Korean J. Fish. Aquat. Sci*., **40**, 63-67 (2007).
57. Shiomi, K., Mizukami, M., Shimakura, K., Nagashima, Y., Toxins in the salivary gland of some marine carnivorous gastropods. *Comp. Biochem. Physiol. B*, **107**, 427-432 (1994).
58. Guéguen, M., Duinker, A., Marcaillou, C., 2009. A first approach to localizing biotoxins in mussel digestive glands. In Proceedings of the 7th International Conference on Molluscan Shellfish Safety, Nates, France, pp.14-19.
59. Blanco, J., Mariño, C., Martín, H., Acosta, C.P., Anatomical distribution of Diarrhetic Shellfish Poisoning (DSP) toxins in the mussel *Mytilus galloprovincialis*. *Toxicon*, **50**, 1011-1018 (2007).
60. Edebo, L., Lange, S., Li, X.P., Allenmark, S., Lindgren, K., Thompson, R., Seasonal, geographic and individual variation of okadaic acid content in cultivated mussels in Sweden. *APMIS*, **96**, 1036-1042 (1988).
61. Pillet, S., Houvenaghel, G., 1995. Influence of experimental toxification by DSP producing microalgae, *Prorocentrum lima*, on clearance rate in blue mussels *Mytilus edulis*. In: Harmful Marine Algal Blooms; Lassus, P., Arzul, G., Erard, E., Gentien, P., Marcaillou, C. (Eds.), Lavoisier Publishing/Intercept Ltd.: Paris, France, pp.481-486.
62. McCarron, P., Kilcoyne, J., Hess, P., Effects of cooking and heat treatment on concentration and tissue distribution of okadaic acid and dinophysistoxin-2 in mussels (Mytilus edulis). *Toxicon*, **51**, 1081-1089 (2008).
63. Marcaillou-le Baut, C., Haure, J., Mondeguer, F., Courcoux, A., Dupuy, B., Penisson, C., Effect of food supply on the detoxification in the blue mussel, *Mytilus edulis*, contaminated by diarrhetic shellfish toxins. *Aquat. Living Resour.*, **23**, 255-266 (2010).

64. Bauder, A.G., Cembella, A.D., Bricelj, V.M., Quilliam, M.A., Uptake and fate of diarrhetic shellfish poisoning toxins from the dinoflagellate *Prorocentrum lima* in the bay scallop *Argopecten irradians*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **213**, 39-52 (2001).
65. Madigan, T.L., Lee, K.G., Padua, D.J., McNabb, P., Pointon, A.M., Diarrhetic shellfish poisoning (DSP) toxins in South Australian shellfish. *Harmful Algae*, **5**, 119-123 (2006).
66. Vale, P., Differential dynamics of dinophysistoxins and petenotoxins. Part II. Offshore bivalve species. *Toxicon*, **47**, 163-173 (2006).
67. Blanco, J., Álvarez, G., Rengel, J., Díaz, R., Mariño, C., Martín, H., Uribe, E., Accumulation and biotransformation of dinophysis toxins by the surf clam *Mesodesma donacium*. *Toxins*, **10**, 314 (2018).
68. Min, D.K., Lee, J.S., Koh, D.B., Je, J.K., 2004. Mollusks in Korea. Min Molluscan Research Institute, Seoul, Korea.
69. Lee, J.S., 2016. List of Korean Mollusks. The Malacological Society of Korea, Korea
70. Chang, D.S., Shin, I.S., Pyeun, J.H., Park, Y.H., A study on paralytic shellfish poison of sea mussel *Mytilus edulis*. Bull. Korean Fish. Soc., **20**, 293–299 (1987).
71. Lee, J.S., Shin, I.S., Kim, Y.M., Chang, D.S., Paralytic shellfish toxins in the mussel, *Mytilus edulis*, caused the shellfish poisoning accident at Geoje, Korea, in 1996. *J. Korean Fish. Soc*., **30**, 158–160 (1997).
72. Mok, J.S., Song, K.C., Lee, K.J., Kim, J.H., Variation and profile of paralytic shellfish poisoning toxins in Jinhae Bay, Korea. *Fish. Aquat. Sci*., **16**, 137-142 (2013).
73. Shon, M.B., Kim, Y.S., Kim, C.H., Paralytic shellfish poisoning of Mediterranean mussels from Jinhae Bay in Korea. *Kor. J. Fish. Aquat. Sci*., **42**, 366-372 (2009).
74. Baek, S.H., Choi, J.M., Lee, M., Park, B.S., Zhang, Y., Arakawa, O., Takatani, T., Jeon, J.K., Kim, Y.O., Change in paralytic shellfish toxins in the mussels *Mytilus galloprovincialis* depending on dynamics of harmful *Alexandrium catenella* (Group I) in the Geoje coast (South Korae) during bloom season. *Toxins*, **12**, 442 (2020).
75. Kim, Y.S., Shon, M.B., Kim, C.H., Paralytic shellfish poisoning toxin accumulation in four mussel species fed on toxic *Alexandrium tamarense*. *J. Kor. Fish. Soc*., **39**, 49-54 (2006).
76. Hashimoto, T., Matsuoka, S., Yoshimatsu, S., Miki, K., Nishibori, N., Nishio, S., Noguchi, T., First paralytic shellfish poison (PSP) infestation of bivalves due to toxic dinoflagellate *Alexandrium tamiyavanchi*, in the southern coast of the Seto Inland Sea, Japn. *Food Hygiene Safety Sci.*, **43**, 1-5 (2002).
77. Andayani, W., Sumartono, A., Saxitoxin in green mussels (*Perna virids*, Mytiliae), blood cockle (*Anadara granosa*) and feathers cockle (*Anadara antiquata*, Arcidae) using high pressure liquid chromatography. *J. Coast. Dev.*, **15**, 252-259 (2012).
78. Yurimoto, T., Kassim, F.M., Man, A., Noordin, W.N.M., Matsuoka, K., Risk assessment for paralytic shellfish poisoning (PSP) toxins from the blood cockle, *Tegillarca granosa* (Linnaeus, 1758), off the Selangor coast, Peninsular Malaysia. *Malaysian Fish. J.*, **19**, 80-96 (2020).
79. Chaweepak, T., Yurimoto, T., Matsuoka, K., Sangrungruang, K., Monitoring and risk assessment of paralytic shellfish poisoning (PSP) toxins in two estuaries at Chanthabur province, Thailand. *Asians Fish. Sci.*, **32**, 131-137 (2019).
80. Jang, J.H., Yun, S.M., Lee, J.S., Paralytic shellfish poison profile in commercial shellfishes. *J. Korean Soc. Food Sci Nutr*., **34**, 924-928 (2005).
81. Lee, K.J., Mok, J.S., Song, K.C., Yu, H., Jung, J.H., Kim, J.H., Geographical and annual variation in lipophilic shellfish toxins from oysters and mussels along the south coast of Korea. *J. Food Prot*., **74**, 2127-2133 (2011).
82. Jen, H.C., Yen, J.Y., Liao, I.C., Hwang, D.F., Identification of species and paralytic shellfish poisons in an unknown scallop meat implicated in food poisoning in Taiwan. *Raffles Bull. Zool*., **19**, 115-122 (2008).
83. Montojo, U.M., Romero, M.L.J., Borja, V.M., Cayme, M.F., Sato, S., Kodama, M., Fukuyo, Y., Vulnerability of tropical shellfishes against PSP contamination during bloom of *Pyrodinium bahamense* var. *compressum*. *Coast. Mar. Sci.*, **35**, 64-66 (2011).
84. Otofuji, T., Ogo, A., Koishi, J., Matsuo, K., Tokiwa, H., Yasumoto, T., Nishihara, K., Yamamoto, E., Saisho, M., Kuyrihara, Y., Hayashita, K., Food poisoning caused by *Atrina pectinata* in the Ariake Sea. *Food Sanit. Res*., **31**, 76-83 (1981).
85. Joen, J.K., Han, M.S., Park, Y.J., Yoon, M.Y., Paralytic shellfish toxin composition and intoxication of scallops (Patinopecten yessoensis) in Kangnung coastal waters of east sea in 1997. *J. Kor. Fish. Soc*., **31**, 813-816 (1998).
86. Lee, J.S., Yun, S.M., Jang, J.H., Shin, I.S., Lee, J.O., Detection of diarrhetic shellfish poisons by LC-MS/MS. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr*., **36**, 926-931 (2007).
87. Lu, S.Y., Zhou, Y., Li, Y.S., Lin, C., Meng, X.M., Yan, D.M., Li, Z.H., Yu, S.Y., Liu, Z.S., Ren, H.L., Production of monoclonal antibody and application in indirect competitive ELISA for detecting okadaic acid and dinophytoxin-1 in seafood. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int*., **19**, 2619-2626 (2011).
88. Li, D., Sun, L., Chen, Z., He, X., Lin, B., Survey of the distribution of red tide toxins (okadaic acid and dinophytoxin-1) in the Dalian Bay sea area of China by micellar electrokinetic capillary chromatography. *Electrophoresis*, **22**, 3583-3588 (2001).
89. Ji, Z., Zheng, J., Zeng, X., Lan, Y., Liu, Y., Ji, H., Lu, H., HPLC analysis of domoic acid poisoning in South China Sea. *Mod. Food Sci. Technol.,* **116**, 120-122 (2011).
90. Liu, R., Liu, L., Xu, Y., Yang, L., Liang, Y., Li, D., Wei, N., Yang, D., Cong, Y., The production, distribution, and fate of yessotoxins, taking the northern yellow sea of China for example. *Environ. Ecol. Res.*, **4**, 322-345 (2016).
91. Zheng, R., Lin, S., Yang, Y., Fu, W., Variation and profiles of lipophilic marine toxins in shellfish from southeastern China in 2017-2020. *Toxicon*, **15**, 37-45 (2021).

92. Ji, Y., Yan, G., Wang, G., Liu, J., Tang, Z., Yan, Y., Qiu, J., Zhang, L., Pan, W., Fu, Y., Li, T, Luo, X., Lan, W., Wang, Z., Li, W., Li, A., Prevalence and distribution of domoic acid and cyclic imines in bivalve mollusks from Beibu Gulf, China. *J. Hazard. Mater.*, **423**, 127078 (2021).
93. Jeon, J.K., Yi, S.K., Huh, H.T., Paralytic shellfish poison of bivalves in the Korean waters. *J. Ocean. Soc. Kor.*, **23**, 123-129 (1988).
94. Mok, J.S., Lee, K.J., Song, K.C., Kim, J.H., Validation of the analysis of domoic acid using high performance liquid chromatography. *Kor. J. Fish. Aquat. Sci*., **43**, 293-297 (2010).
95. Wu, J.Y., Zheng, L., Wang, J.H., Contamination of shellfish from Shanghai seafood markets with paralytic shellfish poisoning and diarrhetic shellfish poisoning toxins determined by mouse bioassay and HPLC. *Food Addit. Contam*., **22**, 647-651 (2005).
96. Amzil, Z., Royer, F., Sibat, M., Fiant, L., Gelin, M., Le Gal, D., Francoise, S., 2009. First report on amnesic and diarrhetic toxins detection in French scallops during 2004-05 monitoring surveys. In: Busby, P (ed), 6th International Conference on Molluscan Shellfish Safety. Blenheim, New Zealand, pp.307-314.
97. Kim, D.W., Park, K., Ha, K.S., Ryu, A., Yu, H.J., Jo, S.H., Jo, S.R., Mok, J.S., Anatomical distribution of paralytic shellfish toxin in Bay scallops *Argopecten irradians* along the Gyeongnam coast, Korea. *Kor. J. Fish. Aquat. Sci*., **52**, 241-246 (2019).
98. Mok, J.S., Oh, E.G., Son, K.T., Lee, T.S., Lee, K.J., Song, K.C., Kim, J.H., Accumulation and depuration of paralytic shellfish poison in marine organisms. *Kor. J. Fish. Aquat. Sci*., **45**, 465-471 (2012).
99. Choi, N.M.C., Yeung, L.W.Y., Siu, W.H.L., So, I.M.K., Jack, R.W., Hsieh, D.P.H., Wu, R.S.S., Lam, P.K.S., Relationships between tissue concentrations of paralytic shellfish toxins and antioxidative responses of clams, *Ruditapes philippinarum*. *Mar. Pollut. Bull*., **52**, 572-578 (2006).
100. Vidal., A., Correa, J., Blanco, J., Effect of some habitual cooking processes on the domoic acid concentration in the cockle (*Cerastoderma edule*) and Manila clam (*Ruditapes philippinarum*). *Food Addit. Contam. Part A Chem. Anal. Control Expo. Risk Assss*., **26**, 1089-1095 (2009).
101. Papiol, G.G., Casanova, A., Fernández-Tejedor, M., da la Iglesia, P., Diogène, J., Management of domoic acid monitoring in shellfish from the Catalan coast. *Environ. Monit. Assess*., **185**, 6653-6666 (2013).
102. Wang, X.Z., Cheng, Y., Li, N., Wen, H.M., Liu, R., Shan, C.X., Chai, C., Wu, H., Occurrence and seasonal variation of lipophilic marine toxins in commercial clam species along the coast of Jiangsu, China. *Toxins (Basl)*, **8**, 8 (2016).
103. Rodríguez, L.P., Vilariño, N., Louzao, M.C., Dickerson, T., Nicolaou, K.C., Federick, M.O., Botana, L.M., Microsphere-based immunoassay for the detection of azaspiracids. *Anal. Biochem.*, **447**, 58-63 (2014).
104. Kim, S.U., Yuk, D.H., Park, Y.A., Kim, J.A., Park, A.S., 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).
105. Choi, M.C., Yu, P.K.N., Hsieh, D.P.H., Lam, P.K.S., Trophic transfer of paralytic shellfish toxins from clams (*Ruditapes philippinarum*) to gastropods (*Nassarius festivus*). *Chemosphere*, **64**, 1642-1649 (2006).
106. Mok, J.S., Lee, T.S., Oh, E.G., Son, K.T., Hwang, H.J., Kim, J.H., Stability of domoic acid at different temperature, pH and light. *Korean J. Fish. Aquat. Sci*., **42**, 8-14 (2009).
107. Kim, J.H., Suzuki, T., Lee, K.J., Kim, P.H., Kamiyama, T., Lee, T.S., The first detection of okadaic acid and its derivatives in Korean bivalves by liquid chromatography-mass spectrometry. *Fish. Sci*., **74**, 433-438 (2008).
108. Okumura, M., Hasegawa, A., Tsuzuki, H., Tohyama, A., *In vitro* enzymatic transformation of paralytic shellfish poisoning toxins in the digestive process, with an emphasis on C1 and C2 as *N*-sulfocarbamoyl toxins. *Aichi Prefectural Institute of Public Health*, **59**, 25-33 (2009).
109. Sharma, R., Venkateshvaran, K., Purushothaman, C.S., Bioaccumulation and depuration of paralytic shellfish toxin in *Perna viridis* and *Meretrix meretrix* from Mumbai, India. *Indian J. Mar. Sci.,* **40**, 542-549 (2011).
110. Choi, K.D., Lee, J.S., Lee, J.O., Oh, K.S., Shin, I.S., Investigation of domoic acid in shellfish collected from Korean fish retail outlets. *Food Sci. Biotechnol*., **18**, 842-848 (2009).
111. Anderson, D.M., Andersen, P., Bricelj, V.M., Cullen, J.J., Rensel, J.E., 2001. Monitoring and Management Strategies for Harmful Algal Blooms in Coastal Waters, APEC #201-MR-01.1, Asia Pacific Economic Program, Singapore, and Intergovernmental Oceanographic Commission Technical Series No. 59, Paris, France, pp. 211-220.
112. Koh, E., Kwon, H., Screening of domoic acid, a marine neurotoxin, in Korean Shellfishes. *Korean J. Food Sci. Technol*., **34**, 1130-1133 (2002).
113. Yamamoto, K., Oikawa, H., Temporal changes and differences in the toxin contents and the profiles between arc shell and Japanese cockle contaminated with paralytic shellfish toxin in Osaka Bay, eastern Seto Inland Sea, Japan. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **83**, 589-598 (2017).
114. Ito, K., Asakawa, M., Beppu, R., Takayama, H., Miyazawa, K., PSP-toxicification of the carnivorous gastropod *Rapana venosa* inhabiting the estuary of Nikoh River, Hiroshima Bay, Hiroshima Prefecture, *Japan. Mar. Pollut. Bull*., **48**, 1116-1121 (2004).
115. Sekiguchi, K., Sato, S., Kaga, S., Ogata, T., Kodama, M., Accumulation of paralytic shellfish poisoning toxins in bivalves and an ascidian fed on *Alexandrium tamarense* cells. *Fish. Sci*., **67**, 301-305 (2001).
116. Tanabe, T., Chiba, Y., Shibuya, K., Shoji, M., Tissue distribution of diarrhetic shellfish toxins in ascian *Halocynthia roretzi*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **86**, 476-482 (2020).