

진도 의신 해역의 해수 및 전복(*Haliotis discus hannai*)에 대한 세균학적 위생 안전성 평가

김덕훈 · 박현진 · 최우석 · 신순범¹ · 박근바위² · 김풍호*

국립수산과학원 남해수산연구소 양식산업과, ¹국립수산과학원 식품안전가공과, ²국립수산과학원 남동해수산연구소

Assessment of Bacteriological Sanitary Safety of the Seawater and Abalone *Haliotis discus hannai*, in the Jindo Uisin Area, Korea

Deok Hoon Kim, Hyun Jin Park, Woo Seok Choi, Soon Bum Shin¹, Kunbawi Park² and Poong Ho Kim*

South Sea Fisheries Research Institute, National Institute of Fisheries Science, Yeosu 59780, Republic of Korea

¹Food Safety and Processing Research Division, National Institute of Fisheries Science, Busan 46083, Republic of Korea

²Southeast Sea Fisheries Research Institute, National Institute of Fisheries Science, Tongyeong 53085, Republic of Korea

This study evaluated the bacteriological safety of seawater and abalone produced in Uisin-myeon, Jindo-gun from September 2020 to December 2022 and calculated the effect of inland pollution sources on seawater and abalone. We surveyed 33 stations for seawater, 4 stations for abalone, and 7 stations for discharge water of major inland pollutants. We analyzed the coliform group, fecal coliform and *Escherichia coli* (*E. coli*) as bacteria indicators. In 924 seawater samples, the geometric mean of the coliform group and fecal coliform were <1.8–5.6 MPN/100 mL and <1.8–2.7 MPN/100 mL, respectively. The estimated 90th percentile range for the coliform group and fecal coliform were <1.8–42 MPN/100 mL and <1.8–8.4 MPN/100 mL, respectively. The fecal coliform and *E. coli* levels for 107 abalone were <18–460 MPN/100 g and <18–78 MPN/100 g respectively. Moreover, the analyzed standard plate count was <30–7,700 CFU/g. The fecal coliform level and diffusion area in 7 inland pollutants were <1.8–3,300,000 MPN/100 mL and 2–2,500 m, respectively. The bacteriological safety of seawater and abalone in Uisin-myeon, Jindo-gun, was demonstrated to be a designated area according to Korean standards, a conditionally approved area per US standards, and Class A according to EU standards.

Keywords: Abalone, *E. coli*, Fecal coliform, Inland pollutants, Jindo Uisin area

서론

진도 의신 해역은 전라남도 서남부에 위치하고 있는 해역으로 동부는 완도군, 남부는 제주 해협과 접하고 있으며, 허가된 양식 어업은 약 16,420 ha의 면적에 총 144건이 허가되어 있다. 주요 패류 생산 품종은 전복이며 다시마·전복 복합양식으로 양식되고 있다(Jindo-gun, 2022). 전복은 복족류에 속하는 수산 생물로 해조류를 주된 먹이로 하여 생육한다. 주로 한국, 일본, 중국 등에서 주로 소비되며, 비타민B, 칼슘, 철분 등의 무기질, 단백질 및 타우린 함량이 풍부하여 피로 개선, 항염증, 항산화 및 항노화 효과 등이 탁월한 수산물로 알려져 있다(Kim et al., 2006;

Park et al., 2009; Li et al., 2012; Lee et al., 2015; Ham et al., 2021). 우리나라 전복 생산은 신안, 진도, 완도 등 전라남도 남서해 지역에서 가두리양식이 활발히 진행되고 있으며, 2021년 생산량은 2.3만톤이다. 생산 금액은 6,900억원으로 전체 양식 패류 생산 금액(1.08조원)의 64% 수준으로 나타났다. 2020년 대비 생산량은 15.7% 생산 금액은 13.8%로 지속적으로 증가하는 경향을 보여주고 있다(MOF, 2022; KOSIS, 2023). 이에 따라 전복에 대한 위생 안전성에 대한 관심이 증가되고 있으며 특히 가두리 양식으로 생산되는 전복은 이동성이 거의 없어 굴, 홍합 등 이매패류와 같이 주변 오염물질이 해역으로 유입될 경우 영향을 받을 가능성 매우 높다(Shin et al., 2022). 따라서, 패류생

*Corresponding author: Tel: +82. 61. 690. 8990 Fax: +82. 61. 685. 9073

E-mail address: phkim1@korea.kr



This is an Open Access article 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.

<https://doi.org/10.5657/KFAS.2023.0615>

Korean J Fish Aquat Sci 56(5), 615-625, October 2023

Received 5 July 2023; Revised 3 August 2023; Accepted 16 August 2023

저자 직위: 김덕훈(연구사), 박현진(연구사), 최우석(연구사), 신순범(연구사), 박근바위(연구관), 김풍호(연구관)

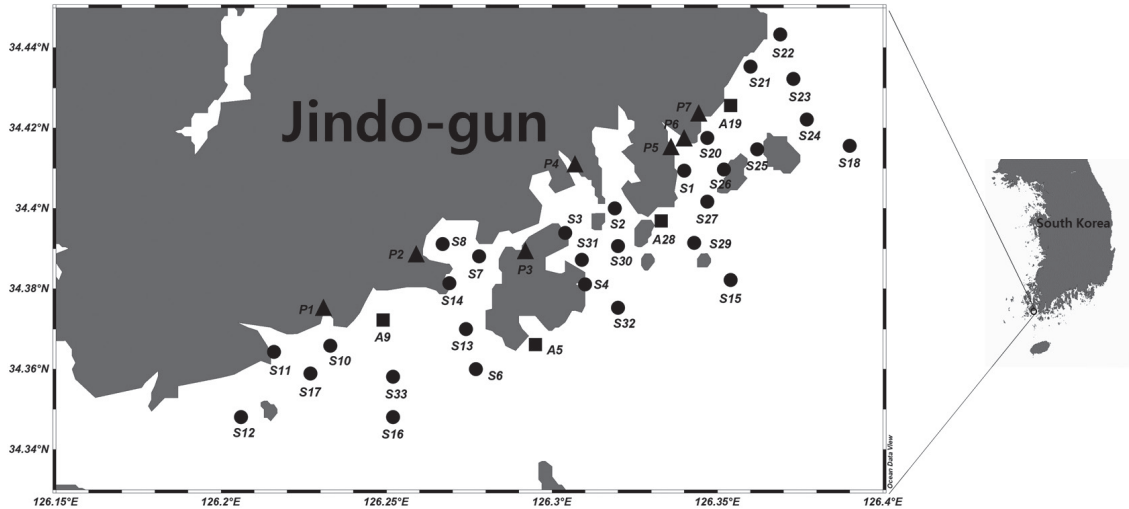


Fig. 1. Sampling stations of seawater, shellfish (abalone *Haliotis discus hannai*) and major inland pollution source in Uisin-myeon, Jindo-gun. ●, Seawater; ■, Abalone; ▲, Major inland pollution source.

산해역에 대한 체계적인 관리가 요구된다.

현재 미국, EU (European Union) 등의 선진국에서는 패류생산해역 위생관리 프로그램을 마련하여 정기적인 조사를 수행하여 해역의 등급을 나누고 체계적인 관리를 하고 있다. 미국은 해역의 해수에서 분석되는 대장균군(coliform group), 분변계대장균(fecal coliform) 농도에 따라 5개 해역의 등급으로 분류하고 있으며, EU는 해역에서 생산되는 패류에서 분석되는 대장균(*Escherichia coli*)의 농도에 따라 3개 해역의 등급으로 분류하고 있다. 우리나라 또한 패류생산해역 위생관리 프로그램을 도입하여 운영하고 있다(European Commission, 2015; US FDA, 2017; NIFS, 2022). 지금까지 굴, 바지락, 피조개 및 꼬막류 등이 수출이 되고 있는 해역(이하 지정해역)에 대한 위생 안전성 평가는 많이 보고되고 있지만, 전복을 생산하는 해역에 대한 위생 안전성 평가는 완도 보길도 생산 해역 1건으로 연구가 많이 미흡한 실정이다(Shin et al., 2022). 따라서 본 연구에서는 우리나라 전복의 생산지 중 하나인 진도군 의신 해역의 해수 및 전복에 대한 위생상태 및 해역 주변에 주요 오염원이 해역에 미치는 영향을 파악하여 동 해역의 위생 안전성 평가를 위한 기초자료 및 오염원 관리를 위한 과학적 근거자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

조사지점 선정 및 시료 채취

진도 의신 해역 해수 및 패류의 위생 안전성 평가하기 위해 해수 33, 전복 4, 주요육상오염원 7개소의 조사 정점을 선정하였다(Fig. 1). 특히 패류의 경우 진도 의신 해역의 주요 생산 패류인 전복(*Haliotis discus hannai*)을 대상 패종으로 선정하였

다. 해수 및 패류에 대한 조사 정점은 해역의 해류 유동 상태, 지형적 여건을 고려하여 연중 채취가 가능한 정점을 선정하였다. 2020년 9월부터 2022년 12월까지 매일 1회씩 총 28회 조사를 수행하였으며 조사 시료는 각각 멸균된 250 mL 채수병 및 Nasco Whirl pack (Whirl pack, Madison, WI, USA)에 채취하여 아이스팩이 담긴 아이스박스에서 저온 상태로 실험실까지 운반하여 시료채취 후 24시간 이내에 분석을 실시하였다. 주요 육상오염원은 2019년 육상오염원 전수조사 결과를 바탕으로 분변오염도가 높은 마을의 생활하수 배출구나 하천등 해역에 영향을 줄 수 있는 육상오염원 7개소를 조사 정점으로 선정하였으며, 2021년 4회(2월, 4월, 9월, 11월) 및 2022년 4회(2월, 5월, 9월, 11월) 시료를 채취하였다. 오염원 시료 채취시 수온, 염분, pH등의 환경인자 및 유량은 수질측정기(YSI Life Science, Yellow Springs, OH, USA) 및 유속계(Hach Company, Loveland, CO, USA)를 사용하였으며, 시료는 멸균된 1 L 채수병에 채취 후 아이스박스에 담아 실험실로 이동하여 분석을 실시하였다.

위생 지표 세균 분석

분석시료 대한 일반세균수(standard plate count), 대장균군(coliform group), 분변계대장균(fecal coliform), 대장균(*E. coli*) 및 살모넬라(*Salmonella* spp.) 분석은 Recommended Procedures for the examination of Sea water and Shellfish (APHA, 1970), Most Probable number technique using 5-bromo-4-chloro-3-indoyl- β -D-glucuronide (ISO, 2015) 및 Microbiology of the food chain - serotyping of *Salmonella* - Part 1: Detection of *Salmonella* spp. (ISO, 2017)에 따라 실험하였으며, 해수 및 패류의 분석항목에 대한 희석 조건과 사용된

배지 및 배양 조건은 Table 1에 나타내었다.

해수 및 전복의 위생 안전성 평가

진도 의신 해역의 해수 위생상태 평가는 우리나라 및 미국의 해역 분류 기준에 준하여 fecal coliform의 기하학평균치 및 계산된 백분위의 90번째 값의 수치를 계산하여 평가하였으며 계산방법은 다음과 같다(European Commission, 2015; MOF, 2022).

$$\text{Est. 90th} = \text{Antilog} [(\text{Slog})1.28 + \text{Xlog}]$$

Slog = 각 자료 그룹에서의 각각의 MPN의 대수값의 표준 편차
Xlog = 각 자료 그룹에서의 각각의 MPN의 대수값의 평균

또한 진도 의신 해역 전복의 위생 상태는 우리나라, 미국 및 유럽연합의 위생기준에 준하여 일반세균수, 분변계대장균, 대장균 및 살모넬라 검출 농도를 평가하였다(European Commission, 2015; MOF, 2022).

주요 육상오염원 영향 평가

진도 의신 해역에 영향을 미칠 수 있는 주요육상오염원의 영

향을 평가하기 위해서 미국 FDA에서 제시한 방법으로 분변계대장균의 영향 반경을 계산하였다. 먼저, 오염원 배출수의 유량과 검출된 분변계대장균의 수치를 분석하여 일일 부하량을 계산하였고 NSSP 지정해역 수질기준인 분변계대장균이 14 MPN (most probable number)/100 mL 이하로 희석되는데 필요한 해수의 양을 계산하였다. 그리고 주변 수심을 고려하여 면적 및 영향 반경을 산출하였으며 조사지점과 거리를 확인하여 오염원이 해역에 미치는 영향을 최종적으로 평가하였다(Table 2).

결과 및 고찰

해수의 위생 안전성 평가

2020년 9월부터 2022년 12월까지 진도 의신 해역에 설정된 해수 33개소를 각 28회 조사 결과 총 924개의 해수시료에서 검출된 대장균군의 기하학적평균치 및 90th percentile 범위는 <1.8–5.6 MPN/100 mL 및 1.8–42 MPN/100 mL로 22번 조사지점에서 가장 높게 검출되었고, 분변계대장균의 경우, <1.8–2.7 MPN/100 mL 및 <1.8–8.4 MPN/100 mL으로 19번

Table 1. Dilution, medium and culture condition for microbiological analysis

Items	Procedure	Dilution	Medium and Culture	Reference
Standard plate count	Pour plating	2 plate, 2 dilution	Plate count agar (Merk, USA) (35±0.5)°C, (48±3) h	
Coliform group	Presumptive test	5 tube 3 dilution	Lauryl tryptose broth (Merk, USA) (35±0.5)°C, (24±2) h and (48±3) h	APHA (1970)
	Confirmed test		Brilliant green bile lactose broth (Merk, USA) (35±0.5)°C, (24±2) h and (48±3) h	
Fecal coliform	Presumptive test	5 tube 3 dilution	Lauryl tryptose broth (Merk, USA) (35±0.5)°C, (24±2) h and (48±3) h	
	Confirmed test		EC broth (BD, USA) (44.5±0.2)°C, (24±2) h	
<i>Escherichia coli</i>	Presumptive test	5 tube 3 dilution	Mineral modified glutamate medium (Oxoid, USA) (37±1.0)°C, (24±2) h	ISO (2015)
	Confirmed test		Tryptone bile glucuronide agar (Oxoid, USA/Medion, Korea) (44±1.0)°C, (22±2) h	
<i>Salmonella</i> spp.	Non selective pre-enrichment		Buffered peptone water (Biomerieux, France) (36±2.0)°C, (18±2) h	ISO (2017)
	selective pre-enrichment		Rappaport vassiliadis medium (Biomerieux, France) (41.5±1.0)°C, (24±3) h Muller kauffmann tetrathionate novobiocin broth (Biomerieux, France) (37±1.0)°C, (24±3) h	
	Plating out		Xylose lysine deoxycholate and hektoen enteric agar (BD, USA), (37±1.0)°C, (24±3) h	
	Confirmed test		Triple sugar/iron agar (Merck, USA) (37±1.0)°C, (24±3) h Vitek 2 compact system (Biomerieux, France)	

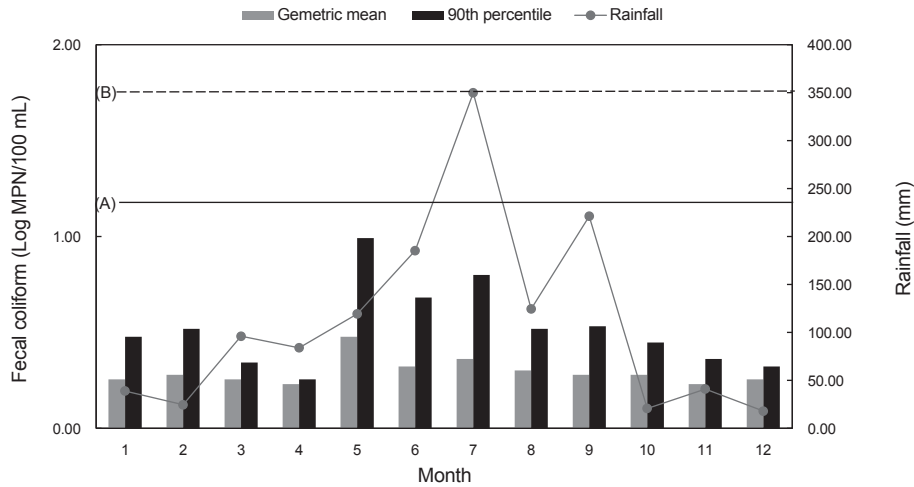


Fig. 2. Changes in monthly fecal coliform levels of seawater for all sampling stations and average rainfall in Uisin-myeon, Jindo-gun. A, the standard line (≤ 14 MPN/100 mL) of Geometric mean from the fecal coliform levels for the sanitary survey at total 28 times; B, the standard line (≤ 43 MPN/100 mL) of estimated 90th percentile from the fecal coliform levels for the sanitary survey at total 28 times.

및 22번 조사지점에서 높게 검출되었다(Table 3). 우리나라 패류생산해역의 경우 해수의 분변계대장균의 조사 결과에 따라 해역을 3개 등급(지정해역, 준지정해역, 조건부해역)으로 분류하고 있으며, 모든 조사 정점의 기하학적 평균값이 14 MPN/100 mL 초과하지 않을 경우를 지정해역 수준으로 평가한다(MOF, 2021).

본 연구결과에 따르면, 진도 의신 해역 33개 조사지점에 대한 분변계대장균의 기하학적 평균값은 $<1.8\text{--}2.7$ MPN/100 mL로 지정해역 수준으로 평가되었다.

한편, 미국은 national shellfish sanitation program에 따라 해수의 대장균군 및 분변계대장균 조사결과에 따라 5개등급(허가해역, 조건부허가해역, 제한해역, 조건부제한해역, 금지해역)으로 분류하고 있으며, 허가해역의 경우 대장균군은 기하학적 평균값이 70 MPN/100 mL 이하 및 90th percentile 값이 230 MPN/100 mL 이하이며, 분변계대장균의 경우 기하학적 평균값이 14 MPN/100 mL 이하 및 90th percentile 값이 43 MPN/100 mL 이하이어야 한다. 다만, 오염원의 영향을 받을 경우는 조건부 허가해역으로 분류될 수 있다고 규정하고 있다(US FDA, 2017). 이 규정에 따라 진도 의신 해역을 분류하면 허가

해역기준에 부합하는 것으로 확인되었다. 하지만 조사 기간 중 5-7월 동안 일시적으로 분변계대장균 농도가 43 MPN/100 mL를 초과하는 정점이 확인되었으며 분변계대장균의 농도 또한 다른 시기 대비 높은 것으로 확인되었다(Fig. 2).

2021년 5월의 경우 조사 2일 전부터 당일까지 진도 지역 누적 강수량이 66.9 mm가 발생, 2021년 7월은 강우가 집중되는 시기로 조사 7일 전 누적강수량이 270.7 mm 발생, 2022년 6월, 7월의 경우 각각 조사 2일 전 20.1 mm, 조사 4일 전 12 mm 강우가 발생한 것으로 확인되었다. 이는 강우 발생에 따라 해역에 산재 되어있는 오염원이 해역으로 유입되어 국소적으로 영향을 받는 것으로 확인되었다(Fig. 3).

본 결과와 유사하게 남해 창선 해역, 고흥 나로도 해역 및 여수 가막만 해역의 경우 강우가 많은 시기에 해수의 분변계대장균 값이 높아진다고 보고된 바 있으며 이는 다량의 강우 발생은 오염원 유입량 증가의 주요 요인이라고 보고하였다(Kwon et al., 2012; Park et al., 2012; Ha et al., 2013). 또한 배수 유역에 오염원이 다수 존재할 경우, 해역에 영향을 미칠 수 있으므로 오염원 관리가 필요하다고 보고된 바 있다(Lee et al., 2020; Shin et al., 2020; Choi et al., 2021).

Table 2. Method of calculating the impact range of pollutants

Step	Items	Calculation
1	Determine loading (MPN/day)	Concentration of fecal coliform (MPN/100 mL)×Conversion (Liter to milliliter; 1,000 mL/L)×Conversion (min per day; 1,440 min/day)×Flow (L/min)
2	Dilution water required (m ³ /day)	Determine loading (MPN/day)/[Standard (14 MPN/100 mL)×Conversion (Milliliter to m ³ ; 100,000 mL/m ³)]
3	Area required (m ² /day)	Dilution water required (m ³ /day)/Average depth (m)
4	Radius of half-circle (m)	Area required (m ² /day)×2/3.14

따라서 2020년 9월부터 2022년 12월까지 진도 의신 해역의 해수에 대한 대장균군 및 분변계대장균 수치는 미국의 허가 해역 조건에 충족하지만, 해역 주변에 오염원의 관리가 필요하며 강우 등의 영향을 받을 수 있으므로 조건부허가해역에 적합한 것으로 평가할 수 있다(US FDA, 2017).

전복의 위생 안전성 평가

진도 의신해역에서 생산된 전복의 위생 안전성을 평가하기 위해 2020년 9월부터 2022년 12월까지 4개소(5, 9, 19, 28)의 전복양식장으로부터 총 28회 107개 시료를 채취하였으며 위생지

Table 3. Bacteriological water quality in Uisin-myeon, Jindo-gun

Station	Total Coliform (MPN ¹)/ 100 mL					Fecal coliform (MPN/ 100 mL)					No of Samples
	Range	GM ²	90th ³	>230		Range	GM	90th	>43		
				No	%				No	%	
1	<1.8-350	4.2	27	1	3.6	<1.8-17	2.3	5.3	0	0.0	28
2	<1.8-240	3.0	15	1	3.6	<1.8-33	2.1	4.5	0	0.0	28
3	<1.8-95	3.1	12	0	0.0	<1.8-23	2.2	4.9	0	0.0	28
4	<1.8-49	2.2	5.6	0	0.0	<1.8-13	1.9	3.0	0	0.0	28
5	<1.8-70	2.0	4.8	0	0.0	<1.8-11	1.8	2.9	0	0.0	28
6	<1.8-4.0	<1.8	2.2	0	0.0	<1.8-2.0	<1.8	<1.8	0	0.0	28
7	<1.8-23	2.2	4.6	0	0.0	<1.8-17	2.0	3.7	0	0.0	28
8	<1.8-79	2.9	10.0	0	0.0	<1.8-17	2.1	4.3	0	0.0	28
9	<1.8-49	2.2	5.6	0	0.0	<1.8-2.0	<1.8	<1.8	0	0.0	28
10	<1.8-14	1.9	3.1	0	0.0	<1.8-7.8	1.8	2.6	0	0.0	28
11	<1.8-7.8	1.9	2.8	0	0.0	<1.8-7.8	<1.8	2.6	0	0.0	28
12	<1.8-7.8	1.8	2.6	0	0.0	<1.8-2.0	<1.8	1.8	0	0.0	28
13	<1.8-4.0	<1.8	2.2	0	0.0	<1.8-2.0	<1.8	1.9	0	0.0	28
14	<1.8-33	2.7	9.3	0	0.0	<1.8-23	2.2	5.2	0	0.0	28
15	<1.8-2.0	<1.8	1.8	0	0.0	<1.8-2.0	<1.8	1.8	0	0.0	28
16	<1.8-2.0	<1.8	1.8	0	0.0	<1.8-2.0	<1.8	<1.8	0	0.0	28
17	<1.8-13	1.9	3.0	0	0.0	<1.8-2.0	<1.8	<1.8	0	0.0	28
18	<1.8-4.5	<1.8	2.3	0	0.0	<1.8-1.8	<1.8	<1.8	0	0.0	28
19	<1.8-110	4.1	22	0	0.0	<1.8-110	2.6	8.4	1	3.6	28
20	<1.8-49	3.1	10	0	0.0	<1.8-17	2.1	4.5	0	0.0	28
21	<1.8-79	4.1	18	0	0.0	<1.8-33	2.5	6.7	0	0.0	28
22	<1.8-920	5.6	42	2	7.2	<1.8-33	2.7	7.1	0	0.0	28
23	<1.8-14	2.1	4.6	0	0.0	<1.8-4.0	<1.8	2.2	0	0.0	28
24	<1.8-22	1.9	3.7	0	0.0	<1.8-2.0	<1.8	<1.8	0	0.0	28
25	<1.8-17	2.2	5.1	0	0.0	<1.8-4.5	1.9	2.8	0	0.0	28
26	<1.8-79	2.9	9.9	0	0.0	<1.8-79	2.4	7.0	1	3.6	28
27	<1.8-170	2.5	9.1	0	0.0	<1.8-7.8	2.1	4.2	0	0.0	28
28	<1.8-49	2.0	4.8	0	0.0	<1.8-4.5	<1.8	2.2	0	0.0	28
29	<1.8-13	1.9	3.3	0	0.0	<1.8-13	1.9	3.0	0	0.0	28
30	<1.8-70	2.3	6.6	0	0.0	<1.8-49	2.0	4.6	1	3.6	28
31	<1.8-95	2.7	8.4	0	0.0	<1.8-49	2.0	4.7	1	3.6	28
32	<1.8-180	2.3	8.5	0	0.0	<1.8-49	2.0	4.4	1	3.6	28
33	<1.8-2.0	<1.8	1.8	0	0.0	<1.8-<1.8	<1.8	<1.8	0	0.0	28
Total	<1.8-920	<1.8-5.6	1.8-42	4	0.4	<1.8-110	<1.8-2.7	<1.8-8.4	5	0.5	924

¹Most probable number. ²Geometric mean. ³The estimated 90th percentile.

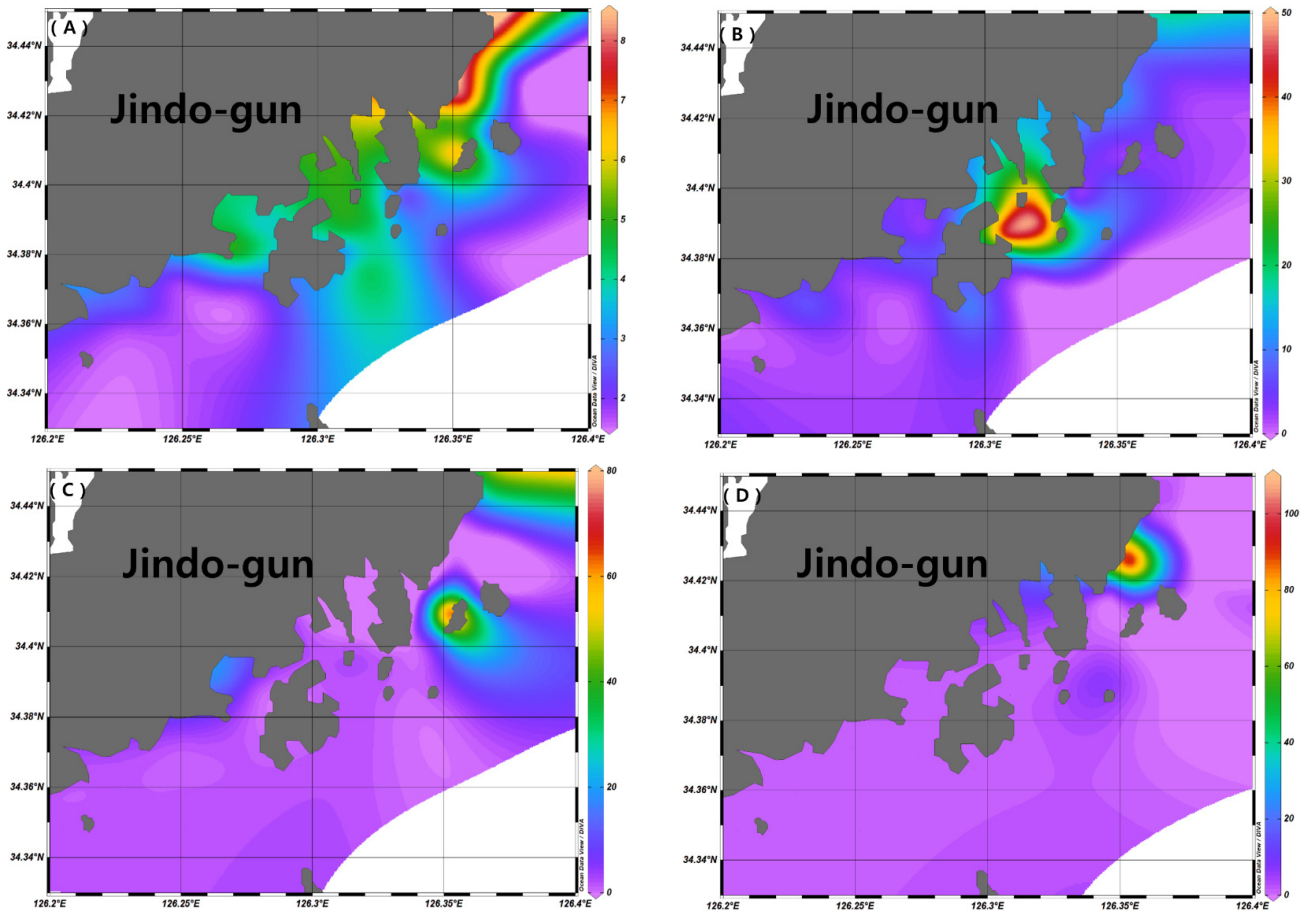


Fig. 3. Horizontal distribution of fecal coliform for seawater in Uisin-myeon, Jindo-gun. A, 2020.9.–2022.12. 90th percentile, range from 0 to 10; B, March 2021, range from 0 to 50; C, July 2021, range from 0 to 80; D, June 2022, range from 0 to 110.

표세균 분석 결과는 Table 4에 나타내었다.

분석 시료에 대한 분변계대장균 및 대장균 검출 범위는 <18–460 MPN/100 g 및 <18–78 MPN/100 g이었으며 일반세균수는 <30–7,700 CFU/g으로 분석되었다.

우리나라의 식품의약품안전처에서 규정하는 수산물 세균학적 기준은 소비자가 조리없이 바로 섭취할 수 있도록 위생처리

하여 용기 포장하여 판매되고 있는 동물성 냉동수산물의 일반 세균수 기준은 100,000 CFU/g 이하, 대장균은 10 MPN/g 이하로 정하고 있다(MFDS, 2022).

미국의 경우 각 주마다 관리하고 있으며, 정부 정책에 따라 분변계대장균 또는 대장균의 농도가 230 MPN/100 g을 기준으로 설정하고 있다(NFI, 1998). 유럽연합인 EU의 경우 패류에서 검

Table 4. Results of the bacteriological examination of abalone *Haliotis discus hannai* Uisin-myeon, Jindo-gun

Station	Fecal coliform (MPN ¹ /100 g)				<i>E. coli</i> (MPN/100 g)			Plate count (CFU/ g)			No of Samples
	Range	>230		Range	>230		Range	>50,000			
		No.	%		No.	%		No.	%		
5	<18–20	0	0.0	<18–20	0	0.0	<30–5,000	0	0.0	26	
9	<18–460	1	4.0	<18–78	0	0.0	<30–7,700	0	0.0	25	
19	<18–20	0	0.0	<18–78	0	0.0	<30–4,000	0	0.0	28	
28	<18	0	0.0	<18	0	0.0	<30–940	0	0.0	28	
total	<18–460	1	1.0	<18–78	0	0.0	<30–7,700	0	0.0	107	

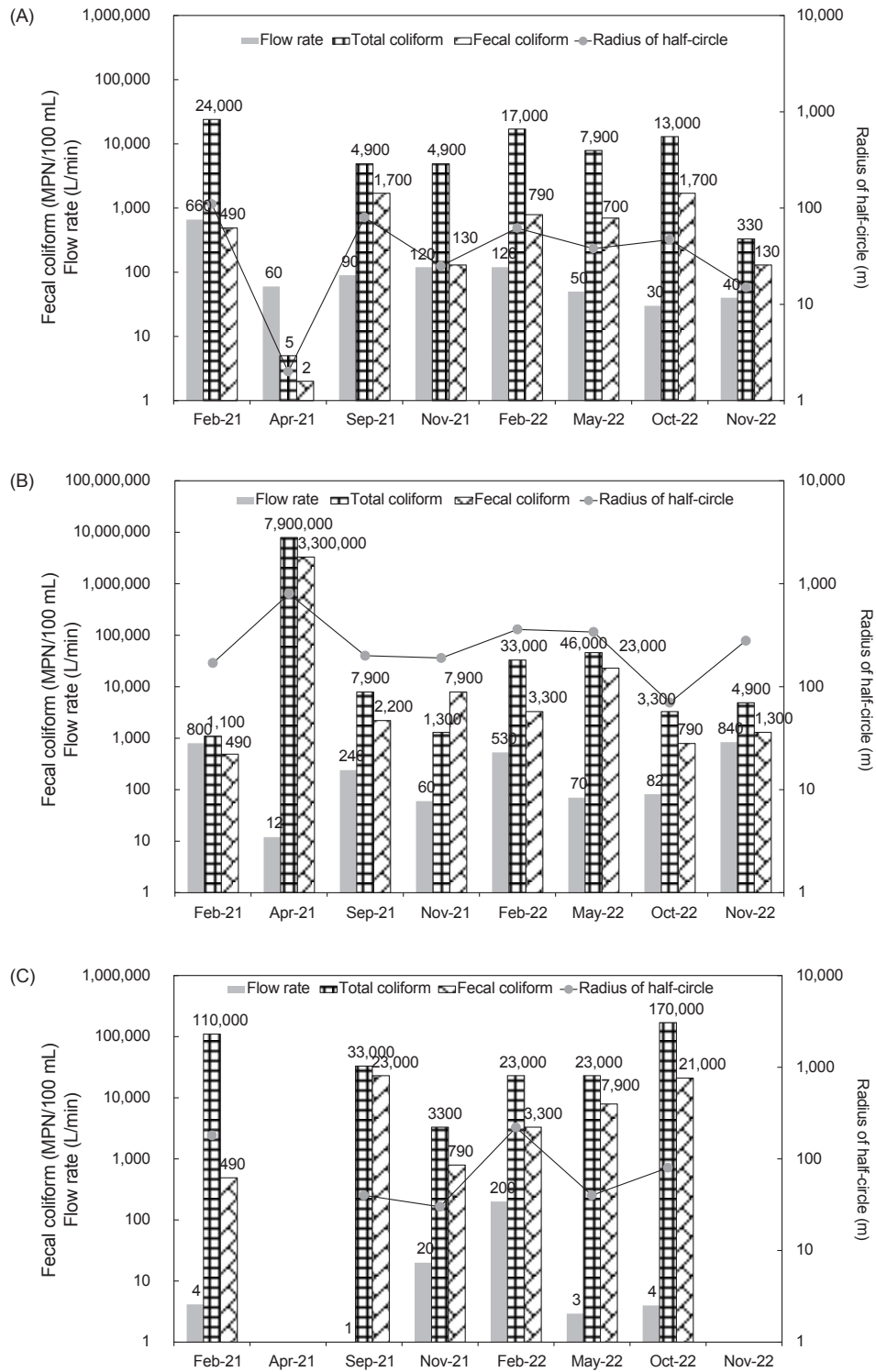


Fig. 4. Evaluation of radius of influence of major pollution sources impact in Uisin-myeon, Jindo-gun. ■, Flow rate; ▨, Total coliform; ▩, Fecal coliform; ●, Radius of half-circle; A, P1, Stream water located in Imhoye-myeon; B, P2, Stream water located in Imhoye-myeon; C, P3, Inland fish farm waste water located in Uisin-myeon; D, P5, Agricultural water located in Uisin-myeon; E, P6, Stream water located in Uisin-myeon; F, P7, Fish farm waste water located in Gogun-myeon.

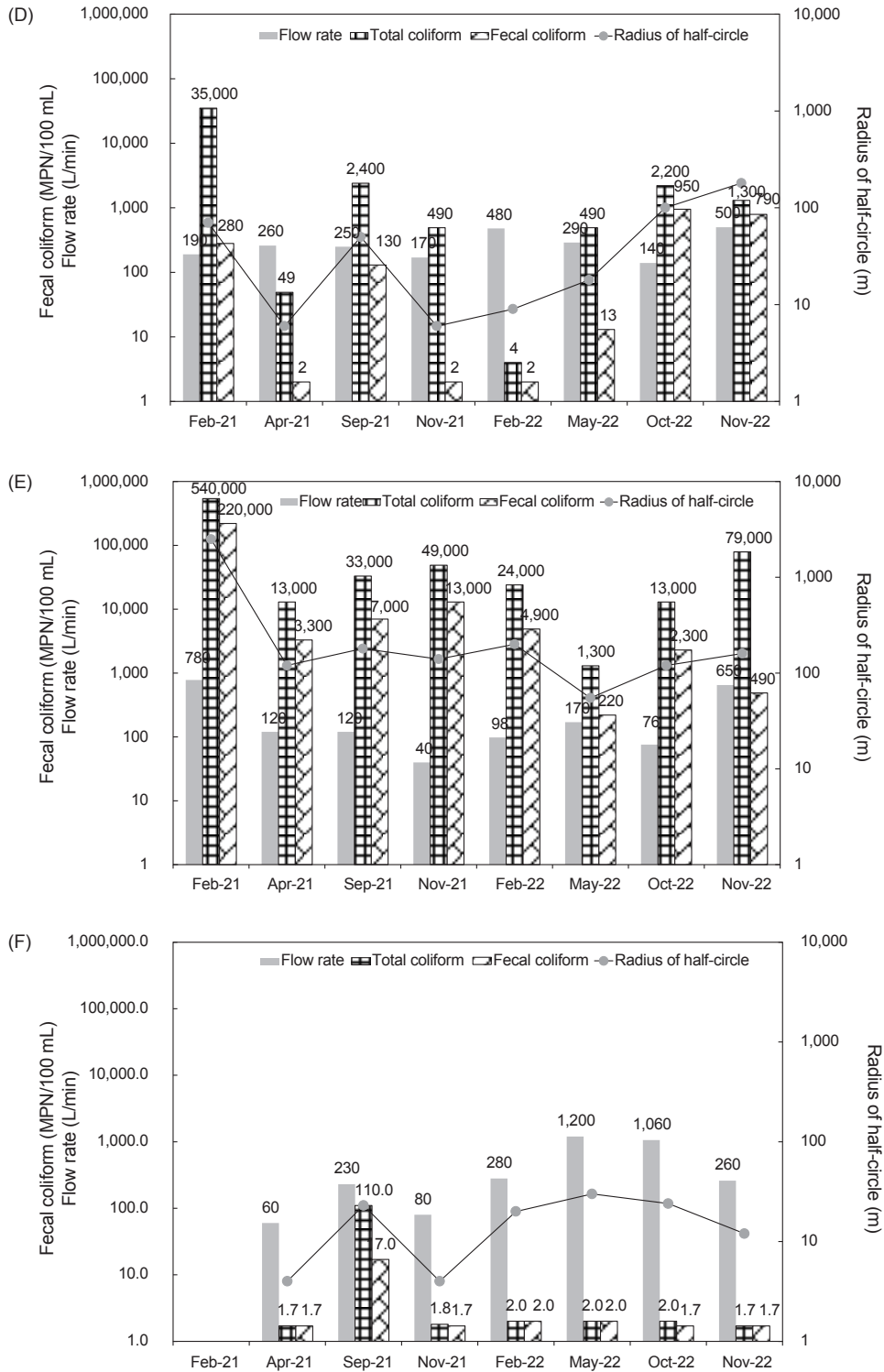


Fig. 4. Evaluation of radius of influence of major pollution sources impact in Uisin-myeon, Jindo-gun. ■, Flow rate; ▨, Total coliform; ▩, Fecal coliform; ●, Radius of half-circle; A, P1, Stream water located in Imhoye-myeon; B, P2, Stream water located in Imhoye-myeon; C, P3, Inland fish farm waste water located in Uisin-myeon; D, P5, Agricultural water located in Uisin-myeon; E, P6, Stream water located in Uisin-myeon; F, P7, Fish farm waste water located in Gogun-myeon.

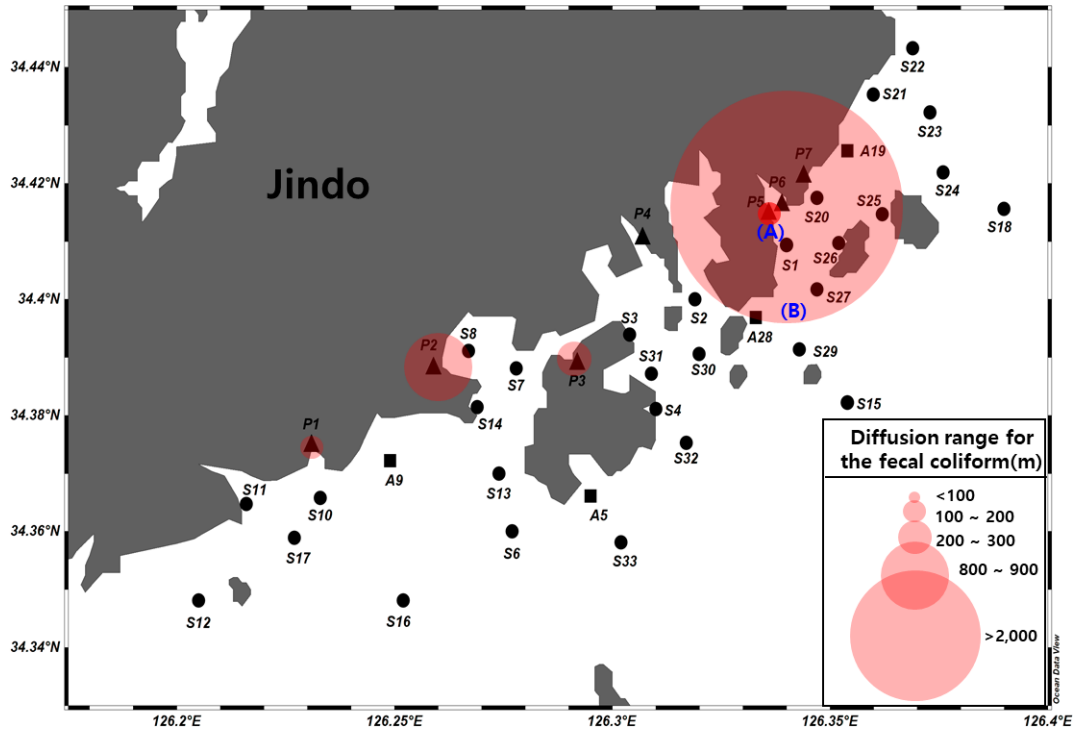


Fig. 5. Evaluation of radius of influence of major pollution sources impact in Uisin-myeon, Jindo-gun. A, P5 evaluation of radius; B, P6 evaluation of radius.

출되는 대장균 수치에 의해 해역이 3개 등급(A, B, C class)으로 분류된다. 조사 기간 중 시료의 80%가 230 MPN/100 g을 초과하지 않고 모든 시료에서 700 MPN/100 g을 초과하지 않을 경우 즉시 출하가 가능한 A class로 분류된다(European Commission, 2015). 본 조사 기간 동안 진도 의신 해역에서 채취된 전복의 경우 우리나라, EU의 기준에 충족하는 양호한 위생 상태로 평가되었지만, 미국 기준의 경우 2021년 7월 시료에서 460 MPN/100 g 농도로 검출되어 기준을 4% (1/25)를 초과한 지점이 나타났다. 이는 조사 7일 전 누적강수량이 270.7 mm의 다량의 강우로 오염원이 해역으로 유입이되면서 일시적으로 높게 검출된 것으로 판단된다. 그러므로 본 해역은 강우에 의한 영향을 받는 해역으로 보이므로 강우에 따른 패류채취제한기준 마련이 필요할 것으로 사료된다.

또한 조사기간 동안 병원성 세균인 살모넬라(*Salmonella* spp.)를 분석한 결과 107개의 전복 시료 모두 검출되지 않았다. 살모넬라는 식중독 병원성 세균 중 하나로 식품을 매개로 인체에 감염된다. 국내패류에서는 살모넬라는 검출된 바 없지만, EU 등 세계적으로 다양하게 보고된 바 있으므로 정기적인 모니터링이 필요할 것으로 판단된다(Lee et al., 2018; Mudadu et al., 2022; Shin et al., 2022).

육상오염방출수가 해역에 미치는 영향 평가 결과

진도 의신 해역의 배수 유역에 위치한 육상 오염원 7개소 배출수(하천수 3개, 양식장 2개, 농업용수 1개, 생활하수 1개)에 대하여 2021년 4회(2월, 4월, 9월, 11월) 2022년 4회(2월, 5월, 9월, 11월) 총 8회 조사결과 배출수에서 측정된 유량, 분변계대장균 및 영향 반경은 Fig. 4 및 Fig. 5에 나타내었다. 조사기간 중 주요 오염원 7개소 배출수의 유량은 0-1,200 L/min이었고 대장균군 및 분변계대장균 수치는 <1.8-7,900,000 MPN/100 mL 및 <1.8-3,300,000 MPN/100 mL로 확인되었으며, 분변계대장균 영향 반경은 2-2,500 m로 확인되었다. 조사 정점 P1 및 P2 은 임회면 위치한 하천수로 유량이 많고 간헐적으로 1,000 MPN/100 mL 이상의 높은 수치의 분변계대장균이 검출되고 있다. 특히 P2의 경우 2021년 4월 조사시 분변계대장균수치가 33,000,000 MPN/100 mL, 영향 반경은 800m로 S8 조사 정점에 영향을 미칠 수 있는 육상오염원으로 확인되었다. P3은 의신면에 위치한 양식장 방출수로 분변계대장균의 수치에 비해 유량이 많지 않아 영향 반경이 크지 않았다. 하지만, P3의 경우 다량의 강우 발생시 해역에 오염의 부하량이 증가할 가능성이 있어 관리가 필요할 것으로 사료된다. 또한 P4는 만길리 해안선에 있는 마을 생활하수이나 유량이 발생하지 않아 조사되지 않았다. P5, P6 및 P7은 의신면 및 고군면에 위치한 생활하수, 하천수 및 육상양식장 방출수로 P6 정점에서 간헐적으로 유량이 많고 분변계대장균의 수치가 높게 검출되어 영향 반경이

55–2,500 m로 해역에 가장 큰 영향을 미치는 육상오염원으로 확인되었다. 반면, P5 및 P7의 경우 방출되는 유량에 비해 분변 계대장균 수치가 높지 않고 영향 반경이 크지가 않아 해역에 많은 영향을 미치지 않았다. 하지만, 농업용수 및 육상양식장 방출 수 관리가 미흡할 경우 오염원의 부하량이 증가할 가능성이 있으므로 체계적이고 지속적인 관리가 수반되어야 하겠다.

진도 의신 해역에서 생산되는 패류의 위생 안전성을 확보하기 위해서는 본 조사결과를 바탕으로 주요 육상 오염원에 대한 체계적인 관리가 수반되어야 할 것으로 사료된다.

사 사

이 논문은 2023년도 국립수산물과학원 수산시험연구사업(R2023054)의 지원으로 수행되었습니다.

References

- APHA (American Public Health Association). 1970. Recommended Procedures for the Examination of Seawater and Shellfish. 4th Ed. APHA, Washington D.C., U.S.A. 1-47.
- Choi WS, Shin SB, Yoon MC, Lee JH, Kim KY and Lim CW. 2021. The effect of major inland pollution sources on sea and shellfish in Narodo Area, Korea. *Korean J Malacol* 37, 155-163. <https://doi.org/10.9710/kjm.2021.37.4.155>.
- European Commission. 2015. Regulation(EC) No 854/2004, as amended by Regulation (EU) No 2015/2285, Regulation (EC) No 2073/2005. European Commission Press, Brussels, Belgium.
- Ha KS, Yoo HD, Shim KB, Kim JH, Lee TS, Kim PH, Lee HJ and Yu HS. 2013. The effects of inland pollution sources around the port of Jeokyang and Jangpo after rainfall events on bacteriological water quality in the Changseon area, Korea. *Korean J Fish Aquat Sci* 46, 160-167. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2013.0160>.
- Ha KS, Kwon JY, Jeong SH, Park K, Kim DW, Lee KJ, Jeong YJ, Mok JS and Son KT. 2020. Evaluation of sanitary safety for shellfish in the Jaranman-Saryangdo area, Korea. *Korean J Malacol* 36, 211-217. <https://doi.org/10.9710/kjm.2020.36.4.211>.
- Ham JR, Lee HI, Kim CB, Shin EC and Lee MK. 2021. Nutritional composition and taste properties of abalone and short-neck clam in Wando. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 50, 1010-1018. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2021.50.9.1010>.
- ISO (International Organization for Standardization). 2015. Microbiology of the food chain-Horizontal method for the enumeration of beta- glucuronidase positive *Escherichia coli* Part 3: Detection and most probable number technique using 5-bromo-4-chloro-3-indoly- β -D-glucuronide. ISO 16649-3. ISO, Geneva, Switzerland.
- ISO (International Organization for Standardization). 2017. Microbiology of the food chain - Horizontal method for the detection, enumeration and serotyping of *Salmonella*-Part 1: Detection of *Salmonella* spp. ISO 6579-1. ISO, Geneva, Switzerland.
- Jindo-gun. 2022. Statistical Yearbook. Retrieved from <https://www.jindo.go.kr> on Sep 2, 2022.
- Kim HL, Kang SG, Kim IC, Kim SJ, Kim D and Ma SJ. 2006. *In vitro* anti-hypertensive, antioxidant and anticoagulant activities of extracts from *Haliotis discus hannai*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35, 835-840. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2006.35.7.835>.
- KOSIS (Korean Statistical Information Service). 2023. Fishery Production Survey on Statistical Database. Retrieved from <https://kosis.kr> on Feb 25, 2023.
- Kwon JY, Park K, Song KC, Oh EG, Lee HJ, Kim JH and Son KT. 2012. The bacteriological quality of seawater in Kamak bay, Korea. *Korean J Fish Aquat Sci* 45, 460-464. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2012.0460>.
- Lee SJ, Oh SJ, Kang MJ, Shin JH and Kang SK. 2015. Antioxidant and anti-fatigue effects of abalone (*Haliotis discus hannai*) composites containing natural plants. *Korean J Food Preserv* 22, 598-606. <https://doi.org/10.11002/kjfp.2015.22.4.598>.
- Lee JH, Shin SB, Jeong SH, Ha KS, Lee KJ, Son KT and Lim CW. 2018. Assessment of sanitary safety of the oyster (*Crassostrea gigas*) and short neck clam (*Ruditapes philippinarum*) in Narodo Area, Korea. *Korean J Malacol* 34, 241-249. <https://doi.org/10.9710/kjm.2018.34.4.241>.
- Lee JH, Choi WS, Lim CW and Shin SB. 2020. Investigation of terrestrial fecal bacteria affecting the sanitary status of ark shell (*Scapharca subcrenata*) farm in Yeolja bay, Korea. *Korean J Malacol* 36, 175-184. <https://doi.org/10.9710/kjm.2020.36.4.175>.
- Li J, Tong D, Ko DO, Chung DO, Jeong W and Kim J. 2012. Anti-oxidant and anti-skin-aging effects of abalone viscera extracts in human dermal fibroblasts. *Korean J Food Preserv* 19, 463-469. <https://doi.org/10.11002/kjfp.2012.19.4.463>.
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2022. Korea Food Standards. Article 2022-56. Retrieved from <https://www.law.go.kr> on Mar 10, 2023.
- MOF (Ministry of Oceans and Fisheries). 2021. Korean Shellfish Sanitation Program. Retrieved from <https://www.mof.go.kr> on Mar 11, 2023.
- MOF (Ministry of Oceans and Fisheries). 2022. Fisheries Information Service. Retrieved from https://stat_mof.go.kr on Mar 10, 2023.
- Mudadu AG, Spanu C Pantoja, JCF, Dos Santod MC, De Oliveira CD Salza S, Piras G, Uda MT, Virgilio S, Giagnoni L, Pereira JG and Tedde T. 2022. Association between *Escherichia coli* and *Salmonella* spp. food safety criteria in live bivalve molluscs from wholesale and retail markets. *Food Control* 137, 108942. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.108942>.

- NFI (National Fisheries Institute). 1998. State Guidelines for Coliforms, Fecal Coliform, and *E. coli*. National Fisheries Institute, Arlington, VA, U.S.A.
- NIFS (National Institute of Fisheries Science). 2022. Sanitary Standard of Water Quality in Shellfish Growing Area. Article 2022-2. Retrieved from <https://www.law.go.kr> on Mar 10, 2023.
- Shin SB, Choi WS, Lee JH, Lim CW, Jo MR and Kim DW. 2020. Study of sanitary safety for arkshell (*Scapharca broughtonii*) in Kamak Bay, Korea. Korean J Malacol 36, 167-173. <https://doi.org/10.9710/kjm.2020.36.4.167>.
- Shin SB, Choi WS, Lee JH, Kim MJ and Lim CW. 2022. Assessment of Bacteriological Safety of the Seawater and Abalone (*Haliotis discus hannai*) in Bogil-nohwa are, Korea. Korean J Malacol 38, 147-156. <https://doi.org/10.9710/kjm.2022.38.3.147>.
- Park JW, Lee YJ, Park IB, Shin GW, Jo YC and Koh SM. 2009. Comparison of the physicochemical properties of meat and viscera of dried abalone (*Haliotis discus hannai*) prepared using different drying methods. Korean J Food Preserv 16, 686-698.
- Park K, Jo MR, Kim YK, Lee HJ, Kwon JY, Son KT and Lee TS. 2012. Evaluation of the effects of the inland pollution sources after rainfall events on the bacteriological water quality in Narodo area, Korea. Korean J Fish Aquat Sci 45, 414-422. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2012.0414>.
- US FDA (U.S. Food and Drug Administration). 2017. National Shellfish Sanitation Program, Guide for the Control of Molluscan Shellfish. US FDA, Silver Spring, MD, U.S.A. Retrieved from <https://www.fda.gov/Food/GuidanceRegulation/FederalStateFoodPrograms/ucm2006754.htm> on Sept 8, 2022.