

전북 해상가두리 양식용 황동어망의 양성 효과

오동훈¹, 조창훈², 정우건³, 조상만²

¹완도수산고등학교, ²군산대학교 해양생명과학과, ³경상대학교 양식생명과학과

Effect of cooper net on cultural performance of abalone, *Haliotis discus hannai*, in sea net cage

Dong Hoon Oh¹, Chang-Huen Cho², Woo Geon Jeong³ and Sang-Man Cho²

¹Wando Fisheries High school, Jangbogodaero 141, Wando 59116, Korea.

²Department of Aquaculture and Aquatic Resources, Kunsan National University, Daehak-ro 558, Gunsan 54150, Korea.

³Department of Aquaculture Science & Institute of Marine Industry, Gyeongsang National University, Tongyeong hean-ro 2, Tongyeong 53064, Korea

ABSTRACT

To investigate the applicability on abalone culture, 14 brass nets were installed into sea net cages at Nowha-do and Gunnae-ri in Wando, Korea. No statistically significant growth was observed in shell size and weight but in fatness at the brass net. A significant decrease was observed in mortality only in Gunnae-ri, which geologically characterized the closed water features. No significant differences were observed in species and biomass in bio-fouling organisms on the surface of abalone shells between both net types and waters. All metal contents were negligible without differences between net types but significant increase of copper content in the meat from Gunnae-ri, which indicated the necessity of monitoring in copper dynamics especially when the brass net installed in closed waters. A significant increase of taste value in brass net abalone resulted from increases of Taurine in viscera and Arginine in meat. The improvement of fatness, mortality, and taste value indicated that the brass net could improve physiological function through improved water exchange from its antifouling properties. Despite the necessity of risk management on copper dynamics in closed waters, our results suggested that the brass net could be an alternative technique for abalone culture to increase cultural productivity.

Key words: Abalone, Cooper net cage, Growth, Taste value, Antifouling

서 론

완도는 2010년 기준 우리나라 전북 양식 생산의 93.1%를 차지할 정도로 전북 양식의 중심지였으나, 2014년 이후 밀식과 장기간 연작에 의한 자가오염으로 완도지역의 전복생산량은 거의 정체되어 최근에는 오히려 감소하고 있다 (Wando, 2017). 지속 가능한 양식환경 보전을 위해 환경수용력을 고려

한 양식환경 관리가 필요하다. 양식환경관리중 부착생물에 대한 관리가 중요하며, 해수유동 저감으로 인한 용존산소 등의 환경악화 (Kim *et al.*, 2010), 심미적 가치의 하락 (Park *et al.*, 2012), 폐각기형 및 대사 장애 유발 등에 의한 폐사를 (Handley and Bergquist, 1997) 유발할 수 있다. 최근 다모류 감염에 의한 폐사량의 증가는 환경관리의 시급성을 알리고 있다 (Kim *et al.*, 2019).

부착생물에 대한 대책은 유기 주석계 방오도료를 사용하여 왔지만, 생태독성, 성장 저해와 생식 독성 등의 문제가 끊임없이 제기되었다 (Ohji *et al.*, 1988; Huggett *et al.*, 1992; Jacobson and Willingham, 2002). 이에 따라 국제해사기구 (IMO) 에서 2001년 “방오시스템 규제협약”을 통해 TBT 사용을 제한할 것을 권고함에 따라 친환경 방오도료가 개발 시판되고 있지만, 그 생태적 영향성에 대해서는 아직 불명확하다 (Park *et al.*, 2006). 또다른 대책으로 국내 일부 가두리양식장에 황동망을 도입하였다. 황동의 방오 및 방식, 살균력을 이

Received: December 16, 2021; Revised: December 22, 2021;
Accepted: December 30, 2021

Corresponding author: Sang-Man Cho

Tel: +82 (63) 469-1839, e-mail: gigas@kunsan.ac.kr
1225-3480/24805

This is an Open Access Article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License with permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproducibility in any medium, provided the original work is properly cited.

Table 1. Description of brass net installed for each cultural cage for this study

Site	No.	Description				Features	
		Length (mm)	Height (mm)	Ø (mm)	Weight (kg)	net-frame Joint	Door
Nowha-do	10	2,250	1500-1550	46-56	17-23	Assembled	None
Gunnae-ri	4	2,250	950-2000	30-64	20-23	Assembled/Separable	Yes

용하여 부착생물의 부착을 억제하므로 (Efird and Anderson, 1975; Powell and Stillman, 2009), 해수 유통 개선 효과를 기대할 수 있고 이차적으로는 환경 스트레스를 저감시켜 양식 생물의 생리적 활성도를 향상시켜 양식 생산성을 향상시키는 효과를 기대할 수 있을 것이다.

양식업 현장에서 황동망을 적용하기 위해서는 양식생물에 대한 안전성 연구가 필요하다. 현재까지 동합금 가두리 어망의 활용성에 관한 연구는 동합금 가두리망 적용에 관한 연구 등 일부가 있지만 (SINTEF, 2005; Shin *et al.*, 2014; Yang *et al.*, 2014; Shin *et al.*, 2017) 전복 가두리양식장의 적용성에 관한 연구는 미비하다. 따라서 우리 연구는 황동 어망의 전복 해상 가두리양식의 적용성을 분석하기 위하여 전복 1년생 폐를 입식하여 성장 및 육질의 개선 효과 등을 분석하고자 하였다. 우리 연구에서 황동망을 설치한 해역으로 노화도와 군내리를 선정한 이유는 두 해역의 수리학적 특성에 근거하였다. 노화도는 완도에서 남쪽으로 약 10 km 정도 떨어진 개방 해역에 위치한 섬으로, 우리의 실험 어장은 이 섬의 북쪽에 해남 반도와의 사이에 설치하였다. 이 해역은 조류가 매우 빨라 저질은 모두 조가비가 많은 사니질로 구성된 (Daechang, 2020), 전형적인 개방해역에 해당하였다. 한편 군내리는 완도 본섬 남동쪽에 위치한 곳으로 전형적인 반폐쇄성 해역의 특징을 나타내고 있다.

재료 및 방법

전복 가두리 양식장의 황동망의 적용성을 연구하기 위하여 전남 완도군 노화도와 군내리 해역에 Table 1과 같이 해상가두리 양식장에 황동망 그물을 설치하였다. 각각의 해역에 2019년 1-2월에 1년생 치패를 입식하였고, 2019년 11-12월에 채집하여 크기 (각장, 각폭, 각고), 중량 (전중, 육중) 및 폐사율을 측정하였다. 채집한 전복은 패각과 육질 (육+내장) 을 분리하여 육질부의 습중량을 측정하였고, 비만도 (육중량 / 전중량 × 100) 를 산정하였다 (n = 2). 한편 황동망의 방오 효과 분석을 위해 전복 표면의 부착생물상을 분석하기 위하여 종별 부착생물수 및 생물량을 측정하였다.

채취한 전복의 육질부 및 내장부를 호모게나이저를 통해 균질화 한 다음, -70℃ 급속냉동기에서 동결시킨 후 동결 건조시켰다 (FD-8508, IlshinBioBase Corp., Korea). 건조된 시료는 질산과 과산화수소 (8:2) 를 첨가하여 120℃에서 4시간동안 유기물을 분해하였다. 분석은 ICP-MS (Agilent 7900, Agilent Technologies Inc., Japan) 를 이용하여 구리 (Cu), 카드뮴 (Cd), 납 (Pb) 의 함량을 분석하였고, 수은은 수은분석기 (DMA-80, Milestone SRL, Italy) 를 이용하여 분석하였다.

유리 아미노산 분석은 건조한 육질부에 물 40 mL를 가하여 15분간 끓인 후 50 mL로 보정하고 이 중 1 mL를 편취하여 5% Trichloroacetic acid 1 mL를 첨가하고, 원심분리 (10,000 rpm, 10분) 하여 상등액만 공경 0.2 μm 실린지 필터로 여과하여 HPLC (L-8900, Hitachi, Japan) 에 Hitachi HPLC Packed column을 장착하여 분석하였다 (4.6 × 60, #2622SC-PF_855-45107). 이때 검출 한계는 5 pmol 이었다.

성장을 위한 전복 샘플은 어망당 최소 30 개체 이상을 샘플링하였고, 폐사율은 해역당 3개 어망의 폐사율을 조사하여 평균 폐사율을 제시하였다. 통계분석은 어망비교를 위하여 t-test 를 실시하였고, 백분율에 해당하는 비만도와 폐사율은 arcsine 변환 후 실시하였다 (Sigmaplot, 13.0, Systat Software, Inc.).

결과 및 고찰

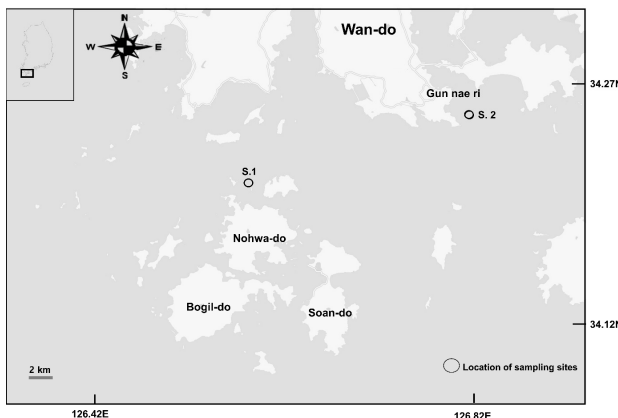


Fig. 1. Studied sites for the applicability of brass net cage on abalone culture off the Wando coast, Korea.

2019년 1월에 1년패 1,000패를 입식한 노화도는 2019년

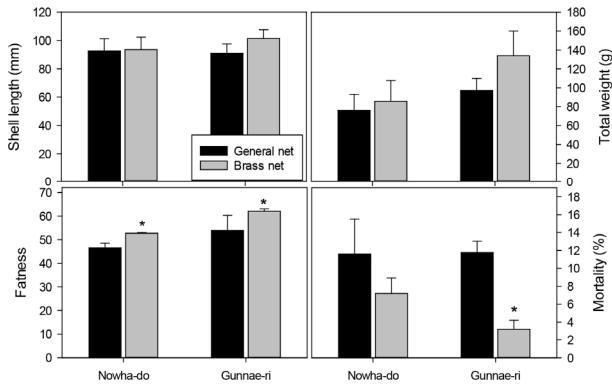


Fig. 2. Comparison of growth performance between general net and brass net cultured abalone in shell length, total weight, fatness and mortality from Nowha-do and Gunnae-ri, Wando.

11월에 채집한 노화도 전복의 평균 각장은 황동망 93.6 ± 8.75 mm, 일반망 92.59 ± 8.6 mm 이었고, 평균 전중량은 황동망 85.8 ± 21.8 g, 일반망 76.1 ± 17.0 g, 비만도 (Fatness) 는 황동망 52.68 ± 0.003% 일반망 46.46 ± 2.06%이었다. 군내리는 2019년 1월에 1년패의 전복 1100 마리를 입식하였고, 2019년 11월에 측정된 전복의 평균 각장은 황동망 101.4 ± 6.2 mm, 일반망 90.9 ± 6.6 mm 이었고, 평균 전중량은 황동망 133.9 ± 26.1 g, 일반망 97.0 ± 13.0 g 이었고, 비만도는 황동망 62.03 ± 1.06% 이었고, 일반망 53.84 ± 6.46% 이었다. 평균 각장 및 육중량 성장은 모든 해역에서 유의한 차이가 없었지만 (P > 0.05), 비만도지수는 모든 해역에서 황동망에서 높았고(P < 0.05), 폐사율은 군내리에서만 황동망에서 유의하게 낮았다. 전복의 성장은 폐각성장이 선행되고 이후 육질부가 축만된다. 폐각의 성장은 대사작용에 기인하는 생물적 요인과 환경 중에서 공급 가능한 미네랄 함량과 관련이 있고, 이러한 미네랄의 공급은 환경과 먹이를 통해 공급되므로 함량보다는 가용성에 더 많은 영향을 받는다 (Jeong and Cho, 2021). 먹이를 비롯한 성장에 필요한 미네랄 등의 가용성은 환경중 농도와 환경수의 유동에 영향을 받으므로 원활한 조류 소통은 양호한 성장을 기대할 수 있게 한다. 그러나 폐각의 성장은 외투엽과 폐각 전단의 미세환경에서 일어나는 생화학적 반응으로 생리적 요인보다 먹이와 수온과 같은 환경적 요인에 의해 지배되는 경향이 있다 (Tomaru *et al.*, 2002).

비만도는 양식생물의 먹이활동의 활성도를 나타내는 것으로 상대적인 스트레스 지표가 될 수 있다 (송재희 *et al.* 2008). 우리 조사결과 모든 해역의 양식장에서 황동망에서 양성한 전복의 비만도가 평균 8-9% 정도 높은 것으로 나타났다. 이는 황동망이 비교적 안정적인 수질 환경을 제공함으로써 성장의

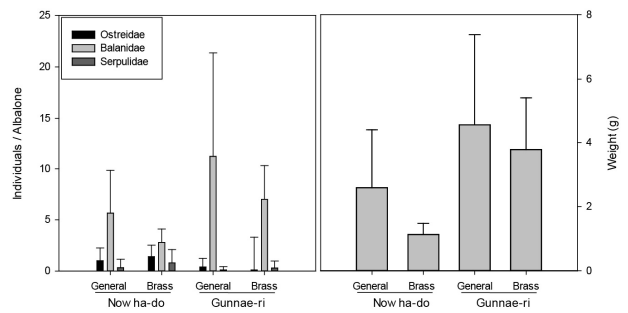


Fig. 3. Comparison of bio-fouling organism on the shell of cultured abalone in composition and biomass between general and brass net from Nowha-do and Gunnae-ri, Wando.

호조건이 유지되었다는 것을 의미한다. 여름철 고수온기에 어망에 부착된 오손생물은 수조 내부 환경을 외부 환경으로부터 격리 시켜 수온 급상승, DO 저하 및 pH 급변 등의 불안정한 성장환경을 조성하고 다양한 병원체의 잠재적 호스트가 될 수 있다 (Tan *et al.*, 2002). 따라서 오손 생물을 예방하는 것은 여름철 어장 환경 관리에서 매우 중요한 공정에 해당한다. 황동망의 가장 큰 장점인 부착 생물에 대한 방오능력은 양식생물의 스트레스를 저감시켜 생산성을 향상시킬 수 있는 좋은 장점으로 기대된다. 이러한 스트레스의 저하는 육중량 증가에 의한 비만도 개선으로 나타났다.

해역별 평균 폐사율은 군내리 일반망 11.8 ± 1.3%, 황동망 3.2 ± 1.0%였고 (P < 0.05), 노화도 일반망 11.6 ± 3.9%, 황동망 7.2 ± 1.7%였다 (P > 0.05). 모든 양식장에서 황동망에서 양성한 전복의 평균 폐사율은 일반망에서 양성한 전복의 평균 폐사율보다 현저하게 낮았다 (P < 0.05). 여름철 고수온 등에 의한 폐사가 빈번하게 발생하므로 황동망을 활용한 부착생물 제어는 큰 도움이 될 것으로 판단된다. 황동망은 망 세척 및 교환 등이 필요하지 않아 한번 수중에 입식하면 수명이 다 할 때까지 지속적으로 활용이 가능하여 실질적 양식 기간 연장하는 등의 효과를 기대할 수 있다.

전복 폐각 부착생물은 굴류 (Ostreidae), 따개비류 (Balanidae), 및 석회관갯지렁이류 (Serpulidae) 가 관찰되었고, 황동망과 일반망의 부착생물의 개체수와 생물량은 유의적인 차이가 없었다 (P > 0.05). 구리와 그 합금은 해수와 접촉하면 금속 이온이 용출되어 주변 환경의 미생물의 체내 구리 이온을 증가시킴으로써 산화적스트레스에 의한 세포독성에 의한 세포사멸을 유발하고 단백질의 기능을 상실하게 하는 등 미생물에 대한 표면 접촉에 의한 사멸 효과가 있는 것으로 알려져 있다 (CDA, 2012). 그러나 이러한 효과는 황동 표면에 접촉하여 발생하므로 가두리 내부에 수용하여 양성하는 양식

Table 2. Comparison of free amino acid composition in meat and viscera of abalone reared at general net and brass net cage

Amino acid	Threshold (mg/100g)	General net					
		Viscera		Taste value	Meat		Taste value
		mg/100g	%		mg/100g	%	
Phosphoserine	-	0.50	0.30		0.56	0.20	
Taurine	260	20.04	12.11	0.08	26.10	9.53	0.10
Urea		0.40	0.24		-	-	
Aspartic acid	3	14.36	8.68	4.79	24.41	8.92	8.14
Threonine		7.47	4.51		10.54	3.85	
Serine	150	6.90	4.17	0.05	13.33	4.87	0.09
Glutamic acid	5	16.22	9.80	3.24	39.85	14.56	7.97
α -aminoadipic acid		-	-		-	-	
Glycine	130	10.66	6.44	0.08	24.88	9.09	0.19
Alanine	60	8.59	5.19	0.14	17.06	6.23	0.28
Citrulline		0.00	0.00		0.86	0.31	
α -amino-n-butyrac acid		0.46	0.28		0.50	0.18	
Valine	140	7.58	4.58	0.05	9.71	3.55	0.07
Cystine		4.09	2.47		3.39	1.24	
Methionine	30	3.06	1.85	0.10	5.98	2.19	0.20
Cystathionine		0.19	0.11		0.46	0.17	
Isoleucine	190	5.45	3.29	0.03	8.22	3.00	0.04
Leucine	190	8.36	5.05	0.04	16.99	6.21	0.09
Tyrosine		4.33	2.62		6.37	2.33	
Phenylalanine	90	5.37	3.24	0.06	7.17	2.62	0.08
β -alanine		0.29	0.18		0.37	0.13	
β -aminoisobutyric acid		0.44	0.26		0.42	0.15	
γ -amino-n-butyrac acid		1.24	0.75		3.75	1.37	
Ethanolamin		-	-		0.31	0.11	
NH ₃		9.13	5.51		7.42	2.71	
Ornithine		0.58	0.35		1.14	0.42	
Lysine	50	7.43	4.49	0.15	14.23	5.20	0.28
Histidine	20	3.29	1.99	0.17	3.04	1.11	0.15
3-methylhistidine		-	-		0.24	0.09	
Carnosine		11.44	6.91		6.25	2.28	
Arginine	50	7.66	4.63	0.15	20.16	7.37	0.40
Total		165.52	100	9.13	273.70	100	18.09

생물에는 해가 없다. 황동망의 이러한 항균 메커니즘을 활용한 부착생물의 억제에는 조류 소통을 용이하게 하여 양식생물의 사육환경 개선에 적극 활용할 수 있다. 특히 군내리와 같이 상대적으로 조류 소통이 원활하지 않은 해역에서는 망의 부착생물

억제 기능은 양식환경의 항상성을 유지하는데 매우 중요하다. 황동어망에 양성한 전복의 육질부 및 내장부의 중금속 평균 함량의 변화는 Fig. 4과 같다. 납 (Pb)의 경우 0.003-0.286 mg/kg의 범위로 통계적으로 유의한 차이가 없었고 (P >

Table 2. Continued

Amino acid	Threshold (mg/100g)	Brass net					
		Viscera		Taste value	Meat		Taste value
		mg/100g	%		mg/100g	%	
Phosphoserine	-	1.15	0.43		0.63	0.18	
Taurine	260	41.08	15.52	0.16	37.43	10.72	0.14
Urea		0.26	0.10		0.48	0.14	
Aspartic acid	3	24.27	9.17	8.09	29.81	8.53	9.94
Threonine		12.61	4.76		13.54	3.87	
Serine	150	11.20	4.23	0.07	16.56	4.74	0.11
Glutamic acid	5	29.68	11.21	5.94	51.83	14.84	10.37
α -aminoadipic acid		0.03	0.01		-	-	
Glycine	130	15.61	5.90	0.12	32.12	9.19	0.25
Alanine	60	12.75	4.82	0.21	20.12	5.76	0.34
Citrulline		0.08	0.03		1.04	0.30	
α -amino-n-butyrac acid		0.66	0.25		0.34	0.10	
Valine	140	11.68	4.41	0.08	12.35	3.54	0.09
Cystine		6.63	2.51		4.47	1.28	
Methionine	30	4.02	1.52	0.13	7.27	2.08	0.24
Cystathionine		0.59	0.22		0.72	0.21	
Isoleucine	190	9.19	3.47	0.05	10.58	3.03	0.06
Leucine	190	14.14	5.34	0.07	20.56	5.88	0.11
Tyrosine		8.12	3.07		8.58	2.45	
Phenylalanine	90	9.21	3.48	0.10	9.26	2.65	0.10
β -alanine		0.50	0.19		0.55	0.16	
β -aminoisobutyric acid		0.77	0.29		0.51	0.14	
γ -amino-n-butyrac acid		0.21	0.08		1.84	0.53	
Ethanolamin		0.07	0.03		-	-	
NH ₃		11.69	4.42		7.71	2.21	
Ornithine		0.29	0.11		1.07	0.31	
Lysine	50	13.22	5.00	0.26	18.86	5.40	0.38
Histidine	20	5.40	2.04	0.27	3.96	1.13	0.20
3-methylhistidine		-	-		0.43	0.12	
Carnosine		6.26	2.37		5.05	1.45	
Arginine	50	13.32	5.03	0.27	31.70	9.08	0.63
Total		264.71	100	15.83	349.32	100	22.94

0.05), 수은 (Hg) 도 0.001-0.016 mg/kg의 범위로 유의한 차이가 없었다 ($P > 0.05$). 카드뮴의 경우 노화도는 어망 종류에 따른 통계적으로 유의한 함량 차이가 없었지만 ($P > 0.05$), 군내리의 경우 황동망에 양성한 전복의 육질부 및 내장부 모두

유의적으로 낮은 함량을 나타내었다 ($P < 0.05$). 구리의 경우, 모든 조사 어장에서 황동망 실험구에서 높아지는 경향이 있었지만, 노화도의 육질부 및 군내리의 내장부에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 그러나 모든 해역 및 처리구에서 양성한

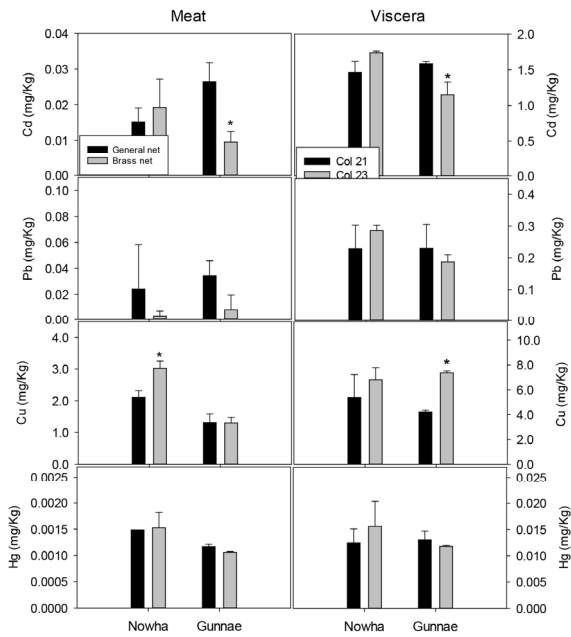


Fig. 4. Comparison of metal content in the meat and viscera of cultured abalone in general and brass net cage at Nowha-do and Gunnae-ri, Wando.

전복의 중금속 함량은 우리나라 식품공전상의 중금속 함량 기준을 초과하지 않았다 (식품위생법 제 7조). 한편 우리나라 연안에 서식 또는 양식되는 자연산 및 양식산 패류의 평균 구리 함량 0.16-54.16 mg/kg으로 보고되고 있으므로 (Baik *et al.*, 1988), 황동망 처리구의 전복중 구리 함량은 자연적으로 발생할 수 있는 수준이라고 할 수 있다. 구리어망이 수중으로 유입되면 산화막이 형성됨에 따라 부식속도는 느려지는 것으로 알려져 있으므로 (Núñez *et al.*, 2005), 구리의 양식생물에 대한 영향성은 입식 초기에 더 높고, 낮은 해수교환율로 인하여 생물농축이 용이한 폐쇄성 내만에서 더욱 높게 나타날 수 있다.

황동망에서 양성한 전복의 유리아미노산 함량은 내장부 160%, 육질부 128% 증가하였고 ($P < 0.05$), Taste value threshold 를 (Kato *et al.*, 1989) 적용한 taste value는 내장부는 173.4%, 육질부 125.8% 향상되었다 ($P < 0.05$). 일반 망에 비해 황동망에서 taste value가 가장 크게 향상된 아미노산은 내장부는 Taurine, 육질부는 Arginine이었다. 한편 전체적으로 taste value 기여도가 높은 아미노산은 Aspartic acid와 Glutamic acid 였지만 이들 아미노산은 황동망 사육에 따른 이들 아미노산의 Taste value 기여도는 아미노산 함량 증가 수준에 불과하였다. Ha *et al.* (1982) 에 따르면 양식 전복으로부터 추출한 유리아미노산은 주로 taurine, glycine, glutamic acid 로 보고하였고, 이는 우리 연구 결과와 유사하

였다. 또한, Jang *et al.* (2010) 은 양식 전복의 육질 및 내장에서 타우린 함량이 37.94% 및 42.86%로 가장 높은 함량을 가지는데 반해, 우리 연구의 타우린의 함량은 글루타믹산 다음으로 높은 값을 보였다. 피로회복, 고지혈증 예방, 해독작용 등의 기능을 지닌 (Kim *et al.*, 2003) 타우린은 황동망에서 양식 시 37-41 mg/100g으로 일반망의 20-26 mg/100g에 비해 현저하게 증가하였다. 따라서 황동망을 이용한 전복 가두리양식은 전복의 영양성분의 향상도 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

결론

전남 완도군 노화도와 군내리 해역에 황동어망을 이용한 전복 해상가두리양식의 효과를 조사한 결과, 외형적 성장은 유의한 차이가 없었지만, 비만지수가 평균 8.9% 향상되었다. 한편 폐사율은 비교적 조류소통이 양호한 노화도 해역에서는 유의한 차이가 없었지만, 반폐쇄 해역 군내리 해역에서는 11.8%가 3.2%로 현저하게 저감되어 황동망의 방오효과에 따른 환경개선 효과가 나타났다. 한편 중금속류의 경우, 체내 함량이 모두 식품공전상의 안전기준을 초과하지 않았지만, 카드뮴은 다소 감소하고 구리는 다소 증가하는 경향을 보였다. 구리어망은 산화에 따른 부식속도와 양식생물의 구리 축적에 관한 문제는 군내리와 같은 반폐쇄성 해역에서는 지속적인 모니터링이 필요하다. 황동어망에 사육할 경우 유리아미노산의 현저한 증가에 따른 taste value의 변화 등을 관찰할 수 있었다. 이상의 결과를 종합하면 전복 해상가두리양식장에 황동어망을 적용하는 것은 장기 연작에 의한 성장세 둔화 문제가 대두되고 있는 전복 해상가두리 양식장에 새로운 대안 기술로 검토할 필요가 있다.

REFERENCES

Baik, D-W, Kwon, W-C, Won, K-P, Kim, J-H, Kim, O-H, Sho, Y-S, Kim, Y-J, Park, K-S, Seong, D-H, Seo, S-C, Lee, K-J, Provincial Institutes of Health and Environment (1988) Study on the contents of trace elements in foods (on the trace element contents of shellfish in Korean coastal water). *Journal of Food Hygiene and Safety*, 3(1): 7-18.

CDA, Cooper Development Association (2012) Live Experiment Shows That MRSA Dies on Antimicrobial Copper Surfaces. Press release April 10th 2012. Retrieved from https://www.copper.org/about/pressreleases/2012/pr2012_april10.html at 10/02/2020.

Daechang, (2020) Report for cultural performance of abalone, *Haliotis discus hannai*, in copper net cage in Wan-do, Korea. Technical report in Industrial-University Cooperative, Kunsan National University, 71pp.

HA, J.-H., D.-J. SONG & E.-H. LEE (1982) Taste

- compounds of abalone, *Haliotis diversicolor japonica*. *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **15**: 117-122.
- Jang, M.-S., Jang, J.R., Park, H.-Y., Yoon, H.-D. (2010) Overall Composition, and Levels of Fatty Acids, Amino Acids, and Nucleotide-type Compounds in Wild Abalone *Haliotis gigantea* and Cultured Abalone *Haliotis discus hannai*. *Korean Journal of Food Preservation*, **17**(4): 533-540.
- Jeong, W.-G., Cho, S.-M. (2021) Food availability of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, cultured in intertidal rack culture system. *The Korean Journal of Malacology*, **37**(3): 103-111.
- Kalantzi, I., Zeri, C., Catsiki, V.-A., Tsangaris, C., Stroglyoudi, E., Kaberi, H., Vergopoulos, N., Tsapakis, M. (2016) Assessment of the use of copper alloy aquaculture nets: Potential impacts on the marine environment and on the farmed fish. *Aquaculture*, **465**: 209-222.
- Kostat, 2018. Annual production of cultural species in the shallow sea. Retrieved from <https://www.mof.go.kr/statPortal/> at 26/05/2018.
- Lee, M.-K. (2010) A study on determinants of aqualculture production. *Ocean Policy Research*, **25**(1): 85-104.
- MOF, Minsitry of Oceans and Fisheries (2004) Standarizaiton study for ocean cage albalone aquaculture. Mokpo Regional Maritime Affairs & Fisheries Office, TRKO200500002612, KIMST, 115pp.
- NFRDI (2015) Monitoring of harmful algal blooms and study on the occurrence mechanism. Divisinal Reprotng (R2017045):915-9030.
- Núñez, L., Reguera, E., Corvo, F., González, E., Vazquez, C. (2005) Corrosion of copper in seawater and its aerosols in a tropical island. *Corrosion Science*, **47**(2): 461-484.
- Ock, Y.S. (2013) The research on the development procedure and current problems of the Korean abalone industry. *The Journal of Fisheries Business Administration*, **44**(3): 015-028.
- Song, J.-H., Kim, C.-H., Park, S.-W., Yu, J.-H., Jo, Y.-J. (2008) Seasonality of the Biological Activity Factors of the hard clam *Meretrix lusoria* in the Western Coast of Korea. *Journal of Aquaculture*, **21**(2): 111-122.
- Tan, CKF, Nowak, BF, Hodson, SL (2002) Biofouling as a reservoir of *Neoparamoeba pemaquidensis* (Page, 1970), the causative agent of amoebic gill disease in Atlantic salmon. *Aquaculture*, **210**: 49-58.
- Tomaru, Y., Kumatabara, Y., Kawabata, Z., Nakano, S. (2002) Effect of water temperature and chlorophyll abundance on shell growth of the Japanese pearl oyster, *Pinctada fucata martensii*, in suspended culture at different depths and sites. *Aquaculture Research*, **33**(2): 109-116.
- Wando (2017) Fisheries status of Wando-gun in 2016. Honam Regional Statistics Office, 78-4990000-000046-12. Wando. 349pp.

