

국내 개체굴의 상품성 평가에 활용 가능한 굴 등급 기준 탐색 및 적용

조영관¹, 이혜미¹, 김정화¹, 신종섭¹, 최광식¹, 강정하², 정희도³

¹제주대학교 해양과학대학 해양생명과학과(BK21 FOUR), ²국립수산과학원 서해수산연구소, ³국립수산과학원 서해수산연구소 갯벌연구센터

Seeking of Oyster Traits for Simple Indices to Evaluate Marketability of Cultchless Single Pacific Oyster, *Crassostrea gigas*

Young-Ghan Cho¹, Hye-Mi Lee¹, Jeong-Hwa Kim¹, Jong-Seop Shin¹, Kwang-Sik Choi¹,
Jung-Ha Kang² and Hee-Do Jeung³

¹Department of Marine Life Science (BK21 FOUR), Jeju National University, 102 Jejudaehakno, Jeju, 63243, Republic of Korea

²West Sea Fisheries Research Institute, National Institute of Fisheries Science (NIFS), Incheon, 22383, Republic of Korea

³Tidal Flat Research Center, National Institute of Fisheries Science (NIFS), Gunsan, 54001, Republic of Korea

ABSTRACT

As demand on live and half-shell oysters increases globally, the appearance of the oyster is becoming one of the important determinants of marketability. In terms of oyster shape, cultchless single oysters have advantages over the conventional cultched oyster, as the shape of a single oyster is intermittently managed during the grow-out period, resulting in round individuals that are consistent in shape and size. Although a growing number of oyster producers in Korea culture cultchless single oysters, there is no consensus on 'good-looking shape' and high marketability among oyster producers and consumers. In this study, we applied three known oyster grades (total weight, SL:SH, and SL based) to Pacific oyster groups to assess the feasibility of the grading system. In addition, the mean condition index (CI) of the oysters corresponding to each category in the grade was compared to decide traits that could be applied in oysters produced in Korea. A total of 888 collected oysters includes diploid oysters reared by long-line culture (2-yrs, 113.9 ± 18.5 mm in SL), diploid (1-yr, 79.5 ± 11.7 mm), and triploid (3-yrs, 152.7 ± 22.6 mm) oyster reared individually in hexagonal plastic containers. The results revealed that the Canadian SL/SH-based grade was applicable, as the single oyster groups with the upper grades demonstrated significantly higher CI than those in the lower grades. We also found a positive correlation between SH/SL ratio and CI in the single oyster group, indicating that oysters with the teardrop shape tend to show a higher CI. It was also notable that any of the traits were not correlated with CI in the cultched oyster group. Thus in this study, we suggest SL/SH ratio as a single oyster trait that could be utilized in oyster grading system.

Keywords: *Crassostrea gigas*, Cultchless single oyster, Grading system, Condition index

서론

Received: September 17, 2021; Revised: September 24, 2021;

Accepted: September 29, 2021

Corresponding author: Hee-Do Jeung

Tel: +82 (63) 472-8604, e-mail: hdjeung83@korea.kr
1225-3480/24796

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.

참굴 (Pacific oyster, *Crassostrea gigas*) 은 전 세계 조간대와 얇은 조하대에 광범위하게 분포하는 부착성 이매패류로 전 세계 패류 양식 생산량 중 약 34%를 차지하는 주요 양식품종이다 (FAO, 2020). 2018년 기준 우리나라에서 생산된 참굴은 약 30 만 톤으로, 이는 전 세계에서 중국 다음으로 두 번째로 높은 생산량에 해당한다. 그러나 우리나라 굴의 단위 무게

Table 1. Oyster grades employed in some countries. SL, Shell Length, SH, Shell Height

Oyster traits	Country	Grade description	Note	Reference
Total weight (g)	France	0 (heavier than 150 g)	Total weight = Shell + Tissue weight Grade 3 is most frequently consumed in France.	Buestel <i>et al.</i> (2009)
		1 (111-149 g)		
		2 (86-110 g)		
		3 (66-85 g)		
		4 (46-65 g)		
SL to SH ratio	Canada	Fancy (less than 1.5)		Doiron (2008)
		Choice (1.5-1.75)		
		Standard (1.75-2.0)		
		Commercial (higher than 2.0)		
SL (mm)	Australia	Jumbo (100-120 mm)		Australian Seafood Cooperative Research Center Ryan (2008)
		Large (85-100 mm)		
		Standard (70-85 mm)		
		Buffet (60-70 mm)		
		Bistro (50-60 mm)		

당 생산금액은 0.62 USD/kg으로, 단위 무게 당 생산금액이 가장 높은 프랑스 (6.03 USD/kg) 에 비해 현저히 낮고, 중국 (1.08 USD/kg) 보다도 낮은 실정이다 (FAO, 2020).

우리나라에서 생산된 참굴의 낮은 단위 생산량 당 금액은 굴 생산 방식과 소비 방식에 기인한다. 국내에서 수행되는 주요 참굴 양식법은 남해에서 이뤄지는 연승수하식으로, 이는 종묘 생산부터 성패 양성까지 굴이나 가리비 패각 등의 부착 기질 (cultch) 을 활용하는 방식이다 (NIFS, 2012; 2016). 이와 같은 방식으로 양성된 굴은 군체 (clump) 를 형성하기 때문에 형태와 크기가 일정하지 않은 덩이굴 (cultch oyster) 로 생산된다 (Choi, 2008). 따라서 수하식으로 양성된 굴 대부분은 패각을 제거한 알굴 형태로 유통되며, 생식용, 김장용, 냉동, 훈제 등의 형태로 소비된다 (Lee *et al.*, 2008; Han *et al.*, 2019). 최근에는 굴의 상품성 향상 및 2007년 허베이 스피리트 유류유출에 의한 피해 회복을 위해, 서해안 갯벌을 이용한 개체굴 양식 기술개발 등의 노력을 기울여 왔으나, 종묘 공급 부족 및 제도적 문제로 개체굴 양식이 안정적으로 정착되지 않은 실정이다 (NIFS, 2020).

반면 굴의 단위 무게 당 생산금액이 높은 프랑스와 캐나다는 수평망식 혹은 부류식 양식법으로 굴을 생산하며, 이때 덩이굴 형태의 생산보다 낱개로 생산하는 개체굴 (Single shell oyster, Cultchless oyster) 형태의 양식법을 통해 굴을 생산한다 (Nell, 2002; Dorion, 2008; Mallet *et al.*, 2009). 또한 대부분의 굴이 알굴로 소비되는 우리나라와 달리 유럽과 미국 등지에서는 패각을 반만 제거한 반각굴 (half-shell oyster) 이 주요 소비 대상으로 한다. 이와 관련하여, 프랑스의 경우, 소비되는 굴의 패각과 조직 중량을 합한 전 중량 (total weight) 을 이용하여 그 등급을 0에서 5까지 세분화 하고 있으며, 해당

등급 기준은 양식 현장에서 크기 선별에 사용될 뿐만 아니라 판매 과정에서도 활용된다 (Table 1). 또한, 프랑스는 굴 판매 시 중량 등급 표기를 국가차원에서 의무화하여, 소비자의 선택권을 보장하고 있다 (Buestel *et al.*, 2009). 이 외에도 캐나다 New Brunswick 주 소속 Department of Agriculture, Aquaculture and Fisheries에서 출간한 대서양굴 (Eastern oyster, *Crassostrea virginica*) 양식 지침서에 따르면, 굴의 외형 등급은 각장 (SL) 대 각고 (SH) 비를 활용해 총 4개 구간으로 구분되며, SL/SH 값이 2.0을 초과하는 길쭉한 형태의 굴은 최하 품질로, 1.5 미만의 둥근 형태의 굴은 최상 품질로 구분된다 (Doiron, 2008). 현재, 이 등급은 캐나다 식품검사청 (Canadian Food Inspection Agency) 에서 활용되고 있다. 호주의 경우, 굴의 등급기준이 국가 차원에서 통용되지 않으나, 일부 양식 업체에서 자체 기준을 마련하여 사용하는 것으로 추정된다. 예를 들어, Australian Seafood Cooperative Research Center에서는 각장을 기준으로 참굴의 등급을 다섯 구간으로 구분하여, 해당 등급을 참굴 생산과정에 활용하고 있다 (Table 1).

현재 우리나라에서는 2배체 및 3배체 참굴을 이용해 충남, 전남, 경남 등 일부 지역에서 수출 목적으로 개체굴 양식이 되고 있으나 (Lim *et al.*, 2011), 직접 수출 또는 개인 거래 등을 통해 유통되기 때문에 통용 등급기준이 없는 실정이다. 또한 해외에서 사용되고 있는 등급기준은 우리나라와 상이한 양성 방법과 기간을 기준으로 개발되어, 국내 실정에 적합하지 않은 것으로 추정된다. 따라서 이 연구에서는 해외 개체굴 외형 등급 사례를 탐색하고, 이를 우리나라에서 생산된 양식 개체굴에 적용 및 평가함으로써 국내에서 활용 가능한 등급의 요소를 제시하고자 하였다. 이를 위하여 양성 방법과 기간이 다른 개체

Table 2. Groups of Pacific oysters analyzed in this study

Group	Ploidy	Grow-Out Method	Culture Period	Sampling Month	N	Length (mm)	Height (mm)	Width (mm)	Condition Index
2N-Cultch	2N	Subtidal suspended long-line with a cultch	2-yrs	6	100	113.9 ± 18.5	59.7 ± 11.2	29.4 ± 5.9	10.4 ± 4.4
				6	108	73.5 ± 11.6	50.0 ± 7.8	21.6 ± 3.7	14.9 ± 7.2
2N-Single	3N	Subtidal suspended long-line without a cultch (oysters are reared individually in hexagonal plastic containers)	1-yr	8	100	72.7 ± 7.8	40.5 ± 5.6	21.7 ± 2.8	5.6 ± 2.5
				9	100	88.5 ± 10.0	52.0 ± 5.7	28.8 ± 3.9	5.4 ± 2.8
				10	100	83.8 ± 8.0	45.5 ± 3.2	24.6 ± 2.8	5.6 ± 1.6
3N-Single	3N	Subtidal suspended long-line without a cultch (oysters are reared individually in hexagonal plastic containers)	3-yrs	6	100	170.1 ± 23.5	106.9 ± 14.2	48.2 ± 8.0	11.5 ± 3.0
				8	100	133.3 ± 15.2	77.9 ± 8.0	43.3 ± 5.7	7.9 ± 2.5
				9	83	150.4 ± 14.5	76.7 ± 8.3	49.8 ± 6.5	6.9 ± 2.7
				10	97	156.8 ± 17.3	80.8 ± 8.5	48.7 ± 6.9	6.8 ± 2.5

굴과 덩이굴을 구분하여 채집하였으며, 굴의 건강도를 객관화하여 나타낼 수 있는 비만도 (condition index) 를 활용하여 각 등급 구간을 비교하였다.

재료 및 방법

1. 시료 구분 및 채집

연구에 사용된 참굴은 배수체 및 양성 방식에 따라 세 그룹

으로 구분하였다 (Table 2). 우리나라 남해안 통영 해역에서 연승수하식으로 양성된 2배체 덩이굴 (cultched oyster) 은 대조군으로 활용되었으며, 개체굴은 동일 해역에서 양성된 2배체 및 3배체 굴로 구분하였다. 개체굴은 민간 종묘배양장에서 양성된 5 mm 미만의 인공증자를 실외 플라스틱 부유망에서 10 mm 내외의 크기까지 중간 육성한 뒤, 플라스틱 육각망에서 연승수하식으로 본 양성되는 방식으로 생산되었다 (Fig. 1). 대조군인 2배체 덩이굴은 2020년 6월에 7-15 cm 크기의 굴



Fig. 1. Production of cultchless single Pacific oyster reared individually in hexagonal plastic containers. **A**, artificially cultured cultchless juvenile oysters. **B**, off-bottom culture of oysters using net cage facility. **C**, hexagonal plastic containers filled with single oysters to be grown out using a suspended long-line culture. **D**, adult single oysters.

100 개체를 채집하였으며, 개체굴은 2020년 6월과 8월, 9월, 10월 각 100개체 이상 채집하여 2배체는 총 408개체 (5-12 cm), 3배체는 총 380개체 (10-22 cm) 를 분석하였다.

2. 생체 지수 측정 및 비만도 산정

채집된 굴은 실험실로 옮겨와 버니어캘리퍼스로 각장 (shell length) 및 각고 (shell height), 각폭 (shell width) 을 0.1 mm 단위까지 측정하였다 (Fig. 2). 굴의 비만도 (condition index) 는 조직 건 중량 (tissue dried weight) 과 패각 내 부피 (shell cavity volume) 의 비로 산정하였다 (Lawrence, 1982). 비만도 산정을 위해, 굴 개각 전 전체 굴을 해수가 담긴 눈금 실린더에 넣어 증가한 부피를 확인하여 총 부피 (total volume) 을 측정하였고, 개각 후 육질부를 제거한 패각 부피 (shell volume) 을 측정하여, 총 부피에서 패각 부피를 뺀 패각 내 부피 (Shell cavity volume) 를 산정하였다. 조직 건 중량은 육질부위를 동결건조 한 후 전자저울을 이용해 소수점 네 자리까지 측정하였다. 또한, 굴의 외형 등급에 활용 가능한 지수를 선정하기 위하여 굴의 각고 대 각장 (SH/SL) 및 각폭 대 각장 (SW/SL) 비를 산정하였다.

3. 굴 외형 등급 적용 및 비만도와외 상관관계 분석

이 연구에서 채집 된 총 888 개체의 굴을 외국에서 사용하고 있는 등급 기준 (Table 1) 에 따라 등급 분포를 분석하였으며, 이때 각 등급 구간에 해당하는 굴의 평균 비만도를 그룹 간 비교 (ANOVA) 하였다. 상관관계에 대한 통계는 SPSS (ver.21.0, IBM, USA) 를 이용한 Pearson Correlation's analysis를 통해 분석하였다. 분산의 동질성을 Levene's test 를 이용해 검정한 결과, 일부 그룹이 등분산을 만족하지 않아 Games-Howell 사후검증을 통해 그룹 간 평균차이를 확인하였다. 결과 값은 95% 유의 수준에서 유의한 차이가 있는 것으로 판단하였다.

결 과

1. 굴의 크기 및 비만도

통영 해역에서 채집된 2배체 덩이굴 및 개체굴 (2배체 및 3배체) 의 각장, 각고, 각폭 및 비만도 산정 결과는 Table 2와 같다. 6월에 채집된 2배체 덩이굴은 각장이 평균 113.9 ± 18.5 mm 크기였으며, 이때 비만도는 10.4 ± 4.4 였다. 이번 연구에서 채집된 2배체와 3배체 개체굴은 채집된 시기에 따라 그 비만도가 감소하는 것을 관찰 할 수 있었다. 2배체 개체굴은 각장 72.7 ± 7.8-88.5 ± 10.0 mm 크기의 범위였으며, 이때 비만도는 6월 14.9 ± 7.2로 가장 높았으며 이후 감소하여 5.4 ± 2.8-5.6 ± 2.5 범위로 감소하였다. 3배체 개체굴의 크기

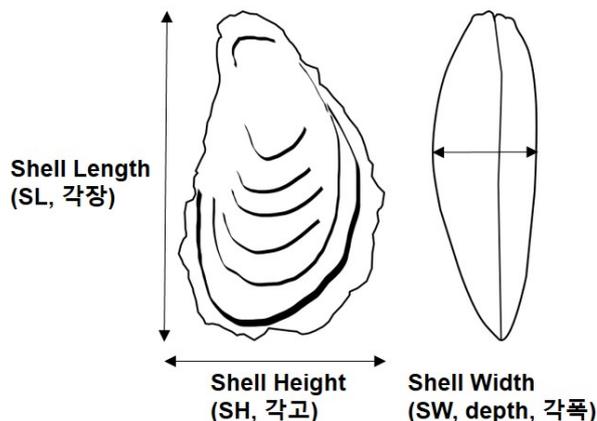


Fig. 2. Measurements of oyster shell dimensions. SL, Shell Length, SH, Shell Height, SW, Shell Width.

는 각장 133.3 ± 15.2-170.1 ± 23.5 mm 크기 범위였으며, 2배체 개체굴과 마찬가지로 6월 채집된 개체굴의 비만도가 11.5 ± 3.0으로 가장 높았고 이후 감소하여 10월에 6.8 ± 2.5 수준이었다.

2. 국내 생산 굴의 해외 등급 기준 적용

일반적으로 2배체 굴의 경우, 그 소비시기가 우리나라에서는 겨울철 (11월에서 이듬해 2월) 로 한정되어 있으나, 3배체 굴의 경우 연중 판매 및 소비가 가능하다. 이에 따라 일관된 등급 기준을 마련하기 위해, 이번 연구에서 채집된 굴의 채집 시기와 상관 없이 해외 등급 기준 사례에 적용하여 보았다 (Table 3). 굴 중량을 이용한 프랑스 등급을 적용한 결과, 프랑스에서 가장 선호되는 3번 등급 (66-85g) 에 해당하는 굴이 2배체 덩이굴에서 가장 높은 비율 (44.0%) 로 분석되었으며, 2배체 및 3배체 개체굴에서는 각각 3.2%, 0.0% 만이 3번 등급으로 분석되었다. 또한, 2배체 개체굴의 37.7%는 등의 판정되었으며, 3배체 개체굴의 98.4%는 150g 이상의 0번 등급에 해당하였다.

각장 대 각고 비를 이용한 캐나다 외형 등급을 우리나라에서 생산된 덩이굴 및 개체굴 그룹에 적용한 결과, 최상위 등급 (Fancy = SL/SH < 1.5) 에 해당하는 굴의 비율이 가장 높은 그룹은 2배체 개체굴 (23%) 이었으며, 덩이굴이 5%로 가장 낮았다. 반면, 최하위 등급 (Commercial = SL/SH > 2.0) 에 해당하는 굴의 비율이 가장 높은 그룹은 2배체 덩이굴로 분석되었다.

굴 각장을 이용한 호주 등급 기준을 적용한 결과, 2배체 덩이굴 및 3배체 개체굴 그룹 내 96% 이상의 굴이 Jumbo (100-120 mm) 또는 Large (85-100 mm) 에 해당하였다. 반면, 평균 각장이 79.5mm에 불과한 2배체 개체굴 그룹에서는 모든 등급 구간에 굴이 분포하였으며, Standard 등급 (70-85

Table 3. Application of the known oyster grades to the oyster groups analyzed in this study

Group		Frequency Distribution of the Oysters		
Country	Category	2N-Cultch	2N-Single	3N-Single
France (Total weight)	0 (150 g ↑)			98.4 (374/380)
	1 (111-149 g)	4.0 (4/100)	0.5 (2/408)	1.1 (4/380)
	2 (86-110 g)	14.0 (14/100)	2.0 (8/408)	0.5 (2/380)
	3 (66-85 g)	44.0 (44/100)	3.2 (13/408)	
	4 (46-65 g)	34.0 (34/100)	24.0 (98/408)	
	5 (30-45 g)	4.0 (4/100)	32.6 (133/408)	
	Out of grade (30 g ↓)		37.7 (154/408)	
Canada (SL to SH ratio)	Fancy = Premium (SL/SH < 1.5)	5.0 (5/100)	23.0 (94/408)	14.7 (56/380)
	Choice (1.51-1.75)	28.0 (28/100)	33.0 (135/408)	31.1 (118/380)
	Standard (1.76-2.0)	20.0 (20/100)	27.7 (113/408)	29.5 (112/380)
	Commercial (> 2.0)	47.0 (47/100)	15.9 (65/408)	24.7 (94/380)
Australia (SL)	Jumbo (100-120 mm)	73.0 (73/100)	4.9 (20/408)	100.0 (380/380)
	Large (85-100 mm)	23.0 (23/100)	24.8 (101/408)	
	Standard (70-85 mm)	4.0 (4/100)	48.5 (198/408)	
	Buffet (60-70 mm)		19.4 (79/408)	
	Bistro (50-60 mm)		2.5 (10/408)	

mm)에 해당하는 굴의 비율이 48.5%로 높았다.

3. 해외 등급 기준 구간 별 국내 굴의 비만도 비교

Table 4는 각 등급 구간에 해당하는 굴 집단의 평균 비만도를 그룹 간 비교한 결과이다. 중량을 이용한 프랑스 등급에서는 2배체 및 3배체 개체굴 그룹에서 중량 등급 간 비만도의 유의한 차이가 나타났으나, 2배체 덩이굴에서는 중량 등급 간 비만도의 유의차가 관찰되지 않았다. 특히 통계학적으로 유의차가 관찰된 개체굴 그룹에서도 프랑스에서 통용되고 있는 세부 등급간의 중량과 비만도간의 상관관계는 3배체 개체굴에서만 양의 상관관계가 관찰되었다 (Table 5).

캐나다 외형 등급의 구간별 평균 비만도를 비교한 결과 (Table 4), 프랑스의 중량 등급과 마찬가지로 2배체 및 3배체 개체굴은 구간별로 유의한 차이가 있었으나 ($P < 0.05$), 2배체 덩이굴 그룹에서는 유의적인 차이가 없었다. 특히, 2배체 및 3배체 개체굴 그룹은 Fancy (최상위 등급), Choice, Standard, Commercial (최하위 등급) 순으로 비만도가 유의적으로 높았으며, 외형 등급과 비만도 간의 유의적 양의 상관관계가 뚜렷

하게 관찰되었다 (Table 5). 그러나 각폭 대 각장 비는 비만도와 상관관계가 없었다 (데이터 생략).

각장을 이용한 호주 등급 기준에서는 Table 4에서 보는 바와 같이 2배체 개체굴 그룹에서만 ANOVA test 결과 각장 등급 별 비만도의 유의한 차이가 관찰되었으나, 각장 등급과 비만도의 상관관계 분석에서는 유의차가 관찰되지 않았다 (Table 5).

고 찰

1. 해외 등급기준 적용 결과

전 중량을 이용한 프랑스 등급 기준은 개체굴을 상품과 하품으로 구분하는 목적보다는 선별과 소비 과정에서 개체굴 크기를 가능하기 위하여 활용되고 있다 (Buestel *et al.*, 2009). 프랑스에서는 중량 66-85g의 3번 등급 개체굴이 가장 선호되고 있으나, 소비 성향 등에 따라 선호도가 국가별로 상이할 수 있어 중량 등급의 국내 시장 도입을 위해서는 시장 분석이 선행되어야 할 것으로 판단된다.

Table 4. Comparison of oyster condition index (CI) among different categories

Group		Mean CI (TDWT/SCV × 100) ± SD		
Country	Category	2N-Cultch	2N-Single	3N-Single
France (Total weight)	0 (150g ↑)			8.4 ± 3.3 ^a
	1 (111-149g)	9.8 ± 1.9	8.5 ± 0.3 ^a	5.8 ± 2.8 ^{ab}
	2 (86-110g)	9.8 ± 2.7	7.1 ± 2.1 ^{ab}	3.2 ± 0.7 ^b
	3 (66-85g)	11.5 ± 4.3	8.9 ± 5.8 ^{ab}	
	4 (46-65g)	9.6 ± 5.0	6.6 ± 4.9 ^b	
	5 (30-45g)	7.2 ± 2.5	6.6 ± 4.7 ^b	
	Out of grade (30g ↓)		10.2 ± 6.9 ^a	
Canada (SL to SH ratio)	Fancy = Premium (SL/SH < 1.5)	11.1 ± 2.8	12.5 ± 8.2 ^a	10.7 ± 3.5 ^a
	Choice (1.51-1.75)	10.6 ± 4.4	7.8 ± 5.5 ^b	9.1 ± 3.4 ^b
	Standard (1.76-2.0)	11.0 ± 4.0	6.2 ± 3.0 ^{bc}	7.5 ± 2.7 ^c
	Commercial (> 2.0)	10.0 ± 4.6	5.2 ± 2.0 ^c	7.0 ± 2.7 ^c
Australia (SL)	Jumbo (100-120mm)	10.4 ± 4.1	6.6 ± 4.1 ^b	8.3 ± 3.3
	Large (85-100mm)	11.0 ± 5.0	6.8 ± 4.3 ^b	
	Standard (70-85mm)	6.7 ± 3.5	7.8 ± 6.1 ^{ab}	
	Buffet (60-70mm)		10.3 ± 7.1 ^a	
	Bistro (50-60mm)		9.3 ± 4.5 ^{ab}	

Different superscripts indicate significant differences (P < 0.05)

Table 5. Pearson correlations analysis between shell dimensions indices and condition index (CI). SL, Shell Length, SH, Shell Height, SW, Shell Width, P, P-value, r, Pearson correlation coefficient

Group	N	CI - Total Weight		CI - SH/SL		CI - SW/SL	
		P	r	P	r	P	r
2N-Cultch	100	0.299	0.105	0.844	0.020	0.480	-0.071
2N-Single	408	< 0.01	-0.184	< 0.01	0.465	0.674	0.021
3N-Single	380	< 0.01	0.374	< 0.01	0.387	0.004	-0.149

캐나다 식품검사청 (The Canadian Food Inspection Agency) 에서는 굴의 외형 등급을 “Fancy (= Premium)”, “Choice”, “Standard”, “Commercial”로 규정하고 있다. 해당 등급을 우리나라에서 생산된 덩이굴 및 개체굴에 적용한 결과, 덩이굴 보다 개체굴 그룹에서 최상품에 해당하는 굴의 비율이 높았으며, 최하위 등급에 해당하는 굴의 비율은 덩이굴

그룹에서 높았다. 이와 같은 결과는 양성 방법에 따라 굴의 외형이 가변적임을 의미한다. 덩이굴과 개체굴의 외형 결정 요인은 양성 과정 중 굴 군체 (cultch) 의 유무와 주기적인 선별 작업 (culling process) 등으로 알려져 있다. 개체굴은 부착 기질 없이 날개로 양성되며, 부착 생물 제거 등, 주기적인 선별 작업을 통해 일정한 형태가 유지되기 때문에 굴 집단의 평균적인

외형 관리가 가능하다 (Laxmilatha *et al.*, 2011; Kato-Yoshinaga *et al.*, 2014). 반면, 덩이굴은 부착 기질에 군체를 이루며 성장하기 때문에 크기와 형태가 일정하지 않다 (Mizuta and Wikfors., 2019). 따라서 개체굴과 주기적인 선별작업을 이용한 참굴 양성이 외형 관리 측면에서 더 적합한 방법으로 판단된다. 캐나다 해양수산부 (Department of Fisheries and Oceans Canada) 에 따르면, 1972년 캐나다 동부에서 생산된 굴의 38%, 43%, 19%가 각각 Choice, Standard, Commercial에 해당하였으나, 민관의 노력을 통한 품질 향상 결과, 1990년대에는 그 비율이 65%, 25%, 10%로 변화한 것으로 나타났다 (DFO, 2003). 각 외형 등급에 속하는 굴의 분포 비율 변화가 시사하는 점은 개체굴의 관리 방법에 따라 굴 집단의 외형이 조절될 수 있다는 것이다. 우리나라에서 생산된 2배체 및 3배체 개체굴의 경우, 90년대 캐나다에서 생산된 굴보다 최하품 (Commercial) 의 비율이 높은 것으로 조사되었다. 이러한 결과는 향후 본양성 과정 중 효과적인 선별 작업 등을 통해 개선될 수 있을 것으로 사료된다.

각장을 이용한 호주의 등급기준은 굴 생산 및 선별과정에서 활용되고 있다 (Ryan, 2008). 국내에서 생산된 덩이굴 및 개체굴은 양성 기간과 방법이 호주와 상이하여 해당 등급을 적용 및 평가하는 것이 유의미하지 않았으나, 이번 연구에서 제시된 개체굴의 양성 기간 및 방법에 따른 길이 및 중량 범위 정보는 추후 등급 기준 마련 시에 유용하게 활용될 것으로 사료된다.

2. 등급요소와 비만도 간의 상관관계

비만도는 해양 이매패류의 성장, 번식생리, 환경변화에 대한 반응 등을 나타내는 지표로서, 굴과 담치 등을 비롯한 주요 이매패류 연구에 활용되고 있다 (Lawrence and Scott, 1982; Lucas and Beninger, 1985; Davenport and Chen, 1987). 이 연구에서 활용한 굴의 비만도는 Lawrence and Scott (1982) 의 방법에 따라 패각 내 부피에 대한 조직 건 중량의 비로 산정하였기 때문에 비만도가 높은 굴은 패각 대비 조직 중량이 큰 상품성 높은 개체에 해당한다. 이 연구에서는 해외 등급기준의 요소 중 국내에서 활용 가능한 항목을 선정 및 제시하고자 하였고, 이 과정에서 각 등급구간을 비교하기 위한 요소로는 비만도가 가장 적합한 것으로 판단하였다.

프랑스의 중량등급을 국내에서 생산된 굴 그룹에 적용한 결과, 등급 간 비만도의 유의한 차이 (Table 4) 와 전 중량:비만도 간에 관찰된 양의 상관관계 (Table 5) 는 3배체 개체굴에서만 관찰되었다. 이러한 결과의 원인은 이번 연구에서는 명확하게 구명하기 어려우나, 3배체 개체굴의 패각 및 체조직의 성장 특성 등과 관련이 있을 것으로 추정된다.

캐나다 외형 등급의 각 구간에 해당하는 굴 집단의 평균 비만도를 비교한 결과, 개체굴에서는 최상위 등급 (Fancy) 에 속

하는 굴이 다른 구간에 해당하는 굴에 비해 높은 비만도를 보였다. 반면, 덩이굴에서는 집단 간 유의적인 차이가 없었다 (Table 4). 이러한 결과는 굴 외형 (SH/SL) 과 비만도 간의 상관관계 결과와 일치하는 것으로, 개체굴의 각고 대 각장 비는 비만도와 유의적인 양의 상관관계에 있었으나, 덩이굴은 어떠한 상관관계도 없었다 (Table 5). 굴 또는 가리비 패각을 부착기질로 하는 덩이굴은 중요 생산부터 본양성까지 군체 (clump) 를 형성하며 성장하기 때문에, 성장의 방향성 등이 일정하지 않아 형태와 성패의 크기가 일정하지 않다 (Quayle, 1988; Kato-Yoshinaga *et al.*, 2014). 이와 같은 이유 때문에 이 연구에서 또한 덩이굴의 비만도와 패각 비 간에는 상관관계가 관찰되지 않은 것으로 추정된다. 기존 연구들에 따르면, 이매패류의 조직 중량과 패각의 성장 간에는 뚜렷한 상관관계가 없는 것으로 알려져 있다. Borrero and Hilbish (1988) 는 ribbed mussel, *Geukensia demissa*의 조직 중량 성장에 따른 패각 성장률을 비교 관찰한 결과, 두 요인 간에는 상관관계가 없었으며, 그 원인으로 조직 중량과 패각의 성장에 미치는 요인이 각각 다르기 때문이라고 보고하였다. 조직 중량의 변화는 먹이 가용성과 (Bayne and Newell, 1983) 생식소 발달 (Bayne and Worrall, 1980) 등 유기물 변동과 밀접한 관련이 있는 반면, 패각 성장은 해수 중 무기물 농도에 영향을 받는 것으로 알려져 있다 (Wilbur and Saleuddin, 1983).

개체굴 그룹에서 관찰된 외형 (SH/SL) 과 비만도 간의 양의 상관관계는 기존의 연구결과와 상반되는 것으로, 현재로서는 정확한 원인관계를 규명하기 불가하나, 개체굴 양성과정의 특성이 상관관계의 주요인 중의 하나로 추정된다. 개체굴은 주기적인 선별 과정을 통해 부착생물이 제거되고, 굴 외형이 다듬어지는 효과가 있으며 (Park *et al.*, 2018), 양성과정 중 다른 굴 개체들에 의해 성장이 저해되지 않기 때문에 일정한 형태로 성장한다 (Kato-Yoshinaga *et al.*, 2014). 형태의 일관성은 개체굴과 덩이굴을 구분짓는 주요 특성이기 때문에 향후, 이와 같은 개체굴의 특성을 고려한 개체굴 외형 (SH/SL) 과 비만도 간의 상관관계 규명을 위한 추가 연구가 요구된다.

이 연구에서, 굴의 두께를 의미하는 각폭 대 각장 (SW/SL) 비는 비만도와 어떠한 상관관계도 없었다. 두께는 굴의 상품성을 결정하는 주요한 요소로서, Brake *et al.* (2003) 은 참굴의 각폭 (depth; width) 이 각장 (length) 또는 각고 (height) 보다 더 중요한 외형 결정 요인임을 강조하였다. 이와 같은 주장은 굴 양성 과정에서 중간 단련 방법 중 하나인 “Tumbling (pruning)” 효과와 관련이 있다. Tumbling은 본양성 중인 굴을 꺼내어 중간 선별하는 과정 중의 하나로, 기계 등을 이용해 굴을 다양한 방향으로 굴리는 작업을 의미한다 (Brake *et al.*, 2003; Mizuta and Wikfors 2019). 주기적인 tumbling 작업은 굴 패각의 끝 부분이 마모되어 각장의 성장이 감소되고

각쪽의 성장이 상대적으로 증가하는 효과가 있다 (Toba, 2002; Brake *et al.*, 2003). 또한, 패각의 회복 과정에서 굴 체내에 저장되는 glycogen의 비율이 증가함에 따라 굴의 맛과 풍미가 증진됨이 보고된 바 있다 (Cheney, 2010). 이러한 관점에서, 굴의 각쪽은 상품성을 결정하는 주요인으로 인식되고 있다. 그러나 이번 연구결과에 따르면, 우리나라에서 생산된 개체굴은 기존 연구 결과와 달리 각장 대 각고 비가 품질을 더 잘 반영하는 것으로 나타났다. 참굴의 각쪽은 tumbling의 방법과 횡수 (Mizuta and Wikfors, 2019), 선발육중 (Ward *et al.*, 2005) 등에도 영향을 받는 것으로 알려져 있기 때문에, 이러한 차이가 발생한 것으로 추정된다.

3. 굴 외형 등급 활용

개체굴 위주의 굴 산업에서는 굴 외형의 중요성이 부각된다. 과거에는 많은 양식업자와 연구자들이 굴의 상품성을 결정 짓는 요소로 육질과 맛 등에 주목하였으나 (Mahon, 1983), 각 굴 및 반각 굴의 소비 증가에 따라 최근에는 굴 외형과 외투막 색 등의 심미적 요소가 상품가치의 중요 요소로 고려되고 있다. (Brake *et al.*, 2003; Evans *et al.*, 2009; Kang *et al.*, 2013; Mizuta and Wikfors, 2019). Ward *et al.* (2005) 은 호주 Tasmania에 위치한 굴 양식업자들을 대상으로 한 설문 조사에서 18개의 굴 형질 중 외형이 육질, 성장률에 이어 세 번째로 중요한 요소로 선정되었음을 보고하였다. 향후, 우리나라 굴 양식산업계에서도 개체굴의 비중이 증가할 것으로 예상되며 (Park *et al.*, 2018), 이에 따른 외형 등급 적용 가능성 평가는 매우 중요한 연구로 판단된다. 이번 연구에서 도출된 결과가 시사하는 점은 굴 외형 등급이 기존 덩이굴 위주 시장에서는 적용이 불가하나, 개체굴 시장에서는 유용하게 활용될 수 있다는 것이다. 그 이유는 이 연구에서 조사된 바와 같이 각고 대 각장 비 (SH/SL) 와 비만도가 양의 상관관계를 보임으로써, 외부 형태 (각고 대 각장 비율) 의 등급에 따라 육질의 비만도를 유추할 수 있기 때문이다.

요 약

이 연구에서는 우리나라 양식 개체굴에 활용 가능한 등급요소를 제시하기 위하여 해외 등급사례를 탐색하고 그 적용 가능성을 평가하고자 하였다. 이를 위하여 총 888개체의 수하식 덩이굴 (2년생), 2배체 개체굴 (1년생), 3배체 개체굴 (3년생) 을 채집하여 프랑스의 전 중량 (total weight) 등급, 캐나다의 외형 (SL:SH) 등급, 호주의 각장 등급을 적용 및 분석하였다. 연구 결과, 2배체 및 3배체 개체굴의 비만도는 외형 (SL:SH) 과 양의 상관관계에 있어, 개체굴 외형이 등급요소로 활용 가능성을 확인하였다. 반면, 양성과정 중 패각의 외형 및 중량이 주변

환경에 영향을 받는 덩이굴은 굴 중량 및 외형등급 적용이 적합하지 않은 것으로 판단된다.

사 사

이 연구는 국립수산물과학원 수산시험연구 ‘서해안 갯벌 패류 양식 안정화 및 품종 다양화 기술 연구 (R2021004)’ 사업의 일환으로 수행되었으며, 연구비 지원에 감사드립니다.

REFERENCES

Bayne, B.L. and Newell, R.C. (1983) Physiological energetics of marine molluscs. *In*: Wilbur, K. M. and Saleuddin, A.S.M. (Eds), *The Mollusca*. Academic Press, pp. 407-515.

Bayne, B.L. and Worrall, C.M. (1980) Growth and production of mussels *Mytilus edulis* from two populations. *Marine ecology progress series*, **3**: 317-328.

Borrero, F.J. and Hilbish, T.J. (1988) Temporal variation in shell and soft tissue growth of the mussel *Geukensia demissa*. *Marine ecology progress series*, **42**(1): 9-15.

Brake, J., Evans, F. and Langdon, C. (2003) Is beauty in the eye of the beholder Development of a simple method to describe desirable shell shape for the Pacific oyster industry. *Journal of Shellfish Research*, **22**(3): 767-772.

Buestel, D., Ropert, M., Prou, J., and Gouletquer, P. (2009) History, status, and future of oyster culture in France. *Journal of Shellfish Research*, **28**(4): 813-820.

Cheney, D.P. (2010) Bivalve shellfish quality in the USA: from the hatchery to the consumer. *Journal of the World Aquaculture Society*, **41**(2): 192-206.

Choi, K.-S. (2008) Oyster capture-based aquaculture in the Republic of Korea. Capture-based aquaculture. Global review. *FAO Fisheries Technical Paper*, **508**: 271-286.

Davenport, J., Chen, X. (1987) A comparison of methods for the assessment of condition in the mussel (*Mytilus edulis* L.). *Journal of Molluscan Studies*, **53**(3): 293-297.

DFO (2003) Profile of the American oyster (*Crassostrea virginica*) Gulf Region. Retrieved April 13, 2021, from <https://waves-vagues.dfo-mpo.gc.ca/Library/271085-e.pdf>.

Doiron, S. (2008) Reference manual for oyster aquaculturists. New Brunswick Department of Agriculture, Fisheries and Aquaculture.

Evans, S., Camara, M.D. and Langdon, C.J. (2009) Heritability of shell pigmentation in the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*. *Aquaculture*, **286**(3-4): 211-216.

FAO (2020) FAO Global Fishery and Aquaculture

- Productions Statistics. Retrieved April 13, 2021, from <http://www.fao.org/fishery/statistics/global-aquaculture-production/en>.
- Han, B.-H., Kim, D.-Y. and Ahn, B.-I. (2019) An analysis on the oyster consumption behavior by purpose of consumption and consumer characteristics, *Korean Food Marketing Association*, **36**(4): 119-143.
- Kang, J.-H., Kang, H.-S., Lee, J.-M., An, C.-M., Kim, S.-Y., Lee, Y.-M. and Kim, J.-J. (2013) Characterizations of shell and mantle edge pigmentation of a Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, in Korean Peninsula. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, **26**(12): 1659.
- Kato-Yoshinaga, Y., Kitaoka, C. and Shinagawa, A. (2014) Comparison of free amino acid components in the Pacific oyster reared using two different culture methods in Nagasaki prefecture. *Japanese Journal of Food Chemistry and Safety*, **21**(2): 121-126.
- Laxmilatha, P., Surendranath, V.G., Sadasivan, M.P. and Ramachandran, N.P. (2011) Production and growth of cultchless oyster spat of *Crassostrea madrasensis* (Preston) for single oyster culture. *Marine Fisheries Information Service*, **207**: 8-11.
- Lawrence, D.R., Scott, G.I. (1982) The determination and use of condition index of oysters. *Estuaries*, **5**(1): 23-27.
- Lee, M.-A., Lee, J.-K. and Cha, S.-M. (2008) Analysis on the consumer's attitude and purchase behavior of oysters. *Korean Journal of Food and Cookery Science*, **24**(6): 919-930.
- Lim, H.-J., Lee, T.-S., Cho, P.-G., Back, S.-H., Byun, S.-G. and Choi, E.-H. (2011) The production efficiency of cupped oyster *Crassostrea gigas* spat according to clutch and growth comparing diploid and triploid oysters in off-bottom culture for tidal flat utilization. *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **44**(3): 259-266.
- Lucas, A., Beninger, P.G. (1985) The use of physiological condition indices in marine bivalve aquaculture. *Aquaculture*, **44**(3): 187-200.
- NIFS (2012) Standard Manual of Pacific Oyster Hanging Culture. NIFS, 205pp.
- NIFS (2016) Standard Manual of Pacific Oyster Culture. NIFS, 138pp.
- NIFS (2020) Development of technology to improve productivity of single shell oyster using natural characteristics of west and south coastal waters. Annual Technical Report of NIFS, 132pp.
- Mahon, G.A.T. (1983) Selection goals in oyster breeding. *Aquaculture*, **33**(1-4): 141-148.
- Mallet, A.L., Carve, C.E. and Hardy, M. (2009) The effect of floating bag management strategies on biofouling, oyster growth and biodeposition levels. *Aquaculture*, **287**(3-4): 315-323.
- Mizuta, D.D. and Wikfors, G.H. (2019) Seeking the perfect oyster shell: a brief review of current knowledge. *Reviews in Aquaculture*, **11**(3): 586-602.
- Nell, J.A. (2002) Farming triploid oysters. *Aquaculture*, **210**(1-4): 69-88.
- Park, M.-S., Do, Y.-H. and Rho, S.-W. (2018) Development direction of individual oyster aquaculture industry in Korea. *The Journal of the Korean Society for Fisheries and Marine Sciences Education*, **30**(3): 913-922.
- Quayle, D.B. (1988) Pacific oyster culture in British Columbia. *Canadian Bulletin of Fisheries and Aquatic Sciences*, **208**: 241.
- Ryan, F. (2008) A one day workshop to define oyster 'condition' and to review the techniques available for its assessment. *Australian Government's Cooperative Research Centres Programme*, **775**: 1-16.
- Toba, D. (2002) Small-scale oyster farming for pleasure and profit in Washington. Washington Sea Grant, Seattle, WA.
- Ward, R.D., Thompson, P.A., Appleyard, S.A., Swan, A.A. and Kube, P.D. (2005) Sustainable genetic improvement of Pacific oysters in Tasmania and South Australia. Fisheries Research and Development Corporation final report. Canberra, Australia.
- Wilbur, K.M. and Saleuddin, A.S.M. (1983) Physiological energetics of marine molluscs. *In*: Wilbur, K. M. and Saleuddin, A.S.M. (Eds), *The Mollusca*. Academic Press, pp. 235-287.

