KFAS 한국수산과학회지 Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences
한수지 59(5), 504-512, 2026

Original Article
Korean J Fish Aquat Sci 59(5),504-512,2026

국내 주요 생산지역에 따른 개체굴(*Crassostrea gigas*)의 성장 특성 및 영양성분 차이

양진우 · 윤나영[1] · 이가정[1] · 조미라 · 이정호 · 이희중*

국립수산과학원 남동해수산연구소, [1]국립수산과학원 식품안전가공과

Regional Differences in Growth Characteristics and Nutritional Composition of Cultured Single Oyster (*Crassostrea gigas*) in Korea

Jinwoo Yang, Na-Young Yoon[1], Ka-Jeong Lee[1], Mi Ra Jo, Jeong-Ho Lee and Hee-Jung Lee*

Southeast Sea Fisheries Research Institute, National Institute of Fisheries Science, Tongyeong 53085, Republic of Korea
[1]Food Safety and Processing Research Division, National Institute of Fisheries Science, Busan 46083, Republic of Korea

This study investigated regional differences in the growth characteristics and nutritional composition of cultured single oysters (*Crassostrea gigas*) produced in three major regions (Namhae, Geoje, and Tongyeong) of Korea. Oyster samples were collected in December 2023. Oysters from Namhae exhibited significantly higher growth parameters, such as tissue weight, and total amino acid content compared to those from Geoje and Tongyeong. Furthermore, Namhae oysters showed higher protein and lipid content with polyunsaturated fatty acids, particularly eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid. Alanine, glutamic acid, and proline were the predominant free amino acids across all regions, though their relative proportions varied by location. These findings demonstrate that regional environmental factors, such as water temperature and feed availability, significantly influence the growth, nutritional quality, and biochemical traits of cultured single oysters. Overall, this study provides valuable basic data for evaluating regional quality variations and developing targeted management strategies for high-quality single oyster production in Korea.

Keywords: *Crassostrea gigas*, Single oyster, Nutritional composition, Amino acid, Fatty acid

서 론

굴(*Crassostrea gigas*)은 전 세계적으로 가장 광범위하게 양식 및 섭취되는 패류로서 뛰어난 영양가와 독특한 풍미로 소비자들에게 높은 가치를 인정받으며 소비되고 있다(Shiozaki et al., 2010; Park et al., 2017). 2022년 기준으로 우리나라 굴 생산량은 약 30만 톤으로 세계 2위이며, 우리나라 굴 양식은 중요한 산업으로 인식되고 있다(MOF, 2025). 영양학적으로 굴은 글리코겐과 다중불포화지방산을 풍부하게 함유하고 있으며, 항산화 및 심혈관 건강에 긍정적인 영향을 미치는 타우린을 다량 함유하고 있는 것으로 알려져 있다(Zhang et al., 2025). 또한 에너지 대사에 필수적인 니코틴아마이드(비타민 B3)와 아연을 포함한 다양한 미네랄 성분을 다량 함유하고 있어 굴은 식품자원으로서 영양학적으로 우수한 특징들을 가지고 있다(Wright et al., 2018).

굴은 부착성 여과섭식성 이매패류로 유생기를 거쳐 기질에 부착해 성장하며, 아가미를 이용해 해수 중 플랑크톤 및 유기입자를 여과 섭취한다(Shim et al., 2021). 이러한 생태적 특성으로 인해 성장 과정 중 해양환경의 영향을 크게 받으며 특히, 생산해역의 수온, 염분, 먹이생물 등 환경의 차이에 따라 생리적 특성과 영양학적 차이에 영향을 미칠 수 있다(Bae and Han, 1998). 예를 들어, 낮은 염도 환경은 굴에서 포도당, 글리코겐 및 아미노산의 축적을 유발하고, 해수의 높은 온도는 생식선 발달 및 산란으로 인해 에너지 소모를 증가시켜 단백질 및 지방 함량을 감소시키는 등의 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다(Brown and Hartwick, 1988; Rybovich et al., 2016).

굴의 맛은 글루탐산, 아스파르트산과 같은 유리아미노산과 이노신, 구아노신 등의 핵산 성분이 상호작용하여 풍부한 감칠맛

***Corresponding author:** Tel: +82. 55. 640. 4733 Fax: +82. 55. 641. 4733
E-mail address: sobht@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.2026.0504
Korean J Fish Aquat Sci 59(5), 504-512, October 2026
Received 8 September 2026; **Revised** 8 October 2026; **Accepted** 12 October 2026
저자 직위: 양진우(연구사), 윤나영(연구관), 이가정(연구관), 조미라(연구관), 이정호(연구관), 이희중(연구사)

과 단맛을 형성하고, 굴 특유의 향은 알데하이드와 알코올류 같은 휘발성 화합물에 의해 결정되는 것으로 보고되고 있다(Bi et al., 2021; Chen et al., 2022). 이러한 굴의 맛과 향을 결정하는데 굴의 환경이 영향을 미친다는 많은 결과들이 보고되고 있다(Hong et al., 2026). 또한 최근 고품질 수산물에 대한 소비자의 수요가 증가함에 따라, 전통적인 덩이굴 대신 개체굴에 대한 수요와 생산이 확대되고 있다. 이러한 개체굴은 주로 채롱이나 바스켓 등을 활용한 부유망식 양식방법을 통해 안정적인 먹이환경과 공간을 제공받으며 육성되며, 이 방식은 굴의 생장과 형태적 품질을 향상시키는 데 기여하는 것으로 알려져 있다(Choi et al., 2017). 하지만 이처럼 국내에서 부유망식 환경에서 양식되는 개체굴의 영양학적 특성, 특히 일반성분 및 아미노산 조성에 관한 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 국내 주요 개체굴 양식 지역에서 굴을 확보하여 굴의 성장상 및 영양성분 비교를 통해 굴의 성장환경이 개체굴의 품질에 어떤 영향을 미치는지 규명하고자 하였다.

재료 및 방법

시료 확보 및 해수환경 측정

굴(oyster, *C. gigas*) 시료는 남해군, 거제시, 통영시 인근 해역에서 각 1개의 양식장에 2022년 9월에 입식한 시료를 2023년 12월에 채취하였으며, 남해에서는 채롱(lantern) 방식으로, 거제와 통영에서는 바구니(basket) 방식으로 각각 생산된 굴을 확보하였다. 굴 채취 시 해당 양식장의 해수환경 요인을 조사하기 위해, 다항목 수질측정기(ProDSS; YSI Inc., Yellow Springs, OH, USA)를 이용해 표층 수심 1 m에서 3회 반복 측정하여 수온, 용존산소, 염분, pH, chlorophyll-a를 측정하였다. 각 지역에서 확보한 굴 시료는 탈각 후 가식부 1 kg (개체 간의 크기 편차를 고려하여 최소 30개체에서 최대 50개체 혼합)을 취하고 균질화(homogenize) 및 마쇄하였다. 이를 통해 지역별 대표 시료를 제조하였으며, 마쇄된 시료는 냉동보관(-70°C)하여 분석에 사용하였다.

개체굴의 성장 및 비만도

개체굴의 성장은 각 산지별 분석을 위해 임의로 30개체씩 선정하여 크기와 무게를 측정하였다. 굴의 크기는 vernier caliper를 이용하여 각장(shell length), 각고(shell height), 각폭(shell width)을 측정하였고, 총중량(total wet weight)을 측정하였다. 굴의 비만도(condition index)는 총중량 대비 가식부 습중량의 백분율로 표기하였다.

$$\text{Condition index} = \frac{\text{Tissue wet weight (g)}}{\text{Total wet weight (g)}} \times 100$$

일반성분 분석

일반성분은 식품공전(MFDS, 2024)에 수록된 방법에 준하여 분석하였다. 수분은 상압가열건조법으로 분석을 실시하였으며, 조단백질은 킬달(Kjeldahl) 분해법으로 단백질을 분해(Scrubber SR 210; FOSS Analytical A/S, Hillerød, Denmark) 한 후 발생된 질소의 양을 FOSS 단백질 분석기(Kjeltec 8400; FOSS Analytical A/S)를 이용하여 분석하였다. 조지방 함량은 시료에 함유된 지질 성분을 Soxhlet 추출기(Soxtec ST 243; FOSS Analytical A/S)로 추출하여 그 함량을 분석하였다. 회분은 직접회화법을 통해 550–600°C에서 회화한 후 회분량을 측정하였다. 탄수화물은 100에서 수분, 조단백질, 조지방, 회분을 더한 수치를 제하는 계산법을 이용하여 산출하였다. 일반성분은 지역별 단일 혼합 시료에 대해 3회 반복 측정하였다.

총아미노산 및 필수아미노산 분석

총아미노산은 시료 0.5 g을 test tube에 넣고 6 N HCl 15 mL를 첨가한 뒤 질소로 충진하여 110°C의 dry oven에서 24시간 동안 반응하여 가수분해 후 여과하여 여액을 회수하고 증류수로 50 mL가 되도록 정용하였다. 정용된 가수분해액에서 5 mL를 취하여 evaporator를 이용해 HCl을 제거한 후 농축된 시료는 sodium citrate buffer (pH 2.22)를 사용하여 25 mL로 정용하였다. 그리고 0.45 μm membrane filter를 이용하여 여과한 후 아미노산 자동 분석기(Biochrom 30+; Biochrom Ltd., Cambridge, UK)를 이용하여 분석하였다. 유리아미노산은 시료 5 g을 냉각한 5% trichloroacetic acid (Merck KGaA, Darmstadt, Germany) 15 mL를 가한 후 2분 동안 균질화(10,000 rpm)하고 8,000×*g*에서 15분 동안 원심분리(Supra R22; Hanil Scientific Inc., Gimpo, Korea)하였다. 원심분리 후 상층액을 취하여 pH 2.2 lithium citrate buffer (Sykam GmbH, Eresing, Germany)로 50 mL가 되도록 정용하여, 0.45 μm polyvinylidene fluoride syringe filter (Whatman, Cytiva, Marlborough, MA, USA)로 여과한 후 아미노산 자동 분석기(S433; Sykam GmbH)를 이용하여 분석하였다. 아미노산은 지역별 단일 혼합 시료에 대해 2회 반복 측정하였다.

지방산 분석

지방산 분석을 위한 총지질(total lipid)은 Bligh and Dyer (1959)의 방법으로 추출하였다. 시료 8 g을 취한 뒤 chloroform:methanol (1:2, vol/vol) 혼합용액 24 mL와 혼합하고 8,000×*g*에서 2분간 균질화한 후 chloroform 8 mL를 첨가하여 균질화하였다. 그 후 chloroform:methanol (1:1, vol/vol) 10 mL를 첨가한 후 여과하였다. 여과액은 분획깔때기에 0.88 N KCl 10 mL와 혼합하여 암실에서 24시간 동안 방치하였다. 이후 분리된 하층 용액을 취한 후, sodium sulfate anhydrous를 이용하여 탈수 과정을 거친 후 감압농축기를 이용하여 용매를 제거 후 총지질을 추출하였다. 이후 Wu et al. (2023)의 방법을 변

형하여 메틸-에스테르화를 실시하였다. 먼저 내부표준물질인 0.1% glyceryl triundecanoate in 2,2,4-trimethylpentane 1 mL와 methanol에 용해한 0.5 N sodium hydroxide 용액 1.5 mL를 첨가한 후 30초간 질소 충진하고 혼합하여 100°C에서 7분간 비누화 반응을 시켰다. 이후 14% boron trifluoride-methanol 용액 2 mL를 첨가하고 질소 충진하여 100°C에서 10분간 메틸-에스테르화 반응을 유도하였다. 반응 후 2,2,4-trimethylpentane 1 mL를 첨가하고 sodium chloride 포화용액 5 mL를 첨가한 후 얻어진 상층액을 시료로 사용하였다. 기기분석은 식품공전(MFDS, 2024)의 방법에 준하여 분석을 실시하였다. 불꽃 이온화 검출기가 장착된 gas chromatograph (GC-2010 Plus; Shimadzu Corp., Kyoto, Japan)를 사용하여 분석하였다. 사용된 컬럼은 SP-2560 fused silica capillary column (100 m×0.25 mm×0.2 μm; Supelco, Bellefonte, PA, USA)이며, injection port는 225°C, oven은 100°C에서 3분 동안 유지한 다음 240°C까지 4°C/min으로 승온시킨 후 30분간 유지하였다. Detector temperature는 260°C, 운반 기체는 He (0.75 mL/min), split ratio는 1:50으로 설정하였으며, 내외부 표준물질을 이용해 정량하였다. 지방산은 지역별 단일 혼합 시료에 대해 2회 반복 측정하였다.

통계 분석

통계분석은 SPSS Statistics (ver. 20; IBM Corp., Armonk, NY, USA) 프로그램을 이용하여 실시하였다. 지역별 시료 간 유의적 차이를 검정하기 위해 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)을 실시하였으며, 사후검정으로 Duncan의 다중범위 검정(Duncan's multiple range test)을 실시하였다. 모든 통계적 유의성은 유의수준 5%(P<0.05)에서 검정하였다.

결과 및 고찰

개체굴의 지역별 성장상 및 비만도

3개 지역에서 양식된 개체굴의 성장상을 비교분석하기 위하여 각고(shell height), 각장(shell length), 각폭(shell width), 총중량(total wet weight), 조직중량(tissue wet weight) 및 비만도(condition index)를 측정하였다. 그 결과 남해에서 양식된 개체굴의 각고, 각장 그리고 각폭이 가장 컸으며 총중량과 조직중량이 다른 두 지역보다 무거운 특징을 나타내었다(Table 1). 거제에서 생산된 개체굴은 그 크기가 3개 지역 중 가장 작았지만 총중량 대비 조직의 습중량 즉 가식부의 비율이 높아 높은 비만도를 갖는 특징을 나타내었다. 반면 통영에서 생산된 굴은 3개 지역 중 가장 낮은 비만도를 나타내었다. 본 연구에서 총중량 대비 조직 습중량의 비율로 산출된 비만도는 굴의 생리적 영양 축적 상태 및 가식부 수율을 평가하는 주요 지표로서 서식환경 및 계절적 요인에 따른 영양상태 변동 등 상품성 가치평가에 활용된다(Lucas and Beninger, 1985; Okumus and Stirling, 1998). 그 결과, 남해에서 생산된 굴이 크기가 크면서도 비교적 높은 비만도를 갖는 것을 확인할 수 있었으며, 이를 통해 남해지역의 양식 환경이 다른 지역보다 개체굴의 성장에 유리하게 작용한 것으로 판단된다. 해수의 환경평가를 진행하였을 때, 수심 1 m 기준으로 남해 해역은 굴이 성장하기 좋은 수온 환경(17.2°C)이었으며(거제 12.4°C, 통영 12.1°C), 다른 두 해역보다 높은 클로로필-a(chlorophyll-a) 농도(0.85 μg/L)를 가지고 있었다(거제 0.26 μg/L, 통영 0.17 μg/L; Table S1). 이전 연구에서 굴의 적정 양식 온도는 15–25°C 범위로 보고되고 있으며, 이와 동시에 풍부한 먹이환경이 조성됨에 따라 남해에서의 굴의 성장속도가 다른 지역보다 빠른 것으로 유추된다(Park et al., 2013; Lowe et al., 2017). 또한, 거제와 통영 두 지역의 해수의 온도와 양식방법이 유사하거나 동일하였으나 거제에서 생산된 개체굴의 비만도가 통영보다 약 1.35배가 더 높았다. 이는 거제와 통영의 먹이생물의 밀집도의 차이가 유발한 것으로 판단된다. 이러한 결과를 통해 개체굴의 양식 시 굴의 성장환경 특히 온도와 먹이생물의 밀도가 굴의 성장 및 비만도에 큰 영향을 미친다는 것을 확인할 수 있었다. 향후 양식방법에 따른 개체굴의 성장상 차이 여부에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

개체굴의 지역별 일반성분 특성

이러한 지역 및 양식방법에 따른 굴의 성장상의 차이가 개체굴 가식부의 일반성분에 영향을 미치는지 알아보고자 3개 지역에서 확보한 개체굴에서 가식부를 분리하여 수분, 단백질, 지방, 회분, 그리고 탄수화물 함량을 비교분석하였다(Table 2). 수분 함량의 분석 결과, 거제와 통영이 높은 함량을 나타내었으며 남해의 개체굴이 가장 낮은 76.06±0.07 g/100 g 함량을 보유하고 있었다. 반면 단백질과 지방 함량은 남해가 각각

Table 1. Morphometric characteristics and condition index of single oysters by region and culture method

Region	Culture method	Shell height (mm)	Shell length (mm)	Shell width (mm)	Total wet weight (g)	Tissue wet weight (g)	Condition index[1)]
Namhae	Lantern	98.57±11.49[a,2)]	53.77±6.41[a]	34.90±4.28[a]	106.09±19.67[a]	19.31±3.24[a]	18.39±2.42[b]
Geoje	Basket	67.00±3.99[c]	43.40±2.73[c]	27.43±1.89[c]	39.53±3.83[c]	8.28±1.22[c]	20.97±2.60[a]
Tongyeong	Basket	72.65±3.93[b]	47.13±2.33[b]	32.35±3.38[b]	61.84±6.87[b]	9.55±2.01[b]	15.43±2.69[c]

Values are expressed as mean±standard deviation (n=30).

[1)]Condition index=Tissue wet weight (g)/Total wet weight (g)×100.

[2)]Means with different letters in the same column differ significantly (P<0.05, by Duncan's multiple range test).

11.44±0.17, 2.95±0.06 g/100 g으로 다른 두 지역보다 유의적으로 높은 함량을 나타내었다. 이러한 특징은 남해의 양식 조건이 굴이 성장하기에 적정한 해수의 온도를 가지면서도, 높은 먹이생물의 밀집도를 가지고 있어 굴의 성장 및 영양 축적에 영향을 미쳤을 것으로 판단된다. 회분의 경우 통영(1.46±0.02 g/100 g)>남해(1.24±0.04 g/100 g)>거제(0.77±0.02 g/100 g) 순으로 그 함량이 높았으며, 회분은 특히 해수의 염도에 큰 영향을 받는 것으로 알려져 있으며(Xu et al., 2025), 해역의 염도가 통영(34.59 psu)이 다른 두 지역보다 높았다(거제 34.47 psu, 남해 32.30 psu). 반면, 탄수화물 함량은 남해에서 생산된 개체굴이 8.31±0.19 g/100 g으로 가장 높았고 거제(6.95±0.08 g/100 g), 통영(6.15±0.21 g/100 g) 순으로 높았다. 굴 가식부 내 탄수화물 구성 대부분이 글리코겐(glycogen) 형태로 존재하므로(Dridi et al., 2007) 본 연구에서 산출된 탄수화물 함량은 굴의 영양 저장 상태 및 글리코겐 축적 경향을 반영하는 주요 지표로서 활용될 수 있으나 본 연구에서는 차감법으로 탄수화물 함량을 산출하였으므로 향후 연구에서는 글리코겐의 직접 분석을 통한 글리코겐 함량에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

이 결과들을 통해 남해에서 양식된 개체굴이 다른 지역에서 생산된 굴보다 높은 영양성분을 보유하고 있는 것을 확인할 수 있었다.

굴 가식부의 일반성분은 굴의 품질과 가공특성에 많은 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다. 특히, 수분 함량이 높다는 것 자체가 굴의 품질 저하를 의미하는 것은 아니지만, 동일 중량 대비 건물(dry weight)의 비율이 낮아지므로 단위 중량당 영양성분의 밀도가 상대적으로 감소할 수 있다. 이에 수분 함량의 차이는 굴 가식부의 건물의 비율을 변화시킴으로써 실질적인 영양성분의 상대적 비율을 결정짓는 주요 원인으로 작용할 수 있다(Tsai et al., 2022). 또한 수분 및 단백질과 지질 등의 일반성분 조성의 변화가 굴의 생리적 생태 및 조직특성과 연관되어 있으며, 그 결과 조직감 및 굴의 품질에 영향을 미칠 수 있다(Cho et al., 2023). 이에 굴의 품질평가에 있어서 일반성분은 중요한 요소로서 인식되고 있다.

개체굴의 지역별 아미노산 특성

굴을 포함한 패류는 단백질을 다량 함유하고 있어 중요한 단백질 급원으로 인식되고 있으며 단백질을 구성하고 있는 아미노산 조성 및 함량도 맛과 영양학적으로 중요하게 인식되고 있다.

세 지역에서 확보한 굴의 총아미노산을 분석하였을 때, 남해에서 확보한 개체굴이 총아미노산 함량이 가장 높았으며 거제, 통영 순으로 높았다. 총아미노산 중 필수아미노산이 차지하는 비중은 43.0–44.3%로 세 지역 모두 필수아미노산과 비필수아미노산의 비율은 약 4:6으로 구성되어 있는 것을 확인할 수 있었다(Table 3). 그 조성을 비교하였을 때에는 세 지역 모두 글루탐산이 16.1–16.5%, 아스파르트산이 10.9–11.6%로 높은 비율로 함유되어 있는 것을 확인할 수 있었다. 그리고 필수아미노산에서는 라이신, 류신, 아르기닌이 각각 7.9–8.3, 6.8–7.1, 6.3–6.7%로 높은 함량을 보유하고 있었다.

굴 가식부의 가장 높은 비중을 차지하고 있는 글루탐산과 아스파르트산은 체내 에너지 대사의 핵심 중간체로 작용하고 피로회복과 에너지 생성에 기여하는 주요 아미노산이며, 또한 이들 아미노산은 주요 신경전달물질로 뇌 기능 유지에 필수적이며, 장점막 세포의 1차 에너지원으로 사용되어 면역력 강화 및 소화기 건강 유지에 유익한 생리적 효과를 제공할 수 있다(Wu, 2009). 또한 필수아미노산 중 라이신, 류신 그리고 아르기닌이 높은 비율로 함유되어 있다. 라이신은 콜라겐 합성 및 칼슘 흡수를 촉진하여 골격과 근육의 건강 유지에 핵심적인 역할을 하며(Flodin, 1997), 류신은 근육 합성을 자극하고 체내 대사 항상성을 조절하는 역할을 하며(Wu, 2009), 아르기닌은 체내 산화질소(nitric oxide) 생성을 유도하여 혈관 확장과 혈류 흐름을 개선하는 등 면역 기능을 개선하는 데 기여할 수 있는 아미노산이다(Wu et al., 2009). 따라서 건강에 유익한 효과를 부여하는 아미노산이 높은 조성으로 함유된 굴을 식단에 포함하여 섭취할 경우 생리활성 증진 및 대사기능 회복이라는 유익한 영양학적 효과를 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

한편, 일반적으로 아미노산을 단백질이나 펩타이드 형태로 섭취하였을 때에는 특정한 맛을 내지는 않지만, 유리아미노산 형태로 식품을 섭취하였을 때에는 다양한 맛을 내는 것으로 알려져 있다(Harmon et al., 2024). 유리아미노산은 그 종류에 따라 단맛, 감칠맛, 쓴맛 등의 다양한 맛을 내는 것으로 보고되고 있으며, 단일 아미노산 자체가 맛을 내는 경우도 있지만 아미노산

Table 2. Proximate composition of 3 different regional single oysters

Region	(g/100 g of edible portion)				
	Moisture	Protein	Lipid	Ash	Carbohydrate[1)]
Namhae	76.06±0.07[b,2)]	11.44±0.17[a]	2.95±0.06[a]	1.24±0.04[b]	8.31±0.19[a]
Geoje	79.97±0.02[a]	9.81±0.06[c]	2.50±0.04[b]	0.77±0.02[c]	6.95±0.08[b]
Tongyeong	79.87±0.05[a]	10.15±0.20[b]	2.37±0.04[c]	1.46±0.02[a]	6.15±0.21[c]

Values are expressed as mean±standard deviation of analytical triplicates.

[1)]Carbohydrate=100-(Moisture+Protein+Lipid+Ash) (g/100 g of edible portion).

[2)]Means with different letters in the same column differ significantly ($P<0.05$, by Duncan's multiple range test).

의 농도와 그 구성에 따라 다양한 미각적 특징을 갖는 것으로 알려져 있다(Nishimura and Kato, 1988). 유리아미노산 중 글루탐산과 아스파르트산은 감칠맛의 주요 성분이라고 보고되고 있으며, 류신, 이소류신, 발린, 페닐알라닌, 트립토판 그리고 메티오닌은 쓴맛을 갖는 것으로 보고되고 있다. 그리고 글리신, 알라닌, 프롤린, 세린 등 일부 아미노산은 단맛에 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다(Delompré et al., 2019).

전체 유리아미노산 중 세 지역에서 공통적으로 알라닌, 글루탐산 그리고 프롤린이 다량 함유되어 있었으며, 전체 유리아미노산 중 필수아미노산은 약 18.4–29.0%의 범위로 구성되어 있었다. 굴이 함유하고 있는 유리아미노산에는 감칠맛과 단맛을 내는 아미노산을 다량 함유하고 있는 것을 확인할 수 있었다. 각 지역별로 유리아미노산의 조성이 일부 차이를 나타내었는데 남해지역에서 확보한 개체굴에서는 프롤린 함량이 높은 특징이 있었으며, 거제의 경우에는 남해보다 적었지만 특히 알라닌과 글루탐산의 조성이 높은 특징이 있었다. 통영에서 양식된 개체굴은 유리아미노산의 함량은 가장 낮았지만 쓴맛을 내는 유리아미노산(류신, 이소류신, 발린, 페닐알라닌, 트립토판, 메티오닌)의 함량이 가장 낮았으며, 알라닌과 글루탐산이 세 지역 중 가장 높은 조성비를 갖고 있었다. 이 결과를 통해 동일한 품종의 개체굴이라도 양식환경에 따라서 유리아미노산의 조성 및 함량이 다른 특징을 확인할 수 있었다.

Table 3. Amino acid composition and contents (mg/100 g) of 3 different regional single oysters

Amino acid	(mg/100 g of edible portion)					
	Namhae		Geoje		Tongyeong	
	Total (%)	Free (%)	Total (%)	Free (%)	Total (%)	Free (%)
Essential amino acid (EAA)						
Arg	586.5±8.7 (6.3)	18.79±0.05 (5.1)	521.2±1.9 (6.4)	11.37±0.14 (4.5)	508.9±11.7 (6.7)	10.04±0.05 (4.7)
His	213.5±5.9 (2.3)	10.04±0.09 (2.7)	168.7±3.6 (2.1)	3.41±0.46 (1.3)	156.7±4.7 (2.1)	2.64±0.01 (1.2)
Ile	352.8±6.9 (3.8)	5.84±0.04 (1.6)	305.9±12.4 (3.8)	4.36±2.30 (1.7)	299.5±5.0 (3.9)	2.00±0.14 (0.9)
Leu	641.2±0.9 (6.9)	12.11±0.05 (3.3)	556.7±3.9 (6.8)	4.36±1.52 (1.7)	544.3±19.7 (7.1)	3.69±0.01 (1.7)
Lys	735.1±2.6 (7.9)	11.55±0.16 (3.2)	648.6±10.0 (8.0)	8.72±0.01 (3.4)	632.8±14.3 (8.3)	7.30±0.03 (3.4)
Met	151.9±38.8 (1.6)	8.44±0.12 (2.3)	149.7±0.6 (1.8)	4.51±2.45 (1.8)	134.6±3.3 (1.8)	2.90±0.06 (1.4)
Phe	379.7±4.2 (4.1)	6.13±0.33 (1.7)	327.3±5.5 (4.0)	2.82±0.17 (1.1)	294.0±41.2 (3.9)	1.55±0.06 (0.7)
Thr	485.4±1.1 (5.2)	21.53±0.06 (5.9)	388.7±7.3 (4.8)	8.72±0.10 (3.4)	373.3±12.8 (4.9)	5.75±0.03 (2.7)
Trp	89.7±1.9 (1.0)	2.50±0.08 (0.7)	92.6±8.5 (1.1)	0.79±0.02 (0.3)	98.1±1.9 (1.3)	0.35±0.10 (0.2)
Val	391.5±7.1 (4.2)	9.22±0.19 (2.5)	341.6±11.2 (4.2)	3.72±0.88 (1.5)	334.2±2.5 (4.4)	2.90±0.07 (1.4)
∑EAA[1)]	4,027.2±2.5 (43.2)[A,3)]	106.16±0.13 (29.0)[a]	3,501.0±9.1 (43.0)[B]	52.78±7.15 (20.7)[b]	3,376.3±103.6 (44.3)[C]	39.12±0.13 (18.4)[c]
Non-essential amino acid (NAA)						
Ala	742.8±0.6 (8.0)	57.79±0.38 (15.8)	684.6±28.1 (8.4)	49.04±0.17 (19.3)	564.7±10.5 (7.4)	45.31±0.03 (21.3)
Asp	1,019.1±4.6 (10.9)	25.16±0.03 (6.9)	914.4±2.5 (11.2)	19.71±0.06 (7.7)	885.3±24.2 (11.6)	16.31±0.04 (7.7)
Cys	26.4±2.5 (0.3)	0.44±0.08 (0.1)	21.0±1.6 (0.3)	0.27±0.05 (0.1)	18.3±0.5 (0.2)	0.19±0.05 (0.1)
Glu	1,535.2±22.5 (16.5)	49.57±0.21 (13.6)	1,311.9±3.7 (16.1)	43.36±0.03 (17.0)	1,232.2±28.7 (16.2)	38.20±0.00 (18.0)
Gly	597.1±1.1 (6.4)	36.83±0.13 (10.1)	575.9±5.0 (7.1)	37.31±0.09 (14.6)	520.6±8.6 (6.8)	29.29±0.04 (13.8)
Pro	612.2±0.1 (6.6)	70.41±0.16 (19.3)	475.2±3.3 (5.8)	36.99±0.68 (14.5)	435.5±16.2 (5.7)	33.32±0.77 (15.7)
Ser	444.8±8.3 (4.8)	12.59±0.10 (3.4)	400.6±2.9 (4.9)	11.71±0.04 (4.6)	382.1±9.5 (5.0)	7.89±0.02 (3.7)
Tyr	314.6±4.7 (3.4)	6.35±0.00 (1.7)	252.8±14.0 (3.1)	3.60±1.32 (1.4)	200.2±48.7 (2.6)	2.99±0.06 (1.4)
∑NAA[2)]	5,292.1±19.3 (56.8)[A]	259.15±0.29 (70.9)[a]	4,636.1±41.7 (57.0)[B]	201.99±12.58 (79.3)[b]	4,238.9±125.4 (55.7)[C]	173.50±20.45 (81.6)[c]
Total	9,319.3±27.6[A]	365.30±0.15[a]	8,137.2±42.1[B]	254.78±20.15[b]	7,615.2±228.5[C]	212.62±19.30[c]

Values are expressed as mean±standard deviation of analytical duplicates.

[1)]∑EAA, Sum of essential amino acids.

[2)]∑NAA, Sum of non-essential amino acids.

Arg, Arginine; His, Histidine; Ile, Isoleucine; Leu, Leucine; Lys, Lysine; Met, Methionine; Phe, Phenylalanine; Thr, Threonine; Trp, Tryptophan; Val, Valine; Ala, Alanine; Asp, Aspartic acid; Cys, Cysteine; Glu, Glutamic acid; Gly, Glycine; Pro, Proline; Ser, Serine; Tyr, Tyrosine.

[3)]Means with different letters in the same row differ significantly (uppercase for total amino acid; lowercase for free amino acid; $P<0.05$, by Duncan's multiple range test).

Table 4. Fatty acid composition and contents (mg/100 g) of 3 different regional single oysters

Fatty acid	(mg/100 g of edible portion)		
	Namhae	Geoje	Tongyeong
C14:0	77.31±1.22	62.94±0.14	49.07±0.61
C15:0	9.08±0.22	8.34±0.01	7.92±0.09
C16:0	329.01±5.73	282.61±0.85	256.62±4.20
C17:0	28.67±0.67	24.40±0.18	25.23±0.41
C18:0	52.41±1.15	45.01±0.18	45.24±1.35
C20:0	1.38±0.09	1.19±0.05	0.94±0.02
C21:0	0.53±0.00	0.34±0.06	0.29±0.06
C22:0	1.31±0.06	1.57±0.02	1.20±0.04
C23:0	1.04±0.03	0.34±0.03	0.18±0.00
C24:0	1.39±0.12	2.12±0.05	1.54±0.03
∑SFA[1)]	502.12±4.52[a,4)]	428.85±0.99[b]	388.21±6.77[c]
C14:1n5	1.16±0.08	0.42±0.01	0.45±0.03
C16:1n7	61.92±0.86	45.76±0.09	39.73±0.68
C18:1n7	107.61±2.21	78.39±1.07	70.29±1.54
C18:1n9	41.20±0.97	52.40±0.53	50.42±1.33
C20:1n9	13.55±0.46	9.52±0.09	9.26±0.32
C20:1n11	28.83±0.76	23.32±0.37	29.99±0.92
C22:1n9	1.05±0.01	0.44±0.03	0.38±0.05
C24:1n9	0.72±0.23	0.79±0.18	0.58±0.05
∑MUFA[2)]	256.04±6.58[a]	211.04±0.32[b]	201.10±5.89[b]
C18:2n6	24.35±0.56	23.76±0.28	21.65±0.14
C18:3n3	25.48±0.59	29.78±0.37	27.13±1.20
C18:3n6	3.00±0.03	2.56±0.00	2.36±0.05
C18:4n3	63.30±1.34	46.67±0.70	44.69±0.29
C20:2n6	2.38±0.10	2.91±0.17	3.24±0.31
C20:3n3	1.59±0.03	1.25±0.05	1.20±0.04
C20:3n6	5.25±0.06	3.96±0.04	3.45±0.04
C20:4n3	11.19±0.29	8.36±0.17	8.74±0.29
C20:4n6	37.07±0.70	39.09±0.73	35.94±0.84
C20:5n3 (EPA)	664.39±11.91	486.58±6.43	339.47±8.78
C22:5n3	22.60±0.37	21.05±0.71	20.91±0.84
C22:5n6	8.23±0.37	6.08±0.19	6.52±0.39
C22:6n3 (DHA)	238.84±4.43	204.14±2.67	195.55±4.48
∑PUFA[3)]	1,107.67±18.23[a]	876.19±10.58[b]	710.85±13.23[c]
Total	1,865.83±16.59[a]	1,516.08±16.79[b]	1,300.16±22.36[c]

Values are expressed as mean±standard deviation of analytical duplicates.

[1)]∑SFA, Sum of saturated fatty acids.

[2)]∑MUFA, Sum of monounsaturated fatty acids.

[3)]∑PUFA, Sum of polyunsaturated fatty acids; EPA, Eicosapentaenoic acid; DHA, Docosahexaenoic acid.

[4)]Means with different letters in the same row differ significantly ($P<0.05$, by Duncan's multiple range test).

개체굴의 지역별 지방산 특성

굴을 포함한 수산식품은 오메가-3 지방산 등 다양한 지방산의 급원으로서 중요한 식품자원으로 알려져 있다(Zhang et al., 2025). 특히 식품 내 지방 및 지방산의 함량은 식품의 조직감에 영향을 미치거나 풍미와 같은 관능적인 요소에 영향을 미치는 등 품질에도 큰 영향을 미치는 요소이다. 특히 일부 연구에서는 유리아미노산과 특정 지방산이 상호작용을 통해 관능적으로 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다(Fu et al., 2024).

본 연구에서는 세 지역에서 확보한 개체굴의 지방산의 조성 및 함량을 비교분석하여, 개체굴의 양식방법 및 환경이 개체굴에 어떤 영향을 미치는지 알아보고자 하였다. 그 결과 개체굴의 지방산 조성을 살펴보면 포화지방산, 단일불포화지방산 그리고 다중불포화지방산이 전체 총지방산 대비 각각 약 26.9–29.9%, 13.7–15.5%, 54.7–59.4%를 차지하고 있었으며 이를 통해 개체굴의 지방산 중 약 70% 이상이 불포화지방산으로 구성되어 있음을 확인할 수 있었다. 기존의 참굴의 지방산 구성은 28.8%, 22.6%, 48.6%로 보고되고 있으며(NIFS, 2024), 이와 비교하였을 때에는 개체굴이 기존의 굴보다 불포화지방산을 다량 함유하고 있음을 확인할 수 있었다. 또한, 개체굴에 있어서 총지방산 함량이 높을수록 다중불포화지방산의 조성은 높아지고 단일불포화지방산의 조성은 낮아지는 경향을 나타내었다.

세 지역에서 확보한 개체굴의 지방산 함량을 비교하였을 때에는 남해, 거제, 통영 순으로 총지방산 함량이 높았으며(Table 4), 이 결과는 대부분의 세부 지방산 조성에서도 유사한 경향을 나타내었다. 특히 도코사헥사엔산(docosahexaenoic acid)과 에이코사펜타엔산(eicosapentaenoic acid) 같은 대표적인 오메가-3 지방산은 혈중 중성지방 저하와 항염증 작용을 통해 심혈관 건강 유지에 도움을 주는 것으로 알려져 있으며, 특히 도코사헥사엔산은 기억력과 인지기능 유지에 중요한 역할을 하고 있다(Choi and Calder, 2024). 이러한 효과가 있는 오메가-3 지방산의 함량은 남해지역에서 확보한 시료에서 유의적으로 높게 나타났다. 또한 다른 지역에서 확보한 개체굴에서도 높은 오메가-3 지방산 함량을 보유하고 있었으며 이를 통해 개체굴이 우수한 오메가-3 지방산의 급원으로서 중요한 식품임을 확인할 수 있었다.

사 사

이 논문은 2026년도 국립수산과학원 수산과학연구사업 매스티지(Masstige) 개체굴 생산을 위한 양식관리 기술개발(R2026027)의 지원으로 수행된 연구입니다.

References

Bae PA and Han CH. 1998. Effects of nursery environmental factors on the growth of Pacific oyster, *Crassostrea gigas*. J Aquac 11, 391-400.

Bi S, Chen L, Sun Z, Wen Y, Xue Q, Xue C, Li Z, Sun C, Wei Z and Liu H. 2021. Investigating influence of aquaculture seawater with different salinities on non-volatile taste-active compounds in Pacific oyster (*Crassostrea gigas*). J Food Meas Charact 15, 2078-2087. https://doi.org/10.1007/s11694-020-00807-4.

Bligh EG and Dyer WJ. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. Can J Biochem Physiol 37, 911-917. https://doi.org/10.1139/o59-099.

Brown JR and Hartwick EB. 1988. Influences of temperature, salinity and available food upon suspended culture of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*: I. Absolute and allometric growth. Aquaculture 70, 231-251. https://doi.org/10.1016/0044-8486(88)90099-3.

Chen L, Zhang H, Shi H, Xue C, Wang Q, Yu F, Xue Y, Wang Y and Li Z. 2022. The flavor profile changes of Pacific oysters (*Crassostrea gigas*) in response to salinity during depuration. Food Chem X 16, 100485. https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100485.

Cho IK, Seo BS, Hwang SY, Lee YI, Moon JS, Park SJ, Lee HJ, Hur YB and Choi YH. 2023. The annual reproductive cycle, proximate composition, fatty acid and amino acid content of Pacific oyster, *Crassostrea gigas* (*Magallana gigas*), in Gadeok-do, Korea. Dev Reprod 27, 101-115. https://doi.org/10.12717/DR.2023.27.3.101.

Choi GY and Calder PC. 2024. The differential effects of eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid on cardiovascular risk factors: An updated systematic review of randomized controlled trials. Front Nutr 11, 1423228. https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1423228.

Choi YJ, Nguyen TT, Lee JM, Kang SJ and Choi BD. 2017. Evaluation of nutrients during rack and bag culture or suspended culture of Pacific oyster *Crassostrea gigas*. Korean J Fish Aquat Sci 50, 263-269. https://doi.org/10.5657/KFAS.2017.0263.

Delompré T, Guichard E, Briand L and Salles C. 2019. Taste perception of nutrients found in nutritional supplements: A review. Nutrients 11, 2050. https://doi.org/10.3390/nu11092050.

Dridi S, Romdhane MS and El Cafsi M. 2007. Seasonal variation in weight and biochemical composition of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas* in relation to the gametogenic cycle and environmental conditions of the Bizert lagoon, Tunisia. Aquaculture 263, 238-248. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.10.028.

Flodin NW. 1997. The metabolic roles, pharmacology, and toxicology of lysine. J Am Coll Nutr 16, 7-21. https://doi.org/10.1080/07315724.1997.10718644.

Fu B, Fang C, Li Z, Zeng Z, He Y, Chen S and Yang H. 2024. The effect of heat stress on sensory properties of fresh oysters: A comprehensive study using E-nose, E-tongue, sensory evaluation, HS-SPME-GC-MS, LC-MS, and transcriptomics. Foods 13, 2004. https://doi.org/10.3390/foods13132004.

Harmon CP, Ahmed OM and Breslin PAS. 2024. Amino acid bitterness: Characterization and suppression. J Agric Food Chem 72, 22753-22765. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.4c05281.

Hong Y, Zhang F, Wang L, Liang M, Zhang F, He W, Huang Q, Liu M, Luo Y, Zhou Y, Zou Y and Ruan Q. 2026. Characteristics of taste components and comprehensive quality evaluation of oysters: Influence of geographical origin and fattening duration. Food Sci 47, 232-242. https://doi.org/10.7506/spkx1002-6630-20251010-035.

Lowe MR, Sehlinger T, Soniat TM and La Peyre MK. 2017. Interactive effects of water temperature and salinity on growth and mortality of eastern oysters, *Crassostrea virginica*: A meta-analysis using 40 years of monitoring data. J Shellfish Res 36, 683-697. https://doi.org/10.2983/035.036.0318.

Lucas A and Beninger PG. 1985. The use of physiological condition indices in marine bivalve aquaculture. Aquaculture 44, 187-200. https://doi.org/10.1016/0044-8486(85)90243-1.

MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2024. Korean Food Code (Food Standards and Specifications). MFDS, Cheongju, Korea.

MOF (Ministry of Oceans and Fisheries). 2025. Development Plan for the Oyster Aquaculture Industry. MOF, Sejong, Korea.

NIFS (National Institute of Fisheries Science). 2024. Composition Table of Marine Products in Korea 2023. 10th ed. NIFS, Busan, Korea.

Nishimura T and Kato H. 1988. Taste of free amino acids and peptides. Food Rev Int 4, 175-194. https://doi.org/10.1080/87559128809540828.

Okumus I and Stirling HP. 1998. Seasonal variations in the meat weight, condition index and biochemical composition of mussels (*Mytilus edulis* L.) in suspended culture in two Scottish sea lochs. Aquaculture 159, 249-261. https://doi.org/10.1016/S0044-8486(97)00206-8.

Park SW, Kim Y, Kim JH, Jung SH and Han KN. 2013. Effect of environment factors on growth and mortality of cupped oyster, *Crassostrea gigas*. Korean J Malacol 29, 273-281. https://doi.org/10.9710/kjm.2013.29.4.273.

Park SY, Lee KD, Lee JS, Heu MS, Lee TK and Kim JS. 2017. Chemical and biological properties on sanitary of cultured oyster *Crassostrea gigas* intended for raw consumption or use in seafood products. Korean J Fish Aquat Sci 50, 335-342. https://doi.org/10.5657/KFAS.2017.0335.

Rybovich M, La Peyre MK, Hall SG and La Peyre JF. 2016. Increased temperatures combined with lowered salinities differentially impact oyster size class growth and mortality. J Shellfish Res 35, 101-113. https://doi.org/10.2983/035.035.0112.

Shim JH, Lee SJ, Koo JH and Jung RH. 2021. Long-term

change and factors affecting the fatness of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* in Tongyeong-Geoje Bays, Korea. Korean J Fish Aquat Sci 54, 434-444. https://doi.org/10.5657/KFAS.2021.0434.

Shiozaki K, Shiozaki M, Masuda J, Yamauchi A, Ohwada S, Nakano T, Yamaguchi T, Saito T, Muramoto K and Sato M. 2010. Identification of oyster-derived hypotensive peptide acting as angiotensin-I-converting enzyme inhibitor. Fish Sci 76, 865-872. https://doi.org/10.1007/s12562-010-0264-0.

Tsai HS, Hsiao YT and Weng YM. 2022. Effects of individual and block freezing on the quality of Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) during storage under different pretreatment conditions. Sustainability 14, 9404. https://doi.org/10.3390/su14159404.

Wright AC, Fan Y and Baker GL. 2018. Nutritional value and food safety of bivalve molluscan shellfish. J Shellfish Res 37, 695-708. https://doi.org/10.2983/035.037.0403.

Wu G. 2009. Amino acids: Metabolism, functions, and nutrition. Amino Acids 37, 1-17. https://doi.org/10.1007/s00726-009-0269-0.

Wu G, Bazer FW, Davis TA, Kim SW, Li P, Rhoads JM, Satterfield MC, Smith SB, Spencer TE and Yin Y. 2009. Arginine metabolism and nutrition in growth, health and disease. Amino Acids 37, 153-168. https://doi.org/10.1007/s00726-008-0210-y.

Wu K, Ran Z, Wu S, Xie H, Li Y, Liao K, Xu J and Yan X. 2023. Biosynthesis of LC-PUFA in *Ruditapes philippinarum*: Cloning and tissue distribution of Fad and Elovl, and effects of microalgae diets varied in LC-PUFA composition on their expressions and fatty acid profile of the bivalve. Front Mar Sci 10, 1141231. https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1141231.

Xu S, Wu Y, Zhao C, Ren L, Wu B, Xie C, Li J and Yu T. 2025. Effects of salinity stress on growth, antioxidant enzyme activity, and nutritional quality of the Jinjiang oyster *Crassostrea ariakensis*. Ital J Anim Sci 24, 2041-2051. https://doi.org/10.1080/1828051X.2025.2550512.

Zhang H, Choong KH, Li Z, Hao Y, Cheong KL and Tan K. 2025. Nutrition and nutraceutical values of commercially important oysters: A systematic review. Rev Aquac 17, e70074. https://doi.org/10.1111/raq.70074.

Table S1. Seawater characteristics (temperature, dissolved oxygen, salinity, pH, chlorophyll-a) of the study sites

Region	Temperature (°C)	DO (mg/L)	Salinity (psu)	pH	Chl-a (μg/L)
Namhae	17.2±0.1[a,1)]	8.28±0.01	32.30±0.03	7.85±0.02	0.85±0.04[a]
Geoje	12.4±0.2[b]	8.25±0.02	34.47±0.02	7.76±0.04	0.26±0.01[b]
Tongyeong	12.1±0.1[b]	8.31±0.01	34.59±0.02	7.88±0.03	0.17±0.00[b]

Values are expressed as mean±standard deviation (n=3). DO, Dissolved oxygen; Chl-a, Chlorophyll-a.

Measured using a multiparameter water quality meter (ProDSS; YSI Inc., Yellow Springs, OH, USA).

[1)]Means with different letters in the same column differ significantly ($P<0.05$, by Duncan's multiple range test).