

경남 거제만 및 자란만 굴(*Crassostrea gigas*)의 일반성분, pH, 글리코겐 함량의 월별 변화

김민아 · 심길보* · 박재승 · 오은경 · 신순범 · 박큰바위 · 임치원

국립수산과학원 식품안전과

Seasonal Variation in the Proximate Composition, pH and Glycogen Content of Oysters *Crassostrea gigas* Collected in Geoje and Jaran Bay in Korea

Min A Kim, Kil Bo Shim*, Jae Sung Park, Eun Gyoung Oh, Soon Bum Shin, Kunbawui Park and Chi Won Lim

Food and Safety Research Division, National Fisheries Research and Development Institute, Busan 619-705, Korea

The seasonal variation in the proximate composition, pH, and glycogen contents of oysters *Crassostrea gigas* collected in Geoje and Jaran Bays on the southern coast of Korea was studied between March 2012 and February 2013. In the Geoje Bay oysters, the moisture content was 77.49-81.50 g/100 g, lipids ranged between 1.22 and 2.47 g/100 g, proteins between 9.46 and 13.11 g/100 g, and ash between 1.88 and 2.58 g/100 g. In the Jaran Bay oysters, the moisture content was 74.22-82.05 g/100 g, lipids comprised 1.32-2.37 g/100 g, proteins 9.19-13.35 g/100 g, and ash 1.96-2.45 g/100 g. The moisture content was highest in October and January in Geoje and Jaran Bay, respectively, and tended to increase from July until September. The highest protein levels occurred in August in both bays, which coincided with the timing of oocyte maturation, and then decreased at the beginning of total spawning. The highest lipid levels occurred in April in Geoje Bay, and February in Jaran Bay. The glycogen content was 0.40-2.28 g/100 g in Geoje Bay, and 0.61-3.53 g/100 g in Jaran Bay, and was highest in February and decreased from March onwards. The lowest glycogen content occurred in September and then increased from October onwards. The pH ranged between 6.29 and 6.48, and 6.32 and 6.59, for Geoje and Jaran Bay, respectively, and was highest in February.

Key words: *Crassostrea gigas*, Oyster, Proximate composition, Glycogen, pH

서 론

세계적으로 양식이 되고 있는 어패류 중 참굴(*Crassostrea gigas*)은 생산량과 가격에 있어서 가장 중요한 양식 품종의 하나로 자리 잡고 있다(FAO, 2014).

우리나라에서 굴은 1897년 원산만에서 처음 양식되었으며, 1960년 이후부터 경남지역을 중심으로 연승수하식 방법이 널리 보급되면서 생산량이 증가하였다. 2013년에는 연간 30,308톤이 생산되었으며, 이중 경남지역이 25,906톤, 전남지역이 3,992톤을 생산하였다(KSIS, 2014).

우리나라 굴 소비는 산란이 끝난 10월에서 이듬해 2-3월 사

이며, 이 시기에 굴은 산란에서 회복이 되고 체내에 글리코겐을 축적하여 상품성이 높아지게 된다(Kim et al., 2009). 생식소 발달과 더불어 저장되어 있는 에너지를 5-8월까지 소비하고 가을과 겨울에 에너지를 다시 저장하는 것으로 알려져 있다(Delaporte et al., 2006; Mallet et al., 2006). 특히 산란시키는 비만도와 맛이 저하되며, 근육 조직이 다른 패류보다도 연하여 소화 분해되기 쉬운 특성이 있어 식중독을 일으킬 확률이 높고, 여름철 미생물 오염도 높아 굴 섭취량이 적은 것으로 사료된다. 그러나 최근 굴 국밥 등 굴요리 전문점의 성업으로 냉동 굴보다는 생굴을 선호하고 있어 여름철에도 비계통적으로 생산되고 있는 실정이다.

<http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2014.0713>



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.

Kor J Fish Aquat Sci 47(6) 713-718, December 2014

Received 20 October 2014; Revised 4 November 2014; Accepted 7 November 2014

*Corresponding author: Tel: +82. 51. 720. 2671 Fax: +82. 51. 720. 2669

E-mail address: kilbo1221@korea.kr

굴의 식품학적 성분특성의 다양한 연구가 수행되어왔으며, 이들 연구결과는 굴과 굴 가공품의 영양학적 가치와 품질특성의 구명(Okuzumi et al., 1979; Murata and Sakaguchi, 1986; Jeong et al., 1991; Kang et al., 2010), 그리고 수산가공용 주요 소재로 활용하기 위한 자료로 활용되고 있으나(Lee et al., 2012), 지역에 따른 영양성분의 차이나, 산란 전과 후 계절적 변화 따른 영양성분의 차이에 관한 연구는 미비한 실정이다. 또한 생굴은 시중 유통되기 전 박신장에서 껍질을 제거하고 굴수협 경매를 통하여 도소매상에서 판매되고 있다. 이때 안전한 굴을 유통하기 위하여 생굴의 선도를 관능평가 및 pH를 이용하며, 현재 선도판정이 이용되는 생굴의 pH는 시기적으로 차이가 있다(Son et al., 2014).

본 연구는 우리나라 굴 생산량의 90%를 차지하는 경남지역의 거제만과 자란만에서 채취한 굴의 일반성분, pH, 글리코겐 함량의 월별 변화를 조사하여 시기, 채취지역, 산란전 후에 따른 영양학적 성분 변화를 조사하고자 하였다. 이러한 연구결과는 생굴의 영양학적 기초자료뿐만 아니라 선도측정치표로 이용되는 pH 등의 기초자료로서 활용하고자 하였다.

재료 및 방법

원료

굴 시료는 경남 통영시 및 고성군에 위치하고 있는 거제만 해역과 자란만 해역에서 기상여건 등으로 인하여 시료를 확보하지 못한 6월을 제외하고 매월 채취하였으며(Fig. 1), 채취 후 얼음을 채워 냉장상태로 실험실로 운반하여 시료로 사용하였다. 채취된 굴은 껍질을 제거하고 생굴 시료를 확보하였으며, 생굴 시료 표면의 해수를 완전히 제거 후 중량을 측정하였다(Fig. 2).

일반성분 및 pH

수분은 상압가열건조법, 조회분은 건식회화법, 조단백질은 Kjeldahl 질소정량법, 조지방은 Soxhlet 추출법으로 측정하였다(AOAC, 1995). pH는 시료 3 g을 증류수 10배 농도로 희석하여 균질화 시킨 후, pH meter (Orion 3 star, Thermo Scientific Inc., USA)로 측정하였다.

Glycogen 측정

Glycogen함량은 시료 0.5 g에 30% KOH 5 mL를 첨가하여 95°C에서 20분간 증탕하고 포화 Na₂SO₄용액 0.5 mL와 ethanol 5 mL를 첨가하여 95°C에서 다시 15분간 증탕한 후 원심분리(1,259 g, 10 min) 하였다. 침전물에 2 mL 탈이온수와 2.5 mL ethanol 을 첨가하고 원심분리(1,259 g, 10 min) 후, 5 M HCl 2 mL 넣고 완전히 녹인 다음 0.5 M NaOH로 중화하여 50 mL로 정용하여 시료액으로 사용하였다. 시료용액 5 mL에 0.2% anthron-sulfate solution을 10 mL를 가하고 95°C에서 10분간 증탕 후 냉각하여 분광광도계(UV mini-1240, Shimadzu, Ja-

pan)를 이용하여 620 nm에서 흡광도를 측정하였다(Click and Engin, 2005). 글리코겐 함량은 glucose를 표준물질로 작성한 정량곡선에 따라 측정하였으며, 글리코겐 전환계수 0.9를 곱하여 계산하였다.

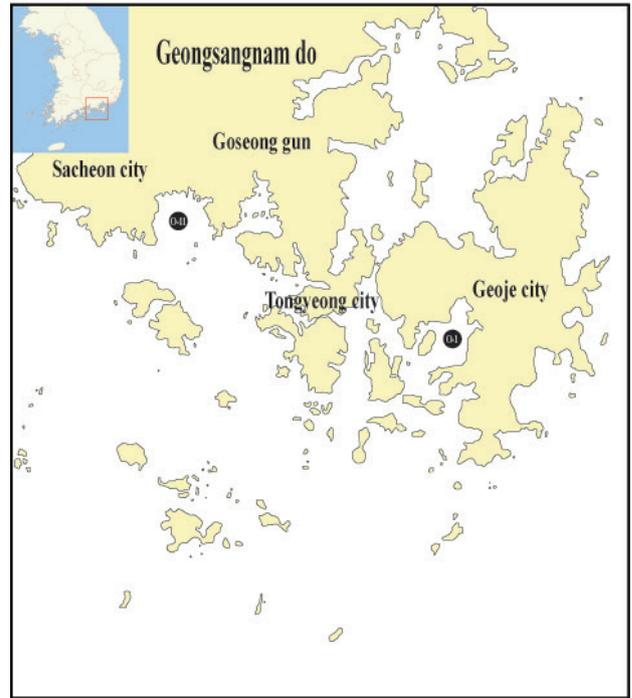


Fig. 1. Sampling station of oysters *Crassostrea gigas* collected in Geoje and Jaran bay on the southern coast of Korea.

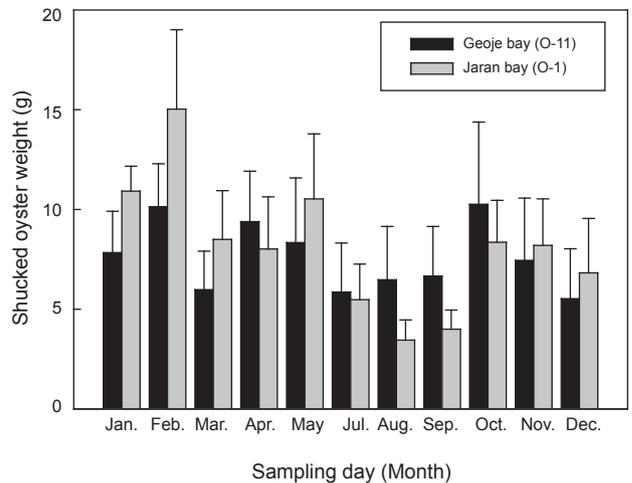


Fig. 2. The seasonal variation of weight of shucked oysters *Crassostrea gigas* collected in Geoje bay on the southern coast of Korea.

통계처리

굴과 영양성분변화 결과에 대한 통계 처리는 시료에 대해 평균±표준오차로 나타내었으며, 분석은 Duncan's multiple range test로 평균간의 유의성($P<0.05$)로 검정하였다(Steel and Torrie, 1980).

결과 및 고찰

굴의 중량 및 일반성분

거제만과 자란만에서 채취한 굴을 박신하여 알굴의 중량을 살펴보면, 거제만에서 채취한 굴은 5.86-10.26 g이었으며, 7월에 가장 낮은 5.86 g이었다(Fig. 2). 반면, 10월과 2월에 각각 10.26 g, 10.14 g으로 가장 중량이 높았다. 자란만에서 채취한 굴은 3.45-15.03 g이었으며, 7월에 가장 낮았으며, 2월에 가장 높았다(Fig. 2). 서식지에 따른 알굴의 중량은 월별로 차이가 있었으나, 7월 이후 비만도 지속적으로 증가하여 2월에 최대치를 나타내었다. 11월부터 이듬해 2월까지 자란만이 거제만에서 채취한 굴보다 알굴의 중량이 더 높았으나, 7월부터 10월까지 자란만에서 채취한 굴의 중량이 자란만보다 높았다.

거제만과 자란만의 일반성분조성을 Table 1에 나타내었다. 거제만 굴의 수분함량은 3월에 77.49 g/100 g으로 월별 가장 낮은 함량을 보였으며, 7-10월에 81.11 g/100 g으로 증가하였다가 11월부터 낮아지는 경향을 보였다. 거제만과 자란만 굴의 수분함량은 3월이 가장 낮았으나 7월부터 증가하였다가 10월부터 낮아지는 경향을 나타내었다. 자란만 굴의 수분함량은 3월에 74.22 g/100 g으로 월별 가장 낮은 함량을 보였고, 7-8월에 81.27 g/100 g으로 증가하였다가 9월부터 감소하는 경향을 보였다.

회분 함량은 자란만 3월에 1.96 g/100 g 낮은 함량을 보였으며, 월별 2.18-2.45 g/100 g으로 큰 차이를 보이지 않았으며, 거제만 굴은 또한 7월에 1.88 g/100 g으로 낮은 함량을 보였으나 월별 2.18-2.58 g/100 g으로 자란만과 큰 차이를 나타내지 않았다.

조단백 함량의 경우 자란만 굴은 4월에 9.19 g/100 g으로 가장 낮은 함량을 보였으며, 5월부터 증가하여 8월에 13.35 g/100 g으로 가장 높은 함량을 나타내었고, 거제만 굴의 경우 12월에

Table 1. The seasonal variation of proximate composition of oysters *Crassostrea gigas* collected in Geoje and Jaran bay on the southern coast of Korea

Area	Month	Moisture (g/100 g)	Lipid (g/100 g)	Protein (g/100 g)	Ash (g/100 g)
Geoje bay	Jan.	80.38±0.33 ^{a1}	2.15±0.38 ^c	9.69±0.20 ^e	2.29±0.29 ^{abc}
	Feb.	80.33±0.08 ^{c2}	2.19±0.00 ^{bc}	9.66±0.25 ^e	2.58±0.04 ^a
	Mar.	77.49±0.07 ^f	2.27±0.04 ^{abc}	11.06±0.03 ^{bc}	2.18±0.13 ^{bc}
	Apr.	78.70±0.20 ^d	2.47±0.01 ^a	10.34±0.04 ^d	2.14±0.05 ^{cd}
	May	77.83±0.29 ^{ef}	2.41±0.10 ^{ab}	10.78±0.28 ^{cd}	2.33±0.03 ^{abc}
	Jul.	81.18±0.14 ^{ab}	1.34±0.09 ^e	11.28±0.44 ^b	1.88±0.18 ^d
	Aug.	81.18±1.01 ^{ab}	1.22±0.12 ^e	13.11±0.48 ^a	2.52±0.03 ^a
	Sep.	80.59±0.28 ^{bc}	1.63±0.04 ^d	11.38±0.07 ^b	2.36±0.19 ^{abc}
	Oct.	81.50±0.24 ^a	1.60±0.04 ^d	9.87±0.26 ^e	2.29±0.29 ^{abc}
	Nov.	78.25±0.14 ^{de}	2.10±0.19 ^c	10.45±0.31 ^d	2.47±0.09 ^{ab}
	Dec.	80.02±0.39 ^c	1.61±0.08 ^d	9.46±0.30 ^e	2.32±0.08 ^{abc}
	Jaran bay	Jan.	82.05±0.22 ^a	1.68±0.28 ^{efg}	9.29±0.46 ^d
Feb.		77.02±0.11 ^f	2.37±0.04 ^a	9.24±0.09 ^d	2.25±0.15 ^a
Mar.		74.22±0.40 ^g	2.28±0.01 ^{ab}	9.99±0.01 ^{cd}	1.96±0.07 ^b
Apr.		80.20±0.13 ^c	1.56±0.01 ^{gh}	9.19±0.07 ^d	2.34±0.03 ^a
May		75.40±0.27 ^h	2.26±0.01 ^{ab}	10.84±0.12 ^b	2.44±0.10 ^a
Jul.		81.35±0.06 ^b	1.32±0.02 ^h	12.95±0.67 ^a	2.18±0.18 ^{ab}
Aug.		81.20±0.17 ^b	1.47±0.05 ^{gh}	13.35±0.35 ^a	2.45±0.02 ^a
Sep.		79.66±0.71 ^d	1.82±0.39 ^{def}	11.24±0.51 ^b	2.40±0.14 ^a
Oct.		78.45±0.24 ^e	2.07±0.08 ^{bcd}	10.12±0.85 ^c	2.26±0.27 ^a
Nov.		77.33±0.05 ^f	2.12±0.08 ^{abc}	9.98±0.10 ^{cd}	2.44±0.08 ^a
Dec.		81.14±0.25 ^b	1.94±0.08 ^{cde}	9.65±0.38 ^{cd}	2.25±0.04 ^a

¹means±S.D. ²Means with different superscript of columns are significantly different by Duncan's multiple range test ($P<0.05$).

9.46 g/100 g으로 가장 낮은 함량을 보였으며, 3월부터 증가하여 8월에 13.11 g/100 g으로 조단백 함량은 거제만과 자란만 굴 모두 3월에 가장 높게 나타났다. 산란기로 알려진 5월-9월 사이 거제만과 자란만 굴은 8월에 조단백 함량이 가장 높게 나타났으며, 9월부터 서서히 감소하는 것으로 나타내었다. Barber and Blake (1981)은 단백질이 굴의 성숙 과정 중에 에너지 저장 물질로 작용되며, 특히 산란이 일어나는 시기나 끝나는 시기에 증가되는 것으로 나타난다고 보고하였으며, 양식 굴의 성숙기인 7-8월에 단백질 함량이 증가하는 것으로 보고한 결과와 유사한 경향을 나타내었다(Kim et al., 2009).

조지방 함량의 경우 자란만 굴이 7월에 1.32 g/100 g으로 가장 낮은 함량을 보였으며, 8월부터 서서히 증가하여 2월에 2.37 g/100 g으로 가장 높은 함량을 보였으며, 거제만 굴의 경우 8월에 1.22 g/100 g으로 가장 낮은 함량을 보였으며, 자란만과 같은 경향을 보이며 4월에 2.47 g/100 g으로 가장 높은 함량을 나타내었다. 일반적으로 어류는 근육지질이 산란기에 최저치를 보이는데, 이것은 생식소의 발달을 위해 근육지질이 소모되기 때문으로 나타났다(Jeong et al., 1998a, 1998b, 1998c). 또한 Jeong et al. (1999)은 지질의 함량이 8월에 최저치를 보인 것은 이 시기에 단백질 함량이 증가하는 것으로 보아, 지질이 산란을 위한 생식소 발달과 산란에 기여하기 때문인 것으로 나타났으며, 본 연구의 결과와 비슷한 경향을 나타내었다.

Lee et al. (2012)은 굴의 수분함량 76.7-82.2%, 회분 1.0-2.0%, 조지방 0.3-0.9%, 조단백 8.1-10.5%로 보고하였으며, 본 연구결과와 비교하여 수분함량과 회분은 비슷하였으며, 조지방 함량과 조단백 함량은 높게 나타났다. 기타연구결과에서는 굴의 수분함량이 $80.07 \pm 0.4\%$, 회분 $1.0 \pm 0.1\%$, 조지방 $0.3 \pm 0.1\%$, 조단백 $8.1 \pm 0.4\%$ 로 보고하고 하였다(Hwang et al., 2013). 이 또한 수분함량은 비슷하게 나타났고, 회분, 조지방 함량과 조단백 함량은 높게 나타났다. 채취지역에 따른 굴의 월별 일반성분 함량은 비슷한 경향이였다.

pH 변화

굴 근육의 pH 변화는 12월 이후 증가하여 2월까지 6.48-6.59 까지 증가하였으며, 이후에 서서히 감소하였으며, 7월이후에 다시 증가하였다. 산란시기인 7월에 가장 낮은 값인 6.29-6.32 이었으며, 이후에는 다소 증가하고 큰 변화가 없었다(Fig. 3). 시기에 따른 pH변화는 겨울, 가을, 봄, 여름 순으로 낮으며, 평균 6.29-6.59이었으며, 이는 Gardner and Watts (1956)에서 밝힌 시기적인 경향은 비슷하였으나 평균 pH값이 6.02-6.38보다는 다소 높은 값이었다. 반면 국내 연구결과에서는 pH 6.0-6.4 이었으며, 본 연구결과와 유사하였다(Hwang et al., 2013; Lee et al., 2012)

생굴의 pH는 품질판정에 있어서 매우 중요한 지표로 이용되며, 일반적으로 패류는 어류나 다른 갑각류와는 달리 화학적 조성에서 차이가 나타나는 것으로 알려져 있다. 본 연구 결과 자란

만에서 2월에 채취한 굴의 pH 6.59로 가장 높게 나타났으며, 7월에 pH 6.32로 가장 낮게 나타났으나 유의적 차이를 보이지 않았고, 거제만 굴 역시 pH 6.48로 2월에 가장 높게 나타났으며, 7월에 pH 6.29로 가장 낮게 나타났다.

Glycogen 함량

경남 거제만 및 자란만 해역에서 채취한 굴의 연중 glycogen 함량 변화는 각각 0.40-2.28 g/100 g, 0.61-3.53 g/100 g이었다. 거제만 굴의 경우 3월에 1.95 g/100 g으로 가장 높은 함량을 나타내었고, 7월에 0.40 g/100 g으로 가장 낮은 함량을 나타내었다. 3월 이후 점차 줄어드는 경향을 보였으며 9월부터 증가하는 것으로 나타났으며, 자란만 굴은 또한 3월이 3.53 g/100 g으로 가장 높은 함량을 나타내었고, 7월에 0.61 g/100 g으로 가장 낮은 함량을 나타내었다(Fig. 4). 거제만과 자란만 굴은 월별로 비교하였을 때 경향은 비슷하게 나타났으나, 함량은 자란만이 높게 나타났다. Kim et al. (2009a) 글리코겐 함량은 5.6-13.3 mg/g의 범위로 나타났으며 9월이 가장 낮은 값을 나타내었다.

굴이 함유하고 있는 탄수화물 함량과 조단백질 및 조지방 함량은 반비례하는 것으로 알려져 있다(Yildiz et al., 2011). 본 연구 결과와 비교하였을 때 글리코겐 함량은 현저하게 낮은 함량을 보였으나 경향은 9월까지 글리코겐 함량이 낮아졌고 10월부터 다시 증가하는 것으로 나타났다. 이는 양식 굴의 경우 글리코겐과 지질은 겨울철에 증가하며, 봄과 여름에는 단백질이 증가하고 글리코겐 함량이 감소한다고 알려져 있고, Jeong et al., (1999) 탄수화물 함량은 대체로 단백질 함량이 가장 많은 시기인 8-9월에 낮게 나타났으며 단백질 함량이 적은 1월에는 탄수화물 함량이 높은 것으로 나타났다. 또한 Ruiz et al. (1992)는 배우자 형성 및 방출에 저장된 글리코겐이 이용된다고 보고하여 양식 굴의 성숙기인 7-8월에 단백질함량이 증가하고 산란기인 9월에 글리코겐 함량이 크게 감소하는 결과와 비슷한 것

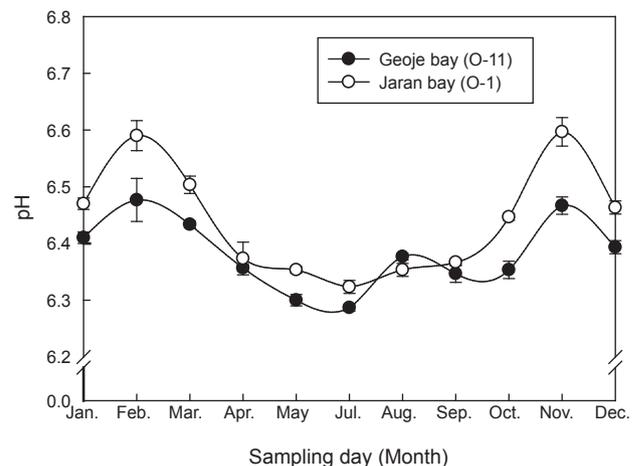


Fig. 3. The seasonal variation of pH of oysters *Crassostrea gigas* collected in Geoje and Jaran bay on the southern coast of Korea.

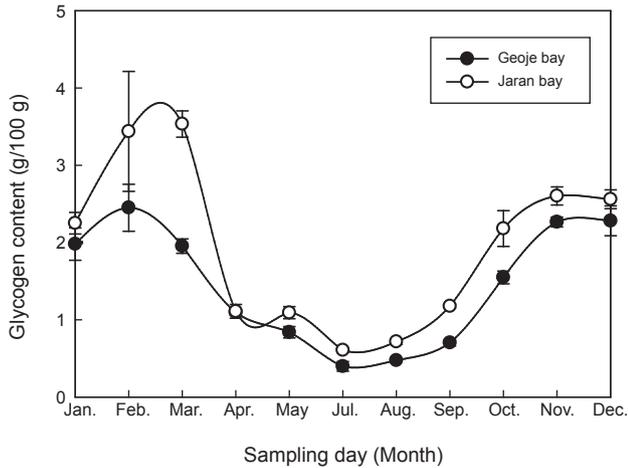


Fig. 4. The seasonal variation of glycogen content of oysters *Crassostrea gigas* collected in Geoje and Jaran bay on the southern coast of Korea.

로 나타났다. 자란만에서 채취한 굴의 glycogen 함량이 거제만에서 채취한 굴에 비하여 다소 높았으며, 특히 2월과 3월에는 상당한 차이가 있었다.

우리나라 남해안 거제만 및 자란만에서 채취한 굴의 이화학적 성분 중 조지방, 조단백질, glycogen이 시기에 따른 차이를 보였으며, 굴의 생식주기에 의하여 조지방과 glycogen 함량은 산란시기인 7월과 8월에 가장 낮은 반면, 조단백질 함량은 이시기에 가장 높았다. 그리고 산란시기 이후 증가하여 1월과 2월에 가장 높았다.

굴의 영양성분과 해양환경특성과의 상관관계를 살펴보면, chlorophyll a, b, c와 조단백질과는 반비례하는 것으로 알려져 있으며, glycogen 함량은 chlorophyll a와 상관성이 높은 것으로 알려져 있다. 또한 조지방 함량은 환경특성과는 상관성이 낮은 것으로 알려져 있다(Mitra et al., 2008). 산란시기에 에너지원인 지방 함량이 낮아 glycogen을 glucose로 분해하여 에너지원으로 활용하게 되어 산란시기에 이들 함량이 낮은 이유이다. Glycogen 축적과 서식지의 chlorophyll a 함량과 밀접한 관계가 있다 통영주변해역의 환경특성을 조사한 결과에 따르면, 경남 통영연안해역의 chlorophyll a 평균 함량은 2.05 µg/L 이며, 전남 가막만이나 광양만에 비하여 낮은 농도로 보고하고 있다 (Lee et al., 2011, Park et al., 2002). 그리고 3월과 7-9월에 다른 시기보다 농도가 높은 것으로 보고하였다. Chlorophyll a 농도가 높은 시기에 glycogen 축적은 산란을 위한 에너지원으로 사용되기 때문에 축적보다는 소비에 의하여 낮은 함량이었으며, 3월 이전에는 높은 chlorophyll a 함량에 의하여 glycogen 함량도 증가하는 것으로 사료된다. 반면 지역적으로는 chlorophyll a 함량에 영향을 주는 것은 연안으로부터 유입되는 담수와 패류 및 우렁쉥이 양식장의 밀집에 의한 것으로 보고하고 있어,

굴 양식장이 밀집되어 있는 거제만이 자란만보다 chlorophyll a 농도가 낮으며, 이로 인한 glycogen 축적이 영향을 받는 것으로 사료된다.

이상의 결과를 종합하면 우리나라 굴 생산량이 가장 많은 경남 거제만과 자란만에서 채취한 굴의 수분함량은 거제만이 1월, 자란만 10월에 가장 높게 나타났으며, 7-9월에 증가하였다. 조단백 함량은 8월에 두 지역 모두 높은 함량은 나타내었으며, 조지방 함량은 거제만은 2월, 자란만은 4월에 가장 높게 나타났다. pH 변화는 거제만과 자란만 모두 2월에 높은 조성을 나타내었다. 글리코젠 함량의 월별변화는 거제만에서 3월, 자란만은 12월에 높게 나타났으며, 조단백 함량과의 반비례하였으며, 조지방함량의 변화와 유사하였다.

사 사

본 연구는 국립수산물과학원의 지원(RP-2014-FS-024)으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

References

AOAC. 1995. Official method of analysis of AOAC international. 16th. Association of Official Analytical Chemistry, Washington DC. U.S.A., 69-74.

Barber BJ and Black NJ. 1981. Energy storage and utilization in relation to gametogenesis in *Argopecten irradians concentricus*. J Exp Mar Biol Ecol 52, 121-134. [http://dx.doi.org/10.1016/0981\(81\)90031-9](http://dx.doi.org/10.1016/0981(81)90031-9).

Cicik B and Engin K. 2005. The Effects of cadmium on levels of glucose in serum and glycogen reserves in the liver and muscle tissues of *Cyprinus carpio*. Turk J Vet Anim Sci 29, 113-117.

Delaporte M, Soudant P, Lambert C, Moal J, Pouvreau S and Samain JF. 2006. Impact of food availability on energy storage and defense related hemocyte parameters of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* during an experimental reproductive cycle. Aquaculture 254, 571-582. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.10.006>.

FAO. 2014. The state of world fisheries and aquaculture 2014; Opportunities and challenges. FAO Report, 1-223. Retrieved from <http://www.ctknetwork.org/wp-content/documents/pdf/FAO-State-of-World-Fisheries-and-Aquaculture-2014.pdf> on Dec. 8.

Gerdner EA and Watts BM. 1956. Correlation of pH and quality of shucked Southern oysters. Com Fish Rev 18, 8-14.

Hwang SM and Oh KS. 2013. Food component characteristics of Dendly Lamellated Oyster (*Ostrea denselamellosa*) in Seomjin River. J Agri Life Sci 47,167-176.

Jeong BY, Choi BD and Lee JS. 1998a. Proximate composition, cholesterol and α -tocopherol content in 72 species of Korean fish. J Kor Fish Soc 31, 160-167

- Jeong BY, Choi BD Moon SK and Lee JS. 1998b. Fatty acid composition of 72 species of Korean fish. *J Fish Sci Tech* 1, 129-146.
- Jeong BY, Choi BD and Lee JS. 1998c. Seasonal variation in proximate composition cholesterol and α -tocopherol content in 12 species of Korean. *J Kor Fish Soc*, 707-712.
- Jeong BY, Moon SK, Jeoung WG and Lee JS. 1999. Changes in proximate compositions of the Oysters (*Crassostrea gigas*) cultured with Korean and Japanese spats. *J Kor Fish Soc* 32, 563-567.
- Jeong JY, Ohshima T and Koizumi C. 1991. Changes in molecular species compositions of glycerophospholipids in Japanese oyster *Crassostrea gigas* during frozen storage. *Biochem Physiol* 1, 99-105.
- Kang JY, Roh TH, Hwang SM, Kim YA, Choi JD and Oh KS. 2010. The precursors and flavor constituents of the cooked oyster flavor. *Kor J Fish Aquat Sci* 43, 606-613. <http://dx.doi.org/10.5657/kfas.2010.43.6.606>.
- Kim CW, Kim EO, Jeong HD, Jung CG, Park MW and Son SG. 2009. Variation of body composition and survival rate according to spawning of Pacific Oyster (*Crassostrea gigas*) in Gamak bay. *J Kor Fish Soc* 42, 481-486. <http://dx.doi.org/10.5657/kfas.2009.42.5.481>.
- Kim SK, Lee C, Kim YD, Qtae J, Lee JH, Park MW, Kim JW and Seo HC. 2009. Histological and Biochemical analyses on reproductive cycle of *Gomphina melanaegis*. *J Kor Fish Soc* 42, 41-47.
- Korea Statistical Information Service (KSIS). 2014. Year of fishery products. Retrieved from http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_1EW0004&conn_path=13 on Oct. 6.
- Lee YM, Lee SJ, Kim SG and Hwang YS. 2012. Food component characteristics of cultured and Wild Oysters *Crassostrea gigas* and *Ostrea denselamellos* in Korea. *Kor J Fish Aquat Sci* 45, 586-593.
- Lee YS, Lim WA, Jung CS and Park JS. 2011. Spatial distributions and monthly variations of water quality in coastal seawater of Tongyeong, Korea. *Korean Soc Mar Environ Eng* 14, 154-162.
- Mallet AL, Carve CE and Landry T. 2006. Impact of suspended and off-bottom Eastern oyster culture on the benthic environment in eastern Canada. *Aquaculture* 254, 362-373.
- Mitra A, Basu S and Banerjee K. 2008. Seasonal variation in biochemical composition edible oyster (*Saccostrea cucullata*) from Indian Sundarbans. *Fish Technol* 45, 209-216.
- Murata M and Sakaguchi M. 1986. Changes in contents of free amino acid trimethylamine and nonprotein nitrogen of oyster during ice storage. *Bull Japan Soc Sci Fish* 52, 1975-1980.
- Okuzumi M, Nakaizumi H and Koike H. 1979. Bacterial flora of cultured oysters (Pacific oyster, *Crassostrea gigas*). *Bull Japan Soc Sci Fish* 45, 1189-1194.
- Park JS, Kim HC, Choi JC, Lee WC and Park CK. 2002. Estimating the carrying capacity of a coastal bay for oyster culture I. Estimating a food supply to oysters using an eco-hydronomic model in Geoje-Hansan bay. *J Korean Fish Soc* 35, 395-407.
- Ruiz C, Abad M, Sedano F, Garcia-Martin LO and Sanchez Lopez JL. 1992. Influence of seasonal environmental changes on the gamete production and biochemical composition of *Crassostrea gigas* in susoended culture in E1 Grive, Galicia, Spain. *J Exp Mar Biol Ecol* 155, 249-262. [http://dx.doi.org/10.1016/0022-0981\(92\)90066-J](http://dx.doi.org/10.1016/0022-0981(92)90066-J).
- Son KT, Shim KB, Lim CW, Yoon NY, Seo JH, Jeong SG, Jeong WY and Cho YJ. 2014. Relationship of pH, glycogen, soluble protein, and turbidity between freshness of raw oyster, *Crassostrea gigas*. *Kor J Fish Aquat Sci* 47, 495-500.
- Steel RGD and Torrie JH. 1980. Principle and procedure of statistics; a biometrical approach (2nd ed.). MacGraw-Hill Book Company, New York, U.S.A.
- Yildiz H, Berber S, Acarli S and Vural P. 2011. Seasonal variation in the condition index, meat yield and biochemical composition of the flat oyster *Ostrea edulis* (Linnaeus, 1758) from the Dardanelles, turkey. *Ital J Anim Sci* 10, 5. <http://dx.doi.org/10.4081/ijas.2011.e5>.