

## 가리맛조개, *Sinonovacula constricta*의 생식소 발달단계에 따른 일부 조직의 생화학적 성분 변화

한지수, 김종배<sup>1</sup>, 이창훈<sup>2</sup>, 정의영<sup>3</sup>

군산대학교 대학원 수산과학과, <sup>1</sup>군산대학교 해양응용공학부, <sup>2</sup>한국해양연구원 남해연구소, <sup>3</sup>군산대학교 해양생명과학부

### Changes in Biochemical Components of Several Tissues in *Sinonovacula constricta*, in Relation to Gonad Developmental Phases

Ji-Soo Han, Jong Bae Kim<sup>1</sup>, Chang-Hoon Lee<sup>2</sup> and Ee-Yung Chung<sup>3</sup>

Department of Fisheries Science, Graduate School, Kunsan National University, Gunsan 573-701, Korea

<sup>1</sup>School of Marine Applied Technology, Kunsan National University, Gunsan 573-701, Korea

<sup>2</sup>South Sea Institute, Korea Ocean Research and Development Institute, Geoje, 656-830, Korea

<sup>3</sup>School of Marine life Science, Kunsan National University, Gunsan 573-701, Korea

#### ABSTRACT

We investigated the reproductive cycle with gonad developmental phases of *Sinonovacula constricta* by histological observations, and seasonal changes in biochemical component of the adductor muscle, visceral mass, foot muscle and mantle were studied by biochemical analysis, from January to December, 2004. The reproductive cycle of this species can be classified into five successive stages: early active stage (March to May), late active stage (May to July), ripe stage (July to September), partially spawned stage (August to October) and spent/inactive stage (October to March).

Total protein content was the highest in the following order: adductor muscle, visceral mass, foot muscle, and mantle. Except for mantle, it was generally higher during the ripe and spawning stages, while lower during the spent/inactive stage. There were positive correlations in total protein contents among adductor muscle, foot muscle, and visceral mass. However, the

correlations were not statistically significant. Total lipid content was the highest in the visceral mass; it was more than 5 or 6-fold higher than those in the adductor muscle, foot muscle, or mantle. The monthly change was also most dynamic in the visceral mass. It first increased during the early active stage (March to May), decreased during late active stage (May to July), and then increased again rapidly during the spawning stage (September). There were a strong negative correlation in total lipid contents between foot muscle and adductor muscle ( $r = -0.634$ ,  $p = 0.027$ ), and a strong positive correlation between adductor muscle and mantle ( $r = 0.665$ ,  $p = 0.018$ ). Glycogen contents showed more or less similar pattern to total lipid contents in the adductor muscle, foot muscle, and visceral mass. It was higher during the early active and spawning stages, while lower during the late active and spent/inactive stages. There was no statistically significant correlation in glycogen contents among different tissues.

Especially, total lipid content showed a negative relationship between the foot muscle, adductor muscle, visceral mass and mantle. Therefore, these results indicate that the nutrient content of the foot muscle, adductor muscle, visceral mass and mantle changed in response to gonadal energy needs.

Received October 26, 2005; Accepted December 3, 2005

Corresponding author: Chung, Ee-Yung

Tel: (82) 63-469-4592 e-mail: eychung@ks.kunsan.ac.kr  
1225-3480/21205

© The Malacological Society of Korea

**Keywords:** *Corbicula japonica*, Reproductive cycle, Biochemical component.

## 서론

가리맛조개, *Sinonovacula constricta*는 연체동물문(Mollusca), 이매패강(Bivalvia), 이치목(Heterodonta), 가리맛조개과(Novaculinidae)에 속하는 식용 이매패로서 한국, 중국, 일본의 연안에 분포하는데, 특히 우리나라에서는 서해안 사니질에 서식한다(Yoo, 1976; Kwon *et al.*, 1993). 최근 본 종의 무분별한 남획 등으로 이들 자원이 현저히 격감되고 있는 실정이다. 따라서 적절한 자원 관리가 요망될 뿐만 아니라 양식대상 종으로 주목되는 산업상 중요한 생물자원이다.

지금까지 가리맛조개, *Sinonovacula constricta*에 관하여 보고된 것으로는 유생의 생존, 성장과 발생(Lin and Tianming, 1990), 유생의 유영 및 후기 유생의 행동(Wang and Xu, 1997), 치패의 생존율(Wu and Lin, 1987), 성장, 생존 및 어장저질 개선(Yoshimoto and Shutou, 1989), 성장·성숙 및 생리지표(Yoshimoto, 1989), 성장과 생산(Ko *et al.*, 1997), 식해(Yoshimoto, 1994), 중금속 축적(Lee, 2002) 등 소수의 연구, 보고가 되어 있을 뿐, 생식소 발달과 관련된 기관들의 생화학적 성분분석 연구는 찾아볼 수 없었다. 본 종은 수산업상 매우 중요한 위치를 차지하고 있어 본 종의 생식에 관한 연구는 매우 중요하다. 그러므로 본 종의 자원증식을 위해서는 무엇보다 기초연구로써 생식기구를 연구하여야 한다. 이를 위해서는 우선 생식소 발달과 관련된 영양공급 기관인 족부근육, 폐각근, 내장낭, 외투막 조직 내 영양물질의 성분변화와 이동관계를 연구할 필요가 있다. 그러나 이에 관해 본 종을 대상으로 연구된 것은 찾아볼 수 없었다. 따라서 본 연구의 목적은 생식소의 발달단계에 따른 생식주기를 밝힌 후, 생식소 발달과 관련된 영양공급 기관인 족부근육, 폐각근, 내장낭, 외투막을 대상으로 각 조직내 생화학적 영양성분의 함량 변화 및 이동 관계를 유추하는데 있으며, 각 부위별 영양성분

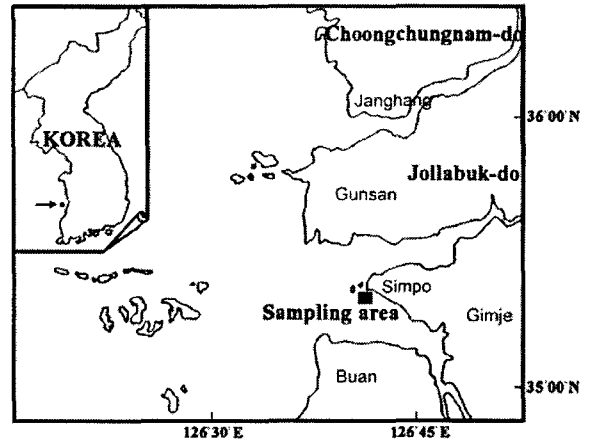


Fig. 1. Map showing the sampling area.

들의 상관관계를 생식소 발달단계와 관련지어 생식기구의 일부를 밝히는데 있다.

## 재료 및 방법

본 실험에 사용한 가리맛조개는 2004년 1월부터 12월까지 1년간 전북 김제시 심포 연안 조간대에서 채집하였다(Fig. 1). 채집된 재료 중 각장 61.51-81.97 mm 크기의 개체를 무작위로 매월 40-50 개체씩 사용하여 생식주기를 조직학적으로 조사하였고, 생화학적 성분 함량 분석을 위해 매월 150-200 개체씩 채집하여 사용하였다.

### 1. 생식소 발달단계에 따른 생식주기의 조직학적 조사

#### 1) 조직학적 표본제작

내장낭에서 족부근육까지 분포하는 생식소 부위를 적출하여 Bouin 용액에 24시간 고정된 후 고정된 생식소 부위를 paraffin 절편법에 의해 5-7  $\mu$ m로 연속절편을 만들었으며, 염색은 Hansen's haematoxylin과 0.5% eosin을 비교 염색하였다.

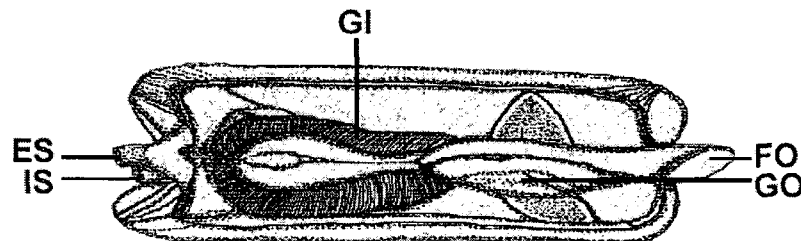


Fig. 2. Anatomy of *Sinonovacula constricta*.

Abbreviations: ES, exhalent siphon; FO, foot; GI, gill; GO, gonad; IS, inhalent siphon.

**2) 생식소 발달단계의 기준**

난소 및 정소의 발달 과정과 이들의 주기적 변화를 조직학적으로 조사한 결과 Chung *et al.* (2000) 의 분류 방법에 따라 생식주기를 초기활성기 (early active stage), 후기활성기 (late active stage), 완숙기 (ripe stage), 부분산란기 (partially spawned stage), 퇴화 및 비활성기 (spent/inactive stage) 등의 연속적인 5 단계로 구분하였다.

**2. 생식소 발달 단계에 따른 생화학적 성분변화 조사**

**1) 생화학적 성분분석**

실험에 사용한 가리맛조개는 2004년 1월부터 12월까지 1년간 전북 김제시 심포 연안 조간대에서 채집한 것을 사용하였다. 가리맛조개의 일반성분 분석은 AOAC법에 의하여 수분함량은 105℃ 상압건조법으로 측정하였고, 조단백질은 Kjeldahl 법으로, 조지방은 Soxhelt 추출법으로 측정하였다. 부위별로 떼어 낸 시료를 균질화하여 일정량을 취한 후 30% 수산화칼륨 용액을 가하고, water bath 상에서 100℃에서 2시간 교반하였다. 그리고 냉각수 3배 양의 알코올을 가하여 교반한 후, 4℃ 상태에서 하룻밤 방치하여 glycogen을 침전시켰다. 침전된 glycogen을 원심분리 (500 g × 10 min) 하여 침전물에 1 N 황산용액 6 ml를 가하여 용해시킨 후 원심 분리하여 상층액을 가지고 anthrone 황산법으로 측정하였다. 측정된 모든 자료는 dry base로 환산하여 나타내었다.

**2) 통계처리**

가리맛조개의 폐각근, 내장낭, 족부근육, 외투막 내의 총단백질 함량, 총지질 함량 및 글리코젠 함량 간의 상관관계를 알아보기 위하여 피어슨의 상관계수 (Pearson's correlation coefficient) 를 구하였다. 모든 통계처리는 SPSS 프로그램을 이용하여 유의수준 0.05에서 실시하였다.

**결 과**

**1. 생식소발달에 따른 생식주기**

생식세포의 형태, 발달특징 등을 근거로 가리맛조개의 생식소 발달 단계에 따른 생식주기는 초기활성기, 후기활성기, 완숙기, 부분산란기, 그리고 퇴화 및 비활성기의 연속적인 5 단계로 구분되었다. 이들 생식소 발달단계는 주기성을 나타내었다.

**1) 초기활성기 (Early active stage)**

암컷의 경우, 난소가 차지하는 면적은 적고, 난소는 크기가 작은 수많은 난소소낭 (follicle) 들로 이루어져 있었으며 생식상피 (germinal epithelium) 는 두터웠다. 난소소낭 내에는 생식상피에 출현하는 크기 10-11 μm인 난원세포들과 생식상피에 난병을 부착하고 성장 발달하는 초기 발달 중인 난모세포

들이 다수의 호산성 과립세포들과 불분화 간충세포들 사이에서 나타났으나 난소소낭 내 내강은 텅 비어있다 (Fig. 3A).

수컷의 경우, 정소는 여러 개의 정소소낭들로 이루어져 있고, 소낭 내에는 생식상피에 출현하는 정원세포들이 불분화 간충세포들과 호산성 과립세포들 사이에서 분열증식이 일어나고 있었다. 8-9 μm 정도인 정원세포들과 6-7 μm인 정모세포들이 나타나고 있지만, 정소소낭의 내강은 텅 비어 있었다. 초기활성기의 생식소를 갖는 암, 수 개체들은 3-5월 사이에 출현하였다 (Fig. 4A).

**2) 후기활성기 (Late active stage)**

암컷의 경우, 난경이 40-50 μm 정도로 성장, 발달한 난모세포들이 소낭 상피상에 난병 (egg-stalk) 이 부착한 채 중앙 내강을 향해 발달하였다. 난모세포들은 배포상의 핵과 핵 내에 한 개의 뚜렷한 인을 가지고 있었다 (Fig. 3B).

수컷의 경우, 소수의 정원세포들은 정소소낭의 생식상피를 따라 식별되었고, 그 주변에 다수의 정모세포들과 정세포들 그리고 일부 변태중인 소수의 정자들이 출현하였다. 다수의 불분화 간충세포들과 호산성과립세포들이 정소세포들 사이에서 점차 감소되었다. 후기활성기의 생식소를 가지는 암, 수 개체들은 5-7월 사이에 나타났다 (Fig. 4B).

**3) 완숙기 (Ripe stage)**

암컷의 경우, 난소소낭의 중앙내강 내에는 성숙란 또는 완숙란으로 난모세포가 채워져 있었으나 소낭상피는 아주 얇아졌다. 난경 50-60 μm 인 성숙난모세포의 세포질 내에는 많은 난황과립들이 가득 채워져 난모세포는 비대해져 있었다. 난경 60 μm 이상인 타원형 내지 원형인 완숙난모 세포들은 커다란 배포상의 핵을 가지며, 난황막 주변은 젤라틴성 물질에 의해 둘러 싸여 있었다 (Fig. 3C, D).

수컷의 경우, 정모세포들과 정세포 그리고 변태를 마친 정자들이 정소소낭 내에서 층상 배열을 하고 있고, 중앙 내강에는 완숙한 정자들이 밀집되어 정소소낭은 비대 되어 있었다. 이 시기에 정소소낭 생식상피는 아주 얇아졌으며, 호산성 과립세포들과 불분화 간충세포들은 찾아보기 어려웠다. 완숙기의 생식소를 가지는 암, 수 개체들은 7-9월 사이에 출현하였다 (Fig. 4C, D).

**4) 부분산란기 (Partially spawned stage)**

암컷의 경우, 난소소낭의 중앙 부위는 산란으로 인해 텅 비게 되며, 일부 미방출된 난모세포들이 소수 잔존하나 이 시기에는 소낭벽이 부분적으로 파괴 되었다 (Fig. 3E).

수컷의 경우, 정소소낭의 내강 중앙부에 가득 채우고 있던 정자는 방정되어 내강은 텅 비게 되나 일부 미방출된 정자들이 정세포와 함께 잔존하였다. 부분산란기의 생식소를 갖는 암,

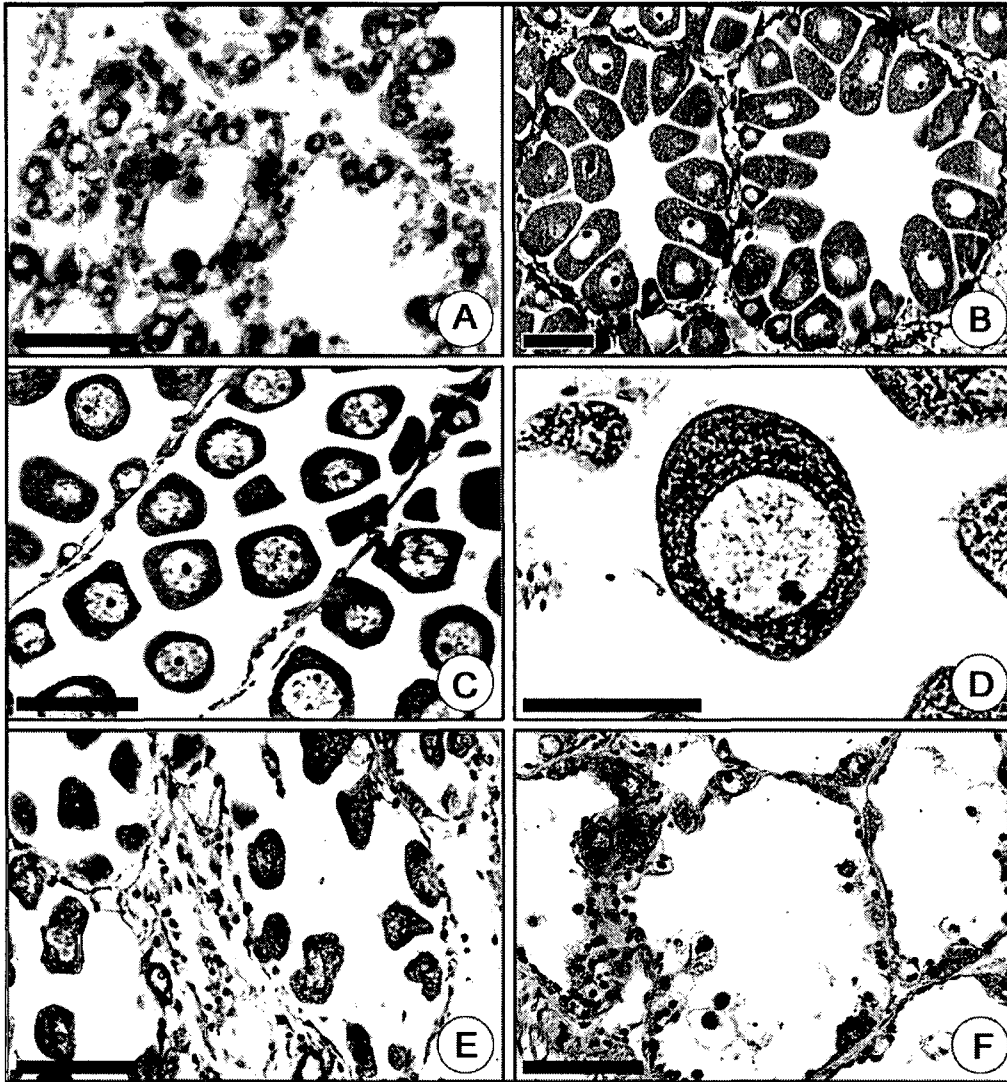


Fig. 3. Photomicrographs of the gonadal phase in female *Sinonovacula constricta* (A-F). A: Early active stage; B: late active stage; C & D: ripe stage; E: partially spawned stage; F: spent/inactive stage. Scale bars = 50  $\mu$ m.

수 개체들은 8-10월 초 사이에 나타났다 (Fig. 4E).

#### 5) 퇴화 및 비활성기 (Spent/Inactive stage)

암컷의 경우, 산란 후 퇴화, 붕괴 중인 난소소낭 내강에는 잔존 난모세포들과 잔여물질들이 세포질 붕괴를 일으켜 퇴화, 흡수되었다. 그 후 소실되었던 망상결체 조직들이 빈 공간을 다시 채우고 세포분화가 시작되어 새로이 형성된 난소소낭 상피상에 난원세포들이 일부 출현하여 장기간 잔존하였다 (Fig. 3F).

수컷의 경우, 방정 후 퇴화, 붕괴 중인 정소소낭 내에는 일부

잔존하는 정모세포들, 정세포들이 나타났으며, 그 후 망상결체 조직들이 빈 공간을 채우고 새로이 세포분화가 일어나 다시 형성된 정소소낭 상피상에 일부 소수의 정원세포가 출현하여 장기간 잔존하였다. 퇴화 및 비활성기의 생식소를 갖는 암수 개체들은 10-3월 사이에 출현하였다 (Fig. 4F).

## 2. 생식소발달에 따른 생화학적 성분분석

### 1) 단백질 함량

단백질 함량은 폐각근에서 가장 높은 값 (51-78%) 을 나타내었고, 다음으로 내장낭 (42-71%), 족부근육 (49-67%), 외투

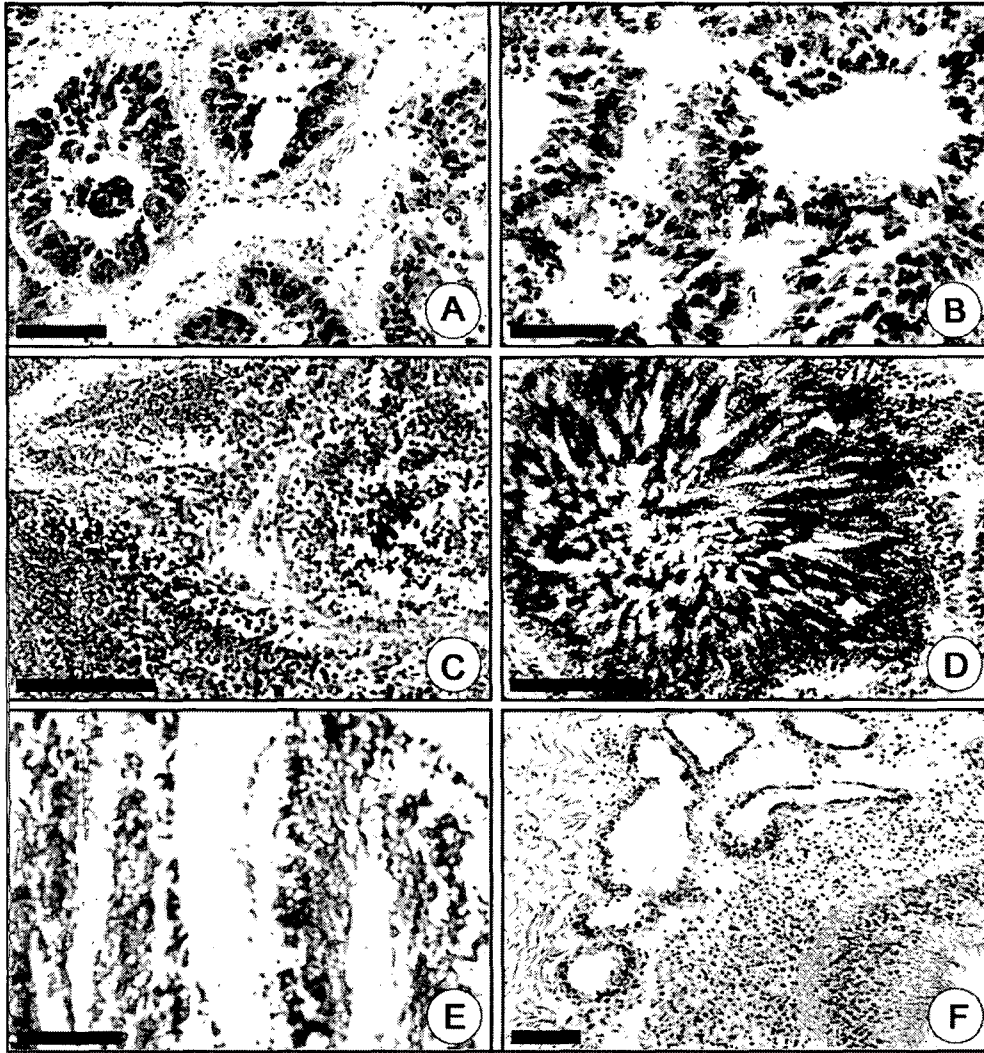


Fig. 4. Photomicrographs of the gonadal phase in male *Sinonovacula constricta* (A-F). A: Early active stage; B: late active stage; C & D: ripe stage; E: partially spawned stage; F: spent/inactive stage. Scale bars = 50  $\mu$ m.

막 (41-61%) 의 순이었다 (Fig. 5). 족부근육에서의 단백질 함량은 비활성기인 2월에 67%로 가장 높았다가 후기활성기가 시작되는 5월까지 49%까지 감소하였고, 완숙기 및 부분산란기인 7-10월 사이에는 다시 63% 까지 증가하였다. 폐각근의 경우, 비활성기인 1월에서부터 후기활성기인 5-7월까지 지속적으로 감소하는 경향을 보이다가 완숙기 및 부분산란기인 8-10월 사이에 70% 이상으로 크게 증가하였다. 산란이 종료된 이후인 11월부터는 다시 60% 미만의 낮은 값을 나타내었다. 내장낭의 경우, 초기활성기가 시작되는 3월부터 후기활성기가 끝나는 7월까지 40-50% 정도의 비교적 낮은 값을 유

지하면서 소폭 변동하였으나, 산란이 활발하게 일어나는 8-9월 동안에 70% 내외로 크게 증가하였다. 이후 퇴화 및 비활성기 동안에는 다시 50% 내외로 감소하여 소폭의 변화만을 보였다. 외투막의 경우는 족부 근육, 폐각근, 혹은 내장낭과 다소 상이한 변화양상을 나타내었는데, 초기활성기인 3-4월에 55-60%의 비교적 높은 값을 나타내었고, 후기활성기와 완숙기인 5-9월 동안에는 50% 미만의 낮은 값을 유지하였고, 산란이 끝나는 10월을 지나면서 증가하기 시작하여 비활성기가 시작되는 11월에 다시 60% 이상의 높은 값을 나타내었다.

**2) 지질 함량**

지질 함량은 내장낭에서 가장 높은 값 (2-39%) 을 나타내었고, 족부근육, 폐각근, 외투막에서는 1-6%의 낮은 범위에서 변화하였다 (Fig. 6). 족부근육에서의 지질 함량은 1-2월에는

1% 정도로 낮았다가 초기활성기인 3-4월에 3-4%로 크게 증가하였다. 5월에 다시 1% 이하로 감소하였다가 후기활성기인 5-7월 동안에 다시 증가하여 7월에는 5% 이상으로 최대값을 나타내었다. 이후, 완숙기 및 부분산란기인 8-10월 동안에 다

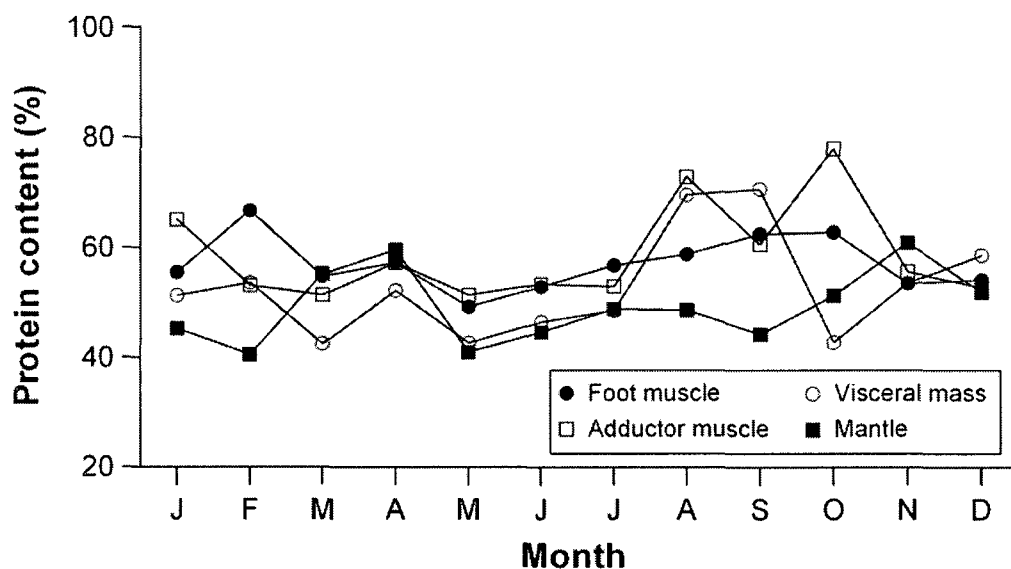


Fig. 5. Monthly changes in total protein content in the foot muscle, visceral mass, adductor muscle and mantle of *Sinonovacula constricta* from January to December, 2004.

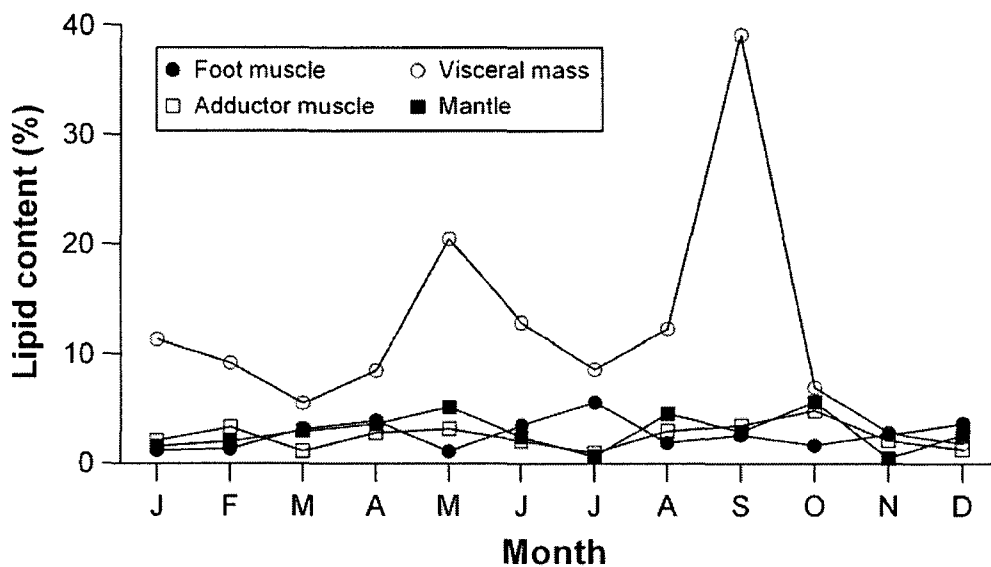


Fig. 6. Monthly changes in total lipid in the foot muscle, visceral mass, adductor muscle and mantle of *Sinonovacula constricta* from January to December, 2004.

시 감소하였다가 퇴화 및 비활성기인 10-12월에 다시 증가하였다. 폐각근의 경우, 족부근육에서의 변화 양상과 상반되게 나타났다. 3% 이상의 높은 값이 연중 3회 관찰되었는데, 비활성기인 2월, 초기-후기 활성기인 4-5월, 그리고 산란기가 거의 끝나는 10월이었다. 10월에는 5% 수준까지 증가하였고, 이후 지속적으로 감소하여 12월에는 1% 수준까지 낮아졌다. 내장낭의 경우, 지질 함량이 가장 높았고 함량의 변화 또한 가장 뚜렷하게 나타났다. 퇴화 및 비활성기인 10-3월까지 10% 미만으로 감소하는 경향을 보이다가 초기활성기가 시작되는 3월부터 증가하기 시작하여 후기활성기가 시작되는 5월에는 20% 수준까지 증가하였다. 후기활성기인 5-7월 기간에는 다시 감소하는 경향을 보였으며, 이후 다시 증가하여 산란이 활발히 이루어지는 9월에 40% 정도로 최대값을 나타내었다. 외투막에서의 지질함량의 변화는 폐각근에서의 유사한 경향을 나타내었다. 초기활성기인 3-5월에는 5% 이상으로 증가하였고, 후기활성기인 7월에는 1% 미만으로 감소하였다. 완숙기 및 산란기인 8-10월에는 4-5%로 다시 증가하였다.

**3) 글리코겐 함량**

글리코겐 함량은 전반적으로 2-6% 범위 내에서 변화하였고, 조직간 함량의 차이는 크게 나타나지 않았다 (Fig. 7). 족부근육에서의 글리코겐 함량은 1월에 3-4% 수준이었다가 2월에 1% 정도로 감소하였고, 초기활성기인 3-4월에는 3% 이상으로 증가하였다. 후기활성기인 5-7월 기간 동안에는 5%에서 3%로 계속 감소하였고, 완숙기인 8월에 1% 정도의 낮은 값을 보였

다. 부분산란기인 9-10월 동안에는 다시 증가하여 4-5%의 높은 값을 보였고, 퇴화 및 비활성기인 11월 이후는 다시 1% 수준으로 감소하였다. 폐각근의 경우, 1월에서 초기활성기인 3-4월까지 1-2% 수준을 유지하다가 5월에 크게 증가하여 최대값 (4.3%) 을 기록하였고, 후기활성기인 5-7월과 완숙기인 7-9월 기간 동안 지속적으로 감소하여 9월에 최소값 (0.8%) 을 나타내었다. 이후, 퇴화 및 비활성기인 10월부터는 다시 증가하여 12월에는 3.6% 까지 증가하였다. 내장낭의 경우, 초기활성기인 3-4월에는 1-2% 정도로 비교적 낮았고, 5월에 최대값 (3.8%) 을 기록하였다. 후기활성기인 5-7월에는 다시 감소하였고, 8월에는 1% 미만의 낮은 값을 나타내었다. 부분산란기인 8-10월 이후는 다시 증가하였는데, 이러한 변화양상은 전체적으로 폐각근과 다소 유사하였다. 외투막에서의 지질함량의 변화 또한 폐각근과 일부 유사하게 나타났다. 최대값은 4월에 관찰되었으며, 이 때 함량이 6%로 폐각근 보다 높았다. 전반적으로 초기활성기 (3-4월) 동안 증가하였고, 후기활성기 (5-7월) 와 완숙기 (7-9월) 동안 감소하여 낮은 값을 보였으며, 퇴화 및 비활성기 (11-12월) 에는 증가하는 경향을 나타내었다.

**4) 상관분석**

단백질, 지질, 글리코겐 함량의 변화가 가리맛조개의 각 부위간에 서로 상관관계가 있는지 알아보기 위하여 Pearson의 상관계수를 계산하였다.

(1) 총단백질 함량

Fig. 8에 나타낸바와 같이, 총단백질 함량의 조직간 상관관

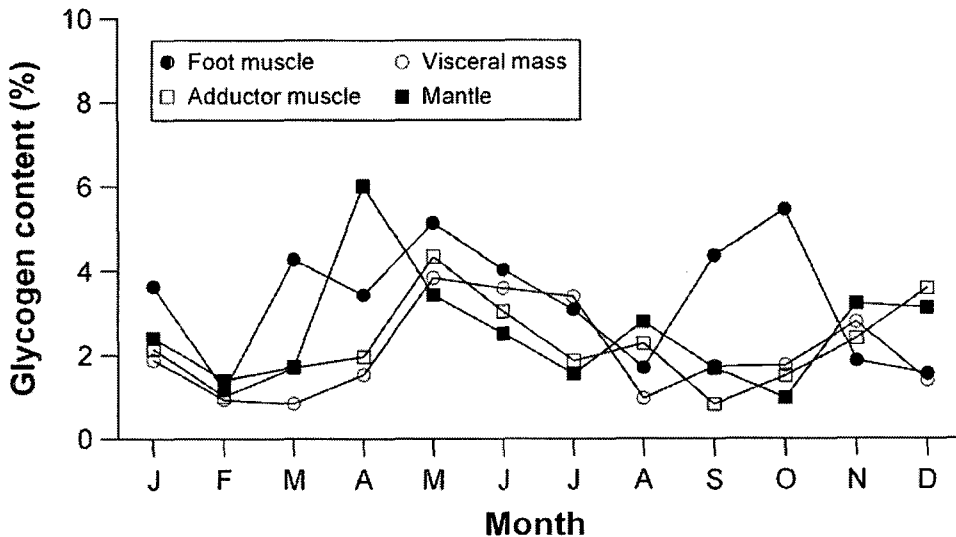


Fig. 7. Monthly changes in glycogen contents in the foot muscle, visceral mass, adductor muscle and mantle of *Sinnovacula constricta* from January to December, 2004.

계는 족부근육과 폐각근 사이 ( $r = 0.433, p = 0.159$ ), 족부근육과 내장낭 사이 ( $r = 0.366, p = 0.242$ ), 폐각근과 내장낭 사이 ( $r = 0.255, p = 0.424$ ), 폐각근과 외투막 사이 ( $r = 0.036, p = 0.913$ ) 에서 모두 양 (+) 의 상관관계를 나타내었으나 모든 경우 상관성은 통계적으로 유의하지 않았다. 그러나 족부근육과 외투막 사이 ( $r = -0.193, p = 0.547$ ) 및 내장낭과 외투막 사이 ( $r = -0.069, p = 0.832$ ) 에는 미약한 음 (-) 의 상관관계를 보였으나 이들 모두의 상관성은 통계적으로 유의하지 않았다.

(2) 총지질 함량

Fig. 9에 나타난 바와 같이, 총지질 함량의 조직간 상관관계는 족부근육과 폐각근 사이 ( $r = -0.634, p = 0.027$ ), 족부근육과 내장낭 사이 ( $r = -0.210, p = 0.512$ ) 그리고 족부근육과 외투막 사이 ( $r = -0.440, p = 0.152$ ) 에는 음 (-) 의 상관관계를 나타내었다. 특히, 족부근육과 폐각근 사이에서는 통계적으로 유의한 음의 상관관계가 나타났고, 족부근육과 내장낭 사이와 족부근육과 외투막 사이에는 음의 상관관계를 보였으나 통계적으로 유의한 수준은 아니었다. 그러나 폐각근과 내장낭 사이 ( $r = 0.387, p = 0.214$ ), 폐각근과 외투막 사이 ( $r = 0.665, p = 0.018$ ), 그리고 내장낭과 외투막 사이 ( $r =$

$0.220, p = 0.491$ ) 에는 양의 상관관계를 나타내었다. 특히, 폐각근과 외투막 사이에는 유의한 양의 상관관계를 보였으나 폐각근과 내장낭, 내장낭과 외투막 사이의 상관성은 통계적으로 유의하지는 않았다.

(3) 글리코겐 함량

Fig. 10에 나타난바와 같이, 글리코겐 함량은 족부근육과 폐각근 사이 ( $r = 0.051, p = 0.874$ ), 족부근육과 내장낭 사이 ( $r = 0.353, p = 0.260$ ), 폐각근과 내장낭 사이 ( $r = 0.540, p = 0.070$ ), 폐각근과 외투막 사이 ( $r = 0.421, p = 0.173$ ) 그리고 내장낭과 외투막 사이 ( $r = 0.083, p = 0.798$ ) 에서는 모두 양의 상관관계가 나타났으나 폐각근과 외투막 사이를 제외하면 상관관계가 미약하여 통계적으로 유의한 수준은 아니었다. 그러나 예외적으로 족부근육과 외투막 사이 ( $r = -0.128, p = 0.691$ ) 는 음의 상관관계를 보였으나 통계적으로 유의한 수준은 아니었다.

고 찰

대부분의 패류는 특정 계절에 산란기를 가지는데, 이들의 생식주기는 어떤 외적 요인과 내적 요인에 의해 성립되며 이들의 지배를 받고 있다 (Chung *et al.*, 1991; Chung and Ryou,

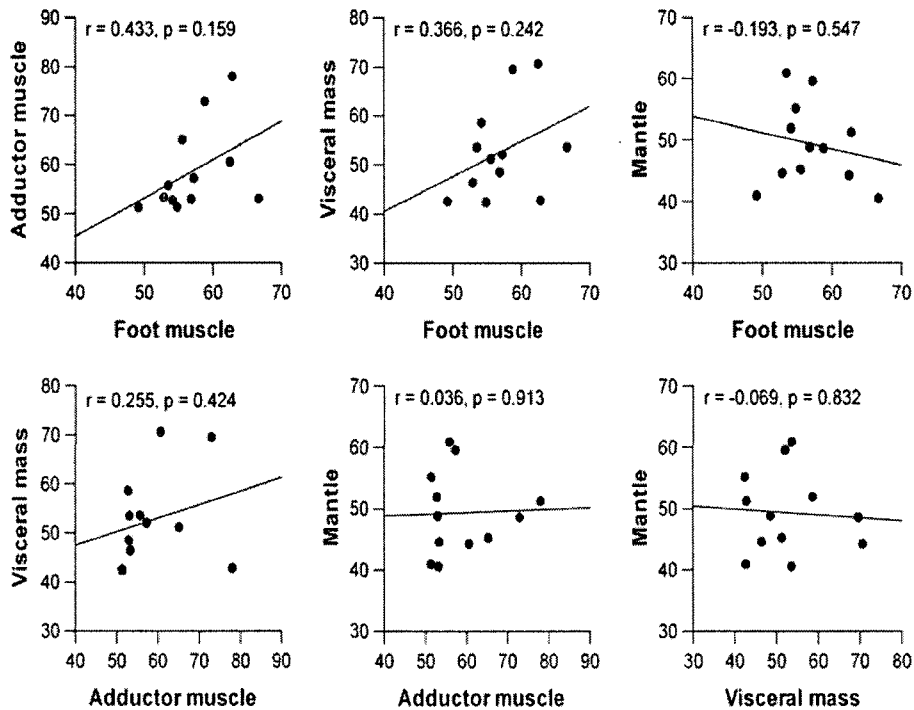


Fig. 8. Correlations of total protein content among the foot muscle, adductor muscle, visceral mass, and mantle of *Sinonovacula constricta*.



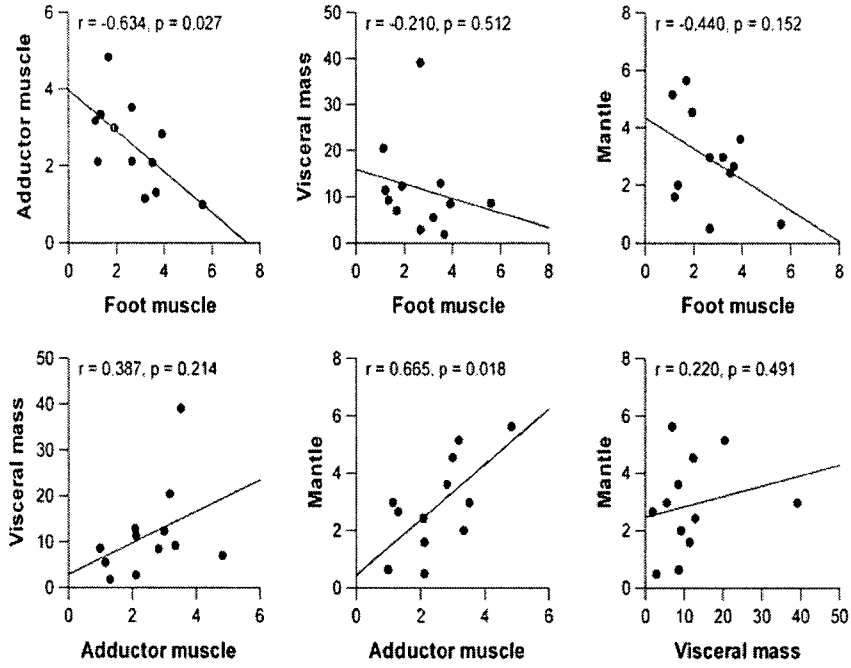


Fig. 9. Correlations of total lipid content among the foot muscle, adductor muscle, visceral mass, and mantle of *Sinonovacula constricta*.

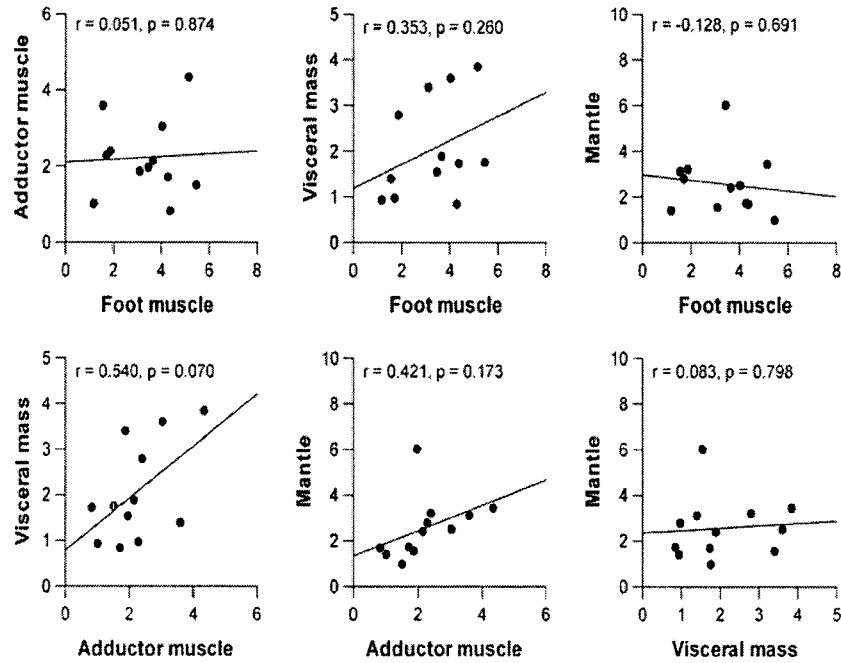


Fig. 10. Correlations of glycogen content among the foot muscle, adductor muscle, visceral mass, and mantle of *Sinonovacula constricta*.

2000). 그러므로 이를 규명하는 것은 생식생물학적인 면에서 대단히 중요하다. 이매패류의 생식주기 또는 산란주기의 연구는 역학연구 즉, 연령사정 및 가입기간 뿐만 아니라 생물지질학의 이해에 필수적이다. 생식주기는 생식소의 발달, 산란, 생식소의 퇴화에 이르는 전 과정이다 (Chung, 1997). 생식주기가 밝혀지면 정확한 산란기를 알 수 있어 연령을 파악할 수 있으며, 자원량의 가입시기, 어획 금지시기를 결정할 수 있는 수산업상 귀중한 기초 자료가 된다 (Chung and Ryou, 2000). 이매패류에서 생식소 발달 관련 기관들의 생화학적 체성분을 분석한 결과, 생식소내 배우자 형성은 이들 관련 기관의 단백질, 지질, 탄수화물의 함량 변화와 밀접한 관련을 갖는 것으로 보고되어 있다 (Barber and Blake, 1981; Barber *et al.*, 1988; Kang *et al.*, 2000; Chung *et al.*, 2003, 2004a, b). Barber *et al.* (1988) 은 폐각근 내 저장되었던 에너지 기질인 글리코겐은 배우자 형성을 위해 이용되며, 소화맹낭 내 저장되었던 lipid와 폐각근 내 저장되었던 단백질도 생식세포형성 주기와 역시 관련되어 있음을 보고하였다 (Baik *et al.*, 2001; Chung *et al.*, 2003, 2004a, b). Barber (1984) 는 해만가리비, *Argopecten irradians*의 생식소에 영양물질을 공급하는 소화맹낭과 폐각근 내의 영양성분들의 조성 관계를 방사성 동위원소로 추적하여 조사하였던바, 영양기관인 소화맹낭 조직내의 지방산이 생식소로 이동되고 단백질과 글리코겐은 폐각근으로 보내어지며 폐각근 내에서는 글리코겐이 지방산으로 전환된 후 생식소로 이동되어 지방산이 생식소내에 축적되고, 단백질은 각 기관의 에너지원이 된다고 하였다. 또한 Chang (1981) 은 큰가리비 (*Patinopecten yessoensis*)의 소화맹낭의 계절변화에서 그리고 Chung *et al.* (2005) 은 비단가리비 (*Chlamys farreri*)에서 소화맹낭 내의 지방은 생식소의 발달과 함께 생식소로 이전되는 계절적 변동이 일어나고 있음을 보고하였다. Kang *et al.* (2000) 은 생식소발달 및 성숙이 일어나는 시기에 총단백질 함량과 총지질 함량이 최대에 이르게 되는데 이들 영양성분이 생식소 발달에 관여하는 것으로 추정되며, 산란이 시작되는 달에는 이들의 함량이 감소되는 양상을 보였다고 하였다 (Chung *et al.*, 2004a, b). 지금까지 생식소 발달을 위해 영양 공급을 하는 기관으로 추정되는 생체부위는 족부근육, 외투막, 폐각근, 내장낭, 소화맹낭 등으로 알려져 있다. 이들과 관련하여 최근 연구 보고된 논문들은 단지, 폐각근과 내장낭 (가리비류를 제외한 이매패류)을 중심으로 생화학적 성분의 함량 변화를 생식주기와 관련지어 고찰하고 있어 충분한 해석을 하기가 어려웠다. 그러나 최근 Chung *et al.* (2004b) 은 일본재첩 (*Corbicula japonica*)을 대상으로 족부근육, 폐각근, 내장낭을 대상으로 총단백질, 총지질, 글리코겐 함량변화를 생식소 발달 단계별로 조사하였다. 그러나 생식소 발달 및 폐각형성 등 각 기관에 영양성분을

공급하는 것으로 알려진 외투막의 생화학적 성분 조사는 조사되지 않았다. 따라서 일본재첩 (Chung *et al.*, 2004b) 결과와 가리맛조개의 외투막을 추가하여 조사된 본 조사 결과를 비교하여 보면, 각 부위간 생화학적 성분함량 변화의 상관관계는 중간 공통점과 약간의 차이점 (종특이성) 이 있음을 확인할 수 있다.

가리맛조개의 총단백질 함량의 경우, 족부근육과 폐각근, 족부근육과 내장낭, 폐각근과 내장낭 사이의 함량 변화는 동일 부위를 조사한 일본재첩 (Chung *et al.*, 2004b) 과 비교하였을 때, 부위별 함량 변화의 상관관계는 중간 동일한 공통점을 보였다. 그러나 본 조사에서 추가된 외투막과 족부근육, 외투막과 내장낭 사이의 총단백질 함량의 변화는 음 (-) 의 상관관계를 나타내었으나 통계적으로는 유의한 수준을 보이지는 않았다. 외투막 조직내의 총단백질 함량 (%) 의 월별 변화를 분석하여 보면, 후기활성기 및 완숙기에 외투막 조직 내 단백질 성분이 족부근육 및 내장낭 조직 내로 이동하여 이 시기에는 외투막 조직 내 이들 성분이 감소되는 반면, 족부근육 및 내장낭 조직내에는 총단백질 함량이 증가되는 것으로 예측되며, 이들 성분이 생식소 발달 · 성숙에 관여하는 것으로 추정된다.

총지질 함량의 경우는 가리맛조개 족부근육과 폐각근, 족부근육과 내장낭, 족부근육과 외투막 모두에서 음 (-) 의 상관관계를 나타내었는데 특히, 족부근육과 폐각근 사이에서는 통계학적으로 유의한 상관관계를 나타내었다. 따라서 총지질 성분이 족부근육, 폐각근, 내장낭, 외투막 조직으로 상호 이동되는 것으로 추정된다. 이 결과를 일본재첩 (Chung *et al.*, 2004b) 과 비교하여 보면, 가리맛조개 족부근육과 내장낭 내 함량변화의 상관관계는 미약한 음 (-) 의 상관관계를 보여 일본재첩과 유사한 공통 특징을 보였으나, 족부근육과 폐각근 사이의 함량 변화는 일본재첩과 통계적으로 유의한 차이를 보였으며, 또한 폐각근과 내장낭의 경우도 통계적으로는 유의한 상관관계를 보이지 않았어도 조금 다른 경향을 보이고 있어, 이들 조직 사이의 상관관계를 앞으로 좀 더 살펴 볼 필요가 있다. 특히, 외투막 내의 지질 성분이 초기활성기에서 후기활성기 (5-7월) 로 이전되는 시기에 족부근육 내로 지질 성분이 이동되는 것으로 추정되며, 족부근육 내의 지질 성분은 생식소 발달 및 성숙이 일어나는 후기활성기부터 완숙기 (7-9월) 사이에 내장낭 (생식소 등) 내로 이동되어 지질 함량이 감소되는 것으로 추정된다.

글리코겐 함량의 경우는 가리맛조개의 족부근육과 폐각근, 족부근육과 내장낭, 폐각근과 내장낭 내 함량 변화의 상관관계는 일본재첩 (Chung *et al.*, 2004b) 과 유사한 공통 특징을 보였다. 그러나 특히, 가리맛조개의 외투막과 족부근육 내의 글리코겐 함량의 변화는 음 (-) 의 상관관계를 나타내었다. 특히, 생식소의 성숙이 일어나는 완숙기 (7-9월) 에 외투막의 글

리코겐 함량이 감소되는 때에 족부근육 내의 글리코겐 함량은 증가되는 경향을 보여 외투막에서 족부근육으로 글리코겐 성분이 이동되는 것으로 추정된다.

요 약

2004년 1월부터 12월까지 가리맛조개, *Sinonovacula constricta*의 생식소 발달단계에 따른 생식주기를 조직학적 관찰에 의해 조사하였고, 폐각근과 내장낭, 족부근육 및 외투막의 생화학적 성분의 계절적 변화를 생화학적 분석방법에 의해 조사하였다. 본 종의 생식주기는 초기활성기 (3-5월), 후기활성기 (5-7월), 완숙기 (7-9월), 부분산란기 (8-10월), 퇴화 및 비활성기 (10-3월)의 연속적인 5 단계로 구분할 수 있었다.

총단백질 함량은 폐각근, 내장낭, 족부근육, 외투막 중 폐각근에서 가장 높았다. 외투막을 제외하고 일반적으로 성숙 및 산란기 중에 좀 더 높았다. 그러나 비활성기 중에는 좀 더 낮았다. 폐각근, 족부근육 및 내장낭 사이의 총단백질 함량은 양 (+)의 상관관계를 나타내었다. 그러나 상관성은 통계학적으로 유의하지 않았다. 총지질 함량은 내장낭 내에서 가장 높았는데 폐각근, 족부근육 또는 외투막 내의 함량 보다 5-6 배 더 높았다. 월별 변화는 내장낭 내에서 가장 크게 나타났는데, 초기활성기 (3-5월) 중에 처음 증가한 후 후기활성기 (5-7월)에 감소하였다. 그리고 산란기 (9월) 중에 급격하게 다시 증가했다. 족부근육과 폐각근 사이의 총지질 함량간에는 강한 음 (-)의 상관관계 ( $r = -0.634, p = 0.027$ )를 보였고, 폐각근과 외투막 사이에는 강한 양 (+)의 상관관계 ( $r = 0.665, p = 0.018$ )를 나타내었다. 글리코겐 함량은 폐각근, 족부근육 그리고 내장낭 내의 총지질 함량 변화와 다소 유사한 경향을 보였다. 함량 변화는 초기활성기와 산란기 중에 높았고, 후기활성기와 퇴화 및 비활성기 중에는 낮게 나타났다. 각 조직들 사이에 글리코겐 함량의 상관성은 통계학적으로 유의하지 않았다.

특히, 총지질 함량은 족부근육, 폐각근, 내장낭 및 외투막 사이에 음 (-)의 상관관계를 나타내었다. 그러므로 이들 결과는 족부근육, 폐각근, 내장낭 및 외투막의 영양성분이 생식소의 에너지 요구에 반응하여 변하는 것으로 추정된다.

감사의 말씀

본 논문의 생화학적 분석 실험에 도움을 준 군산대학교 해양응용공학부 식품공학 분석실원 모두에게 감사를 드립니다. 본 논문은 군산대학교 수산과학연구소 학술연구비 보조 (2005)의 일부 지원에 의해 연구된 결과입니다.

REFERENCES

Baik, S.H., Kim, K.J., Chung, E.Y. Choo, J.J. and Park, K.H. (2001) Seasonal variation in biochemical components of the visceral mass and adductor muscle in the pen shell, *Atrina pectinata*, *Journal of Fisheries Science and Technology*, 4: 18-24.

Barber, B.J. (1984) Reproductive energy metabolism in the bay scallop, *Argopecten irradians concentricus* (Say). Ph.D. Thesis, University of South Florida, Tampa. 122 pp.

Barber, B.J. and Blake, N.J. (1981) Energy storage and utilization in relation to gametogenesis in *Argopecten irradians concentricus* (Say). *Journal of Experiment Marine Biological Ecology*, 52: 121-134.

Barber, B.J., Getchell, R., Shumway, S. and Shick, D. (1988) Reduced fecundity, in a deep-water population of the giant scallop, *Placopecten magollanicus*, in the Gulf of Maine, U.S.A. *Marine Ecology Progress Series*, 42: 207-212.

Chang, Y.J. (1981) Seasonal variations of digestive diverticula in the scallop, *Patinopecten yessoensis*. *Journal of Aquaculture*, 4(1): 19-30. [in Korean]

Chung, E.Y., Lee, T.Y. and An, C.M. (1991) Sexual maturation of the venus clam, *Cyclina sinensis*, on the west coast of Korea. *Journal of Medical and Applied Malacology*, 3: 125-136.

Chung, E.Y. (1997) Ultrastructural study of germ cell development and reproductive cycle of the hen clam, *Macra chinensis* on the west coast of Korea. *Development and Reproduction*, 1: 141-156.

Chung, E.Y. and Ryou, D.K. (2000) Gametogenesis and sexual maturation of the surf clam, *Macra veneriformis* on the west coast of Korea. *Malacologia*, 42: 149-163.

Chung, E.Y., Kim, J.B., Moon, J.H. and Hur, S.B. (2003) Changes in biochemical composition of the adductor muscle and visceral mass tissues of the Manila clam, *Ruditapes philippinarum*, in relation to gonad developmental phases. *Korean Journal of Malacology*, 17(1): 41-51. [in Korean with English abstract]

Chung, E.Y., Park, K.H., Kim, J.B. and Lee, C.H. (2004a) Seasonal changes in biochemical components of the adductor muscle and visceral mass tissues in the female *Cyclina sinensis*, in relation to gonad developmental phases. *Korean Journal of Malacology*, 20(1): 85-92. [in Korean with English abstract]

Chung, E.Y., Kim, J.B., Kwak, O.Y. and Lee, C.H. (2004b) Seasonal changes in biochemical component of the adductor muscle, visceral mass and foot muscle of *Corbicula japonica*, in relation to gonad developmental phases. *Korean Journal of Malacology*, 20(2): 111-120. [in Korean with English abstract]

Chung, E.Y., Koo, J.G. Park, K.Y. and Lee, C.H. (2005) Seasonal changes in biochemical components of the adductor muscle, digestive diverticula and the ovary in *Chlamys farreri* in relation to the ovarian developmental phases. *Korean Journal of Malacology*, 21(1): 71-80. [in Korean with English abstract]

Kang, C.K., Park, M.S., Lee, P.Y., Choi, W.J. and Lee, W.C. (2000) Seasonal variations in condition,

- reproductive activity, and biochemical composition of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg) in suspended culture in two coastal bays of Korea. *Journal of Shellfish Research*, **19**: 771-778.
- Ko, C.H., Yang, M.R. and Jang, W.G. (1997) Growth and production of *Sinonovacula constricta* (Bivalvia) from the Hwaseong tidal flat in the Namyang Bay, Korea. *Journal of Korean Society of Oceanography*, **2**: 21-30.
- Kwon, O.K., Park, G.M. and Lee, J.S. (1993) Coloured Shells of Korea. p. 288. Academy Publish Co., Seoul. [in Korean]
- Lee, J.S. (2002) A study on the natural variation of tissue metal concentrations in razor clam, *Sinonovacula constricta* (Lamarck) from mudflat in the Namyang Bay. Ph.D. thesis, Seoul National University, 164 pp.
- Lin, B. and Tianming, W. (1990) Temperature and salinity in relation to the survival, growth and development of the larvae and spat of *Sinonovacula constricta*. *Journal of Fisheries China/Shuichan Xuebao*, **14**: 171-178.
- Wang, W.X. and Xu, Z. (1997) Larval swimming and postlarval drifting behavior in the infaunal bivalve *Sinonovacula constricta*. *Marine Ecology Progress Series*, **161**: 103-115.
- Wu, T. and Lin, B. (1987) Effects of several environmental factors on survival rate of young shells of *Sinonovacula constricta* (Lamarck). *Journal of Oceanography of Taiwan, Strait/Taiwan Haixia*, **9**: 62-68.
- Yoo, J.S. (1976) Korean Shells in Colour. Ilgisa, pp. 129-130. [in Korean]
- Yoshimoto, M. (1989) Ecological study of jack knife clam *Sinonovacula constricta*-V fluctuation of physiological indicator and morphology with growth and maturity. *Bulletin of Saga Prefectural Fisheries Experimental Station*, **11**: 57-66.
- Yoshimoto, M. and Shutou, T. (1989) Ecological study of jack knife clam, *Sinonovacula constricta*-IV growth and survival of cultured clam, properties of mud in the culture ground and its improvement by scattering sands in clams bed. *Bulletin of Saga Prefectural Fisheries Experimental Station*, **11**: 39-56.
- Yoshimoto, M. (1994) Ecological study of jack knife clam *Sinonovacula constricta*-VIII predation by eel-like goby, *Odontamblyopus rubicundus*. *Bulletin of Saga Prefectural Fisheries Experimental Station*, **16**: 7-14.