

이매패류 3종 (꼬막, 지중해담치, 개조개) 의 당면체 형태

주선미, 박지선, 이정식

전남대학교 수산해양대학 수산생명의학과

Crystalline Style Morphology in Three Species of Bivalve (*Tegillarca granosa*, *Mytilus galloprovincialis* and *Saxidomus purpuratus*)

Sun Mi Ju, Ji Seon Park and Jung Sick Lee

Department of Aqualife Medicine, College of Fisheries and Ocean Science, Chonnam National University, Yeosu 550-749, Korea

ABSTRACT

The location of the style sac and morphology of the crystalline style were described morphologically in three bivalve species (*Tegillarca granosa*, *Mytilus galloprovincialis* and *Saxidomus purpuratus*) which inhabited in different area. The style sac of them was connected to the posterior stomach. There was the crystalline style in the style sac. The crystalline style of three species was long circular cone of translucent gelatin form, which was hard and elastic. There was a red-yellow and spiral filament inside the crystalline style of *Tegillarca granosa* and *Mytilus galloprovincialis*. A white and long tube was located from basal portion to the end of crystalline style in *Saxidomus purpuratus*. RLC (relative length of crystalline style) of *Tegillarca granosa*, *Mytilus galloprovincialis* and *Saxidomus purpuratus* was 47.69, 48.97, 64.20% and RWC (relative weight of crystalline style) was 0.54, 0.54, 0.39%, respectively.

Key Words: crystalline style, morphology, *Tegillarca granosa*, *Mytilus galloprovincialis*, *Saxidomus purpuratus*

서론

이매패류의 섭이는 입수관에서부터 아가미와 순린 (labial pulp) 을 거쳐 입까지 외부강 기관계의 작용과 소화관 및 소화선의 내장강 기관계 작용에 의해 수행된다. 이들의 섭이 기작은 주로 아가미를 이용한 여과섭이 (filter feeding) 형태로 수중의 다양한 부유성유기체들을 섭이하게 되는데 식물성부유생물들이 가장 많은 비율을 차지한다 (Brock, 1989; de Villiers and Hodgson, 1993).

이매패류에서 소화관내의 소화작용은 물리적 소화보다는 주로 화학적 소화과정을 거치게 되며, 이들의 주요 먹이원인 식물성 부유생물들은 식물세포로서 셀룰로스 성분들로 이루어진 세포벽을 가지기 때문에 세포벽을 분해하기 위한 소화기작이

필요하다. 따라서 이매패류들은 위의 후방에 당면체낭 (style sac) 이라는 기관에서 셀룰로스 분해효소를 함유한 당면체 (crystalline style) 를 만들어 화학적 소화작용에 이용하게 된다 (Reid and Sweeney, 1980; Brock, 1989; Ibarrola et al., 1998; Alyakrinskaya, 2001).

이매패류의 당면체낭에 존재하는 당면체는 젤리 형태로 이루어진 복잡한 화학물질들이 동심원으로 층을 이루며, 전체적인 모양은 원통형이고, 원새아강과 격새목 (Septibranchia) 이매패류 그리고 초식성의 일부 복족류를 제외한 모든 수생 및 육상 패류에서 관찰된다. 이들은 주로 음식물의 소화를 향상시키며, 잔여 음식물까지 소화시키는 기능을 한다. 하지만, 당면체 또한 종에 따라 다르고 같은 종일지라도 서식환경과 먹이에 따라서도 급격하게 달라진다 (Alyakrinskaya, 2001).

따라서 본 연구의 목적은 서식환경이 서로 다른 3종의 이매패류를 대상으로 이들 당면체낭과 당면체의 기초적인 정보를 해부 및 형태학적인 측면에서 기재하고자 하였다.

Received March 17, 2010; Revised May 6, 2010; Accepted June 9, 2010

Corresponding author: Sun Mi Ju

Tel: +82 (61) 659-3172 e-mail: mi357579@nate.com

1225-3480/24348

재료 및 방법

1. 재료

본 연구에 사용된 이매패류 3종은 돌조개과 (Arcidae) 의 꼬막, *Tegillarca granosa*, 홍합과 (Mytilidae) 의 지중해담치, *Mytilus galloprovincialis* 및 백합과 (Veneridae) 의 개조개, *Saxidomus purpuratus*이다. 꼬막은 여수시 화양면 장수리 (34°39' 1.04" N, 127°35' 29.4" E), 지중해담치는 여수시 돌산면 우두리 (34°43' 33.95" N, 127°45' 57.2" E), 개조개는 여수시 남면 화태리 (34°29' 48.13" N, 127°45' 57.2" E) 지역에서 2010년 5월에 각각 40, 35, 35 개체를 채집하였다. 실험에 사용된 개체의 크기는 꼬막은 각장 35.67 mm, 전중 16.59 g, 지중해담치는 각고 63.12 mm, 전중 22.51 g, 그리고 개조개는 각장 80.67 mm, 전중 138.34 g이었다.

2. 방법

채집된 재료의 각장과 각고는 0.01 mm까지 측정하였으며, 전중과 육중은 0.01 g까지 측정하였다. 해부하여 내장낭 기관계와 소화선, 위, 당면체낭의 위치를 기재하였다. 당면체의 형태는 적출한 후 해부현미경으로 기재하였으며, 길이는 0.001 mm까지 측정하였고, 무게는 습중량으로 0.001 g까지 측정하였다.

당면체의 상대길이비 (RLC) 는 각장 또는 각고에 대한 당면체 길이의 백분율로 나타냈으며, 당면체의 상대무게비 (RWC) 는 육중량에 대한 당면체 무게의 백분율로 나타냈다.

$$\text{RLC (relative length of crystalline style)} = \frac{\text{crystalline style length (mm)}}{\text{shell length or shell height (mm)}} \times 100$$

$$\text{RWC (relative weight of crystalline style)} = \frac{\text{crystalline style weight (g)}}{\text{body weight (g)}} \times 100$$

결 과

1. 당면체낭과 당면체의 위치

1) 꼬막

내장낭 기관계의 종단면에서 위는 각정부 바로 아래 전폐각근과 후폐각근 사이에 존재하며 발에 의해 둘러싸여 있었다. 넓고 타원형의 전위 (anterior stomach) 뒤쪽의 좁은 후위 (posterior stomach) 부분에 당면체낭 (style sac) 이 연결되어 있었고, 당면체낭 뒤쪽으로 장이 연결되어 있었다. 당면체낭 안에는 반투명한 젤라틴 형태의 봉상체인 당면체 (crystalline style) 가 존재하였다. 위의 왼쪽 측면에서는 녹색을 띤 소화선이 관찰되었다 (Fig. 1A).

2) 지중해담치

내장낭 기관계의 종단면을 관찰한 결과, 각정부에서 폐각근까지 5등분하였을 때 각정부에서 2/5의 상부에 위와 위를 둘러싼 황갈색의 소화선이 존재하였다. 위는 넓고 부정형의 타원형으로 위 뒷부분에서 연결된 당면체낭이 폐각근 윗 경계선까지 연결되어 있었다. 당면체낭 안에는 투명한 젤라틴 형태의 봉상체인 당면체가 존재하였다 (Fig. 1B).

3) 개조개

내장낭 기관계의 종단면에서 각정부 바로 아래 담황색의 소화선이 위치하였다. 소화선의 오른쪽 측면에는 넓고 타원형의 전위와 좁은 후위가 존재하였으며, 후위 부분에 당면체낭이 연결되어 있었다. 당면체낭은 발 경계선까지 연결되어 있었고, 발 경계선에서 “U”자 형태로 휘어져 있었다. 당면체낭 안에는 불투명한 젤라틴 형태의 봉상체인 당면체가 존재하였다 (Fig. 1C).

2. 당면체의 형태 및 측정형질

1) 꼬막

꼬막의 당면체는 기저부에서 후방으로 갈수록 직경이 감소된 긴 원뿔모양이었으며, 반투명한 젤라틴 형태로 단단하고 높은 탄력을 가지고 있었다. 당면체의 전체적인 색깔은 옅은 선홍색이지만 후방으로 갈수록 밝은 색조를 나타냈다. 당면체 내부에는 적황색을 띤 나선형의 필라멘트가 당면체의 약 1/2 지점까지 존재하였다 (Fig. 1A).

꼬막의 당면체 길이는 약 17 mm 내외이며, 각장에 대한 상대길이비는 평균 47.69%였다. 당면체의 습중량은 약 0.02 g이었으며, 육중량에 대한 상대무게비는 평균 0.54%였다 (Table 1).

2) 지중해담치

지중해담치의 당면체는 투명한 젤라틴 형태의 긴 봉상체로 기저부에 비해 후방으로 갈수록 직경이 완만하게 감소된 모양이었다. 탄성은 꼬막과 개조개의 당면체 보다 낮았다. 당면체의 전체적인 색깔은 매우 옅은 담황색으로 후방으로 갈수록 밝은 색조를 나타냈다. 당면체 내부에는 담황색을 띤 나선형의 필라멘트가 당면체 길이 끝까지 존재하였다 (Fig. 1B).

지중해담치의 당면체 길이는 약 28.8 mm 내외이며, 각고에 대한 상대길이비는 평균 48.97%였다. 당면체의 습중량은 약 0.04 g이었으며, 육중량에 대한 상대무게비는 평균 0.54%였다 (Table 1).

3) 개조개

개조개의 당면체 역시 투명한 젤라틴 형태의 긴 봉상체로

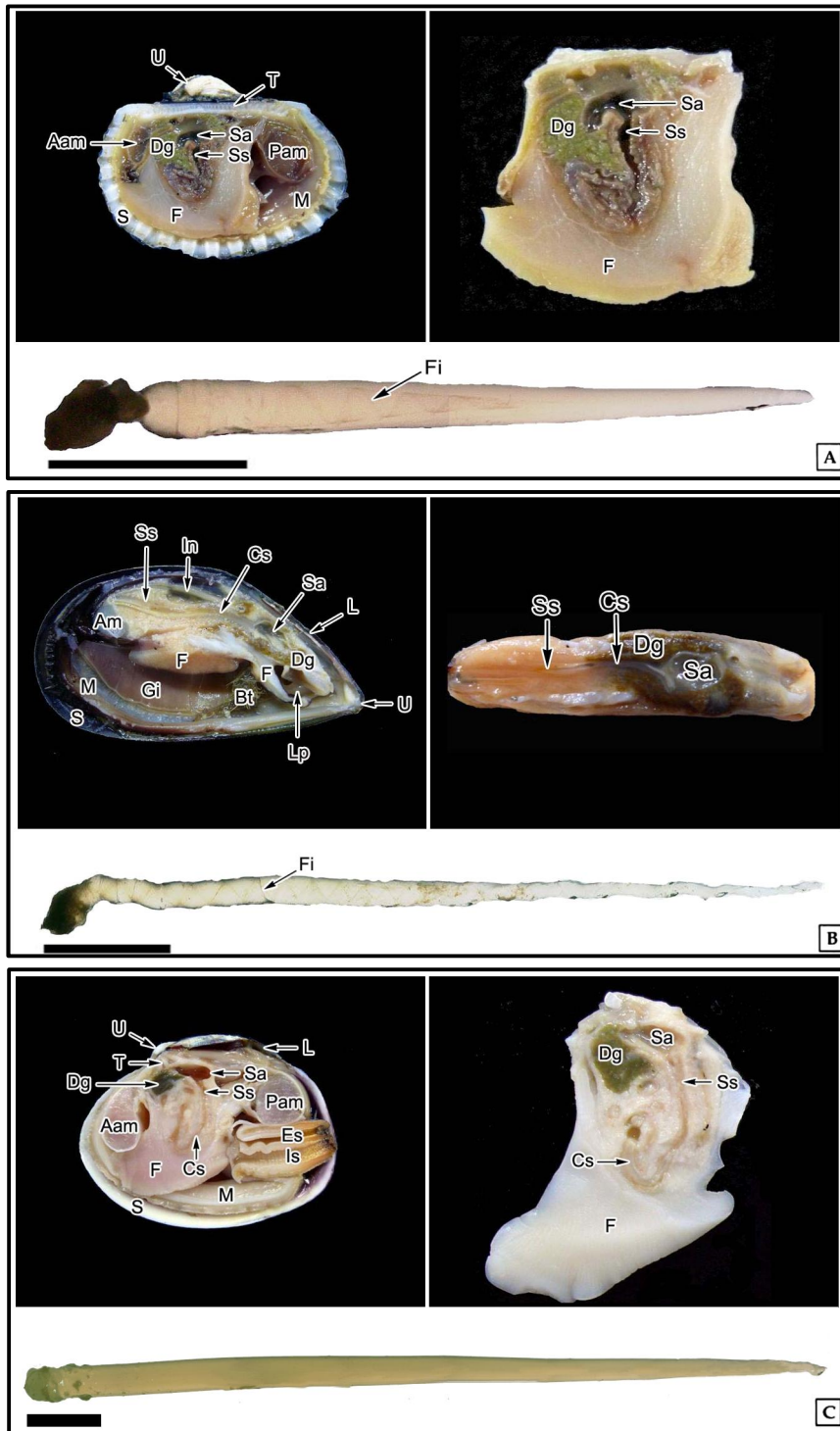


Fig. 1. Anatomy and morphology of crystalline style of *Tegillarca granosa* (A), *Mytilus galloprovincialis* (B) and *Saxidomus purpurarus* (C). Aam, anterior adductor muscle; Am, adductor muscle; Bt, byssal threads; Cs, crystalline style; Dg, digestive gland; Es, exhalent siphon; F, foot; Fi, filament; Gi, gill; In, intestine; Is, inhalent siphon; L, ligament; Lp, labial palp; M, mantle; Pam, posterior adductor muscle; S, shell; Sa, stomach; Ss, style sac; T, tooth; U, umbo. Scale bar: 5 mm.

Table 1. Morphometric characteristics of crystalline style in *T. granosa*, *M. galloprovincialis* and *S. purpuratus*

Species	Number of individuals	Shell size (mm)	CSL (mm)	RLC (%)	BW (g)	CSW (g)	RWC (%)
<i>T. granosa</i>	40	35.67 ± 1.22 (SL)	17.0 ± 1.17	47.69 ± 3.49	3.55 ± 0.43	0.02 ± 0.004	0.54 ± 0.11
<i>M. galloprovincialis</i>	35	63.12 ± 13.44 (SH)	28.82 ± 5.63	48.97 ± 22.22	7.76 ± 1.51	0.04 ± 0.09	0.54 ± 0.20
<i>S. purpuratus</i>	35	80.67 ± 3.11 (SL)	51.80 ± 2.77	64.20 ± 1.73	47.12 ± 6.60	0.18 ± 0.03	0.39 ± 0.06

* BW: body weight, CSL: crystalline style length, CSW: crystalline style weight, RLC: relative length of crystalline style, RWC: relative weight of crystalline style, SH: shell height, SL: shell length.

기저부에 비해 후방으로 갈수록 직경이 완만하게 감소된 모양이었다. 탄성은 꼬막과 지중해담치의 중간정도였다. 당면체의 전체적인 색깔은 매우 연한 갈색이었으며, 내부에는 연필심 모양의 희고 긴 관이 기저부에서부터 말단부까지 존재하였다 (Fig. 1C).

개조개의 당면체 길이는 약 51.8 mm 내외이며, 각장에 대한 상대길이비는 평균 64.20%로 가장 길었다. 당면체의 습중량은 약 0.18 g이었으며, 육중량에 대한 상대무게비는 평균 0.39%였다 (Table 1).

고찰

이매패류의 섭이 및 소화기작은 외투강 기관계와 내장낭 기관계의 작용에 의해 수행된다. 이들의 외투강 기관계에서의 섭이 기작은 주로 아가미를 이용한 여과섭이 (filter feeding) 형태로 이루어진다. 따라서 섭이에 관한 연구들은 주로 아가미의 구조와 기능에 초점이 맞추어져 수행되어져 왔다 (de Villiers and Hodgson, 1993).

하지만 본 연구에서는 이매패류의 소화기작 가운데 화학적 소화에 초점을 맞추어 서식 방법이 서로 다른 3종, 꼬막, *T. granosa*, 지중해담치, *M. galloprovincialis* 및 개조개, *S. purpuratus*를 대상으로 화학적 소화와 직접적인 관련이 있는 당면체의 형태학적 특징을 조사하였다.

이매패류의 내장낭 내에서의 소화기작은 물리적 소화보다는 이들의 주요 먹이원인 식물성부유생물들의 세포벽을 분해하기 위한 화학적 소화기작이 필요하다. 따라서 이매패류들은 당면체낭에서 셀룰로스 분해효소를 함유한 당면체를 만들어 소화작용에 이용하게 된다 (Alyakrinskaya, 2001).

당면체의 소화효소학적 기능에 관한 연구들은 이매패류에서 당면체의 효소학적 특성에 관한 Laevine (1946)의 초기 연구를 포함하여 *Strombus gigas*의 간체장과 당면체에서 탄수화물 분해효소의 특성 (Horiuchi and Lane, 1966), *Spisula sachalinensis*의 당면체에서 β -1,3-glucan glucanohydrolase의 특성과 정제 (Sova et al., 1970), *Placopecten magellanicus*의 소화선과 당면체에서 탄수화물 분해효소의

기재 (Wojtowicz, 1972), *Zyprhea crispata* 위 주름의 화학적 구성 (Arnould, 1976), *Telescopium telescopium*의 당면체 구성과 효소함유물 (Alexander et al., 1979), *Mya arenaria* 당면체의 아밀로스 분해 활성 (Trainer and Tillinghast, 1982), *Crassostrea virginica*의 당면체에서 chitinase의 활성 (Smucker and Wright, 1984) 등이 보고되었다. 최근에는 *Mytilus edulis*에서 β -Mannanase Man5A의 3차원적 결정구조와 효소학적 특성 (Larsson et al., 2006) 과 *Peronidia venulosa*의 toxin-transforming enzyme과 sulfurcarbomoylase의 특성과 정제 (Cho et al., 2008) 등 분자구조적 측면까지 연구가 진행되어있는 상황이다.

서식환경이 서로 다른 이매패류에서 당면체의 크기는 많은 다양성을 보여주었다. *Macoma baltica*의 경우, 당면체의 상대길이는 47.96%로 각장의 절반에도 달하지 않았지만, 각장비에 대한 당면체 중량비는 1.0이었다. 진주담치와 지중해담치의 당면체의 상대길이는 50%였고, *Mya arenaria*와 *Donax julianae*는 60%, 그리고 *Dreissena polymorpha*와 *Anodonta complanata*는 65%였다. *Unio timidus*의 당면체의 상대길이는 75%였다 (Alyakrinskaya, 2001).

당면체 크기는 서식방법 뿐만 아니라 섭이와 관련이 있다는 또 다른 보고가 있다. 조상대 위쪽 한계선 주위에 분포하는 나무의 내부에 서식하는 carpenter molluscs에서 큰 당면체를 갖는 이유는 오랜 시간동안 섭이가 불가능하므로 정상적인 섭이 조건에 영향을 받게 된다. 그러므로 즉시 사용할 수 있는 다량의 효소들을 함유한 대형의 당면체는 그러한 조건하에서 먹이섭이를 하는 carpenter molluscs의 적응으로 생각된다 (Nelson, 1918). 그리고 stone borer, *Pholas dactylus*의 경우에도 단단한 바위 안에서 서식하고, 단지 작은 구멍을 통하여 환경과 접촉하게 되는데, 이 종에서 또한 큰 당면체가 관찰되었다 (Alyakrinskaya, 2001).

하지만 본 연구에서 잠입성인 꼬막과 고착성인 지중해담치의 당면체 크기는 뚜렷한 차이를 보이지 않았다. 반면 상대적으로 이동성이 크고 긴 입수관을 사용하여 섭이를 하는 개조개

의 당면체 크기와는 뚜렷한 차이를 보였다.

당면체의 소화기작은 회전에 의한다는 보고가 있다. 먹이생물은 당면체의 회전에 의해 당면체의 머리로 끌어당겨지고 더 빠르게 위로 빨려 들어가 소화관의 내용물을 혼합하고 분쇄하며 구분하는 것을 촉진하여 결국 당면체가 함유한 효소들에 의해 내용물의 소화가 일어난다 (Purchon, 1977).

본 연구에서 관찰된 꼬막과 지중해담치의 당면체 내부에는 나선형의 필라멘트가 존재하였는데, 당면체의 회전과 관련이 있는 것으로 생각된다.

당면체의 색깔 변화에 관한 정보는 많이 알려져 있지 않지만, *Parreysia corrugata*에서 당면체 색깔은 먹이 소화에 의해 결정되고 옅은 노란색과 밝은 장밋빛으로 변했다는 보고가 있다 (Lomte and Jadhav, 1980).

본 연구에서 꼬막, 지중해담치 및 개조개의 당면체는 모두 투명한 정도와 색깔이 달랐다. 따라서 당면체의 크기뿐만 아니라 색깔 또한 환경 조건의 영향을 받을 것으로 추측되지만, 이에 관해서는 추후 세부적인 연구가 진행되어야 할 것으로 생각된다.

요 약

서식지가 서로 다른 이매패류 3종 (꼬막, 지중해담치 및 개조개)의 당면체낭의 위치와 당면체를 형태학적인 측면에서 기재하였다. 당면체낭은 후위와 연결되어 있었으며, 당면체는 당면체낭에 위치하고 있었다. 3종의 당면체는 반투명의 젤라틴 형태의 긴 원뿔형으로 탄성을 가지고 있었다. 꼬막과 지중해담치의 당면체 내부에는 적황색의 나선형 필라멘트가 존재하며, 개조개의 당면체에는 기저부에서부터 말단부까지 희고 긴 관이 존재하였다. 각장에 대한 당면체의 상대길이비는 꼬막은 47.69, 개조개는 64.20%였으며, 지중해담치의 각고에 대한 상대길이비는 48.97%였다. 육중량에 대한 당면체의 상대무게비는 꼬막과 지중해담치는 0.54%였으며, 개조개는 0.39%였다.

REFERENCES

- Alexander, C.G., Cutler, R.L. and Yellowless, D. (1979) Studies on the composition and enzyme content of the crystalline style of *Telescopium telescopium* (L.) (Gastropoda). *Comp. Biochem. Physiol., Part B*, **64**(1): 83-89.
- Alyakrinskaya, I.O. (2001) The dimensions, characteristics and functions of the crystalline style of Molluscs. *Biol. Bull.*, **28**(5): 523-535.
- Arnould, C. (1976) Chemical composition of the gastric shield of a bivalve, *Zyrrphea crispata*, and of the teeth of the gizzard of a gastropod opisthobranch, *Aplysia punctata*. *Biochem. System. Ecol.*, **4**(2): 117-120.
- Brock, V. (1989) *Crassostrea gigas* (Thunberg) hepatopancreas-cellulase kinetics and cellulolysis of living monocellular algae with cellulose walls. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **128**(2): 157-164.
- Cho, Y., Ogawa, N., Takahashi, M., Lin, H.P. and Oshima, Y. (2008) Purification and characterization of paralytic shellfish toxin-transforming enzyme, sulfocarbamoylase I, from the Japanese bivalve *Peronidia venulosa*. *BBA - Proteins & Proteomics*, **1784**(9): 1277-1285.
- de Villiers, C.J. and Hodgson, A.N. (1993) The filtration and feeding physiology of the infaunal estuarine bivalve *Solen cylindraceus* (Hanley 1843). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **167**(1): 127-142.
- Horiuchi, S. and Lane, C.E. (1966) Carbohydrases of the crystalline style and hepatopancreas of *Strombus gigas* linné. *Comp. Biochem. Physiol., Part A*, **17**(4): 1189-1197.
- Ibarrola, I., Larretxea, X., Iglesias, J.I.P., Urrutia, M.B. and Navarro, E. (1998) Seasonal variation of digestive enzyme activities in the digestive gland and the crystalline style of the common cockle *Cerastoderma edule*. *Comp. Biochem. Physiol., Part A*, **121**: 25-34.
- Laevine, T.F. (1946) A study of the enzymatic and other properties of the crystalline style of clams and evidence for the presence of a cellulose. *J. Cell. Comp. Physiol.*, **28**: 183-196.
- Larsson, A.M., Anderson, L., Xu, B., Muñoz, I.G., Usón, I., Janson, J.C., Stålbrand, H. and Ståhlberg, J. (2006) Three-dimensional crystal structure and enzymic characterization of β -Mannanase Man5A from blue mussel *Mytilus edulis*. *J. Mole. Biol.*, **357**(5): 1500-1510.
- Lomte, V.S. and Jadhav, M.L. (1980) A study on the crystalline style of freshwater mussel *Parreysia corrugata*. *Hydrobiologia*, **69**(1, 2): 175-178.
- Nelson, T.C. (1918) On the origin, nature and function of the crystalline style of lamellibranchs. *J. Morphol.*, **31**: 53-111.
- Purchon, R.D. (1977) *The Biology of the Mollusca*. Oxford. Pergamon. 560pp.
- Reid, R.G.B. and Sweeney, B. (1980) The digestibility of the bivalve crystalline style. *Comp. Biochem. Physiol., Part B*, **65**(2): 451-453.
- Smucker, R.A. and Wright, D.A. (1984) Chitinase activity in the crystalline style of the American oyster *Crassostrea virginica*. *Comp. Biochem. Physiol., Part A*, **77**(2): 239-241.
- Sova, V.V., Elyakova, L.A. and Vaskovsky, V.E. (1970) Purification and some properties of β -1,3-glucan glucanohydrolase from the crystalline style of bivalvia, *Spisula sachalinensis*. *BBA - Enzymology*, **212**(1): 111-115.
- Trainer, D.G. and Tillinghast, E.K. (1982) Amylolytic activity of the crystalline style of *Mya arenaria* (Bivalvia, Mollusca). *Comp. Biochem. Physiol., Part A*, **72**(1): 99-103.

이매패류 3종 (꼬막, 지중해담치, 개조개)의 당면체 형태

Wojtowicz, M.B. (1972) Carbohydrases of the digestive gland and the crystalline style of the atlantic deep-sea scallop (*Placopecten magellanicus*, Gmelin). *Comp. Biochem. Physiol., Part A*, **43**(1): 131-141.