

# 이매패류 3종 소화맹낭의 소화효소 구성 및 활성도

주선미, 권오남<sup>1</sup>, 이정식

전남대학교 수산생명의학과, <sup>1</sup>강릉원주대학교 해양생물교육센터

## Digestive Enzymatic Compositions and Activities of the Digestive Diverticula in Three Species of Bivalves

Sun Mi Ju, O-Nam Kwon<sup>1</sup> and Jung Sick Lee

Department of Aqualife Medicine, Chonnam National University, Yeosu 550-749, Korea

<sup>1</sup>Marine Biology Center for Research and Education, Gangnung-Wonju National University, Gangneung 210-853, Korea

### ABSTRACT

Digestive enzymatic compositions and activities in digestive diverticula of the three species of bivalves were investigated in this study. *Mytilus galloprovincialis*, *Saxidomus purpuratus* and *Tegillarca granosa* which were collected from southern coast of Korea on November 2010, were used for analysis. Amylase and cellulase occupied approximately 95% of digestive enzymes in digestive diverticula of *M. galloprovincialis*, *S. purpuratus* and *T. granosa*. The amylase and cellulase activities were 2.6 and 0.8 U/mg in *M. galloprovincialis*, 2.4 and 8.8 U/mg in *S. purpuratus* and 7.3 and 11.8 U/mg in *T. granosa*. And protease activities in digestive diverticula of *M. galloprovincialis*, *S. purpuratus* and *T. granosa* showed the lowest values to 0.00019, 0.00028 and 0.00022 U/mg, respectively.

**Key words:** digestive diverticula, digestive enzymes, *Mytilus galloprovincialis*, *Saxidomus purpuratus*, *Tegillarca granosa*

### 서론

이매패류에서 세포의 소화는 물리적 소화보다는 주로 화학적 소화과정을 거치게 되는데, 이는 주요 먹이원인 식물성 부유생물들은 세포벽을 가지기 때문에 이를 분해하기 위한 소화기작이 필요하다. 따라서 이매패류들은 소화맹낭 (digestive diverticulum) 과 당면체 (crystalline style) 의 소화효소를 이용하여 화학적 소화를 수행하게 된다 (Reid and Sweeney, 1980; Brock, 1989; Ibarrola *et al.*, 1998; Alyakrinskaya, 2001).

이매패류의 화학적 소화는 세포의 소화와 세포내 소화에 의해 이루어진다 (Brock and Kennedy, 1992). 소화맹낭의 소화선세포는 주로 호염기성세포와 소화세포로 구성되어 있다

(Owen, 1972; Morton, 1983). 호염기성세포는 효소를 분비하는 세포로 이들의 분비과정에는 효소가 함유되어 있어 주로 세포의 소화기능을 가진다 (Lobo-da-Cunha, 1999). 소화세포는 주기적으로 변화하고 흡수와 관련된 잘 발달된 용해소체의 액포 시스템 (lysosomal vacuolar system) 을 내포하고 있어 위에서 먹이 입자의 세포의 소화에서 나온 물질을 흡수하는 세포내 소화를 담당한다 (Owen, 1972; Morton, 1983; Lobo-da-Cunha, 2000).

이매패류의 당면체에 관한 연구는 주로 함유한 소화효소의 분석에 초점이 맞추어져 있으나 (Horiuchi and Lane, 1966; Wojtowicz, 1972; Trainer and Tillinghast, 1982; Albentosa and Moyano, 2009), 최근에는 진주담치, *Mytilus edulis*에서  $\beta$ -mannanase Man5A의 3차원적 결정구조와 효소학적 특성 (Larsson *et al.*, 2006) 과 비단조개, *Peronidia venulosa*의 toxin-transforming enzyme과 sulfo carbamoylase의 특성과 정제 (Cho *et al.*, 2008) 등 분자 구조적 측면까지 연구가 진행되고 있다.

하지만, 이매패류에서 화학적 소화를 보다 잘 이해하기 위해서는 소화맹낭과 당면체 사이의 연관관계 및 이들의 세포의

Received: November 14, 2011; Accepted: December 17, 2011

Corresponding author: Jung Sick Lee

Tel: +82 (61) 659-7172 e-mail: ljs@chonnam.ac.kr

1225-3480/24415

소화에 관한 정보가 필요하다.

따라서 본 연구에서는 이매패류의 화학적 소화에 초점을 맞추어 서식방법이 서로 다른 지중해담치, *Mytilus galloprovincialis*, 개조개, *Saxidomus purpuratus* 및 꼬막, *Tegillarca granosa*를 대상으로 기존의 이들 당면체의 효소학적 연구 (Ju *et al.*, 2011) 에 추가하여 소화맹낭의 소화 효소학적 특징을 분석하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 재료

분석에 사용된 지중해담치, 개조개 및 꼬막은 2010년 11월에 남해안의 여수 연안에서 채집하였으며, 이들의 개체수, 크기 및 분석에 사용한 소화맹낭의 습중량은 Table 1에 나타났다.

### 2. 방법

#### 1) 효소활성 분석

소화맹낭의 효소분석에 사용된 지중해담치, 개조개 및 꼬막은 내장낭 기관계를 -80℃ 초저온 냉동고에서 동결 한 후, 소화맹낭 부위만 적출하여 효소분석에 사용하였다.

소화맹낭은 증류수 (ice cooling, 4℃) 2 ml를 넣고 1800 rpm으로 1분간 균질화 하였다 (Homogenizer, SHM-7211 YHaNa®). 이후 4℃, 6000 rpm에서 30분 동안 원심분리하여 상층액을 조효소액으로 이용하였다. 모든 시료는 각 효소분 석용으로 구분하여 -80℃ 초저온 냉동고에 보관하였다.

소화맹낭의 소화효소 활성분석은 분광광도계 (Multiskan® Thermo Scientific, U.S.A.) 를 이용하여 amylase, cellulase, chitinase, laminarinase는 최대 흡수파장인 540 nm에서 흡광도를 측정하였고, protease는 410 nm에서 흡광도를 측정하였다. Amylase 활성은 Bernfeld (1955) 의 방법을 이용하여 분석하였으며, cellulase 활성은 DNS procedure (Miller *et al.*, 1960) 의 방법, chitinase 활성은 Monreal and Reese (1969) 의 방법, 그리고 laminarinase 활성은 Somogyi (1952) 의 방법을 이용하여 분석하였다. 그리고 TG-Lipase 활성은 p-NPP 방법 (Hung *et al.*, 2003) 을 이용하여 분석하였다. 소화효소 분석에 사용된 기질, 반응 온도, 시간 그리고 완충용액의 농도와 종류는 Table 2에 나타났다. 단백질은 BSA (bovine serum albumin) 를 표준물질로 사용하는 Bradford (1967) 방법을 이용하여 정량하였다.

**Table 1.** Sizes of the specimens and weights of digestive diverticula used in the analysis

Species	N	Shell size (mm)	Total weight (g)	Body weight (g)	Ddw (Wt, mg)
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	30	SH 63.89 (± 6.34)	19.27 (± 4.93)	9.67 (± 2.37)	0.43 (± 0.09)
<i>Saxidomus purpuratus</i>	30	SL 83.41 (± 2.08)	152.62 (± 12.04)	51.29 (± 4.24)	0.94 (± 0.11)
<i>Tegillarca granosa</i>	35	SL 35.50 (± 1.47)	16.0 (± 2.09)	3.49 (± 0.55)	0.12 (± 0.05)

Ddw, digestive diverticulum weight; SH, shell height; SL, shell length; Wt, wet weight.

**Table 2.** Absorptiometry of the digestive enzymes in the analysis

Enzyme	pH	Buffer	Temp. (°C)	Incubation time (min)	Standard	Supernatant volume (μl)
Amylase	6.5	0.01M citrate phosphate	30	40	Maltose (5-200 μg/ml)	50 × 4
Cellulase	6.0	50mM sodium citrate	55	30	Glucose	50 × 4
Chitinase	6.0	0.2M potassium phosphate	25	60	NAG*	50 × 4
Laminarinase	6.0	0.1M sodium acetate	37	60	Glucose (0.1%)	50 × 4
Lipase	6.0	0.2M potassium phosphate	25	20	pNP	50 × 4
Protease	5.0	0.1M potassium phosphate	55	30	Tyrosine (10-400 μg/ml)	50 × 4

\*0.1% NAG, N-Acetyl-D-Glucosamine

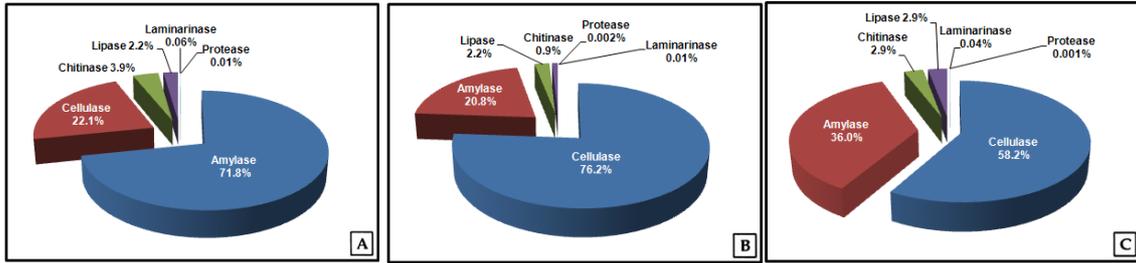


Fig. 1. Enzymatic compositions of the digestive diverticula in *Mytilus galloprovincialis* (A), *Saxidomus purpuratus* (B) and *Tegillarca granosa* (C).

## 결 과

### 1. 소화효소의 구성비

지중해담치의 소화맹낭 소화효소는 amylase가 71.8%로 가장 높았다. Cellulase는 22.1%로 두 번째로 높은 구성비를 나타냈으며, chitinase는 3.9%의 구성비를 나타냈고 lipase는 2.2%의 구성비를 나타냈다. 그리고 laminarinase와 protease는 각각 0.06%, 0.01%로 낮은 구성비를 나타냈다 (Fig. 1, A).

개조개에서는 cellulase가 76.2%로 가장 높았다. Amylase는 20.8%로 두 번째로 높은 구성비를 나타냈으며, lipase는 2.2%의 구성비를 나타냈고 chitinase는 0.9%의 구성비를 나타냈다. 그리고 laminarinase와 protease는 각각 0.01%, 0.002%로 역시 매우 낮은 구성비를 나타냈다 (Fig. 1, B).

꼬막의 소화맹낭 소화효소는 cellulase가 58.2%로 가장 높았다. Amylase는 36%로 두 번째로 높은 구성비를 나타냈으며, chitinase와 lipase는 2.9%로 같은 구성비를 나타냈다. Laminarinase와 protease는 각각 0.04%, 0.001%로 매우 낮은 구성비를 나타냈다 (Fig. 1, C).

### 2. 소화효소의 활성도

지중해담치의 소화맹낭 소화효소의 활성도는 amylase가 2.6 (± 0.2) U/mg로 가장 높았다. Cellulase의 활성도는 0.8 (± 0.17) U/mg로 두 번째로 높았으며, chitinase는 0.14 (± 0.011) U/mg의 활성도를 나타냈고 lipase는 0.08 (± 0.009) U/mg의 활성도를 나타냈다. Laminarinase는 0.002 (± 0.0001) U/mg, protease는 0.00019 (± 0.00002) U/mg로 상대적으로 낮은 활성도를 나타냈다 (Fig. 2).

개조개의 소화맹낭 소화효소의 활성도는 cellulase가 8.8 (± 0.25) U/mg로 가장 높았다. Amylase의 활성도는 2.4 (± 0.13) U/mg로 두 번째로 높았으며, lipase는 0.25 (± 0.01) U/mg의 활성도를 나타냈고 chitinase는 0.1 (± 0.01) U/mg의 활성도를 나타냈다. Laminarinase는 0.001 (± 0.0001) U/mg, protease는 0.00028 (± 1E-07) U/mg로 역시 낮은 활성도를 나타냈다 (Fig. 3).

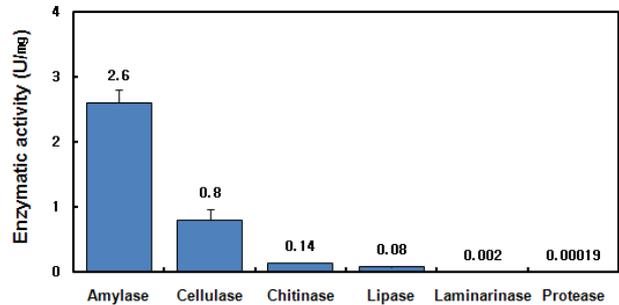


Fig. 2. Enzymatic activities of the digestive diverticula in *Mytilus galloprovincialis*. Vertical bar: SD.

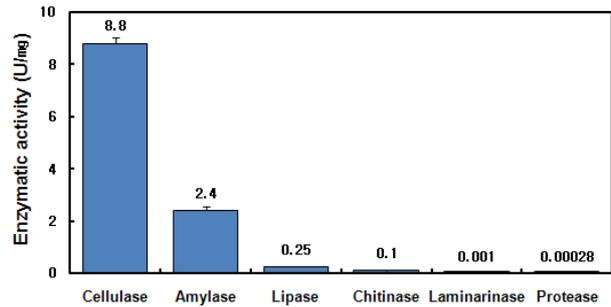


Fig. 3. Enzymatic activities of the digestive diverticula in *Saxidomus purpuratus*. Vertical bar: SD.

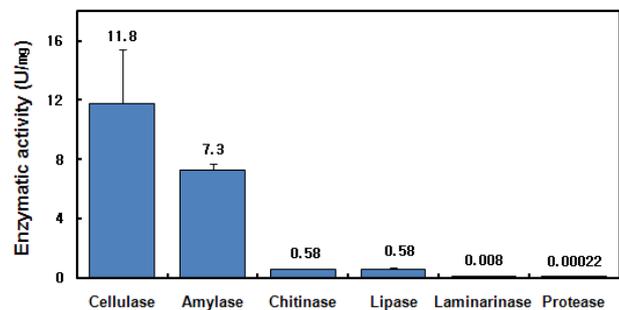


Fig. 4. Enzymatic activities of the digestive diverticula in *Tegillarca granosa*. Vertical bar: SD.

꼬막의 소화맹낭 소화효소의 활성도는 cellulase가 11.8

( $\pm 3.59$ ) U/mg로 가장 높았다. Amylase의 활성도는 7.3 ( $\pm 0.37$ ) U/mg로 두 번째로 높았으며, chitinase는 0.58 ( $\pm 0.062$ ) U/mg의 활성도를 나타냈고 lipase는 0.58 ( $\pm 0.1$ ) U/mg의 활성도를 나타냈다. Laminarinase는 0.008 ( $\pm 0.0011$ ) U/mg, protease는 0.00022 ( $\pm 0.00002$ ) U/mg로 낮은 활성도를 나타냈다 (Fig. 4).

## 고 찰

이매패류들의 화학적 소화는 주로 당면체와 소화맹낭의 소화효소를 통하여 이루어지는데, 소화효소의 구성과 활성도는 서식지와 먹이 등에 따라서 달라진다 (Brock, 1989; Ibarrola *et al.*, 1998; Alyakrinskaya, 2001; Albentosa and Moyano, 2009; Ju *et al.*, 2011).

조하대에 서식하는 백합과 이매패류인 *Venerupis pullastra*의 당면체는 amylase, cellulase, laminarinase 등의 소화효소를 함유하는데, 이 가운데 amylase가 전체의 약 75.4%로 가장 많으며, 조간대에 서식하는 *Ruditapes decussatus*의 당면체에서도 amylase가 92.6%를 차지한다. 이러한 amylase의 구성비의 차이는 식물성부유생물의 양이 조하대보다 조간대에 많기 때문이다 (Albentosa and Moyano, 2009).

조하대에 서식하는 지중해담치, *Mytilus galloprovincialis*와 개조개, *Saxidomus purpuratus* 그리고 조간대에 서식하는 꼬막, *Tegillarca granosa*의 당면체에서 amylase와 cellulase의 구성비는 각각 87, 89, 85% 였다 (Ju *et al.*, 2011). 본 연구에서 이들 이매패류의 소화맹낭에서 amylase와 cellulase의 구성비는 93, 97, 94%로 당면체 보다 높은 값을 보였다. 이처럼 소화맹낭에서 amylase와 cellulase의 높은 활성은 *Crassostrea virginica*, *Rangia cuneata* 그리고 *Geukensia demissa* (Brock and Kennedy, 1992), *Cerastoderma edule* (Ibarrola *et al.*, 1998) 및 *Mytilus chilensis* (Fernández-Reiriz *et al.*, 2001) 와 같은 다른 부유식자에서도 보고되었다.

본 연구결과, 3종 이매패류의 소화맹낭에서 amylase와 cellulase의 구성비는 93, 97, 94%로 종간에 커다란 차이를 보이지 않았다. 하지만, 소화맹낭에서 이들의 효소활성도는 지중해담치 (2.6, 0.8 U/mg) 와 개조개 (2.4, 8.8 U/mg) 보다 조간대에 서식하는 꼬막 (7.3, 11.8 U/mg) 에서 훨씬 높았다. 이러한 결과는 조하대의 지중해담치와 개조개 보다 조간대에 서식하는 꼬막의 식물성플랑크톤의 소화능력이 높음을 의미하는 것으로 판단된다.

이매패류는 이들의 주요 먹이원인 식물성부유생물들의 세포벽을 분해하기 위하여 cellulose 분해효소를 이용하는데 (Alyakrinskaya, 2001), 지중해담치, 개조개 및 꼬막의 당면

체에서 cellulase 활성은 각각 2.2, 0.85, 2.3 U/mg으로 보고되었다 (Ju *et al.*, 2011). 하지만, 본 연구에서 소화맹낭에서 효소활성도는 각각 0.8, 8.8, 11.8 U/mg로 나타나 식물성플랑크톤의 분해능력은 지중해담치에서는 소화맹낭 보다는 당면체에서 높으며, 개조개와 꼬막에서는 당면체에서 보다는 소화맹낭에서 높을 것으로 생각된다.

이매패류에서 지방과 단백질 소화의 주요 부위는 종에 따라 다소 차이를 보이는데, *Lima hians*에서 지방과 단백질 소화는 주로 소화맹낭에서 일어난다. 하지만, *Mya arenaria*에서는 소화맹낭 뿐만 아니라 위에서도 이들의 세포외 소화가 이루어진다 (Reid, 1966).

지중해담치, 개조개 및 꼬막에서 당면체 (Ju *et al.*, 2011) 와 본 연구의 소화맹낭 protease 활성도를 비교해보면, 지중해담치에서는 당면체보다 소화맹낭에서 약 2배 높다. 하지만, 개조개와 꼬막에서는 당면체에서 약 3배 높았다.

당면체에서 protease 활성도는 지중해담치에 비해 개조개는 8배, 꼬막은 9배 높았으나 (Ju *et al.*, 2011), 본 연구에서 종에 따른 소화맹낭의 protease의 활성도는 뚜렷한 차이를 보이지 않았다. 아울러 lipase의 활성도는 지중해담치 (0.08 U/mg) 와 개조개 (0.25 U/mg) 보다 조간대에 서식하는 꼬막 (0.58 U/mg) 에서 상대적으로 높은 결과를 보였다.

Owen (1966) 은 연체동물에서 키틴가수분해는 소화관에 존재하는 세균에 의해 일어난다고 하였다. 하지만, 진주담치, *Mytilus edulis* 소화선세포의 소화세포의 세포질 과립들에서 1차 라이소좀에 의한 강한 chitinase 활성이 보고되었다 (Sumner, 1969). Chitinase와 laminarinase의 활성은 부착성 이매패류인 *Placopecten magellanicus* (Wojtowicz, 1972), *Pecten maximus* (Stark and Walker, 1983) 및 *Crassostrea virginica* (Smucker and Wright, 1984) 의 당면체와 소화맹낭에서 보고되었다.

또한, chitinase와 laminarinase의 활성은 지중해담치, 개조개 및 꼬막의 당면체에서도 보고되었는데, 이들의 활성은 부착성 이매패류인 지중해담치에서 가장 높았다 (Ju *et al.*, 2011). 이들 효소의 활성을 본 연구 결과와 비교해보면, 지중해담치의 경우에는 당면체에서 높았으며, 개조개와 꼬막에서는 소화맹낭에서 높은 값을 보여 chitinase와 laminarinase 활성 역시 서식생태와 종에 따른 차이를 나타냈다.

## 요 약

본 연구는 3종의 이매패류를 대상으로 소화맹낭의 소화효소 구성 및 활성도에 대해 조사하였다. 본 연구에 사용된 이매패류는 지중해담치, 개조개 및 꼬막이며, 이들은 한국 남해안에서 2010년 11월에 채집하였다. 지중해담치, 개조개, 꼬막의 소화맹낭을 구성하는 소화효소는 amylase와 cellulase가 약

95%로 대부분을 차지하였다. 소화맹낭에서 amylase와 cellulase 활성도는 지중해담치는 2.6과 0.8 U/mg, 개조개는 2.4와 8.8 U/mg, 꼬막은 7.3과 11.8 U/mg였다. 그리고 소화맹낭의 소화효소 가운데 protease의 활성도는 지중해담치, 개조개, 꼬막에서 각각 0.00019, 0.00028, 0.00022 U/mg로 가장 낮았다.

### 감사의 글

이 논문은 한국연구재단의 “2011년도 지역대학우수과학자 연구사업”에 의하여 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

### REFERENCES

- Albentosa, M. and Moyano, F.J. (2009) Differences in the digestive biochemistry between the intertidal clam, *Ruditapes decussatus*, and the subtidal clam, *Venerupis pullastra*. *Aquaculture International*, **17**: 273-282.
- Alyakrinskaya, I.O. (2001) The dimensions, characteristics and functions of the crystalline style of Molluscs. *The Biological Bulletin*, **28**(5): 523-535.
- Bernfeld, P. (1955) Amylases, alpha and beta. *Methods in Enzymology*, **1**: 149-158.
- Bradford, M.M. (1967) A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of characterization of a strong fibrinolytic enzyme (nattokinase) in the vegetable cheese bovine insulin. *Biochemistry*, **6**: 215-224.
- Brock, V. (1989) *Crassostrea gigas* (Thunberg) hepatopancreas-cellulase kinetics and cellulolysis of living monocellular algae with cellulose walls. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **128**(2): 157-164.
- Brock, V. and Kennedy, V.S. (1992) Quantitative analysis of crystalline style carbohydrases in five suspension- and deposit-feeding bivalves. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **159**(1): 51-58.
- 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*. *Biochimica et Biophysica Acta*, **1784**: 1277-1285.
- Fernández-Reiriz, M.J., Labarta, U., Navarro, J.M. and Velasco, A. (2001) Enzymatic digestive activity in *Mytilus chilensis* (Hupé 1854) in response to food regimes and past feeding history. *Journal of Comparative Physiology*, **171**: 203-221.
- Horiuchi, S. and Lane, C.E. (1966) Carbohydrases of the crystalline style and hepatopancreas of *Strombus gigas* Linné. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A*, **17**(4): 1189-1197.
- Hung, T.C., Giridgar, R., Chiou, S.G. and Wu, W.T. (2003) Binary immobilization of *Candida rugosa* lipase on chitosan. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*, **26**: 69-78.
- 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*. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A*, **121**: 25-34.
- Ju, S.M., Kwon, O.M., Kim, J.W., and Lee, J.S. (2011) Digestive enzyme activity within crystalline style in three species of bivalves. *The Korean Journal of Malacology*, **27**(1): 9-14.
- 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  $\beta$ -Mannanase Man5A from blue mussel *Mytilus edulis*. *Journal of Molecular Biology*, **357**: 1500-1510.
- Lobo-da-Cunha, A. (1999) Ultrastructural and cytochemical aspects of the basophilic cells in the hepatopancreas of *Aplysia depilans* (Mollusca, Opisthobranchia). *Tissue and Cell*, **31**: 8-16.
- Lobo-da-Cunha, A. (2000) The digestive cells of the hepatopancreas in *Aplysia depilans* (Mollusca, Opisthobranchia): Ultrastructural and cytochemical study. *Tissue and Cell*, **32**: 49-57.
- Miller, G.G., Blum, R., Glennon, W.E. and Burton, A.L. (1960) Measurement of carboxymethyl cellulase activity. *Analytical Biochemistry*, **1**: 127-132.
- Monreal, J. and Reese, E.T. (1969) The chitinase of *Serratia marcescens*. *Canadian Journal of Microbiology*, **15**: 689-696.
- Morton, B.S. (1983) Feeding and digestion in bivalves. *In*: Saleuddin, A.S.M. and Wilburg, M. (ed.) *The Mollusca Physiology*. Academic Press, New York, pp. 563-586.
- Owen, G. (1966) Digestion. *In*: Wilbur, K.M. and Yonge, C.M. (ed.) *Physiology of Mollusca*. Academic Press, New York, pp. 58-78.
- Owen, G. (1972) Lysosomes, peroxisomes and bivalves. *Scientific Progress, Oxford*, **60**: 299-318.
- Reid, R.G.B. (1966) Digestive tract enzymes in the bivalves *Lima hians* (Gmelin) and *Mya arenaria* L.. *Comparative Biochemistry and Physiology*, **17**: 417-433.
- Reid, R.G.B. and Sweeney, B. (1980) The digestibility of the bivalve crystalline style. *Comparative Biochemistry and Physiology, 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*. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A*, **77**(2): 239-241.
- Somogyi, M. (1952) Notes on sugar determination. *Journal of Biological Chemistry*, **195**: 19-23.
- Stark, J.R. and Walker, R.S. (1983) Carbohydrate digestion in *Pecten maximus*. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part B*, **76**(1): 173-177.
- Sumner, A.T. (1969) The distribution of some hydrolytic

enzymes in the cells of the digestive gland of certain lamellibranchs and gastropods. *Journal of Zoology, London*, **158**: 277-291.

Trainer, D.G. and Tillinghast, E.K. (1982) Amylolytic activity of the crystalline style of *Mya arenaria* (Bivalvia, Mollusca). *Comparative Biochemistry and*

*Physiology, Part A*, **72**(1): 99-103.

Wojtowicz, M.B. (1972) Carbohydrases of the digestive gland and the crystalline style of the Atlantic deep-sea scallop (*Placopecten magellanicus* Gmelin). *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A*, **43**(1): 131-141.