

# 해만가리비와 먹이생물 Phytoplankton의 지질함량에 관한 연구

김숙양, 강석중<sup>1</sup>, 최병대<sup>2</sup>, 전상호<sup>3</sup>

국립수산과학원 어장환경과, <sup>1</sup>경상대학교 양식학과, <sup>2</sup>경상대학교 식품과학과, <sup>3</sup>강원대학교 환경과학과

## A study on the Oil Contents of Phytoplankton and Bay Scallop, *Argopecten irradians*

Sook-Yang Kim, Seok-Joong Kang<sup>1</sup> Byeong-Dea Choi<sup>2</sup> and Sang-Ho Jun<sup>3</sup>

National Fisheries Research & Development Institute, Busan 619-900, Korea

<sup>1,2</sup>Department of Aquaculture, Department of food Science Gyeongsang National University, Tong-yeong 650-160, Korea

<sup>3</sup>Department of Environmental Science Gang Weon National University, Korea

### ABSTRACT

The total oil proportion of bay scallop by areas during the growing period was the highest (2.8%) at Tongyong in August, then it decreased to 1.88% in September and 0.62% in October, and it was the lowest (0.22%) in November. The total oil proportion of phytoplankton by areas was the highest at Tongyong, where it was decreased from 5.02% in August and 3.29% in September to 2.48% in October and 1.66% in November. For the composition of fatty acid of bay scallop by areas and seasons during the growing period, the major composition was 16:0 and 18:0 as saturated fatty acid, and 16:1n-7, 18:1n-7, 20:1n-9, ARA (20:4n-6), EPA (20:5n-3), DHA (22:6n-3) as monoenic acid. TMTD (4,8,12-trimethyltridecanoic acid) was detected in a little amount as special fatty acid. For the composition of fatty acid of prey by areas during the growing period of bay scallop from August to November 1998, n-3HUFA, Omega-3 highly unsaturated fatty acid, in August was 47.11% at Namhae in slowest growth, while it was distinctively low with 34.26% at Tongyong and 14.06% at Nammeon.

**Key words** : Bay scallop, *Argopecten irradians*, total oil

### 서 론

가리비는 분류학적으로 연체동물문 Mollusca, 부족강 Pelecypoda (이매패강 Bivalvia), 익형목 Pteriomorpha, 가리비과 Pectinidae에 속하며 (Kwon *et al.*, 2001), 전 세계에 300여종 이상이 서식하고 있는데, 대부분 한해성인 종류로서 남, 북위 다같이 34°30' 보다 고위도 지방에 분포한다 (Yoo, 1979). 우리나라에 이식된 해만가리비는 여름철 고수온기에 성장하는 미국 멕시코만이 원산지인 온대성 가리비로 1982년 중국 산둥반도 발해만으로 이식된 것을 새로운 양식

품종으로 개발할 목적으로 남해수산연구소에서 1996년 9월 남해안으로 이식한 품종이며, 해만가리비 3개 아종 중에서 *Argopecten irradians irradians* (Waller, 1969) 에 속한다.

우리나라에서 해만가리비에 대한 연구로는 해역별 동절기 성장 (Oh and Jung, 1996), 밀도별 성장 (Oh *et al.*, 2000), 생식주기 (Oh *et al.*, 2002<sup>1</sup>), 치패의 선발효과 (Oh *et al.*, 2002<sup>2</sup>), 양성수심에 따른 성장 (Oh *et al.*, 2002<sup>3</sup>), 인공산란과 유생 및 치패의 발생 (Oh *et al.*, 2003) 등에 관한 보고가 있다. 한편, 해만가리비에 관한 외국의 연구로는 Wilbur (1995), Belding (1910), Loosanoff and Davis (1963), Taylor and Capuzzo (1983), Gibbons and Castagna (1984), Smith and Tettelbach (1996) Cospet *et al.* (1987), Pohle *et al.* (1991), Peterson *et al.* (1989), Tettelbach (1991), YSFRI (1991), Zhang (1995) 등의 많은 연구가 있다.

본 연구에서는 이매패류의 지질조성은 외부에서 섭취하는

Received August 5, 2010; Revised August 20, 2010; Accepted September 10, 2010

Corresponding author: Byeong Dea Choi

Tel: +82 (61) 690-8970 e-mail: bdchoi@gnu.ac.kr

1225-3480/24357

먹이로부터 얻어지는 지질성분에 기인 (Zhukova, 1986; Zhukova and Svetashev, 1986) 하는 점을 이용하여 해만 가리비의 먹이생물인 phytoplankton과 해만가리비 패주 속의 지방산 분석을 통하여 상호관계를 설명할 수 있는 추적자로 활용하고자 (Volkman and Johns, 1997; Sargent *et al.*, 1997; Veron *et al.*, 1996; Leveille *et al.*, 1997) 먹이생물인 phytoplankton과 해역별로 채취된 해만가리비 패주의 지방산을 분석하고 그 결과를 보고한다.

## 재료 및 방법

### 1. 공시재료 및 사육해역

지질분석용 재료는 해만가리비 사육시험을 실시한 전라남도 여수시 남면 해역과 경상남도 통영해역 및 남해군 설산면 축제식 새우양식장 (Fig. 1) 에서 패류 양성용 채롱(43.5 (L) × 43.5 (B) × 8.5 (H) cm, 망목 9 mm 및 20.5 mm) 에 평균 각고 16.59-17.38 mm의 치패를 각각 50마리씩 수용하여 상기 3개 장소에서 8월부터 11월까지 사육한 후 종료 시에 무작위로 선택한 해만가리비 (평균 각고 38.8 mm) 의 껍질을 제거하고, 패주 (근육) 만을 취하여 해만가리비 육질의 지방산 측정용으로 사용하였고, 해역별 먹이생물은 Kitahara type net (mesh size 20 μm) 를 이용하여 phytoplankton을 채집한 후 농축하여 지방산 실험에 사용하였다.

### 2. 실험방법

#### 1) 총지질의 추출

총지질 추출은 Bligh and Dyer (1959) 방법을 따랐다. 즉, 시료의 육질을 일정량 비이커에 취하여 15,000 rpm에서 5분간 homogenizer (Nihonseiki Kaisha LTD, Japan) 로 잘게 부순 다음, chloroform과 methanol을 용적비 2:1로 혼합

한 용액을 시료의 2배가량 넣어 조직속의 지질이 충분히 용출될 수 있도록 하룻밤 동안 방치하였다. 다음날 chloroform층만을 분리하여 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>로 수분을 제거하고 증류수로 수회 세척한 다음 회전진공증발기 (Yamato RE47, Japan) 를 사용하여 용매를 완전히 증발시킨 후 추출된 총 지질의 무게를 측정하였다.

#### 2) Lipid classification (지질 분류)

지질의 class는 TLC/FID와 Iatroscorder TC-21 intergrator가 장착된 Iatroscan New MK-5 (Iatron Laboratory Inc., Japan) 에서 지질조성을 구하고, 공기의 유속은 2 l/min이며 detector 수소량은 160 ml/min으로, scanning speed는 0.42 cm/sec로 기본적으로 Parrish and Ackman (1983) 의 방법에 따랐다. 분류 과정은 먼저 Rod S-III (0.9 × 150 mm, 석영봉 규산 코팅) 를 5분간 수세한 후, 다시 증류수 10 ml로 행군 다음 수분을 증발시키기 위하여 아세톤 10 ml로 씻고 50℃로 조정된 Rod-Dryer (TK-5 Iatron Lab. Inc.) 에서 5분간 건조시킨 후 Iatroscan내에서 수소염이온화 불꽃상에서 3회 이상 반복하여 유기물을 완전히 제거시켰다. Rod에 시료 1 μl를 Microdispenser (Drummond Scientific Co., Bromall, PA, USA) 로서 점적하여 전개조 (NaCl로 포화시킴) 에서 10분간 포화시켰다. 전개용매는 n-hexane : diethyl ether : acetic acid = 97 : 3 : 1 v/v를 이용하여 약 10 cm까지 전개시킨 후, Rod를 전개조에서 꺼내고 Rod-Dryer에서 5분간 건조시켜서 Iatroscan으로 분석하여 지질 획득의 조성비를 구하고 그 함량을 산출하였다. 동정은 표준인 cholesterol ester, free fatty acid, triglyceride, cholesterol 및 phospholipid에 의하여 동정하였다.

#### 3) 지방산분석

일정량의 TL을 환저 플라스크에 취해 약 15배 양의 1 N KOH-ethanol 용액을 85℃에서 1시간 가열하여 검화하였다. 방냉 후 약 25배 양의 온수 및 Hexane을 가하여 분액여두에 옮겨서 상층의 불검화물을 제거하고, 이 조작을 3회 반복하였다. 그리고 하층의 검화물에 5배 양의 6 N HCl을 가하여 지방산을 만든 다음, 약 25배의 diethylether를 3회 반복 첨가하여 지방산을 분리하고 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>로서 탈수한 다음 지방산 시료를 조제하였다. 일정량의 지방산을 취해 약 10배 양의 BF<sub>3</sub>-methanol 혼액 및 5% HCL-ethanol 혼액을 가하여 95℃에서 10분간 가열하여 지방산 methyl ester 유도체를 조제하였다.

지방산 분석에 사용하는 GLC는 Omegawax-320

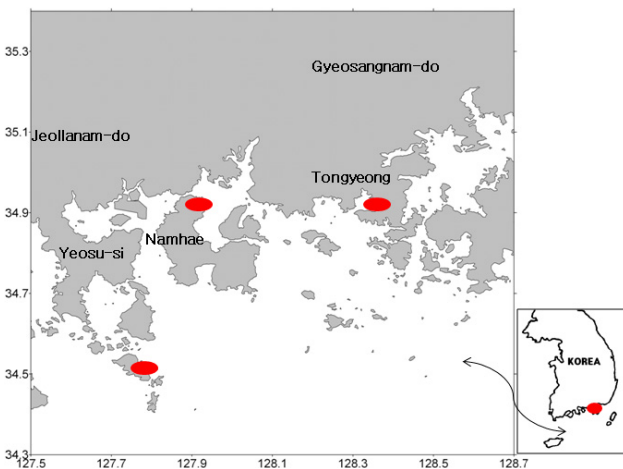


Fig. 1. Map showing of sampling sites.

**Table 1.** Total lipid content of bay scallop in the growing season in the different culture site

Division	Aug.			Sep.			Oct.			Nov.		
	N.M	T.Y	N.H	N.M	T.Y	N.H	N.M	T.Y	N.H	N.M	T.Y	N.H
Total lipid (%)	2.86	2.86	0.69	0.54	1.88	0.49	0.14	0.62	0.28	0.25	0.28	nil

\* N.M : Nammeon site, N.H : Namhae site, T.Y : Tongyong site,  
 \* nil: Mortality occurred in this season by unknown reason.

**Table 2.** Total lipid content of phytoplankton in the Bay scallop culture site

Division	August			September			October			November		
	N.M	T.Y	N.H	N.M	T.Y	N.H	N.M	T.Y	N.H	N.M	T.Y	N.H
Total lipid (%)	1.95	5.02	1.21	3.23	3.29	1.13	1.49	2.48	1.14	1.14	1.66	0.39

\* N.M : Nammeon site, T.Y : Tongyong site, N.H : Namhae site.

(bonded polyglycol phase) Open-tubulan column (30 m × 0.32 mm, i.d., SUPELCO, Supelco Park, PA, USA) 를 붙인 Shimadzu GC 14A를 이용하였으며 분석조건은 Column온도 180°C-220°C (1°C/min) Injector온도 250°C, detector 온도 250°C 그리고 carrier gas는 He (1.0 kg/cm<sup>2</sup>) 을 사용하였다.

지방산의 분석은 동일조건에서 분석한 표준품의 ECL과 비교하여 동정하고, 지방산 표준품은 14:0, 16:0, 18:1, 18:2, 18:3, 20:0, 22:1, 24:0 (D-104 Doosan Serdary Research Lab., Kyungki-do, Korea) 과 GC-MS로 동정된 menhaeden oil을 사용하였다.

## 결 과

### 1. 해역별 해만가리비의 총지질 함량

해역별 해만가리비의 총지질 함량은 Table 1과 같다. 통영 해역의 해만가리비 총지질 함량이 다른 해역보다 전반적으로 높게 나타났다. 월별로는 8월 통영해역에서 2.86%로 가장 높았으나, 9월 이후 계속 감소하여 11월에는 가장 낮은 수치인 0.22%로까지 감소하였다. 여수시 남면해역에서도 8월에는 높았으나, 8월 이후에는 낮아져 통영해역과 비슷한 경향이었으나 통영해역보다 다소 낮은 값을 보였고, 경남 남해군 소재의 축제식 새우양식장에서는 8월에는 타 해역보다 총지질 함량이 상당히 높았으나 그 이후 계속 감소하여 다른 해역에 비하여 현저히 낮은 값을 보였다.

### 2. 해역별 식물성플랑크톤의 총지질 함량

해역별 먹이생물인 phytoplankton의 총지질 함량은 Table 2와 같다. 전반적으로 통영해역은 계절에 관계없이 phytoplankton 중의 총지질의 함량이 다른 해역에 비하여

가장 높게 나타나 8월 중에는 5.02%, 9월에는 3.29%, 10월과 11월에는 2.48%와 1.66%로 나타났으며 8월에 가장 높게 나타난 이후 계속 감소하는 경향을 보였는데, 이런 경향을 해만가리비의 총지질 함량의 월변화와 같은 경향을 보였다. 남면 해역에서는 8월중 1.95%에서 9월에는 3.23%로 가장 높게 나타난 후 10월과 11월에는 1.49%와 1.14%로 감소하였고, 남해해역에서는 8-10월에 월별로 1.21%, 1.13%, 1.14%로 다른 해역에 비하여 낮게 나타났으며 11월에는 0.39%로 가장 낮았다. 이런 결과는 이 해역의 해만가리비의 총지질 함량의 변화 경향과도 일치하였다.

### 3. 해만가리비 폐주의 지방산 조성

해만가리비의 해역별 계절에 따른 지방산 조성은 Table 3과 같다. 중요 지방산에서 포화지방산으로서는 16:0, 18:0가 주성분을 이루었고, 불포화지방산인 monoenoic acid 로는 16:1n-7, 18:1n-7, 20:1n-9, ARA (20:4n-6), EPA (20:5n-3), DHA (22:6n-3) 가 주성분이었다. 특수한 지방산으로서는 TMTD (4, 8, 12-trimethyltridecanoic acid) 가 상당량 검출되었다. 고도불포화지방산의 변동을 살펴보면, 성장이 가장 양호한 통영만의 경우에 오메가-9계열의 합계인 Σn-9에서 보면, 8월과 11월에 걸쳐 3.67에서 5.20%로 차이를 보였으나, 해역별로는 남해만에서는 11월 중에는 대량폐사할 때를 제외하고는 3.50-6.83%, 가막만의 남면에서는 5.55-6.25%로 나타났다. 오메가-6계열의 합계에서는 통영해역은 9.09-17.75%, 남해해역은 7.78-17.58%로 비슷한 값을 보였고, 남면해역은 15.54-21.32%로 다른 해역에 비하여 높은 값을 나타냈다.

오메가-3계열의 합계에서는 통영해역이 20.12-31.46%로 나타났고, 남해해역과 가막만의 남면해역이 20.37-25.89%,

**Table 3.** Fatty acid composition of bay scallop in muscle lipid

Fatty acid	August			September			October			November	
	Namhae	Tonyyong	Nammeon	Namhae	Tonyyong	Nammeon	Namhae	Tonyyong	Nammeon	Tonyyong	Nammeon
14:0+TMTD											
Iso15:0	5.20	4.91	3.99	11.01	11.60	5.17	5.52	8.83	4.25	9.49	5.07
Ant15:0	0.39	0.08	0.11	0.31	0.15	0.15	0.16	0.12	0.18	0.12	0.09
15:0	0.21	0.07	0.05	0.11	0.09	0.08	0.11	0.08	0.17	0.07	0.06
Iso16:0	1.55	0.79	0.93	0.79	0.82	1.12	0.15	0.73	1.16	0.66	0.99
Ant16:0	0.20	0.14	0.18	0.15	0.20	0.23	0.29	0.11	0.18	0.11	0.26
16:0	0.37	0.42	0.36	0.16	0.30	0.27	0.39	0.17	0.38	0.16	0.34
16:1n-9	19.90	13.96	20.19	18.25	16.18	16.11	19.93	18.58	20.90	15.91	16.09
16:1n-7	0.45	0.30	0.11	0.13	0.00	0.13	0.29	0.00	0.00	0.00	0.14
7ME16:0	8.30	3.89	2.34	17.90	12.41	2.96	2.52	10.37	2.81	9.78	4.21
16:1n-5	0.30	0.51	0.39	0.51	0.46	0.33	0.42	0.34	0.45	0.34	0.51
16:2n-9	0.63	0.38	0.51	0.37	0.41	0.52	0.68	0.37	0.57	0.45	0.47
Iso17:0	0.00	0.60	0.43	0.80	0.49	0.41	0.43	0.32	0.41	0.00	0.49
16:2n-4	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.51	0.00
17:0	0.84	1.36	0.57	1.57	0.66	0.00	0.17	1.08	0.32	0.92	0.34
16:3n-4	1.73	1.24	1.25	0.73	1.08	1.56	1.86	0.92	1.47	0.79	1.25
16:3n-3	0.69	0.51	0.92	2.06	1.10	0.50	0.50	0.97	0.60	0.82	0.73
16:4n-3	0.04	0.16	0.23	0.08	0.00	0.34	0.04	0.07	0.32	0.00	0.23
16:4n-1	0.14	0.16	0.43	0.65	1.11	0.44	0.45	0.68	0.31	0.60	0.47
18:0	1.74	5.52	2.54	0.28	0.24	1.31	1.59	0.62	2.09	0.68	1.99
18:1n-9	7.58	9.70	9.32	5.21	8.01	11.15	12.70	6.07	10.21	6.36	8.63
18:1n-7	1.76	1.76	2.84	1.16	1.63	2.33	2.29	2.58	2.43	1.59	2.12
18:1n-5	3.67	2.54	1.96	3.42	3.46	2.27	2.41	3.02	2.27	2.79	2.11
18:2n-7	0.28	0.10	0.16	0.47	0.43	0.16	0.15	0.31	0.08	0.46	0.14
18:2n-6	0.09	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18:2n-4	1.24	0.89	1.30	0.83	1.02	0.35	0.75	1.14	1.13	0.76	0.91
18:3n-6	0.31	0.17	0.18	0.41	0.16	0.28	0.23	0.48	0.13	0.49	0.35
18:3n-4	0.18	0.30	0.53	0.25	0.34	0.21	0.57	0.26	0.41	0.15	0.47
18:3n-3	0.17	0.00	0.14	0.28	0.13	0.14	0.21	0.24	0.07	0.14	0.23
18:3n-1	1.56	0.53	0.82	0.32	1.21	1.19	1.27	1.88	0.53	1.18	0.55
18:4n-3	0.08	0.00	0.27	0.06	0.17	0.49	0.41	0.00	0.09	0.14	0.25
18:4n-1	0.90	0.63	0.62	0.78	0.65	0.57	0.33	2.55	0.55	1.58	0.79
20:0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.07	0.00	0.15	0.00
20:1n-11	0.14	0.09	0.26	0.12	0.11	0.19	0.22	0.15	0.22	0.09	0.46
20:1n-9	0.00	0.48	0.00	0.19	0.00	0.00	0.44	0.32	0.30	0.00	0.38
20:1n-7	1.64	1.85	2.76	1.04	2.01	3.25	3.17	1.98	3.12	2.08	2.32
20:1n-5	1.03	1.25	0.48	0.83	1.38	0.96	1.08	1.06	0.78	1.10	0.93
20:2NMID	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20:2n-6	0.09	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00
20:3NMIT	0.95	0.51	0.96	0.36	0.67	0.69	0.83	0.79	1.06	0.57	0.61
20:3n-6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.08	0.00	0.00	0.07	0.00
20:4n-6	0.65	0.63	0.57	0.40	0.76	0.64	0.54	0.51	0.57	0.60	0.46
20:4n-3	2.70	5.63	3.12	2.38	3.88	3.88	3.53	2.30	2.95	3.16	3.86
20:5n-3	0.23	0.56	0.04	0.00	0.07	0.06	0.05	0.15	0.00	0.09	0.05
22:0	0.27	0.22	0.16	0.25	0.51	0.30	0.37	0.48	0.19	0.42	0.21
22:1n-11	8.08	8.08	5.11	13.22	9.59	4.42	4.40	13.76	5.65	18.91	9.58
22:1n-9	0.21	0.00	0.00	0.00	0.28	0.04	0.00	0.00	0.00	0.24	0.13
22:1n-7	0.03	0.00	0.00	0.00	0.22	0.68	0.11	0.00	0.00	0.73	0.06
21:5n-3	0.00	0.23	0.11	0.37	0.58	0.00	0.66	0.32	0.30	0.00	0.47
22:4n-6	0.19	0.00	0.24	0.03	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07
22:5n-6	0.42	0.35	0.14	0.35	0.34	0.23	0.17	0.56	0.19	0.69	0.45
22:5n-3	5.74	8.60	10.69	3.08	5.69	14.04	10.16	3.37	11.16	3.82	7.88
22:6n-3	1.11	1.19	1.13	0.48	0.84	1.51	1.20	0.72	1.18	0.58	1.35
24:0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00
Σn-9	1.57	1.93	0.76	1.73	1.58	0.69	0.85	1.93	1.03	1.95	1.25
Σn-6	12.68	14.44	18.33	5.18	5.06	14.18	12.34	7.25	15.05	6.04	17.44
Σn-3	0.13	0.00	0.10	0.00	0.00	0.08	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00
Σn-3HUFA	23.25	25.59	24.55	20.73	17.15	19.95	18.28	24.13	22.11	28.10	28.98

**Table 4.** Fatty acid composition of phytoplankton at culture site of bay scallop

Fatty acid	August			September			October			November		
	Namhae	Tongyong	Nammeon	Namhae	Tongyong	Nammeon	Namhae	Tongyong	Nammeon	Namhae	Tongyong	Nammeon
14:0	4.48	8.99	21.24	6.56	31.65	11.91	24.66	11.39	22.28	13.07	12.06	17.59
Iso15:0	0.62	0.38	0.76	0.51	0.34	0.77	0.62	0.71	0.69	0.61	0.71	5.85
Ant15:0	0.14	0.12	0.13	0.16	0.04	0.21	0.14	0.14	0.23	0.17	0.05	0.59
15:0	0.94	0.64	0.81	0.90	0.81	0.95	0.90	0.75	0.95	0.86	0.45	5.06
Iso16:0	0.11	0.11	0.15	0.17	0.06	0.20	0.19	0.19	0.15	0.11	0.08	0.74
Ant16:0	0.13	0.05	0.80	0.31	0.54	0.14	0.44	0.87	0.44	0.62	1.13	3.35
16:0	19.64	21.41	24.20	19.11	12.19	17.56	22.89	19.42	25.30	13.76	13.03	18.10
16:1n-9	0.11	0.17	1.55	0.61	1.14	0.21	0.74	1.41	0.90	1.08	2.10	2.55
16:1n-7	4.80	9.85	13.56	6.70	29.27	12.96	19.72	9.92	21.90	15.98	10.99	14.55
16:1n-5	0.42	0.34	1.95	0.77	1.33	0.39	1.64	1.44	1.10	1.04	2.20	2.23
16:2n-9	0.08	0.18	0.39	0.33	0.37	0.49	0.25	0.34	0.23	0.47	0.58	0.58
Iso17:0	0.18	0.10	0.13	0.00	0.12	0.15	0.17	0.13	0.17	0.36	0.03	0.00
16:2n-4	0.39	1.01	2.09	1.27	1.52	1.45	1.81	2.02	1.68	2.30	2.56	2.09
17:0	1.94	0.85	0.32	1.20	0.19	0.59	0.31	0.65	0.32	0.28	0.24	0.28
16:3n-4	0.31	0.95	1.75	1.78	1.13	2.03	0.45	2.68	0.48	2.01	2.41	0.45
16:3n-3	0.00	0.08	0.79	0.58	0.83	0.07	0.22	0.66	0.09	1.26	0.07	0.00
16:4n-3	0.15	0.10	0.16	0.38	0.14	0.37	0.00	0.14	0.15	0.08	0.07	0.48
16:4n-1	0.00	0.22	1.11	0.88	0.75	0.28	0.79	0.92	0.96	4.08	5.78	1.96
18:0	5.72	4.97	3.15	5.37	1.49	3.90	2.80	4.78	1.80	1.24	1.00	2.35
18:1n-9	2.17	2.49	1.85	3.03	1.42	1.86	1.85	1.80	1.70	1.27	0.81	2.69
18:1n-7	2.03	2.38	0.91	1.95	0.94	2.52	1.23	1.57	1.44	0.94	0.49	1.30
18:1n-5	0.07	0.12	0.16	0.11	0.00	0.12	0.30	0.11	0.41	0.11	0.08	0.00
18:2n-7	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13
18:2n-6	1.05	1.57	1.13	1.47	1.56	0.97	0.86	0.74	0.00	1.04	0.94	0.98
18:2n-9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18:2n-4	0.09	0.11	0.00	0.09	0.00	0.16	0.29	0.14	0.06	0.00	0.03	0.00
18:3n-6	0.07	0.26	0.22	0.23	0.71	0.25	0.17	0.25	0.29	0.25	0.42	0.00
18:3n-4	0.13	0.08	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00
18:3n-3	1.88	1.89	0.53	1.03	0.34	0.36	0.44	0.26	0.97	2.51	0.38	0.36
18:4n-3	1.17	1.65	0.98	2.11	0.40	0.90	0.76	1.31	1.20	3.81	2.50	0.88
18:4n-1	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.35	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00
20:0	0.22	0.17	1.23	1.11	0.09	0.18	0.30	2.02	0.12	0.11	0.22	0.00
20:1n-11	0.23	0.32	0.28	0.56	0.00	0.35	0.00	0.22	0.11	0.34	0.11	0.00
20:1n-9	0.18	0.18	0.11	0.38	0.07	0.15	0.00	0.24	0.08	0.12	0.05	0.00
20:1n-7	0.31	0.37	0.00	0.38	0.14	0.41	0.17	0.24	0.15	0.14	0.07	0.00
20:1n-5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20:1n-3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20:2NMID	0.28	0.16	0.18	0.24	0.00	0.16	0.29	0.12	0.14	0.15	0.04	0.00
20:2n-6	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20:3NMIT	0.07	0.17	0.10	0.11	0.43	0.10	0.17	0.11	0.22	0.06	0.10	0.00
20:3n-6	0.55	1.22	0.57	1.65	0.68	1.19	0.88	1.23	0.45	0.39	0.54	0.33
20:4n-6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44	0.04	0.00
20:4n-3	0.45	0.73	0.34	0.39	0.22	0.32	0.25	0.29	0.46	0.56	0.40	1.49
20:5n-3	12.95	13.13	10.35	13.93	4.25	15.03	7.69	14.51	6.26	13.73	28.94	7.30
22:0	0.34	0.26	0.16	0.21	0.20	0.28	0.53	0.26	0.21	0.19	0.12	0.30
22:1n-11	0.00	0.00	0.00	0.19	0.00	0.15	0.33	0.00	0.11	0.00	0.05	0.00
22:1n-9	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.11	0.23	0.10	0.41	0.26	0.19	0.29
22:1n-7	0.27	0.13	0.00	0.00	0.00	0.35	0.00	0.10	0.06	0.11	0.03	0.00
22:1n-5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22:2n-6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21:5n-3	0.26	0.32	0.00	0.24	0.00	0.34	0.00	0.25	0.10	6.58	0.11	0.00
22:4n-6	0.08	0.13	0.00	0.28	0.00	0.16	0.00	0.18	0.00	0.33	0.00	0.00
22:5n-6	0.83	0.51	0.34	0.93	0.12	0.60	0.17	0.50	0.10	0.08	0.18	0.00
22:4n-3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22:5n-3	1.29	1.31	0.25	1.03	0.37	1.83	0.29	1.10	0.37	0.42	0.22	0.00
22:6n-3	32.16	18.78	3.13	19.73	3.36	15.06	2.08	12.29	3.72	5.48	6.02	2.01
24:0	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00
Σn-6	2.94	4.04	2.54	4.91	3.50	3.42	2.54	3.14	1.20	2.31	2.22	1.31
Σn-9	2.54	3.01	4.05	4.34	3.00	2.82	3.07	3.88	3.32	3.20	3.73	6.12
Σn-3	50.31	37.99	16.52	39.44	9.90	34.29	11.73	30.80	13.31	34.88	38.75	12.52
Σn-3HUFA	47.11	34.26	14.06	35.33	8.20	32.59	10.31	28.44	10.91	27.21	35.73	10.80

22.50-31.03%로 비슷하였다. 8월에 통영해역 27.06%, 남해해역 25.89%, 남면해역 26.65%로 낮았고 11월에는 남해해역에서는 대량폐사로 자료를 얻을 수 없었으나, 통영과 남면해역에서는 31.46-31.03%로 월등히 높은 편이었다.

Table 3에 나타난 패류의 필수지방산으로 알려져 있는 탄소수 20 이상인 오메가-3고도불포화 지방산의 합계인  $\Sigma$  n-3HUFA의 조성은 현저한 차이를 볼 수 없었으나, 대부분의 해역에서 8월 달에 감소하였다.

오메가-3고도불포화 지방산의 많은 부분을 차지하는 EPA (eicosapentaenoic acid; 20:5n-3) 함량은 Table 3과 같다. 통영해역에서는 8월에 8.08%로 낮은 값을 보인 후 11월까지 9.59-18.91%로 꾸준히 증가를 보이지만, 남면해역에서는 8월에 5.11%, 9월에는 4.42%, 10월에는 5.65%로 다른 해역에 비하여 낮은 값을 보이다가 11월에 9.58%로 다소 증가하였으나 통영해역에 비하여는 낮은 값을 보였다. 수온이 하강하면서 성장이 지체되는 11월에 EPA 함량이 가장 많았다.

오메가-3고도불포화 지방산 중에서 가장 많은 부분을 차지하는 DHA (docosahexaenoic acid; 22:6n-3) 함량에서는 통영해역은 8월에 14.44%로 가장 높았고, 9월에는 5.06%로 낮아져 10월에는 7.25%, 11월에는 6.04%로 계속해서 낮은 값을 유지하였다. 남면해역에서는 8월에 18.33%로 통영해역보다 다소 높았으나 월별 큰 변동 없이 높게 유지되었다. 성장이 가장 부진한 남해해역은 8월에 12.68%로 가장 높았으나 다른 해역에 비하여 낮았으며, 9월 5.18%, 10월 12.34%로 변화가 심하였다.

#### 4. 해역별 먹이생물 phytoplankton의 지방산조성

해만가리비의 성장기인 8월에서 11월의 해역별 phytoplankton의 지방산 조성은 Table 4와 같다. 가장 큰 특징으로서는 여름철인 8월 해역별 phytoplankton의 오메가-3 고도불포화지방산 (n-3HUFA, highly unsaturated fatty acid) 은 성장이 가장 좋았던 남해해역이 47.11%인 것에 비하여 통영해역 34.26%, 가막만의 남면해역은 14.061%로서 아주 현저하게 낮았다. 특히, DHA의 함량도 비슷한 결과를 보였다. 9월에도 남해해역의 DHA 함량이 다른 해역에 비해서 월등히 높았다. 대량폐사를 일으킨 시점으로 추정되는 남해해역의 10월에는 여름철인 8월과 9월에는 오히려 10월과 11월에 비하여 반대 현상이 일어났다. 이 시기에는 DHA 함량이 다른 해역에 비하여 낮았다.

### 고 찰

#### 1. 해만가리비의 총지질 함량

성장기 해역별 해만가리비의 총지질 함량은 전체적으로 보

아 통영해역이 가장 높았으며, 월별로는 전체적으로 8월이 다른 월에 비하여 높았다. 이는 통영해역 해만가리비의 성장이 다른 해역에 비하여 좋았던 것과, 8월 해만가리비 성장이 가장 좋았던 것 (오 등, 2000) 과 잘 일치하고 있다. 동일해역에서 동일한 시기에 채취한 해만가리비의 총지질은 5.02%로 굴의 총지질 1.79-1.93% (정 등, 1999) 에 비하여 훨씬 높은 지질 함량을 나타내고 있는 것이 특이하였다 이런 차이는 해만가리비의 경우 성장이 가장 활발한 시기인 7-8월의 비만도가 가장 높은 시기인데 비하여 굴의 경우는 5-7월 산란기 이후 물굴 상태로 비만도가 가장 낮은 것에 기인한다고 사료된다.

#### 2. 해역별 먹이생물 phytoplankton의 총지질 함량

해역별 phytoplankton의 총지질 함량의 차이는 전체적으로 보아 계절에 관계없이 통영해역에서 8월중 5.02%로 다른 해역에 비하여 가장 높은 것으로 나타났다. 먹이생물에서 해역별 및 월별 총지질의 변동 경향은 해만가리비의 육지질의 변동 경향과 매우 잘 일치하고 있다. 또한 해만가리비의 성장 조사 결과에서도 통영해역에서의 해만가리비의 성장이 가장 양호하다는 결과와 잘 일치하여, 먹이생물 중의 총지질 함량과 해만가리비의 성장 사이에 주요한 상관관계가 있다는 것을 시사하고 있다. 패류에 있어서 총지질의 중요성에 관한 연구로서는 Lannan (1980) 의 연구에 의하면 패류의 난은 대단히 주요한 역할을 할 뿐만 아니라 유생의 발생에도 주요한 영향을 미치므로 총지질의 함량을 난지질의 함량분포에 따른 건강도 판정 기술을 제시하고 있다. 해만가리비에서도 이들의 생리적 지표물질 사용가능성에 대해서 앞으로 연구할 필요가 있다고 사료된다.

#### 3. 해만가리비 육질의 지방산조성

성장기에 있어서 해만가리비의 해역별 계절에 따른 지방산 조성 중에서 포화지방산은 16:0, 18:0가 주성분을 이루었고, 불포화지방산인 monoenoic acid는 16:1n-7, 18:1n-7, 20:1n-9, ARA (20:4n-6), EPA (20:5n-3), DHA (22:6n-3) 가 주성분이었다. 특수한 지방산으로서는 TMTD (4, 8, 12-trimethyltridecanoic acid) 가 상당량 검출되었다. 이들은 이소피레노이드 화합물로서 phytoplankton의 클로로필에서 유래된 것으로 추정된다 (Ackman *et al.*, 1971).

오메가-6계열의 합계에서는 통영과 남해해역은 비슷한 값을 보였고, 남면 해역은 다른 해역에 비하여 높은 값을 나타냈다. 이러한 원인에 관하여 좀 더 자세한 고찰을 해보면 남면에서의 오메가-6계열의 합계에서 다른 해역에 비하여 높은 값을 나타낸 것은 22:4n-6의 지방산이 다른 해역에 비하여 7.88-14.04%로 현저하게 높게 나타났다. 특히 9월중에 아주 높은 값을 나타냈다. 이러한 원인에 대해서는 현재로서는 설명이 어

려우며, 앞으로 이에 대한 자세한 연구가 요망된다.

오메가-3계열의 합계에서는 통영해역이 남해와 남면해역과 비슷하였다. 8월에는 낮았고 11월에는 통영과 남면해역에서는 월등히 높은 편이었다. 이러한 자료를 보면, 오메가-6계열과 오메가-3계열의 지방산은 서로 반대되는 작용을 하고 있다는 것을 알 수 있고, 또한 생체대사 경로 및 기능이 서로 다르고 상호 전환이 불가능하며, 또한 서로 경쟁적 제어작용을 갖는 효소체계와 연관되어 있음을 알 수 있다.

패류의 필수지방산으로 알려져 있는 탄소수 20 이상인 오메가-3 고도불포화 지방산은 대부분의 해역에서 8월이 감소한 것으로 보아 8월이 해만가리비의 주 성장에 가장 적합한 온도와 기후 조건을 갖춘 것으로 보인다. 오메가-3고도불포화 지방산의 많은 부분을 차지하는 EPA (eicosapentaenoic acid; 20:5n-3) 함량은 통영해역에서는 8월에 8.08%로 낮은 값을 나타냈으나, 이후 꾸준히 증가를 보이지만, 남면에서는 8월에는 5.11%, 9월에는 4.42%, 10월에는 5.65%로 큰 차이가 없었고, 그 다음달부터 증가하였다. 11월 달이 EPA 함량이 가장 많았으며, 이러한 추세로 보아 그 후에는 계속적으로 증가를 할 것으로 보인다. 오메가-3고도불포화 지방산 중에서 가장 많은 부분을 차지하는 DHA (docosahexaenoic acid; 22:6n-3) 함량에서는 통영해역은 8월에 가장 높았고, 9월 이후 계속해서 낮은 값을 유지하였다. 남면해역에서는 8월에는 통영해역과 같이 가장 높은 값을 나타냈으나, 계절에 따라 그다지 큰 차이는 없었다. 성장이 가장 부진한 남해해역은 다른 해역에 비하여 낮았으나, 역시 8월에 가장 높은 값을 나타냈으며, 그 이후 급격히 떨어지는 차이를 보였다. 그러나 EPA가 감소하면 DHA는 증가하는 것을 알 수 있다.

동일해역에서 굴과 해만가리비의 육지질에 있어서 가장 큰 차이점은 굴에서는 22:2NMID 지방산이 4.41%까지 대량 함유하고 있으나, 해만가리비에서는 거의 흔적으로 나타나고 있다. 일반적으로 굴과 해만가리비 등 패류에서 함유하고 있는 지방산은 장쇄체인의 탄화수소에 규칙적인 이중결합을 가지고 있기 때문에 이들 지방산을 methylene-interrupted unsaturated 지방산이라고 부르는 반면에, NMID 지방산은 이중결합의 위치가 불규칙적이기 때문에 nonmethylene-interrupted diunsaturated (NMID) 지방이라 부른다. 이들 지방산이 높은 비율로 존재하기 위해서는 이 지방산 구조의 특성상 특별한 대사 경로가 필요하며, 높은 함유량은 이들이 특별한 목적을 수행하기 위한 생리상의 요구를 반영할 수 있기 때문에 굴과 해만가리비의 생리적 차이점의 가능성에 관해서 앞으로 많은 연구가 기대된다.

#### 4. 해역별 먹이생물 phytoplankton의 지방산조성

1998년 8월에서 11월까지 해만가리비의 성장기에 있어서

해역별 phytoplankton의 지방산 조성 중 가장 큰 특징으로서는 8월에 오메가-3 고도불포화지방산 (n-3HUFA, highly unsaturated fatty acid) 이 성장이 가장 낮은 해역인 남해해역에서 높는데 반해서 통영과 남면해역에서는 아주 현저하게 낮았다. 이러한 오메가-3 고도불포화 지방산의 큰 차이는 DHA (22:6n-3) 와 EPA (20:5n-3) 의 차이에 기인하였으며 특히, DHA의 함량이 더욱 현저하였다. 9월에도 남해해역에서의 DHA 조성이 다른 해역에 비해서 월등히 높았다. phytoplankton의 종류별 지방산 조성에서 볼 때 해역에 풍부한 규조류에는 DHA 함량이 미미하거나 함량이 아주 낮은 반면에 와편모조류에서는 DHA 함량이 대단히 높기 때문에 (Ackman, 1989) 이러한 플랑크톤의 조성의 차이를 반영하는 것으로 생각된다. 이 해역에서의 이러한 지방산 조성을 갖는 플랑크톤의 대량번식이 해만가리비의 성장을 촉진시킨 것으로 사료된다.

대량폐사를 일으킨 남해해역의 여름철인 8월과 9월에는 DHA의 조성이 다른 해역에 비하여 낮았다. 이러한 점들은 남해해역이 집중강우로 인한 육수의 유입의 영향으로 먹이생물의 지질영양학적 측면에서 다른 점을 나타내고 있다. 3개의 해역별 모두 해만가리비의 육질에서는 모두 검출되었으나 식물플랑크톤에서는 TMTD (trimethyltridecanoic acid) 가 검출되지 않았다.

#### 요 약

성장기 해역별 해만가리비의 총지질 함량은 8월 통영해역에서 가장 높았으나, 9월과 10월에는 감소하였고 11월에는 가장 낮은 수치로 현저히 감소하였다. 해역별 phytoplankton의 총지질함량은 통영해역에서 가장 높은 것으로 나타나 통영해역에서의 가장 성장이 좋은 결과와 잘 일치하여 먹이생물인 phytoplankton의 총지질 함량이 해만가리비의 성장에 중요한 역할을 하는 것으로 보인다. 통영해역은 8월에 최고를, 11월에는 감소하는 경향을 나타냈다. 성장기에 있어서 해만가리비의 해역별 계절에 따른 지방산 조성중 포화지방산으로서는 16:0, 18:0가 주성분을 이루었고, 불포화지방산인 monoenoic acid는 16:1n-7, 18:1n-7, 20:1n-9, ARA (20:4n-6), EPA (20:5n-3), DHA (22:6n-3) 가 주성분이었다. 해만가리비의 성장기 (8-11월) 에 있어서 해역별 phytoplankton의 지방산 조성은 여름철인 8월에 오메가-3 고도불포화지방산은 성장이 나쁜 남해해역이 높는데 비하여 통영과 남면해역은 낮았다.

#### REFERENCES

Ackman, R.G., Hooper, S.N. and Ke, P.T. (1971) The distribution of saturated and isoprenoid fatty acids

- in the lipids of three species of molluscs, *Littorina littorea*, *Crassostrea virginica* and *Venus mercenaria*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B*, **39**: 579pp.
- Ackman, R.G. (1989). Fatty acids. pp. 103-137. **In**: Ackman, R.G. ed. Marine Biogenic Lipids, fats, and Oils. Vol. I. CRC Press Inc., Boca Raton, FL. USA.
- Belding, D.L. (1910) A report upon the scallop fishery of Massachusetts. Common wealth of Massachusetts, Boston, 150pp.
- Bligh, E.G. and Dyer, W.j. (1959) A Rapid method of total lipid extraction and purification, *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, **37**: 911-917.
- Cosper, E.M., Dennison, W.C., Carpenter, E.J., Bricelj, V.M., Mitchell, J.G., Kuenstner, S.H., Colflesh, D. and Dewey, M. (1987) Recurrent and persistent brown tide blooms perturb coastal marine ecosystem. *Estuaries*, **10**(4): 284-290.
- Gibbons, M.C. and Castagna, M. (1984) Serotonin as an inducer of spawning in six bivalve species. *Aquaculture*, **40**(2): 189-191.
- Jeong, B.Y., Choi, B.D., Moon, S.K., Lee, J.S., Jeong W.G. and Kim P.H. (1999) Proximate composition and sterol content of 35 species of marine invertebrates. *Journal of Korean Fisheries Society*, **32**(2): 192-197.
- Kwon, O.K., Min, D.K., Lee, J.R., Lee, J.S., Je, J.G. and Choe, B.L. (2001) Korean mollusks with color illustration. Hangeul Press, Pusan, 332pp.
- Lannan, J.E. (1980) Broodstock management of *Crassostrea gigas*. II. Broodstock conditioning to maximize larval survival. *Aquaculture*, **21**: 337-345.
- Leveille, J.C., Amblard, C. and Bourdier, G. (1997) Fatty acid as specific algall markers natural lacustrian phytoplankton. *Journal of plankton Research*, **19**(4): 469-490.
- Loosanoff, V.L. and Davis, H.C. (1963) Rearing of bivalve mollusks. *Advance in Marine Biology*, **1**: 1-136.
- Oh, B.S. and Jung, C.K. (1996) Studies on the growth of the bay scallop, *Argopecten irradians* in winter season in south sea of Korea. *The Korean Journal of Malacology*, **15**(2): 71-79.
- Oh, B.S., Jung, C.G., Yang, M.H. and Kim, S.Y. (2000) Effect of rearing density in culture cage on the growth of the bay scallop, *Argopecten irradians*. *Annual Report of National Fisheries Research and Development Institute*, **58**: 88-95.
- Oh, B.S., Jung, C.K., Kim, S.Y., Kim, S.Y. and Chung, E.Y. (2002<sup>1</sup>) Reproductive cycle of the bay scallop, *Argopecten irradians* transplanted from China. *Journal of the Korean Fisheries Society*, **35**: 201-206.
- Oh, B.S., Yang, M.H., Jung, C.K., Kim, J.I., Kim, Y.S. and Kim, Y.S. (2002<sup>2</sup>) Effect of selected spat on growth of bay scallop, *Argopecten irradians* during aquaculture. *Journal of Aquaculture*, **15**: 123-129.
- Oh, B.S., Jung, C.K. and Kim, S.Y. (2002<sup>3</sup>) Growth of bay scallop, *Argopecten irradians* at different rearing depths. *Journal of Aquaculture*, **15**: 61-68.
- Oh, B.S., Jung, C.K. and Kim, S.Y. (2003) Artificial spawning, larval and spat developments of the bay scallop, *Argopecten irradians*. *The Korean Journal of Malacology*, **19**: 19-24.
- Peterson, C.H., Summerson, H.C., Fegley, S.R. and Prescott, R.C. (1989) Timing, intensity and sources of autumn mortality of adult bay scallops *Argopecten irradians concentricus* Say. *Journal of Experimental Marine Biology Ecology*, **127**(2): 121-140.
- Pohle, D.G., Bricelj, V.M. and Garcia-Esquivel, Z. (1991) The eelgrass canopy: an above-bottom refuge from benthic predators for juvenile bay scallops *Argopecten irradians*. *Marine Ecology Progress Series*, **74**: 47-59.
- Sargent, J.R., Parkes, R.J., Mueller-Harvey, I. and Henderson, R.J. (1997) Lipid biomarkers in marine ecology. In Sleight, M. A. (ed) Microbes in the sea. Ellis Horwood, chichester, *Nature*, **267**: 693-694.
- Smith, C.F. and Tettelbach, S.T. (1996) Bay scallop restoration, Western Peconic Bay, Project Report. 44pp.
- Taylor, R.E. and Capuzzo, J.M. (1983) The reproductive cycle of the bay scallop, *Argopecten irradians irradians* (Lamarck), in a small coastal embayment on Cape Cod, Massachusetts. *Estuaries* **6**(4): 431-435.
- Tettelbach, S.T. (1991) Seasonal changes in a population of northern bay scallops, *Argopecten irradians irradians* (Lamarck, 1819). pp. 164-175 **In**: Shumway, S.E. and Sandifer, P.A. eds. An International compendium of scallop biology and culture, *World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA*.
- Veron, B., Dauguer, J.C. and Billard, C. (1996) Sterolic biomarkers in marine phytoplankton. Free and conjugated sterols of *Pavlova lutheri* (haptophyta). *European Journal of phycology*, **31**: 211-215.
- Volkman, J.K. and Johns, R.B. (1997) The Geochemical significance of positional isomer of unsaturated fatty acids from and intertidal zone sediment, *Nature*, **267**: 693-694.
- Waller, T.R. (1969) The evolution of the *Argopecten gibbus* stock (Mollusca: Bivalvia) with emphasis on the tertiary and quaternary species of eastern North America. *The Paleontological Society Memoir* **3**, **43**: 1-125.
- Wilbur, A.E. (1995) Population genetics of the bay scallop, *Argopecten irradians*. (Lamarck): an analysis of geographic variation and the consequences of self-fertilization. Ph. D. Thesis, Delaware University, 128pp.
- Yoo, S.K. (1979) 淺海養殖. Sero Publishing Company, 639pp.



- YSFRI (Yellow Sea Fisheries Research Institute) (1991) Training Manual on Breeding and Culture of Scallop and Sea Cucumber in China. Regional sea farming Development and Demonstration Project (RAS/90/002), 84pp.
- Zhang, F. (1995) The rise of the bay scallop culture industry in China. Fisheries, biology and aquaculture of pectinids: *8th international pectinid workshop*, **17**: 131-135.
- Zhukova, N.V. (1986) Biosynthesis of non-methylene-interrupted dienoic fatty acids from [14C] acetate in molluscs, *Biochim Biophys Acta*, **878**: 131pp.
- Zhukova, N.V. and Svetashev, V.I. (1986) Non-methylene-interrupted dienoic fatty acids in molluscs from the Sea of Japan, *Comparative Biochemistry and Physiology Part B*, **83**: 643pp.