

## 추자도산 홍합, *Mytilus coruscus* (Gould, 1861) 의 Condition Index 산정에 대한 연구

강도형, 최광식

제주대학교 해양생산과학부

### Evaluation of Methods Used in the Calculation of Condition Index Using the Mussel, *Mytilus coruscus* (Gould, 1861) Collected from Chuja Island, Cheju, Korea

Do-Hyung Kang and Kwang-Sik Choi

Faculty of Applied Marine Sciences, Cheju National University, 1 Ara 1 Dong, Cheju, Cheju 690-756 Korea

#### ABSTRACT

Condition indices (CI) are considered to be useful measurements of the nutritive and health status of bivalves although studies on CI of bivalves are limited due to the lack of a standard formula for calculating CI. This study attempts to generate CI of the mussel, *Mytilus coruscus* inhabiting along the coastal area of Chuja Island in Cheju using three primary formulas. The formulas used in this study: (1) CI-vol= [tissue dry weight (g)×1000] /shell cavity volume (ml). (2) CI-wt= [tissue dry weight (g) ×1000] /internal shell cavity capacity (g). (3) CI-size= tissue wet weight (g)/[shell length (mm)]<sup>3</sup>. Monthly condition indices calculated with the three formulas are compared using ANOVA, Duncan's multiple range test and Pearson correlation coefficient.

In Chuja Island *M. coruscus* collected ranged from 50 to 180 mm in shell length. Monthly ranges of CI-values were 67.48 to 140.61 (CI-vol), 74.67 to 118.02 (CI-wt) and  $1.4 \times 10^{-5}$  to  $1.6 \times 10^{-5}$  (CI-size). CI-vol values in August were higher than two CI-values in the other months. Monthly CI-vol was

significantly different from CI-wt and CI-size. ( $p < 0.05$ ). The results of this study suggest that volumetric condition index (CI-vol) used in this study is acceptable as a standard measure to evaluate conditions of *M. coruscus*.

**Keywords** : Condition index, *Mytilus coruscus*, mussel, Cavity volume

#### 서론

홍합(*Mytilus coruscus*)은 동해의 울릉도, 속초, 하조대, 강릉, 삼척, 울진, 영덕과 서해의 완도, 삼시도, 만리포 등지의 외해와 면한 곳에 서식한다(Je *et al.*, 1990; Kwon *et al.*, 1993). 우리나라의 경우 홍합류는 1996년에 천해양식어업 생산량이 70,058톤, 일반해면 어업이 2,191톤으로 국내 패류 생산량에 있어 높은 비중을 차지하는 종이다(Korean Fisheries Yearbook, 1997). 홍합은 제주도의 경우 추자도 연안에 풍부하게 분포하는 중요한 패류로 그 맛과 크기로 인하여 식용으로서 가치가 높지만 생태학적인 기초자료 및 연구가 미비한 실정이다.

Condition Index(CI)는 홍합(*Mytilus coruscus*)을 비롯한 이매패류의 영양상태와 생리적인 스트레스를 측정하기 위한 지표로서 널리 사용되고 있다. 패각내부피에 의한 CI는 이매패류가 갖는 최근의 영양상태와 동화, 이화작용을 설명하는데 중요한 지표이며, 글리코겐 저장과 분해, 단백질 합성, 육질 성장과 배우체 형성간의 균형과 같은 체내 활동에 영향을 주는 영양학적인 스트레스의 지표로서 사용 가능하다고 보고하고 있다(Rainer and Mann, 1992). 또한 이 지수들은 이매패류의 상업적인 가치 척도로서 이용되고 다양한 질병과 오염의 모니터링에 사용되고

Received April, 28, 1999; Accepted May 13, 1999

Corresponding author: Choi, Kwang-Sik

Tel: (82) 64-754-3422; e-mail: skchoi@cheju.cheju.ac.kr

1225-3480/15107

© The Malacological Society of Korea

있다(Crosby and Gale, 1990; Rainer and Mann, 1992; Myarand and Gaudreault, 1995). 우리 나라의 경우 이매패류의 condition에 관한 연구는 바지락, 북방대합, 가리비 등에 대한 연구가 있다(Won and Hur, 1993; Na et al., 1995; Lee et al., 1996; Chang et al., 1997). 그러므로 이 연구는 홍합의 패각내 부피, 총중량, 패각길이, 육중량 등의 자료를 토대로 홍합의 계절별 CI를 부피, 무게, 크기별 조건으로 각각 다르게 산정한 후, 이들을 세 가지 CI간의 상관관계를 규명하여 계절에 따른 홍합의 상태를 적절하게 나타낼 수 있는 CI를 산정하는데 그 목적이 있다.

재료 및 방법

연구에 쓰인 시료는 추자도 연안의 우두도에서 98년 8월, 9월, 12월, 99년 2월까지 월 별 15-18개체를 채집하였다. 시료는 실험실로 옮겨서 패각길이(shell length SL, mm)와 총중량(total weight, TWT, g)을 측정된 뒤 개체의 부피를 측정하기 위해 패각 표면의 부착물을 제거하였다. 실험실에서 제작한 유수관이 달린 비이커(1000 ml)에 물을 채워서 개체를 넣은 다음 유수관을 빠져 나오는 물을 메스실린더를 이용(Fig. 1), 총부피(total volume, TVL, ml)를 측정한 후 육질과 패각을 나누어 육질습중량(tissue wet weight, TWWT, g), 패각중량(shell weight, SWT, g)을 측정하였다. 패각부피(shell volume, SVL, ml)는 육질을 제거한 패각을 다시 비이커에 넣고 유수관을 빠져 나

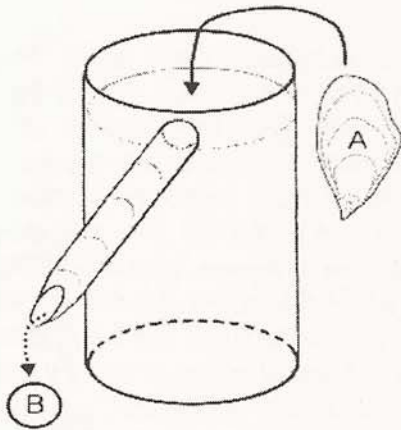


Fig. 1. A cylindrical container filled with seawater and equipped with an overflow pipe used in this study to measure shell cavity volume. Shell cavity volume was estimated from the difference between the total volume and shell volume. (A; Individual mussel, B; Overflow water)

오는 물의 양을 메스실린더를 이용, 측정하였다. 패각내부피(shell cavity volume, SCVL, ml)는 총부피와 패각부피의 차로 구하였다. 측정 후의 육질부위는 저온냉동실(-70°C)에 보관하였다가 동결건조기를 이용하여 냉동 건조하였다. 냉동 건조된 육질은 전자저울을 사용하여 육질건중량(tissue dry weight, TDWT, g)을 측정하고 육질건중량과 육질습중량의 비율(percent dry weight, PDWT)을 계산하였다. 패각내용적량(Internal shell cavity capacity, ISCC, g)은 총중량과 패각중량의 차를 이용하여 구하였다.

CI는 부피에 따른 CI-vol, 중량에 따른 CI-wt와 크기에 따른 CI-size로 나눠 다음과 같은 식으로 나타내고 비교하였다(Crosby and Gale, 1990; Rainer and Mann, 1992; Villalejo-fuerte et al., 1996).

$$CI - vol = \frac{\text{육질건중량(TDWT, g)}}{\text{패각내부피(SCVL, ml)}} \times 1,000$$

$$CI - wt = \frac{\text{육질건중량(TDWT, g)}}{\text{패각내용적량(ISCC, g)}} \times 1,000$$

$$CI - size = \frac{\text{육질습중량(TWWT, g)}}{\text{패각길이(SL, mm)}^3}$$

월 별 CI와 변수들(SL, TWT, SWT, TWWT, TDWT, PDWT, SCVL, ISCC, CI-vol, CI-wt, CI-size)은 평균값과 표준편차로 나타냈고 월 별 CI와 변수들에 대한 유사도는 Pearson의 상관계수를 이용하였다. 월 별 CI-vol, CI-wt와 CI-size의 측정치는 분산분석(ANOVA) 및 Duncan의 다중 검정법에 의하여 통계적 유의성을 검정하였다.

결 과

연구에 쓰인 홍합은 길이가 121-130 mm 사이의 개체들이 가장 많았으며, 조사 기간 동안 채집된 개체 중 가장 작은 개체는 55.7 mm, 가장 큰 개체는 178.5 mm였다(Fig. 2). Table 1은 월 별 CI와 이들을 산정하는데 필요한 변수, TDWT, SCVL, TWT, SWT, ISCC(CI-vol, CI-wt)와 SL, TWWT(CI-size)들의 평균값과 표준편차를 보여주고 있다. CI-vol은 다른 달에 비해 8월이 높았고 2월에 가장 낮았다. CI-wt는 9월의 평균값이 높았으나, CI-size는 월 별 변화의 차이가 거의 없었다. 육질습중량과 건중량의 비인 PDWT는 채집기간 중 0.18-0.21의 변이를 보였으며, 8월에 가장 낮은 수치를 보였다. SCVL은 8월에 가장 낮았고, 12월에 가장 높았다. ISCC는 99년 2월에 가장 낮았고, 12월에 가장 높았다.

Table 2는 각 CI 및 CI 산정에 이용된 변수간의 상관계

Table 1. Monthly mean, standard deviations (SD) and number of observations (N) are represented for three condition indices and variables.

Month	Value	Variables*										
		SL	TWT	SWT	TWWT	TDWT	PDWT	SCVL	ISCC	CI-vol	CI-wt	CI-size
Aug. (N=15)	Mean	132.86	183.30	111.81	36.77	6.47	0.18	48.33	71.49	140.61	97.70	1.50 <sup>-3</sup>
	SD	11.28	58.25	35.23	9.19	1.45	0.01	15.77	26.49	32.53	25.62	2.00 <sup>-3</sup>
Sep. (N=15)	Mean	125.81	160.06	93.84	30.46	6.25	0.21	80.47	66.22	84.45	118.02	1.40 <sup>-3</sup>
	SD	22.62	63.09	35.28	12.22	2.59	0.02	35.24	34.99	37.45	86.56	3.31 <sup>-3</sup>
Dec. (N=15)	Mean	148.17	269.05	166.92	44.77	9.43	0.21	111.13	102.13	91.91	102.56	1.40 <sup>-3</sup>
	SD	9.77	45.54	30.65	9.77	2.36	0.02	38.25	37.05	34.57	40.12	2.15 <sup>-3</sup>
Feb. (N=18)	Mean	103.08	100.38	53.81	17.54	3.29	0.19	50.72	46.57	67.48	74.67	1.60 <sup>-3</sup>
	SD	10.96	27.84	12.34	4.4	0.88	0.02	16.36	17.74	18.12	20.15	3.52 <sup>-3</sup>

\*Variables: SL: shell length (mm), TWT: total weight (g), SLWT: shell weight (g), TWWT: tissue wet weight (g), TDWT: total dry weight (g), PDWT: percent dry weight, SCVL: shell cavity volume (ml), ISCC: internal shell cavity capacity (g), CI-vol: TDWT / SCVL x 1,000, CI-wt: TDWT / ISCC x 1,000, CI-size: TWWT / SL<sup>3</sup>

Table 2. Results of Pearson correlation coefficients between three condition indices and variables by period.

Month	Variables <sup>†</sup>	SL	TWT	SWT	TWWT	TDWT	PDWT	SCVL	ISCC
Aug.	CI-vol	-0.359	-0.261	-0.403	-0.179	-0.139	0.184	-0.687*	-0.038
	CI-wt	-0.407	-0.638*	-0.440	-0.485	-0.412	0.437	-0.204	-0.817*
	CI-size	-0.424	-0.088	-0.147	0.143	0.079	-0.267	-0.174	0.003
Sep.	CI-vol	0.134	-0.036	0.023	0.205	0.395	0.676	-0.446	-0.089
	CI-wt	-0.004	-0.191	0.209	0.058	0.206	0.496*	-0.177	-0.555*
	CI-size	0.033	0.273	0.289	0.442	0.481	0.118	0.201	0.201
Dec.	CI-vol	0.319	0.228	-0.113	0.321	0.442	0.441	-0.639*	0.374
	CI-wt	0.196	-0.431	0.272	-0.208	-0.005	0.461	0.075	-0.755*
	CI-size	-0.296	0.266	-0.343	0.466	0.367	-0.054	0.208	0.611*
99-Feb.	CI-vol	-0.386	-0.143	-0.209	0.166	0.414	0.799*	-0.440	-0.078
	CI-wt	0.069	-0.307	0.066	0.114	0.253	0.389	-0.123	-0.528
	CI-size	-0.573*	-0.178	-0.367	0.102	0.293	0.598*	-0.432	-0.024

<sup>†</sup>Variables: SL: shell length (mm), TWT: total weight (g), SWT: shell weight (g), TWWT: tissue wet weight (g), TDWT: total dry weight (g), PDWT: percent dry weight, SCVL: shell cavity volume (ml), ISCC: internal shell cavity capacity (g), CI-vol: TDWT / SCVL x 1,000, CI-wt: TDWT / ISCC x 1,000, CI-size: TWWT / SL<sup>3</sup>

\* P<0.05

수(Pearson's correlation coefficient)를 나타내고 있다. 각각의 CI 산정에 필요한 변수들, 즉 SL, TWT, SWT, TWWT, TDWT, SCVL, ISCC 사이의 상관관계는 채집

시기와 별 상관관계가 없는 것으로 나타났다. 각 지수와 이를 산정하는데 필요한 변수간의 상관관계는 지수의 특성에 따라 각기 다르게 나타났으며, CI-vol의 경우 이를 산

정하는데 가장 상관이 있는 변수는 SCVL로 나타난 반면, CI-wt의 경우 TWT, CI-size의 경우 SL과 PDWT로 나타났다. CI-size를 제외한 두 지수의 값은 패각의 길이와는 큰 상관이 없었다.

채집 시기에 따른 각 CI 값의 변화는 CI-vol의 경우에서 만 통계적 유의차가 발견된 반면, 다른 CI들은 월 별 변화가 뚜렷하지 않은 것으로 나타났다(ANOVA,  $p > 0.001$ , Table 3). CI-vol에 대한 Duncan의 다중검정 결과, 평균 값은 8월에 가장 높고, 1999년 2월에 가장 낮게 나타났으며, CI-vol은 다른 CI들에 비해 계절별 변화를 잘 나타내고 있다(Table 4). 이 연구에 사용된 *M. coruscus*의 경우, 월 별 영양상태와 건강, 스트레스 등의 변화에 대한 정량적 산정 방법은 CI-vol이 CI-size나 CI-wt 보다 적절한 방법으로 사료된다(Table 3, 4).

### 고 찰

CI는 패류의 건강도 또는 비만도를 측정하는 기준으로 다양한 방법에 의하여 산출되어 이매패류의 생태적 연구에 이용되어 왔다. Higgins(1938)는 이매패류의 condition index를 다음과 같은 식에 의하여 정량화 하였다.

$$\text{Condition Index(CI)} = \frac{\text{육질건중량(g)} \times 100}{\text{패각내부피(ml)}} \dots\dots\dots (1)$$

한편 Quayle(1950)는 아르키메데스의 원리를 이용하여 패각내부피를 구한 뒤, 이를 이용한 굴의 CI 산정방법을 제안하였다. 육질건중량과 패각내부피를 이용한 식으로 Westley(1959)는 *Crassostrea gigas*와 *Ostrea lurida* 2종의 계절적인 CI 변화를 보고하였고, Haven(1960)은 *Crassostrea virginica*의 계절적, 공간적인 CI 변화 양상을 보고하였다. Newell(1985)과 Emmett *et al.*(1987)은 식 (1)을 이용하여 *C. virginica*와 *Mytilus edulis* 개체들의 CI를 산정하였다. Lawrence and Scott(1982)은 개체의 총중량과 패각무게의 차를 이용한 패각내용적량(internal shell cavity capacity)과 육질건중량의 백분율에 의해 식 (2)를 구하였다.

$$\text{CI} = \frac{\text{육질건중량(g)} \times 100}{\text{패각내용적량(g)}} \dots\dots\dots (2)$$

Hawkins *et al.*(1987)은 식 (2)를 수정하여 *Mya arenaria*의 CI를 다음과 같이 산정하였다.

$$\text{CI} = \frac{\text{육질건중량(g)} \times 1,000}{\text{패각내용적량(g)}} \dots\dots\dots (3)$$

한편 Villalejo-fuerte 등(1996)은 산란기에 채집된 새조

개의 일종인 *Laevicardium elatum*의 condition factor(CF)를 식 (4)를 이용하여 산정한 바 있다.

$$\text{CF} = \frac{\text{육질습중량(g)}}{\text{각고(mm)}^3} \dots\dots\dots (4)$$

우리 나라의 경우 Won and Hur(1993), Lee(1996)는 바지락(*Ruditapes philippinarum*)과 북방대합(*Spisula sachalinensis*)의 비만도(Fatness Index, Condition Factor)를 다음과 같은 식으로 산정하여 보고한 바 있다.

$$\text{FI} = \frac{\text{육질습중량(g)} \times 1,000}{\text{각장(mm)} \times \text{각고(mm)} \times \text{각폭(mm)}} \dots\dots\dots (5)$$

패류의 생리적 상태를 정량화하는 방법의 하나인 CI는 위에서 언급한 바와 같이 다양한 종류의 지수가 다양한 종에 응용되고 있는 상태이다. 그러나 이러한 CI는 그 종류 및 응용에 있어 다음과 같은 문제점을 안고 있다. 첫째, 참재첩(*Corbicular leana*), 바지락(*R. philippinarum*) 등과 같은 소형의 이매패류들은 패각내부피가 작고 CI-vol를 측정하는 것이 어려워 식 (4)와 (5)를 많이 이용한다(Villalejo-fuerte *et al.*, 1996). 두 식은 개체의 크기를 사용하기 때문에 간편하게 자료를 얻을 수 있는 방법이다. 그러나 육질습중량과 패각길이(mm)<sup>3</sup>에 의해 구해지는 식 (4)의 경우, 정육면체화 된 패각과 육질의 비로 해석되는 단점을 지닌다. 또한 육질습중량을 이용하는 경우, 각 개체가 포함하는 수분의 양에 절대적인 영향을 받으며, 특히 계절에 따라 수분의 함량도 많은 변이를 보인다. 그러므로 참재첩, 바지락 등과 같은 소형 이매패류의 경우에는 육질습중량보다는 육질건중량을 써야 하고 패각내 부피를 측정하기 어려우므로 패각내용적량을 이용한 CI-wt를 이용한 CI 산정이 바람직한 방법일 것으로 사료된다. 둘째, 패각에 부착생물이 많은 이매패류는 패각내용적량을 이용한 CI-wt의 값에 영향을 많이 줌으로 이런 경우에는 패각내부피를 이용한 CI-vol를 사용하는 것이 적절할 것으로 보인다. 특히 대형 이매패류인 참굴, 홍합 등은 패각 표면에 다양한 부착생물을 포함하고 있으며, 이들은 전체 무게를 산정함에 있어 문제점을 야기하기도 한다(Crosby and Gale, 1990). 참굴의 경우 패각표면에 진주담치, 해조류 등의 다양한 부착생물이 존재하여 실제 굴의 패각무게 보다 과대 평가되는 결과를 초래한다. 셋째, 양식산 참굴(*C. gigas*)과 같이 서식밀도와 위치에 따라 패각의 성장차이와 변이가 심한 이매패류를 들 수 있다. 이러한 경우 CI의 산정에 있어 무게보다는 패각내의 부피에 대한 육질중량의 비인 CI-vol이 더 적절할 것으로 생각된다. Borrero and Hilbish(1988)는 종묘의 일종인, *Geukensia demisa*의 시간에 따른 육질과 패각의 변화에 대한 연구에서 패각성장은 6, 7월 사이에 최대를 이루며, 산란기인 8월 후는 감소한다고 보고한 바 있다. 반면 육질의 성장은 1월에서 5

월까지의 불규칙한 성장을 보이다 5월 후 10월까지의 지속적인 성장을 보인다고 보고하고 있다. 이는 산란 후 개체의 에너지 이용이 패각보다는 육질에 더 많이 집중되고, 개체의 패각과 육질은 계절에 따른 상대적인 성장 경향이 있으며, 따라서 Rainer and Mann(1992)은 이 종에 대한 CI 산정에 있어 패각의 무게가 변수인 CI-wt보다는 패각내 부피를 이용한 CI-vol을 이용하는 것이 보다 적절한 방법인 것으로 보고하고 있다.

본 연구에서는 식 (2), (3), (4)에 기초하여 각 개체의 부피, 무게, 크기에 대한 자료로서 세 가지 CI를 산출하여 비교하였다. 연구시료인 홍합은 크기가 55.7-178.5 mm로서 패각내 부피를 측정하는데 어려움이 없었다. CI-size를 제외한 두 지수의 값은 패각의 길이와는 큰 상관성이 없고 계절적인 영향을 많이 받는 것으로 사료된다(Table 1, 2). CI-size의 경우, 표준편차의 상쇄에 의해 지수 값의 변화가 거의 없었으나, 99년 2월에 상대적으로 높은 값을 보인 결과는 개체들의 상태가 양호하기보다는 다른 시기에 비해 패각길이 작은 것에 기인한 것으로 사료된다(Table 2, 4). 그러므로 CI-size 지수 값의 변화는 계절적인 영향보다 개체의 크기에 의해 좌우되는 것으로 보인다. CI-vol의 지수 값 중 8월이 다른 달에 비해 높은 이유는 TDWT와 SCVL의 값이 다른 달에 비해 상대적으로 높은 것과, 12월의 경우 SCVL이 8월보다 크지만 TDWT가 낮은 현상에 기인한다. 그러나 12월의 CI-wt는 육질건중량이 차지하는 비율이 작음에도 불구하고 높은 지수 값을 나타내었다(Table 1). 이러한 차이는 패각의 무게에 의한 것으로서 홍합의 CI를 파악하는데는 적절하지 못한 방법으로 사료된다. 그러므로 홍합(*M. coruscus*)의 CI 산정에 있어서 Crosby and Gale(1990), Rainer and Mann(1992) 등이 언급한 바와 같이 패각내부피를 이용한 CI-vol을 이용하는 것이 보다 적절한 방법인 것으로 사료된다.

## 요 약

Condition index(CI)는 일반적으로 이매패류의 영양상태와 건강 등의 생리적인 상태를 알기 위한 중요한 지수이다. 이 연구는 제주도 추자 연안에 서식하는 홍합(*M. coruscus*)의 CI를 다음과 같은 세 가지 방법으로 산출한 뒤, 이를 비교하였다: (1) CI-vol=[tissue dry weight(g)×1000]/shell cavity volume(ml). (2) CI-wt=[tissue dry weight(g)×1000]/internal shell cavity capacity(g). (3) CI-size= tissue wet weight(g)/[shell length (mm)]<sup>3</sup>. CI-vol 산정을 위한 패각내 부피는 아르키메데스의 원리를 이용하였으며, 전체 부피와 육질을 제거한 패각의 부피 차를 이용하여 산출하였다. 월 별 세 가지 CI들의 변화는 Pearson의 상관계수, 분산분석(ANOVA)과 Duncan의 다중검정법을 사용하여 세 지수의 유의성과 처리평균간의 근사 정도를 검정하였다.

실험에 이용된 홍합의 크기는 각장 50-180 mm 이었다. 세 지수의 범위는 67.48-140.61(CI-vol), 74.67-118.02(CI-wt), 1.40<sup>-5</sup>-1.60<sup>-5</sup>(CI-size)였다. CI-vol은 CI-wt, CI-size와는 다르게 계절에 따른 유의차를 보였으며(p<0.05) 8월에 가장 높은 수치를 보였다. 그러므로 패각내 부피를 이용한 CI는 홍합의 상태를 제시하는데 있어 가장 효율적인 것으로 사료된다.

## 감사의 글

이 연구는 교육부의 1997년도 제 11차 IBRD 교육차관 신진교수 기자재 지원사업에서 지원된 기자재에 의하여 이루어졌습니다. 시료 채집 및 분석에 많은 도움을 주신 제주대학교 대학원 수산생물학과와 이창호, 강상균 군에게 깊은 감사를 드립니다.

## REFERENCES

- Borrero, F.J. and Hilbish, T.J. (1988) Temporal variation in shell and soft tissue growth of the mussel *Geukensia demissa*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **42**: 9-15.
- Chang, Y.J., Lim, H.G. and Park, Y.J. (1997) Reproductive cycle of the cultured scallop, *Patinopecten yessoensis* in eastern waters of Korea. *J. Aquaculture*, **10**(2): 133-141. [in Korean]
- Crosby M.P. and Gale, L.D. (1990) A review and evaluation of bivalve condition index methodologies with a suggested standard method. *J. Shellfish. Res.*, **9**(1): 233-237.
- Emmett, B., Thomson, K. and Poham, J.D. (1987) The reproductive and energy storage cycles of two populations of *Mytilus edulis* (Linnè) from British Columbia. *J. Shell. Res.*, **6**: 29-36.
- Haven, D. (1960) Seasonal cycle of condition index of oyster culture in York and Rappahannock Rivers. *Proc. Nat. Shell. Ass.*, **51**: 42-66.
- Hawkins, C.M., Rowell, J.W. and Woo, P. (1987) The importance of cleansing in the calculation of condition index in the soft-shell clam, *Mya arenaria* (L.). *J. Shell. Res.*, **6**: 29-36.
- Higgins, E. (1938) Progress in biological inquiries, 1937. *Bull. U.S. bur. Fish., Admin. Rep.*, No. 30. 1-70.
- Je, J.G., Zhang, C.I. and Lee, S.H. (1990) Characteristics of shell morphology and distribution of 3 species belonging to Genus *Mytilus* (Mytilidae: Bivalvia) in Korea. *Korean J. Malacol.*, **6**(1): 22-32. [in Korean]

- Korean Fisheries Yearbook. (1997) Korea Fisheries Association. pp. 424-425. [in Korean]
- Kwon, O.K., Park, G.M. and Lee, J.S. (1993) Coloured shells of Korea. Academy Publishing Company. pp. 344. [in Korean]
- Lawrence, D.R. and Scotte, G.I. (1982) The determination and use of condition index of oysters. *Estuaries*, **5**: 23-27.
- Lee, J.Y., Chang, Y.J. and Park, Y.J. (1996) Spawning induction and egg development of surf clam, *Spisula sachalinensis*. *J. Aquaculture*, **9**(4): 419- 427. [in Korean]
- Myarand, B. and Gaudreault, J. (1995) Summer mortality of Mussels (*Mytilus edulis* LINNAEUS, 1758) in the Magdalen Islands (southern Gulf of ST Lawrence, Canada). *J. Shell. Res.*, **14**: 395-404.
- Na, G.H., Jeong, W.G. and Cho, C.H. (1995) A study on seedling production of jicon scallop, *Chlamys farreri*. *J. Aquaculture*, **8**(4): 307-316. [in Korean]
- Newell, R.I.E. (1985) Physiological effects of the MSX parasite *Haplosporidium nelsoni* in oyster. *J. Shell. Res.*, **5**: 91-96.
- Quayle, D.B. (1950). The seasonal growth of the Pacific oyster (*Ostrea gigas*) in Ladysmith Harbour. *British Columbia Dept. Fish. Rep.*, 1950. 85-90.
- Rainer, J.S. and Mann, R. (1992) A comparison of methods for calculating condition index in eastern Oysters, *Crassostrea virginica* (GMELIN, 1791). *J. Shell. Res.*, **9**(1): 233-237.
- Villalejo-Fuerte, M., Ceballos-Vazquez, B.P. and Garcia-Dominguez, F. (1996) Reproductive cycle of *Laevicardium elatum* (SOWERBY, 1833) (BIVALVIA: CARIIDAE) in Bahia Concepcion, Baja California Sur, Mexico. *J. Shell. Res.*, **15**: 741-745.
- Westley, P.R. (1959) Selection and evaluation of a method for quantitative measurement of oyster condition. *Proc. Nat. Shell. Ass.*, **50**: 145-150.
- Won, M.S. and Hur, S.B. (1993) Fatness index and spat occurrence of the shortnecked clam, *Ruditapes philippinarum*. *J. Aquaculture.*, **6**(3): 133-146. [in Korean]