碩士學位論文

제주도에 서식하는 초식성 복족류인 까막전복(*Haliotis discus* Reeve)의 섭식선호도 및 섭식자극물질 연구

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

濟州大學校 大學院

海 洋 學 科

金 寶 永

2002年 12月

濟州道에 棲息하는 草食性 復足類인 까막전복(*Haliotis discus* Reeve)의 攝食選好度 및 攝食刺戟物質 硏究

指導敎授 李 埈 佰

金 寶 永

이 論文을 理學 碩士學位 論文으로 提出함.

2002年 12月

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

金寶永의 理學 碩士學位 論文을 認准함.

審査委員長 _____ 印

委 員 _____ 印

委 員 _____ 印

濟州大學校 大學院

2002年 12月

Feeding Preference and Stimulant of herbivorous Gastropod *Haliotis discus* in Jeju Island

Bo-Young Kim
(Supervised by Professor Joon-Baek Lee)

A thesis submitted in partial fulfillment of
requirement for the degree of Master of Science

Department of Oceanography
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

December 2002

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

목 차

List of figures ---------- i
List of table ---------- iii
Summary ---------- v

I. 서 론 ---------- 1

Ⅱ. 까막전복의 섭식선호도 ---------- 3
1. 서론 ---------- 3
2. 재료 및 방법 ---------- 4
1) 시료의 채집과 수용 ---------- 4
(1) 까막전복 ---------- 4
(2) 해조류 ---------- 5
2) 단일선택 섭식실험 ---------- 6
3) 다중선택 섭식실험 ---------- 7
4) 자료분석 ---------- 8
3. 결과 및 고찰 ---------- 9
1) 까막전복의 크기별 섭식형태 ---------- 9
2) 단일선택 섭식실험 ---------- 9
3) 다중선택 섭식실험 ---------- 17

Ⅲ. 까막전복의 섭식을 자극하는 물질 ---------- 20
1. 서론 ---------- 20
2. 재료 및 방법 ---------- 21
1) 수용성 물질의 추출 및 정량 ---------- 21
2) 지용성 물질의 추출 및 정량 ---------- 21

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

3) 섭식자극 생물실험 ---------- 22
3. 결과 및 고찰 ---------- 24
1) 해조류의 구성성분 ---------- 24
2) 수용성 추출물 ---------- 26
3) 지용성 추출물 ---------- 26
4) 섭식자극물질 ---------- 29

Ⅳ. 토 의 ---------- 32

Ⅴ. 요 약 ---------- 33

Ⅵ. 참고문헌 ---------- 34

감사의 글 ---------- 39

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

List of figures

Fig. 1. Relationship between shell length and body weight of *Haliotis discus* according to size group (S: small group, M: medium group, L: large group). ---------- 4

Fig. 2. Schematic representation of experimental containers in which small, medium and large abalone were housed during the experiment. ------ 6

Fig. 3. Test cage used to assess feeding preference of macroalgae for *Haliotis discus*. ---------- 7

Fig. 4. Photograph of Phaeophyta is eaten up by *Haliotis discus* (A: *Ecklonia cava;* 감태, B: *Undaria pinnatifida;* 미역, C: *Sargassum horneri*⇧; 괭생이모자반⇧, D: *Sargassum horneri*우; 괭생이모자반우, E: *Sargassum sagamianum;* 비틀대모자반, F: *Colpomenia sinuosa;* 불레기말, G, H: *Laminaria japonica;* 다시마). ---------- 10

Fig. 5. Photograph of Chlorophyta and Rhodophyta is eaten up by *Haliotis discus* (A: *Cladophora wrightiana*; 갈색클라도포라, B: *Codium fragile;* 청각, C: *Ulva pertusa;* 구멍갈파래, D: *Gelidium elegans;* 가는참우뭇가사리, E: *Gelidium amansii;* 우뭇가사리 F: *Meristotheca papulosa;* 갈래곰보). - 11

Fig. 6. The comparison of weight change rate (autogenic change) among the macroalgae. Data are mean of ± SD of 5 control replicates. ------- 16

Fig. 7. Results of multi-choice feeding preference by *Haliotis discus*. Data are

제주대학교 중앙도서관 JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

means of ± SD of 7 replicates by Two-way ANOVA. ---------- 18

Fig. 8. Diagram of plate and tank used feeding-stimulant experiment (A: glass plate, B: TLC plate, C: tank). ---------- 23

Fig. 9. Concentration of protein, carbohydrate, lipid and cell weight for 5 macroalgae. ---------- 25

Fig. 10. Picture of thin layer cellulose plate used to feeding-stimulant experiment (A: before feed, B: after feed). ---------- 28

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

List of tables

Table 1. Sampling locations and the species used for feeding preferences analysis of *Haliotis discus* ---------- 5

Table 2. Small group of *Haliotis discus* (biomass=20g). Mean feeding weight of 7 replicate groups on 13 macroalgal species for 4 days (Tukey's HSD test) ---------- 12

Table 3. Medium group of *Haliotis discus* (biomass=20g). Mean feeding weight of 7 replicate groups on 13 macroalgal species for 4 days (Tukey's HSD test) ---------- 13

Table 4. Large group of *Haliotis discus* (biomass=20g). Mean feeding weight of 7 replicate groups on 13 macroalgal species for 4 days (Tukey's HSD test) ---------- 14

Table 5. One-way ANOVA on the feeding change of *Haliotis discus* for 13 macroalgal species ---------- 15

Table 6. Test of effects between size group and macroalgae species -------- 19

Table 7. Result of feeding-stimulant experiment used water-soluble extract -- 26

Table 8. Result of feeding-stimulant experiment used total lipid extract ------ 27

Table 9. Result of feeding-stimulant experiment used fraction lipid ---------- 29

제주대학교 중앙도서관

Table 10. Identified feeding-stimulant matter by thin layer chromatography (250㎛ silica gel) ---------- 30

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

Summary

Haliotis discus, a useful abalone of herbivorous Gastropod in Jeju coast, shows feeding preference to seaweed according to growing stage and recognition of taste. This study was carried out to investigate which algal species the favorite food for this abalone is and what the stimulant is. For feeding preference to algal species, abalone samples were sorted out by the shell length of 1cm (small group), 3cm (medium group), 5cm (large group) and each group was fed 13 kinds of seaweeds. The small group preferred *Ulva pertusa* most in single-choice experiment using one algal species in each cage. The medium group and large group preferred *L. japonica* and *U. pinnatifida*. In a multi-choice experiment using 4 algal species of *L. japonica, U. pertusa, U. pinnatifida* and *E. cava* in each cage simultaneously. Young individuals preferred *U. pertusa* most, but they preferred *U. pinnatifida* and *L. japonica* as being growing.

In order to find out feeding stimulant components, chemical compounds were isolated and identified from algal species selected as food. The abalone represented response to water soluble matters of *L. japonica, U. pinnatifida* and *U. pertusa,* but those of *E. cava* and *Sargassum sagamianum* were not attractive to them.

In feeding-stimulant experiment using fat soluble matters, the small group preferred the fat soluble matter of *U. pertusa* most, the medium group those of *U. pertusa* and *U. pinnatifida*, and the large group those of *L. japonica*. However the fat soluble matter of *S. sagamianum* was not attractive to the abalone. The results of feeding stimulant showed same trends as those of single-choice or multi-choice experiments. Therefore, it suggests that *H. discus*'s preference is determined by feeding stimulant of seaweed rather than a hardness or a form of seaweed.

제주대학교 중앙도서관 JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

To identify chemical components of the feeding stimulant, fat-soluble matters were separated from four seaweeds. The effective chemical compound includes acylsteryl glycocide, phosphaged acid, acylsterol glycoside and monogalactosyl diglyceride.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

Ⅰ. 서 론

해양생태계 내에서 초식동물은 먹이경쟁과 공간경쟁 등을 통해 다양한 생물이 직·간접적으로 관련되어 생태적 지위를 유지한다(Lobban and Harrison, 1994; Worm *et al*., 1999). 또한 이들의 초식작용은 생태계에서 다양한 생물군집을 유지시키는 중요한 과정으로서 어떤 해조류를 선호하는가는 초식동물의 분포와 생태에 매우 중요한 요소이다(John *et al*., 1992).

초식동물 중 산업적으로 매우 중요한 전복류는 참전복(*Haliotis discus hannai*), 까막전복(*H. discus*), 말전복(*H. gigantea*), 시볼트전복(*H. sieboldi*)이 우리나라에 주로 서식하며 많은 연구자들에 의해 발생과정 및 유생기의 생활사가 규명되었고 산란에 대한 기초적인 연구가 이루어졌다(松原, 1882; Murayama, 1935). 또한 인위적인 산란과 수정을 통해 대량생산이 가능하게 되었으며(猪野, 1952; 菊池 等, 1974; Donald, 1976), 다양한 중간육성방법이 개발되어 현재는 안정적인 생산 및 육성을 할 수 있게 되었다(지 등, 1988; 정 등, 1993; 박, 1993; 윤, 2000).

그러나 국내에서는 생태학적인 측면에서의 연구는 미비한 실정이며 제주도에 주로 서식하는 까막전복에 대한 연구는 보고되지 않았다. 특히, 어떤 해조류를 선호하는가 하는 섭식선호도(feeding preference)에 관한 연구는 섭식활동이 주로 야간에 이루어지는 전복의 특성상 현장조사에 많은 제약을 받아 이들의 섭식행동을 직접 관찰·조사하기에는 현실적으로 매우 어렵다. 따라서 간접적인 조사분석이 주로 실시되는데 다른 초식동물의 경우 위내용물을 분석하거나 실내수조실험으로 섭식행동을 재연하여 섭식형태와 섭식량을 분석하는 연구가 주로 행해졌다(Fleming, 1995; Kim and DeWreede, 1996; Daume *et al*., 1999).

까막전복의 섭식선호도에 가장 중요한 영향을 미치는 요인은 이들의 주요한 먹이원이 되는 해조류의 특성이다. 해조류는 빛을 이용하여 광합성을 하고 물 속의 각종 용존물질을 흡수하여 필요한 성분을 합성하므로 서식지의 수온, 수심과 장소에 따라 성분조성이 변화한다(Ishikawa, 1987; Ochiae, 1987). 또한 포식을 당하면 엽체에서 화학적 방어물

제주대학교 중앙도서관 JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

질($CHCl_3$, $CHBr_3$, CCl_4, CH_3I)을 방출하여 섭식을 저해하는 것도 있으며(McConnell and Fenical, 1977; Fenical, 1982; Faulkner 1992; Gribble, 1994; Hay, 1996), 해조류의 종류에 따라 엽체의 형태(Hay, 1981, Steneck, 1986)와 엽체의 경도(Steneck and Watling, 1982; Norton *et al*., 1990)가 다르고 함유되어 있는 영양물질(Arrontes, 1990)의 양도 다르기 때문에 이와 같은 요인들이 섭식선호의 요인으로 제기되고 있다.

까막전복은 다른 전복류보다 군집성이 강해 해중림 지역에서 군집을 이루며 생활하다가(宇野, 1976) 산란기가 다가오면 깊은 곳으로 이동하게 되는데(猪野, 1952), 서식지에서 촉각(antenna)과 퇴화된 눈으로만 먹이를 탐지하거나 모든 해조류를 직접 맛을 본 다음 섭식한다는 것은 매우 어려운 일이다. 또한 이들의 섭식활동에는 화학물질이 관여하고 있고 독자적인 화학적 검출기관(촉각, 후각돌기)을 가지고 물을 매개체로 하여 전달되는 화학정보를 인식한다는 주장이 유력하다(坂田, 1985; 浮, 1986). 따라서 각각의 해조류에 함유된 구성물질이 섭식선호도에 매우 중요한 요소로 작용할 것으로 생각된다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

이에 본 연구에서는 자연생태계 내에서 까막전복의 성장에 따른 섭식행동 특성을 파악하기 위해 각각의 성장단계별 까막전복에 여러 종류의 해조류를 이용하여 섭식선호도를 알아보고, 특정 해조류를 선호하는 원인을 알아보기 위해 해조류가 함유하고 있는 성분을 이용한 생물실험을 통해 섭식을 유인·자극하는 성분을 파악하고자 하였다.

Ⅱ. 까막전복의 섭식선호도

1. 서론

까막전복이 성장하면서 선호하는 해조류의 변화를 알아보기 위하여 까막전복을 성장단계별 크기에 따라 선별하여 수용한 후 먹이가 되는 해조류를 한 종씩 제공하여 각각의 섭식하는 양을 비교하는 단일선택 섭식실험(single-choice experiment)을 실시하였다.

또한 여러 종류의 해조류가 서식하는 자연생태계에서도 동일한 결과를 나타내는지 알아보고, 까막전복이 어떤 해조류를 먼저 선호하는지를 조사하기 위해 단일선택 섭식실험에서 섭식량이 많았던 해조류 4종을 선정하여 동일한 실험구에 넣고 까막전복이 직접 먹이를 선택하게 하는 다중선택 섭식실험(multi-choice experiment)을 실시하여 전복의 크기에 따른 섭식선호도의 변화를 알아보았다.

제주대학교 중앙도서관

2. 재료 및 방법

1) 시료의 채집과 수용

(1) 까막전복

실험에 사용된 까막전복은 제주도해양수산자원연구소에서 2000년 11월, 2001년 5월과 2001년 11월에 인공적으로 산란·부화시킨 것으로 크기별로는 1cm(6개월령), 3cm(12개월령), 5cm(18개월령) 등 3group으로 선별하였고 각각 Small(S), Medium(M), Large(L) group으로 명명하였다.

전복의 성장에 따른 섭식선호도의 변화를 알아보기 위해 선별 수용된 전복 중 건강상태가 양호한 개체를 선택하여 각장(cm)과 체중(g)을 측정한 결과 L group 1개체의 평균체중이 20g으로 측정되어, 동일한 생물량으로 group별 섭식량을 비교하기 위해 각 group별 체중 20g이 될 수 있도록 개체수를 조정하였다. 따라서 L group은 1개체, M group은 4~5개체를 수용하였고, S group은 개체의 평균중량이 0.3g으로 동일한 생물량을 유지하려면 70~100개체를 수용해야하지만 실험밀도가 너무 높으면 실험구안에서 폐사하는 개체가 있을 것으로 판단되어 10개체를 수용한 후 실험결과를 20g으로 환산하였다(Fig. 1).

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

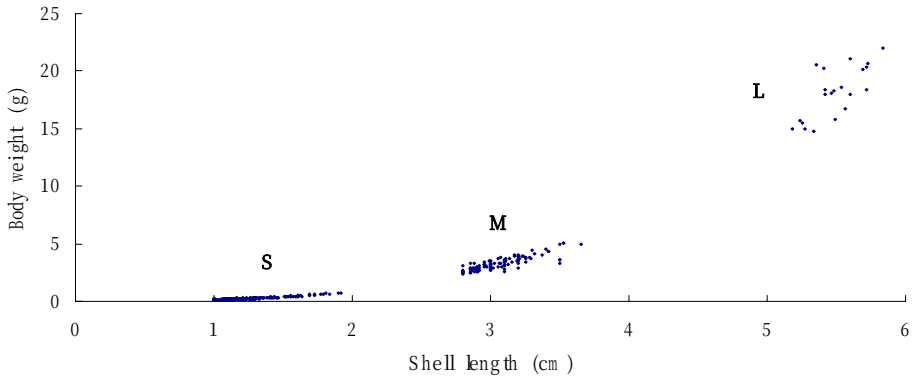


Fig. 1. Relationship between shell length and body weight of *Haliotis discus* according to size group (S: small group, M: medium group, L: large group).

(2) 해조류

실험에 사용한 해조류는 2002년 4월 1일부터 5월 9일까지 제주도 전역의 수심 3~15m 지역에 우점하는 12종의 해조류를 채집하였다(Table 1).

Table 1. Sampling locations and the species used for feeding preferences analysis of *Haliotis discus*

Species name	Korean name	Collecting site	Remark[1]
Phaeophyta			
Ecklonia cava Kjellman et Petersen	감 태	Sin-yang	S, M, FS
Undaria pinnatifida (Harvey) Suringar	미 역	Pyo-sun	S, M, FS
Sargassum horneri ♂(Turner) C. Agardh	괭생이모자반♂	Sung-san	S
Sargassum horneri ♀(Turner) C. Agardh	괭생이모자반♀	Pyo-sun	S
Sargassum sagamianum Yendo	비틀대모자반	Pyo-sun	S, FS
Colpomenia sinuosa (Roth) Derbes et Solier	불레기말	Pyo-sun	S
Laminaria japonica Areschoug	다시마	Wan-do	S, M, FS
Chlorophyta			
Cladophora wrightiana Harvey	갈색클라도포라	Pyo-sun	S
Codium fragile Hariot	청 각	O-jo	S
Ulva pertusa Kjellman	구멍갈파래	Sin-yang	S, M, FS
Rhodophyta			
Gelidium amansii Lamouroux	우뭇가사리	Pyo-sun	S
Gelidium elegans Kutzing	가는참우뭇가사리	De-po	S
Meristotheca papulosa (Montagne) J. Agardh	갈래곰보	O-jo	S

S : Single-choice experiment

M : Multi-choice experiment

FS : Feeding-stimulant experiment

그 종류로는 갈조류인 감태(*Ecklonia cava*), 미역(*Undaria pinnatifida*), 괭생이모자

제주대학교 중앙도서관 JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

반♂(*Sargassum horneri*♂), 괭생이모자반♀(*Sargassum horneri*♀), 비틀대모자반(*Sargassum sagamianum*), 불레기말(*Colpomenia sinuosa*)과 녹조류인 갈색클라도포라(*Cladophora wrightiana*), 청각(*Codium fragile*), 구멍갈파래(*Ulva pertusa*), 홍조류인 우뭇가사리(*Gelidium amansii*), 가는참우뭇가사리(*Gelidium elegans*), 갈래곰보(*Meristotheca papulosa*) 등이다(瀨川, 1991; Tokuda *et al*., 1994; 이 등, 2001). 또한 제주도에는 서식하지 않지만 양식사료로 많이 이용되는 다시마에 대한 섭식선호도를 알아보기 위해 전남 완도지역에서 양식된 다시마(*Laminaria japonica*)를 신속히 운반하여 실험에 사용하였다.

2) 단일선택 섭식실험 (Single-choice experiment)

실험에 사용된 수조(5×2×1m, L×W×H)는 입자성 부유물질의 침전에 의한 오염과 저서성 미세생물에 의한 영향을 줄이기 위해 30cm 높이의 PE(polyethylene) bed를 설치하였고 그 위에 실험구를 올려놓았다(Fig. 2).

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

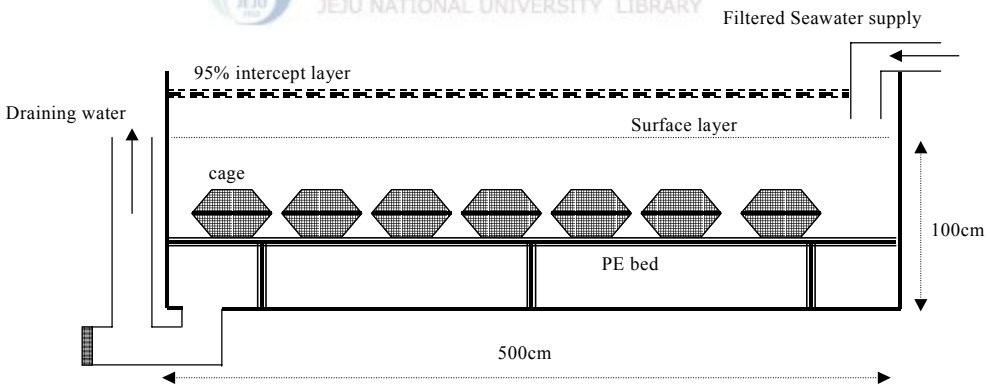


Fig. 2. Schematic representation of experimental containers in which small, medium and large abalone were housed during the experiment.

실험구는 플라스틱바구니(32×24×15cm, L×W×H) 2개를 이용하여 제작하였으며 모지망(wool net, ø2mm)을 씌워 크기가 작은 S group의 탈출을 방지하고 섭식에 의해 잘려진 해조류가 빠져나가지 않게 하였고, 또한 전복의 스트레스를 방지하기 위해 PVC(poly vinyl chloride)로 제작된 shelter를 넣었다(Fig. 3).

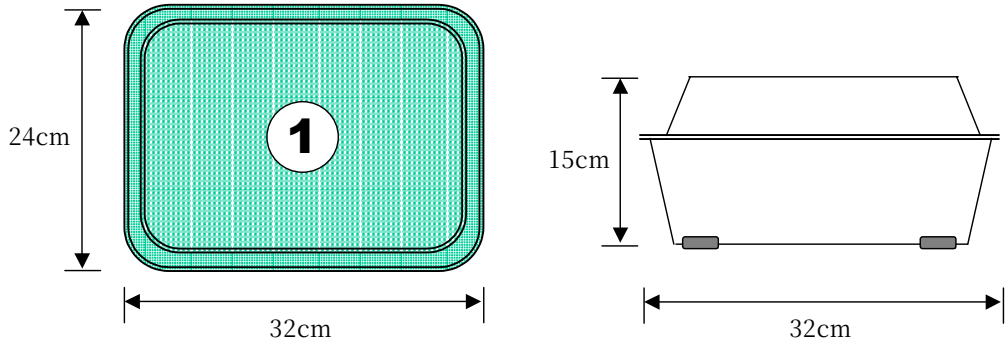


Fig. 3. Test cage used to assess feeding preference of macroalgae for *Haliotis discus*.

실험수조는 유수식으로 설치하였으며 연안해수를 고압여과기(pore size: 200㎛)로 여과하여 24회전/day이 되도록 수량을 조절하였고 충분한 산소공급을 위해 aeration을 하였다. 또한 강한 자연광에 의한 stress나 미세조류의 혼입으로 인한 영향을 줄이기 위해 수조 상단에 차광막(intercept rate : 95%)을 설치하여 표층조도가 100Lux 이하가 되도록 조절하였다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

실험에 사용된 전복은 실험실시전에 섭식한 먹이의 영향을 줄이고 실험의 효과를 높이기 위해 실험실시 전 3일 동안 절식을 시켰다. 섭식실험에 사용한 해조류는 2~3회 여과해수로 세척하여 엽체에 붙어있는 부착생물을 제거하였으며, tissue-paper로 표면수분을 제거하여 전자저울로 무게를 측정한 후 각각 1종씩 실험구(7 replicates)에 넣고 4일 동안 섭식시킨 후 남은 해조류의 중량을 측정하여 섭식량을 알아보았다.

또한 해조류는 수중에서 자체적으로 성장과 소실을 하기 때문에 대조구로서 빈 실험구에 해조류만을 넣어 자체의 증감된 양을 측정하여 실험구와 비교하였다.

3) 다중선택 섭식실험 (Multi-choice experiment)

단일선택 섭식실험에서 섭식량이 많았던 해조류 4종을 선정하여 실험구의 각 모서리에 고정시킨 후 섭식량을 알아보았다. 실험환경과 실험방법은 단일선택 섭식실험과 동일하게 실시하였다.

4) 자료분석 (Data analysis)

까막전복이 선호하는 해조류의 종류를 알기 위해 단일선택 섭식실험에서 측정된 섭식량에 대한 일변량분석(Univariate ANOVA)을 실시한 후 Tukey's HSD test를 사용하여 size-group별 선호순위와 순위집단을 분석하였다. 또한 전복의 크기에 따른 섭식량의 변화를 알아보기 위하여 일원배치분산분석(One-way ANOVA)을 실시하였고 유의한 경우 Tukey's HSD test를 하여 크기에 따른 해조류별 섭식량의 변화를 알아보았다.

Size-group에 따라 선호하는 해조류의 종류와 섭식량이 다른 주 요인이 전복의 크기인지 해조류의 종류인지 아니면 두 요인의 상호작용 때문인지를 알아보기 위해 다중선택 섭식실험의 결과를 토대로 이원배치분산분석(Two-way ANOVA)을 실시하여 주 요인을 알아보았고 유의한 경우 Tukey's HSD test를 실시하여 요인내의 차이를 알아보았다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

3. 결과 및 고찰

1) 까막전복의 크기별 섭식형태

단일선택 섭식실험이 끝난 후 섭식된 해조류의 표면을 관찰하여 size-group별 섭식형태를 관찰한 결과, S group은 표면을 주걱처럼 긁어먹었고(Fig. 4A, 4H), M group은 잘게 갉아먹었으며(Fig. 4G), L group에서는 해조류를 잘라먹어 표면적이 확연히 줄어든 것을 볼 수 있다(Fig 4B, 5F). 까막전복의 크기에 따른 치설활동이 확연하게 관찰된 해조류는 엽상이 넓은 다시마와 미역이었다.

Kawamura 등(2001)은 전복이 유생기를 거쳐 성장하면서 치설(radula)의 성장과 치아의 증가에 따라 긁어먹는 형태에서 갉아먹는 형태로 변하며, 성숙개체는 치아의 각도가 예리해지고 톱니모양으로 변해 잘라먹는 섭식형태로 전환된다고 보고하였다. 따라서 까막전복의 경우에도 S group은 완전한 치설발달이 이루어지지 않아 해조류의 표면을 섭식하는 형태를 나타내었고, L group에서는 해조류 엽상을 잘라먹는 섭식형태를 나타낸 것이라고 생각된다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

2) 단일선택 섭식실험

S group의 까막전복이 각각의 해조류를 섭식한 결과 구멍갈파래가 41.21±12.03g으로 가장 높은 섭식량을 나타내었고 다시마, 미역, 괭생이모자반⇳, 불레기말 순으로 섭식하고 있었으며 각각의 섭식량은 16.67±7.41g, 16.06±13.98g, 13.60±9.51g과 12.19±5.78g이었다. 녹조류인 갈색클라도포라와 청각, 홍조류인 갈래곰보는 전혀 선호하지 않는 것으로 판단되며 구멍갈파래를 제외하고는 갈조류를 많이 섭식하는 것을 알 수 있었다(Table 2).

M group의 까막전복이 각각의 해조류를 섭식한 결과 다시마를 8.45±2.51g 섭식하여 가장 높은 섭식량을 나타내었고 미역과 구멍갈파래를 각각 5.22±2.45g과 4.60±1.38g 섭식하였다. 갈조류인 감태, 홍조류인 우뭇가사리, 가는참우뭇가사리, 갈래곰보, 녹조류인 갈색클라도포라, 청각은 섭식량이 1g도 되지 않아 선호하지 않는 것으로 판단된다(Table 3).

L group의 까막전복이 각각의 해조류를 섭식한 결과 가장 높은 섭식량을 나타낸

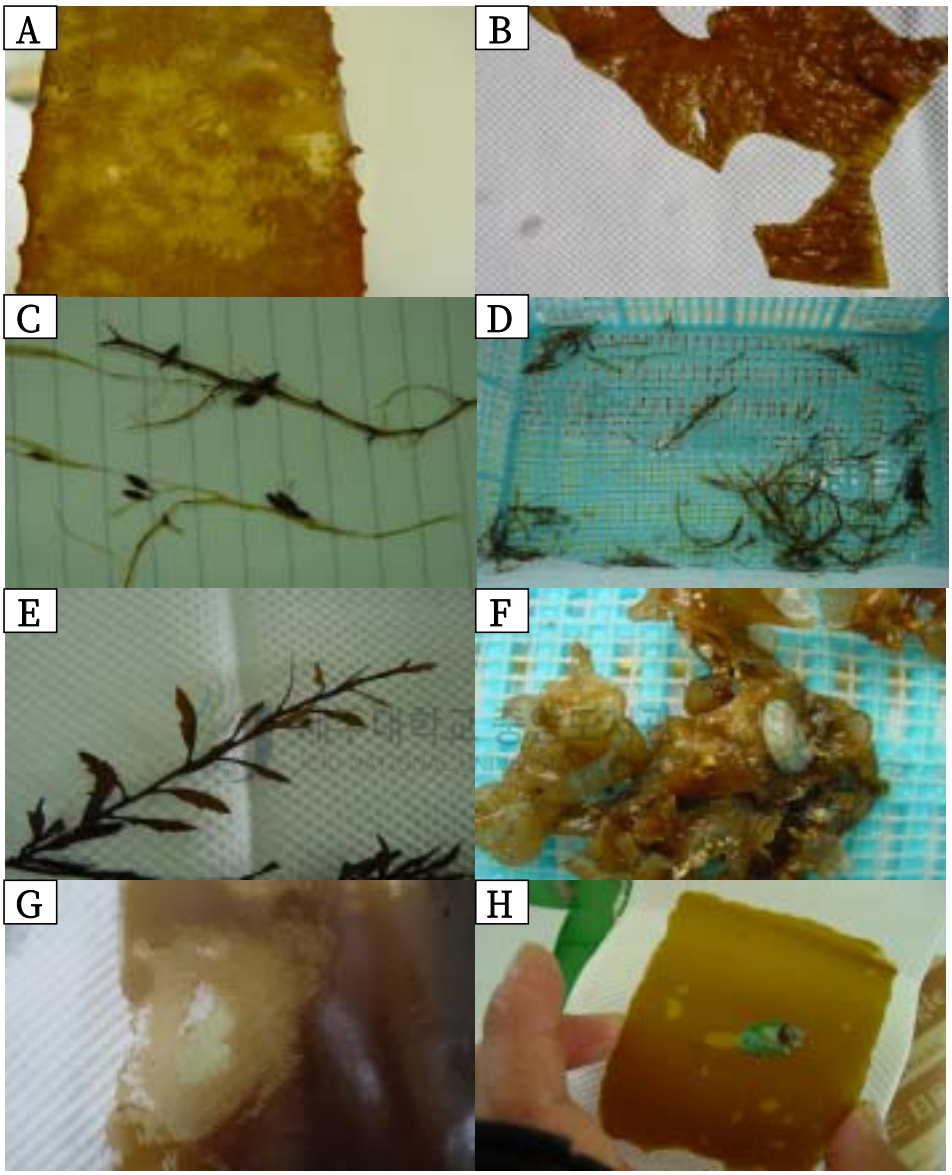


Fig. 4. Photograph of Phaeophyta is eaten up by *Haliotis discus* (A:*Ecklonia cava;* 감태, B: *Undaria pinnatifida;* 미역, C: *Sargassum horneri*♂; 괭생이모자반♂, D: *Sargassum horneri*♀; 괭생이모자반♀, E: *Sargassum sagamianum;* 비틀대모자반, F: *Colpomenia sinuosa;* 불레기말, G, H: *Laminaria japonica;* 다시마).

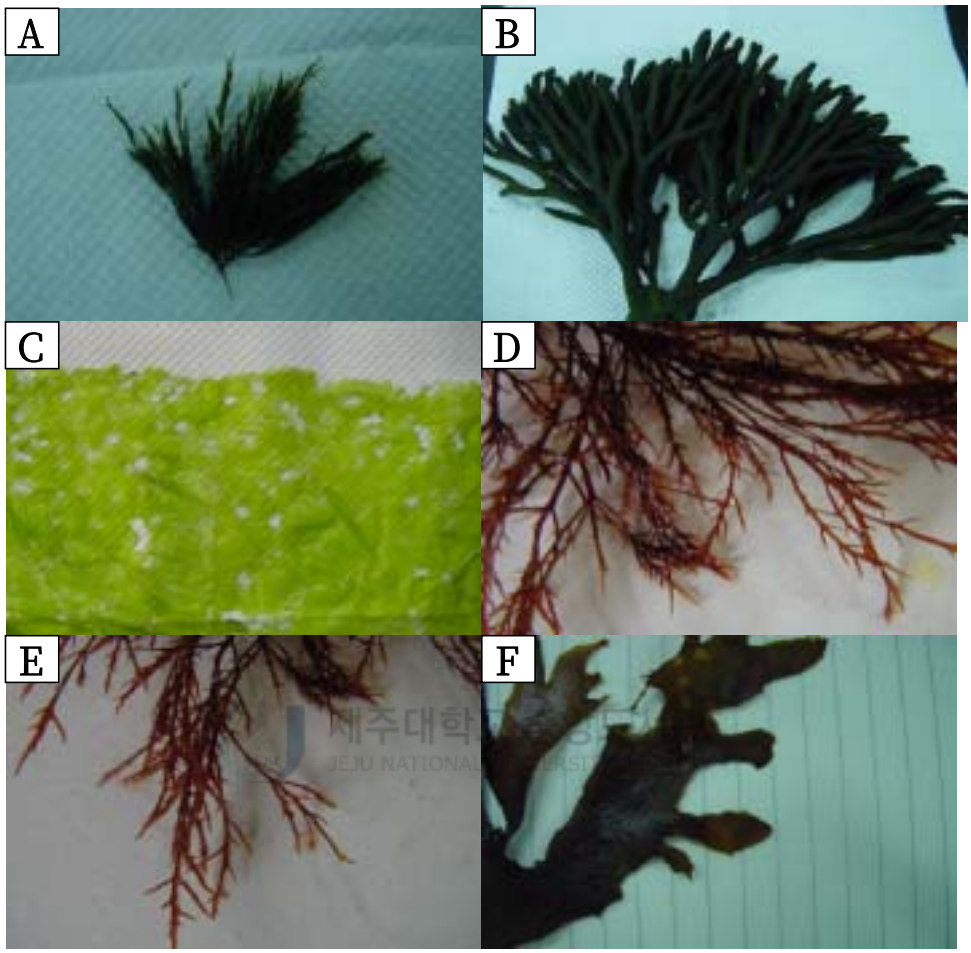


Fig. 5. Photograph of Chlorophyta and Rhodophyta is eaten up by *Haliotis discus* (A: *Cladophora wrightiana*; 갈색클라도포라, B: *Codium fragile*; 청각, C: *Ulva pertusa*; 구멍갈파래, D: *Gelidium elegans*; 가는참우뭇가사리, E: *Gelidium amansii*; 우뭇가사리 F: *Meristotheca papulosa*; 갈래곰보).

은 다시마로 10.24±1.38g을 섭식하였고 구멍갈파래, 미역, 괭생이모자반우을 각각 5.49±2.49g, 4.79±2.01g과 4.34±1.06g 섭식하였다. 갈조류인 감태와 홍조류인 갈래곰보는 전혀 섭식하지 않았고 구멍갈파래를 제외한 녹조류와 홍조류는 1g이하의 섭식량을 보여 L group의 까막전복은 이들 해조류를 선호하지 않는 것으로 생각된다 (Table 4).

Table 2. Small group of *Haliotis discus* (biomass=20g). Mean feeding weight of 7 replicate groups on 13 macroalgal species for 4 days (Tukey's HSD test)

Macroalgal species	Division	Feeding weight(g) (mean±SD)	p<0.05*
Ulva pertusa	Chlorophyta	41.2114±12.0259	a
Laminaria japonica	Phaeophyta	16.6714±7.4083	b
Undaria pinnatifida	Phaeophyta	16.0557±13.9778	bc
Sargassum horneri ♂	Phaeophyta	13.6040±9.5055	bcd
Colpomenia sinuosa	Phaeophyta	12.1900±5.7786	bcd
Gelidium amansii	Rhodophyta	4.4571±1.4895	cde
Sargassum sagamianum	Phaeophyta	3.2900±1.5047	de
Sargassum horneri ♀	Phaeophyta	3.0857±0.6673	de
Ecklonia cava	Phaeophyta	2.1783±1.1447	de
Gelidium elegans	Rhodophyta	2.0700±0.8339	de
Cladophora wrightiana	Chlorophyta	-0.3886±0.2124	e
Codium fragile	Chlorophyta	-0.5157±3.3055	e
Meristotheca papulosa	Rhodophyta	-2.2757±2.0176	e

*: Ranking group; a=mostly high ranking group

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

Table 3. Medium group of *Haliotis discus* (biomass=20g). Mean feeding weight of 7 replicate groups on 13 macroalgal species for 4 days (Tukey's HSD test)

Macroalgal species	Division	Feeding weight(g) (mean±SD)	$p<0.05$
Laminaria japonica	Phaeophyta	8.4500±2.5136	a
Undaria pinnatifida	Phaeophyta	5.2243±2.4471	b
Ulva pertusa	Chlorophyta	4.5957±1.3822	bc
Sargassum horneri ♀	Phaeophyta	3.8586±0.8286	bc
Sargassum horneri ♂	Phaeophyta	3.4243±1.5142	bcd
Colpomenia sinuosa	Phaeophyta	2.6314±1.6614	cde
Sargassum sagamianum	Phaeophyta	1.4357±0.6396	def
Gelidium elegans	Rhodophyta	0.9129±0.5852	ef
Ecklonia cava	Phaeophyta	0.8714±0.7006	ef
Gelidium amansii	Rhodophyta	0.8100±0.6642	ef
Cladophora wrightiana	Chlorophyta	0.1229±0.2462	f
Codium fragile	Chlorophyta	0.0557±0.3264	f
Meristotheca papulosa	Rhodophyta	0.0386±0.4312	f

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

Table 4. Large group of *Haliotis discus* (biomass=20g). Mean feeding weight of 7 replicate groups on 13 macroalgal species for 4 days (Tukey's HSD test)

Macroalgal species	Division	Feeding weight(g) (mean±SD)	$p<0.05$
Laminaria japonica	Phaeophyta	10.2400±1.3754	a
Ulva pertusa	Chlorophyta	5.4900±2.4908	b
Undaria pinnatifida	Phaeophyta	4.7900±2.0072	b
Sargassum horneri ♀	Phaeophyta	4.3414±1.0573	b
Sargassum horneri ♂	Phaeophyta	3.4429±1.9893	bc
Colpomenia sinuosa	Phaeophyta	3.3057±1.2899	bcd
Sargassum sagamianum	Phaeophyta	1.8086±0.7071	cde
Gelidium amansii	Rhodophyta	0.9414±0.7297	de
Gelidium elegans	Rhodophyta	0.8386±0.4320	e
Codium fragile	Chlorophyta	0.0857±0.2965	e
Cladophora wrightiana	Chlorophyta	0.0371±0.0599	e
Meristotheca papulosa	Rhodophyta	-0.0643±0.7802	e
Ecklonia cava	Phaeophyta	-0.3929±1.1557	e

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

까막전복의 성장에 따른 섭식선호도의 변화를 알아보기 위하여 size-group별로 실시한 단일선택 섭식실험의 결과를 일원배치 분산분석한 후 다중비교검정을 실시한 결과 모든 해조류가 size-group간에 유의한 차이를 나타내며 선호도의 변화를 나타내었다(Table 5). 하지만 대부분의 해조류가 성장함에 따라 선호하지 않는다는 결과를 나타내었다. 이러한 결과는 동일한 생물량에서 S group의 섭식량이 많아 상대적으로 섭식량이 적은 M group과 L group이 선호하지 않는 것처럼 나타난 것으로 생각되며, 이 결과로만은 전복의 성장에 따른 섭식선호도의 변화를 판단할 수는 없는 것으로 생각된다.

Table 5. One-way ANOVA on the feeding change of *Haliotis discus* for 13 macroalgal species

Species	df		Mean square		F	*P*	HSD		
	Between Groups	Within Groups	Between Groups	Within Groups			S	M	L
Ecklonia cava	2	18	10.699	1.032	10.364	0.001	a	ab	b
Undaria pinnatifida	2	18	285.224	68.464	4.166	0.033	a	a	a
Sargassum horneri ♂	2	18	190.518	24.936	7.640	0.005	a	b	b
Sargassum horneri ♀	2	18	2.805	0.750	3.738	0.044	b	ab	a
Sargassum sagamianum	2	18	6.733	1.059	6.367	0.008	a	b	b
Colpomenia sinuosa	2	18	199.346	12.596	15.826	0.000	a	b	b
Laminaria japonica	2	18	130.846	21.043	6.218	0.009	a	b	b
Cladophora wrightiana	2	18	0.523	0.036	14.442	0.000	b	a	a
Codium fragile	2	18	0.804	0.096	8.342	0.003	b	a	a
Ulva pertusa	2	18	3053.655	50.927	59.962	0.000	a	b	b
Gelidium amansii	2	18	29.956	1.063	28.182	0.000	a	b	b
Gelidium elegans	2	18	3.333	0.409	8.158	0.003	a	b	b
Meristotheca papulosa	2	18	11.971	1.622	7.378	0.005	b	a	a

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

실험환경의 대조구로서 해조류의 성장과 소실에 따른 중량의 변화를 알아본 결과 괭생이모자반♂과 불레기말이 30%가 넘는 중량의 감소를 보여 가장 많이 소실되었

고 청각, 갈색클라도포라, 갈래곰보는 거의 변화가 없었다. 반면에 구멍갈파래, 비틀대모자반, 감태, 미역은 10~20%의 성장이 이루어지고 있었다(Fig. 6).

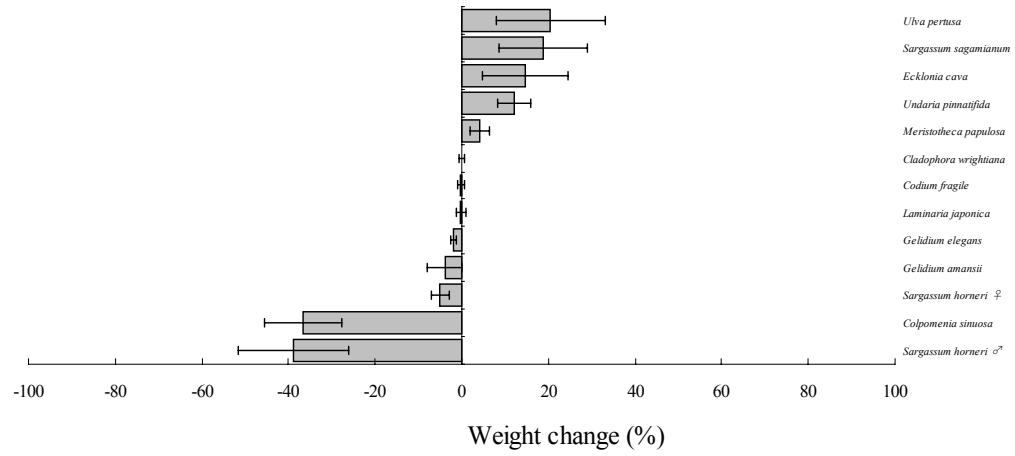


Fig. 6. The comparison of weight change rate (autogenic change) among the macroalgae. Data are mean of ± SD of 5 control replicates.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

해조류는 수온, 염분, 빛, 수질 및 서식지의 조건 등에 따라 성장이 활발하거나 억제되는데 실험기간동안 수온의 범위는 15.1℃~17.9℃, 염분의 범위는 30.8‰~33.2‰이었고 실험해수는 하루에 24회 환수하였으므로 실험환경에 미치는 영향은 매우 적었을 것으로 판단된다.

단일선택 섭식실험을 통해 까막전복이 size-group별로 선호하는 해조류를 조사한 결과 해조류 1종씩에 대한 섭식실험으로는 실제로 선호하는 해조류를 알기는 어렵고, size-group별로 섭식량의 차이가 커서 성장에 따른 변화를 판별하기에는 부족함이 있었다. 또한 까막전복이 먹이를 선택할 수 없으므로 여러 종류의 해조류가 서식하는 자연생태계 내에서도 동일한 결과를 나타내는지 확인할 수가 없었다. 따라서 단일선택 섭식실험에서 선호도가 높았던 다시마, 미역, 구멍갈파래와 제주도의 대표적인 대형갈조류인 감태를 동일한 실험구에 넣고 size-group별로 섭식실험을 실시하였다.

3) 다중선택 섭식실험

까막전복 Size-group별로 4종의 해조류(구멍갈파래, 미역, 다시마, 감태)를 동시에 투입하여 다중선택 섭식실험을 실시한 결과 S group에서는 구멍갈파래를 9.79±3.38g 섭식하여 가장 많이 섭식하였으며, 미역과 다시마를 그 다음으로 섭식하였고 감태는 섭식량이 상대적으로 가장 적어 단일선택 섭식실험결과와 동일하였다. M group에서는 미역이 1.74±1.60g으로 가장 많이 섭식하였고 S group과 상대적으로 구멍갈파래의 섭식량이 줄어든 것을 알 수 있었다. L group에서는 다시마가 6.27±2.11g을 섭식하여 가장 많이 섭식하였고 미역이 2.99±1.37g, 구멍갈파래가 1.13±0.57g 섭식하였으며 감태는 전혀 섭식하지 않았다(Fig. 7).

Size-group별 선호도변화를 살펴보면 S group에서는 구멍갈파래를 선호하다가 M group, L group으로 성장할수록 미역과 다시마를 선호하는 것을 알 수 있었으며 미역은 size-group에 관계없이 꾸준한 선호도를 나타내었고, 감태는 S group에서 조금 선호하다가 성장할수록 선호하지 않는 것으로 나타났다.

섭식량 변화의 주 효과를 알기 위해 전복의 크기, 해조류의 종류, 크기와 종류의 상호작용을 요인으로 하여 이원배치분산분석을 실시한 결과 모두 유의한 차이($P<.001$)를 나타내며 섭식량의 변화에 영향을 주고 있어 뚜렷한 요인을 찾기는 어려웠다(Table 6). 다중비교검정을 통해 알아본 요인내의 차이는 S group이 다른 group보다 섭식량이 높았고, 해조류의 종류별로는 다시마, 미역, 구멍갈파래가 동일한 수준에서 감태보다 많이 섭식되는 것을 알 수 있었다.

이와 같이 다중선택 섭식실험을 통하여 L group보다 S group의 섭식량이 많고, 다시마, 구멍갈파래, 미역을 선호하고 감태는 선호하지 않아 단일선택 섭식실험과 동일한 결과를 나타내었다. 하지만 제주도 해역에는 다시마가 서식하지 않기 때문에 S group에서는 구멍갈파래를, L group에서는 미역을 가장 선호하는 것으로 판단할 수 있다. 또한 감태는 성장하면서 점점 선호하지 않기 때문에 먹이원보다는 서식·생육장으로 이용된다고 생각되어진다.

그러나 이러한 결과만으로는 까막전복이 특정 해조류를 선택하여 섭식하는 이유에 대해서는 알 수가 없었다. 까막전복은 자연생태계 내에서 해조류를 섭식하기 위해 눈으로 대상체를 확인할 수가 없으므로, 해조류가 함유 또는 방출하고 있는 화학적인 성분을 감지하고 있는 것으로 생각되어진다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

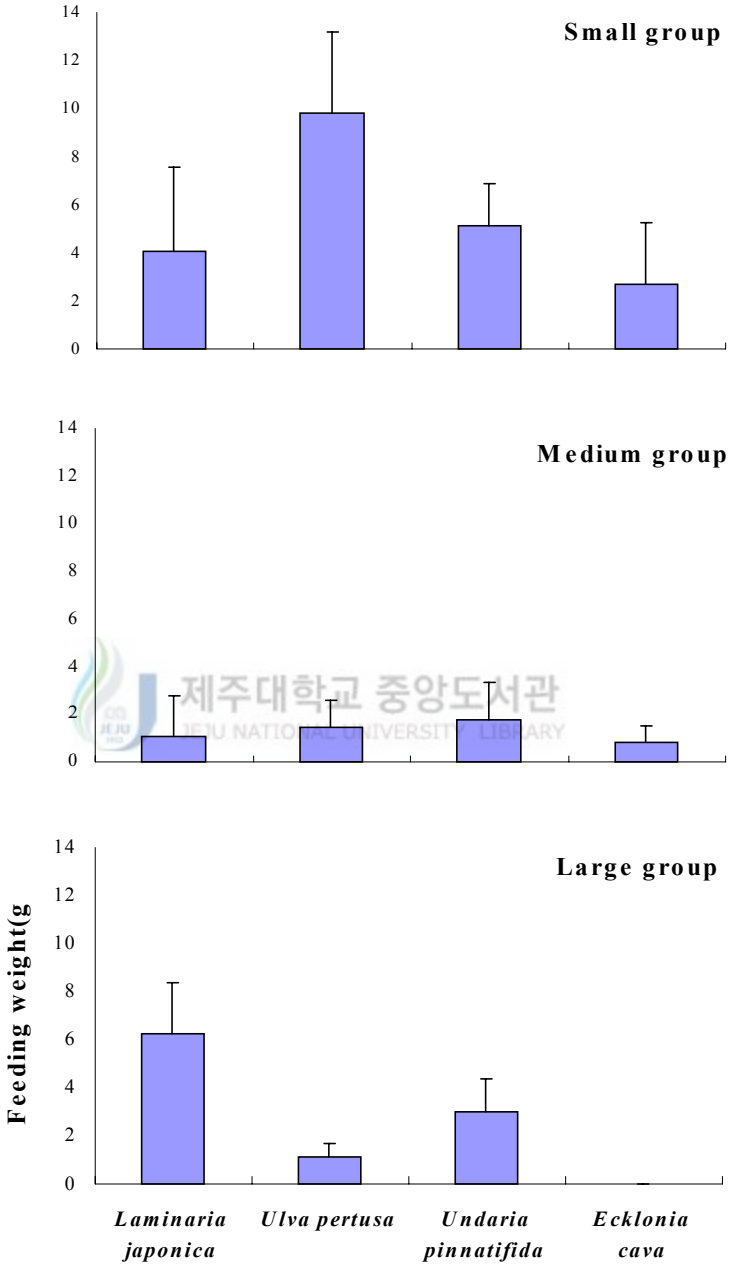


Fig. 7. Results of multi-choice feeding preference by *Haliotis discus*. Data are means of ± SD of 7 replicates by Two-way ANOVA.

따라서 단일선택 섭식실험과 다중선택 섭식실험의 결과를 바탕으로 몇 종의 해조류를 선택하여, 이들이 함유하고 있는 수용성·지용성물질을 추출하여 까막전복에 대한 섭식자극 여부를 알아보았다.

Table 6. Test of effects between abalone size and macroalgae species

(Dependent variable: Feeding weight)

Source	Type Ⅲ Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Noncent. Parameter	Observed Power[1]
Corrected model	630.725[2]	11	57.339	14.166	.000	155.829	1.000
Intercept	788.502	1	788.502	194.810	.000	194.810	1.000
Size	255.263	2	127.631	31.533	.000	63.066	1.000
Species	121.294	3	40.431	9.989	.000	29.967	.997
Size * Species	254.169	6	42.361	10.466	.000	62.796	1.000
Error	291.424	72	4.048				
Total	1710.651	84					
Corrected Total	922.149	83					

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

[1]. Computed using alpha = .05

[2]. R squared = .684 (Adjusted R Squared = .636)

Ⅲ. 까막전복의 섭식을 자극하는 물질

1. 서론

해조류에 함유된 성분이 까막전복의 섭식에 어떠한 영향을 미치는지를 알아보기 위하여 단일·다중선택 섭식실험의 결과에서 섭식선호도가 높았던 해조류와 상대적으로 낮았던 해조류를 구분하여 수용성 및 지용성 추출물에 대한 섭식자극실험을 실시하였다.

실험에 사용된 해조류는 모두 5종으로 섭식선호도가 높았던 다시마, 구멍갈파래, 미역과 섭식선호도가 낮았던 감태, 비틀대모자반을 선정하였다. 이들 해조류는 현장에서 채집한 후 여과해수로 2~3회 세척하여 엽상의 부착생물을 제거한 다음 성분추출을 실시하였다. 추출된 추출물을 이용하여 섭식효과를 알아보았고, 특히 섭식을 자극하는 성분을 파악하기 위해 섭식효과가 높은 지용성추출물을 분리·정제하고 이에 대한 생물실험을 통해 활성도가 있었던 부분에 대하여 함유된 구성성분을 분석하여 섭식자극성분을 알아보았다.

제주대학교 중앙도서관

2. 재료 및 방법

1) 수용성 물질의 추출 및 정량

실험대상 해조류 200g/wet weight를 각각 여과해수(filtered GF/C) 200㎖와 혼합한 후 파쇄기를 이용하여 해조류를 잘게 파쇄한 다음, 원심분리기(HANIL, MEGA17R)를 이용하여 원심분리(7000rpm, 30min)를 실시한 후 상등액을 시료로 사용하였다.

추출물의 단백질 정량은 Lowry 등(1951)의 방법을 응용한 분석세트(BIO-RAD, RC DC Protein assay kit)를 이용하는 방법으로 해조류 각각의 추출물을 반응시킨 후 분광광도계(SHIMADZU, UV-1601PC)를 이용 750nm에서 측정하여 정량하였다. 탄수화물 정량은 각 시료를 페놀과 황산에 반응시킨 후 485nm에서 흡광도를 측정하여 탄수화물 함량을 계산하는 페놀-황산 정량법(Dubois *et al.*, 1956)을 사용하였다. 또한 실험대상 해조류의 수분함량을 측정하기 위해 해조류를 -80℃에 급속냉동(ILSHIN, LF9017)시킨 후 동결건조(ILSHIN, FD5510S, -50℃, 5mTorr)를 하여 수분을 제거한 후 시료의 무게를 측정하여 정량하였다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

2)지용성 물질의 추출 및 정량

해조류 200g/wet weight를 각각 실내에서 자연 건조시킨 후 chloroform과 methanol 혼합액(C : M = 2 : 1)에 투입하여 지용성물질이 충분히 추출되도록 유기용매를 3~4회 교환하면서 전체지방질을 추출하였다. 추출된 전체지방질은 회전농축기(EYELA, N-N series)를 이용하여 농축한 후 냉동보관(-20℃)하였다(Folch *et al.*, 1957).

추출된 전체지방질의 무게를 측정하기 위해 추출물의 일정량을 칭량병에 넣고 항온수조(EYELA, SB-651, 37±1℃)에서 질소가스로 chloroform을 증발시킨 후 desiccator에 넣어 3시간동안 진공 건조시킨 후 남은 시료의 무게를 전자저울(SARTORIUS, BJ210S)로 측정하였다.

생물실험을 통해 활성도가 높은 해조류의 지용성추출물은 흡착크로마토그래피법을 이용하여 분별하였다. 시료는 컬럼(Φ2×50cm)에 정제시킨 silica gel 60 (MERCK, Φ60~200㎛)을 채운 후 농축시료를 넣고 Fraction; F1 (chloroform 70~100㎖), F2

(chloroform 300㎖), F3 (acetone 200㎖), F4 (methanol 200㎖)를 column에 흘려보내 용출시켜 분별하였다.

분별된 지용성 추출물 중 섭식을 자극한 활성물질의 확인을 위해 TLC plate (Whatman, silica gel, 20×20cm, 250㎛)에 각 물질을 전개시킨 후 UV lamp (UVP, UVGL-58)를 이용하여 검출・동정하였다.

3)섭식자극 생물실험

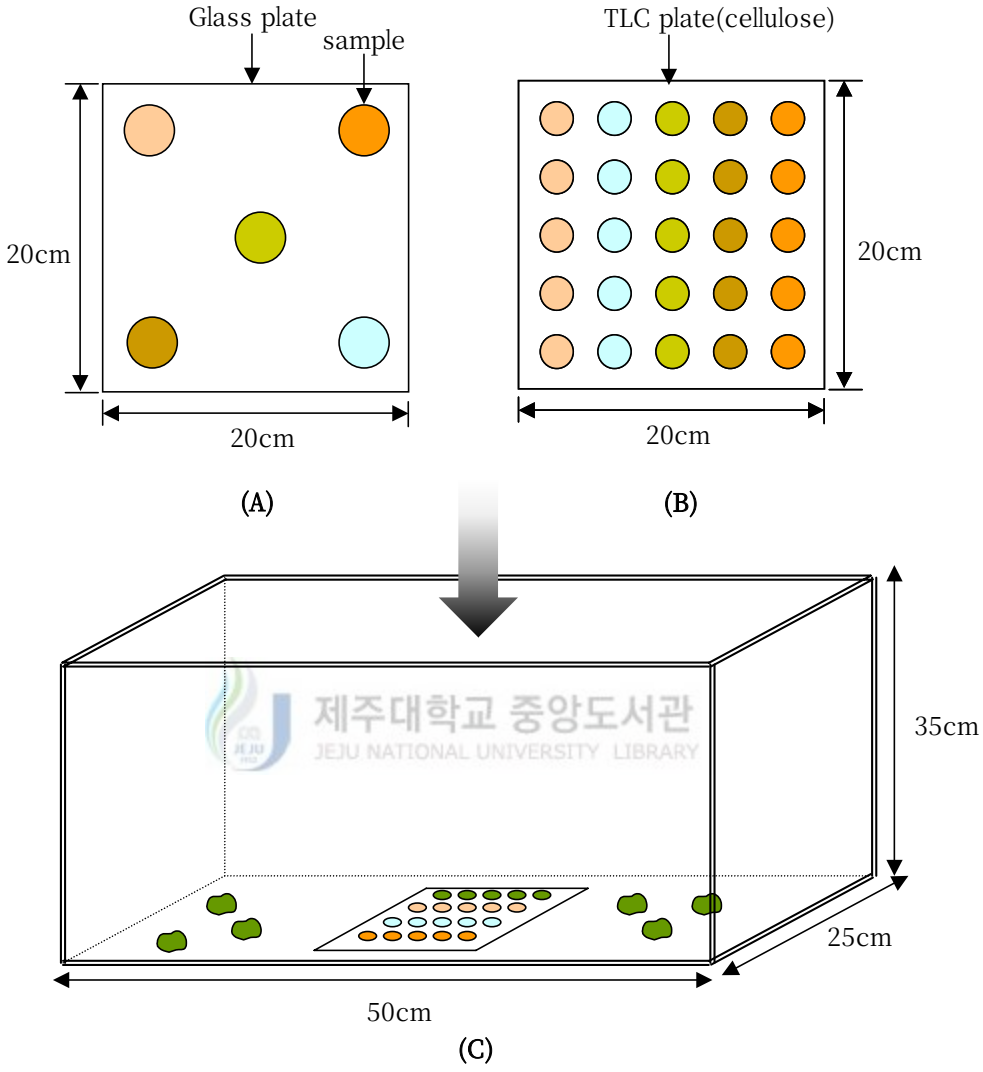
해조류에서 추출된 수용성・지용성추출물에 대한 생물실험을 위해 사용된 유리수조(25×50×35cm, W×L×H)는 안정된 실험환경을 위해 수조의 측면에 black-sheet를 붙여 빛을 차단시켰다(Fig. 8C).

까막전복은 size-group별로 예비실험을 통해 섭식효과를 확인하기 알맞은 개체수(L group: 4, M group: 6, S group: 40)로 조절하여 수용하였고, 실험 실시 전 하루동안 절식을 시킨 후 일몰시부터 다음 일출시까지 12시간동안 섭식자극실험을 실시하여 섭식효과를 알아보았다. 해수순환은 병렬식 주수관을 이용하여 6회전/hour이 되도록 조절하였다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

수용성추출물은 물에 용해되지 않게 1.5% soluble agar와 각각 혼합한 후 glass plate(20×20cm)에 떨어뜨려 냉장상태에서 굳힌 후 실험수조에 넣고 섭식 유무를 알아보았다(Fig. 8A).

지용성추출물은 cellulose를 입힌 TLC plate(thin layer chromatography, MERCK, 20×20cm, 250㎛)를 사용하는 생물시험법으로 간결하면서도 신뢰성이 높은 아비셀판법을 사용하였다. 각 해조류에서 추출된 전지질과 분별된 지질(F1~F4)을 TLC plate에 떨어뜨려 흡착 건조시킨 후 실험수조에 넣고 섭식 유무를 알아보았다(Fig. 8B).



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

Fig. 8. Diagram of plate and tank used feeding-stimulant experiment(A: glass plate, B: TLC plate, C: tank).

3. 결과 및 고찰

1) 해조류의 구성성분

해조류 5종의 수용성 추출물에 함유된 단백질을 정량분석한 결과 감태가 2345.4㎎으로 가장 많았고 구멍갈파래가 1021.8㎎, 비틀대모자반이 489.9㎎, 미역이 201.9㎎을 함유하였으며 다시마가 47.1㎎으로 가장 적은 함유량을 나타내었다. 탄수화물의 함유량은 구멍갈파래가 5114.4㎎으로 가장 많았고 감태가 2,548.2㎎, 미역이 2,024.1㎎, 비틀대모자반이 1,265.1㎎을 함유하였으며 다시마가 307.2㎎으로 가장 적은 함유량을 나타내었다(Fig. 9A). 지용성 추출물을 정량한 결과는 비틀대모자반이 3,510㎎으로 가장 많았고 구멍갈파래가 2,235㎎, 감태가 1,875㎎, 미역이 1,145㎎을 함유하였으며 다시마가 802.5㎎으로 가장 낮은 함유량을 나타냈다(Fig. 9B). 해조류의 수분함량을 알기 위해 엽체를 동결 건조시킨 결과 감태가 28.49g으로 가장 많았고 다시마가 5.19g로 가장 적어 상대적으로 다시마는 많은 수분을 함유하고 있었다(Fig. 9C).

Paine과 Vadas(1969)는 둥근성게(*Strongylocentrotus purpuratus, S. franciscanus*)를 대상으로 섭식선호도를 조사한 결과 해조류의 에너지함량(Kcal/ash-free dry weight)은 먹이의 선호순위와는 무관하며 오히려 함량이 낮은 다시마를 선호한다고 보고하고 있어, 단일·다중선택 섭식실험의 결과와 정량분석한 결과를 볼 때 해조류에 함유된 물질의 총량은 까막전복의 섭식선호도에 영향을 주지 않으며 함유된 물질 중에 특정한 성분이 선호도에 영향을 미치고 있다고 생각된다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

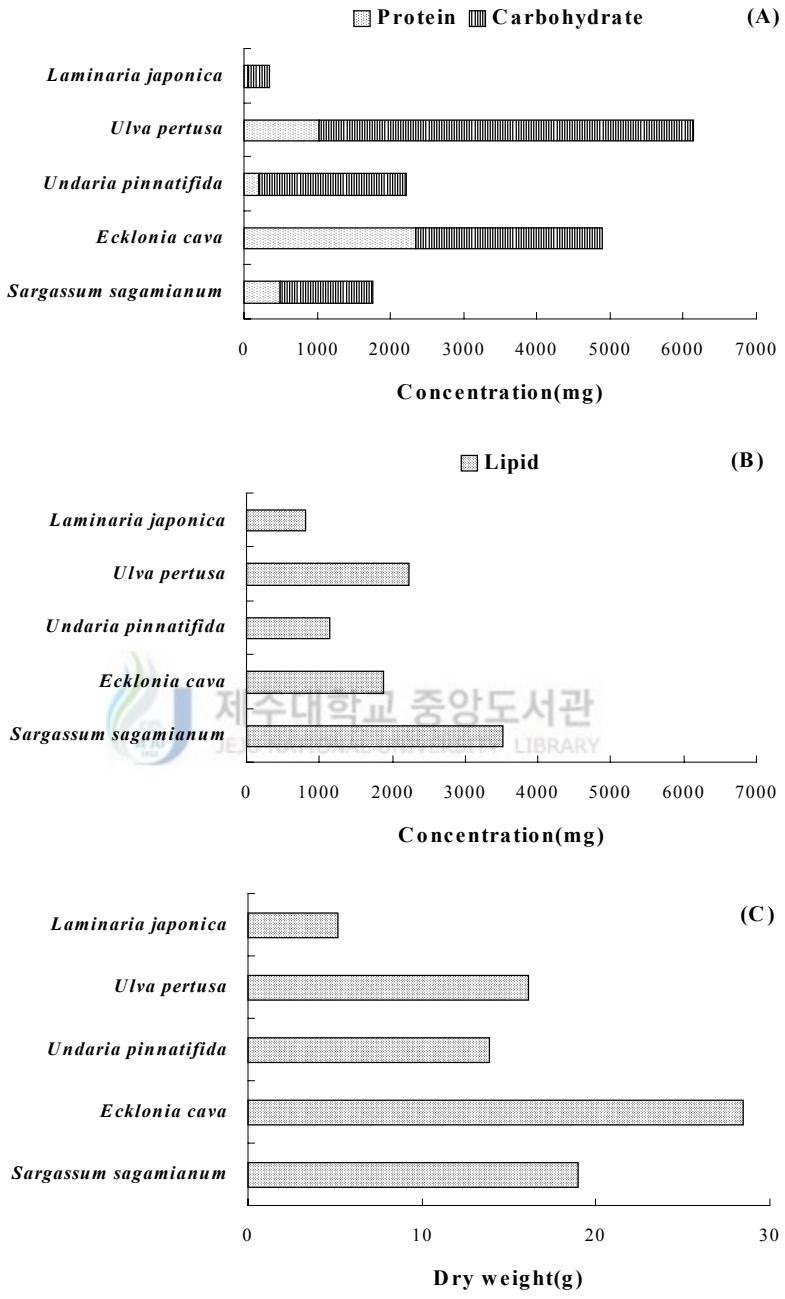


Fig. 9. Concentration of protein, carbohydrate, lipid and cell weight for 5 macroalgae (A: protein, carbohydrate, B: weight of total lipid, C: dry weight of cell).

2) 수용성 추출물

수용성 추출물에 대한 까막전복의 섭식자극효과를 알아본 결과 size-group에 관계없이 다시마, 구멍갈파래, 미역은 섭식을 하고 있지만 감태와 비틀대모자반은 섭식을 하지 않았다(Table 7). 이러한 결과는 해조류를 이용한 섭식선호도 실험에서 나타난 결과와 일치하고 있었다. 따라서 다시마, 구멍갈파래, 미역의 수용성추출물에는 까막전복의 섭식을 자극하는 성분이 함유되어 있고, 반대로 감태와 비틀대모자반에는 섭식을 방해하는 성분이 함유되어 있어 까막전복이 실험구안에서 섭식을 하지 않은 것으로 생각된다.

Table 7. Result of feeding-stimulant experiment used water-soluble extract

(A. I.: Attraction index)

Species	Size	Frequency					A. I.
		1	2	3	4	5	
Laminaria japonica	S	+	+	+	+	−	4
	M	+	+	+	+	+	5
	L	+	+	+	+	+	5
Ulva pertusa	S	+	+	+	+	+	5
	M	+	+	+	+	+	5
	L	+	+	+	+	+	5
Undaria pinnatifida	S	+	+	+	+	+	5
	M	−	−	+	−	+	2
	L	+	+	+	+	+	5
Ecklonia cava	S	−	−	−	−	−	0
	M	−	−	−	−	−	0
	L	−	−	−	−	−	0
Sargassum sagamianum	S	−	−	−	−	+	1
	M	+	−	−	−	−	1
	L	−	−	−	−	−	0

+: grazing, −: no grazing

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

3) 지용성 추출물

지용성추출물을 이용한 섭식자극실험은 Fig. 10에 나타낸 것처럼 치설활동의 흔적을 명확히 판별할 수 있어, 섭식효과를 3단계로 나누어 분석하였다. 그 결과 S group에서는 구멍갈파래가 가장 높은 섭식효과를 나타내었고 다음으로 미역과 다시마 순

으로 섭식효과를 나타내었다. 감태는 섭식의 흔적이 있었으나 앞의 3종의 해조류에 비해 섭식효과가 낮았고, 비틀대모자반은 섭식효과가 전혀 없었다. M group은 구멍갈파래와 미역이 동일하게 높은 섭식효과를 나타내었고 그 다음으로 다시마, 감태 순으로 섭식효과를 나타내었으나, 감태는 섭식효과가 나타나지 않은 경우도 있었다. 또한 비틀대모자반은 섭식효과가 나타나지 않았다. L group은 다시마가 가장 높은 섭식효과를 나타내었고 다음으로 미역과 구멍갈파래 순으로 섭식효과가 높았으나, 감태와 비틀대모자반은 전혀 섭식을 자극하지 않았다(Table 8).

Table 8. Result of feeding-stimulant experiment used total lipid extract

Species	Size	Frequency						
		1	2	3	4	5	6	7
Laminaria japonica	S	+++	++	+	+++	-	+	-
	M	++	++	+	+	+	+	+
	L	+++	-	+	+	+++	++	+
Ulva pertusa	S	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+
	M	++	+++	++	+	+	+	++
	L	+++	-	-	++	+	+	+
Undaria pinnatifida	S	++	++	++	+++	+	-	+++
	M	+	++	+	++	+++	++	+
	L	-	-	+	+	++	++	+
Ecklonia cava	S	+	-	+	+	+	+	+
	M	+	+	-	++	–	+	+
	L	-	-	-	+	–	–	+
Sargassum sagamianum	S	-	-	-	-	-	-	-
	M	-	+	-	-	-	-	-
	L	-	-	-	-	-	-	-

+++: grazing over 90%

++: grazing 50 ~ 90%

+: grazing under 10%

–: no grazing

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

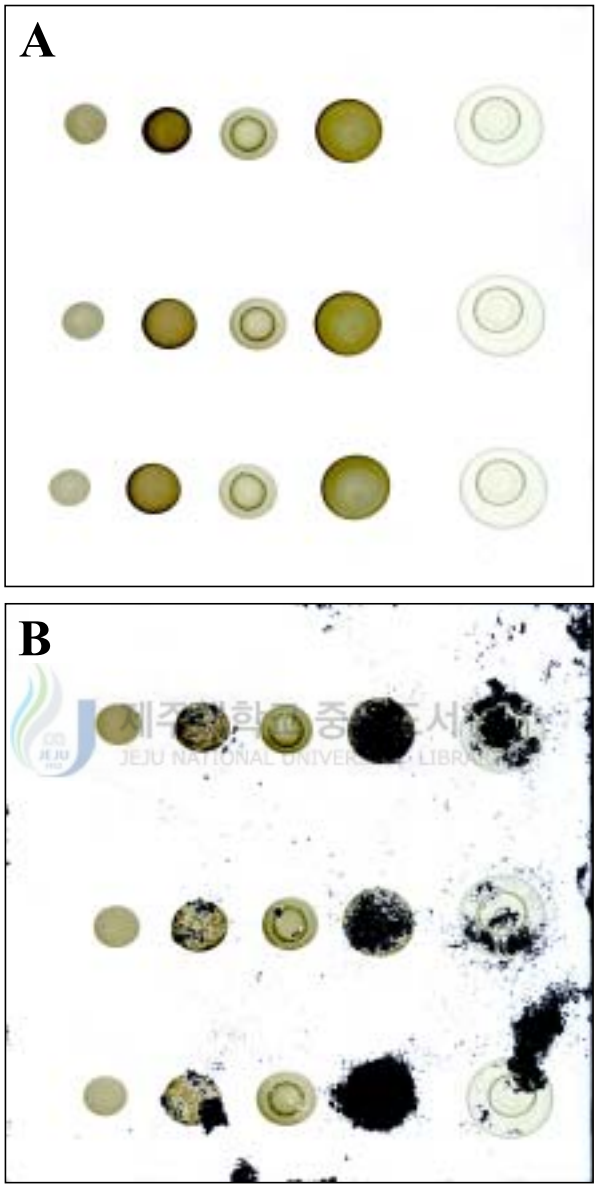


Fig. 10. Pictures of thin layer cellulose plate used to feeding-stimulant experiment (A: before feed, B: after feed).

이상의 결과 비틀대모자반을 제외한 다시마, 구멍갈파래, 미역, 감태의 지용성추출물에는 까막전복의 섭식을 자극하는 성분이 함유되어 있는 것으로 생각된다. 谷口 등

(1991)은 모자반목의 해조류에는 폴리페놀화합물이 함유되어 참전복의 섭식을 저해한다고 보고하고 있어, 같은 분류군인 비틀대모자반의 경우 까막전복의 섭식효과가 나타나지 않은 것은 이와 같은 섭식저해물질을 함유하고 있기 때문이라고 생각된다.

4) 섭식자극물질

한편 까막전복의 섭식을 자극하는 성분을 알아보기 위해 비틀대모자반을 제외한 4종의 해조류를 대상으로 지용성추출물을 분별하여 각각의 Fraction에 대한 섭식자극실험을 실시한 결과는 단순지질 부분인 Fraction 1과 2는 모든 해조류에서 섭식효과가 없었고, 당지질과 인지질을 함유하고 있는 복합지질 부분인 Fraction 4에서 높은 섭식효과가 나타났다(Table 9). 따라서 Fraction 4에 함유되어 있는 특정한 성분이 까막전복의 섭식을 자극하고 있는 것으로 판단되어 Fraction 4에 대한 성분분석을 실시하였다.

Table 9. Result of feeding-stimulant experiment used fraction-lipid

Species	Size	Fraction			
		F1	F2	F3	F4
Laminaria japonica	S	-	-	-	+++
	M	-	-	+	++
	L	-	-	-	+++
Ulva pertusa	S	-	-	-	++
	M	-	-	+	+++
	L	-	-	-	+++
Undaria pinnatifida	S	-	-	-	++
	M	-	-	+	+++
	L	-	-	-	+++
Ecklonia cava	S	-	-	-	+
	M	-	-	+	++
	L	-	-	-	+++
Total		0	0	4	30

+++: grazing over 90%

++: grazing 50 ~ 90%

제주대학교 중앙도서관 JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

+: grazing under 10%

-: no grazing

그 결과 해조류 4종 모두 중성지질과 색소를 함유하고 있었고, 해조류 2종 이상에서 공통적으로 복합지질인 Monogalactosyl diglyceride, Acylsteryl glycocide, Phosphaged acid와 당지질인 Acylsterol glucoside가 검출되었다(Table 10).

Table 10. Identified feeding-stimulant matter by thin layer chromatography

Lipid	Detection			
	L. japonica	*U. pertusa*	*U. pinnatifida*	*E. cava*
Compoundlipid				
Monogalactosyl diglyceride	○	○		
Acylsteryl glycocide	○		○	○
Phosphaged acid		○	○	○
Neutrality lipid + Pigment	7	5	8	8
Glycolipid				
Sulfoquinovosyl diacylglycerol				○
Monoglycocyl diglycerol			○	
Acylsterol glucoside	○		○	○
Phospholipid				
Phosphatidic acid				○
Lysophosphatidic acid				○
Total	17	13	18	19

Expand solvent; diisobutyl ketone : acetic acid : water = 40 : 25 : 4
TLC plate; MERCK, 20×20cm, 250㎛ thickness silica gel

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

Harada 등(1996)은 allspice에서 추출한 지용성물질인 essential oil에 함유된 β-elemene($C_{15}H_{24}$)이 까막전복의 유인에 효과적이었다고 보고하였으며, 北川 등(1989)도 미역에서 추출한 지용성물질 중 Digalactosyl diacylglycerol(DGDG)과 Phosphatidyl cholin(PC)같은 복합지질이 까막전복 치패의 섭식을 자극한다고 보고하였다. 이 결과로 볼 때 해조류에 함유된 지용성물질 중에서 복합지질 부분이 까막전

복의 섭식을 유인·자극하는 것으로 생각되며, 특히 검출된 성분 중 해조류 2종 이상에서 공통적으로 함유하고 있는 성분들이 복합적으로 까막전복의 섭식자극효과에 영향을 주고있다고 생각된다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

Ⅳ. 토 의

이상의 결과를 종합해보면, 해조류를 1종씩 투입한 단일선택 섭식실험에서 S group은 구멍갈파래를 가장 선호하다가 M group과 L group으로 성장할수록 미역과 다시마를 선호하는 양상으로 변화하였으며, 해조류 4종을 동시에 제공한 다중선택 섭식실험도 동일한 결과를 나타내었다.

또한 선호도가 높은 구멍갈파래, 미역, 다시마와 선호도가 낮은 감태와 비틀대모자반을 대상으로 성분을 추출하여 동일한 형태, 경도, 농도에서 생물실험을 하였으나 선호도의 변화는 없었다. 따라서 해조류 엽체의 경도 및 함유성분농도는 섭식선호도에 큰 영향을 주지 않음을 알 수 있었고, 해조류에 함유된 특정한 성분들의 복합적인 작용이 섭식선호도의 주원인임을 알 수 있었다.

하지만 제주도 해역에는 다시마가 서식하지 않기 때문에 전복이 성장기에는 수심이 낮은 곳에 서식하며 구멍갈파래를 선호하여 섭식하다가 성숙한 후에는 미역을 선호하는 것으로 생각되며 이러한 원인은 전복이 변화하는 생리적 요구에 의해 특정성분을 감지하여 섭식하는 것으로 판단된다. 또한 제주도에 우점하여 군락을 이루고 있는 감태는 성장기에는 먹이원이 될 수 있지만 성숙한 후에는 먹이원보다는 서식·생육장으로서의 역할을 하고 있는 것으로 생각된다.

제주대학교 중앙도서관

해조류는 계절과 생육장소에 따라 함유된 성분조성이 변화하고 엽체의 부위별로도 조성의 차이가 있어(石井 等, 1980, 西出 等, 1988) 한 시점에 채집된 해조류로 이루어진 실험의 결과로는 까막전복의 생활사에 따른 섭식활동을 단정짓기에는 무리가 있다. 또한 해조류가 포식을 당하면 손상된 부위에서 방어물질을 분비하는 기작(secondary chemical defense)이나 함유되어 있는 섭식저해성분에 대한 자세한 고찰 및 검증도 이루어져야 할 것이다.

향후, 섭식을 자극하는 물질에 대한 더욱 세밀한 연구를 통해 까막전복의 섭식, 분포, 이동의 생활사를 규명하고자 할 때, 이번 실험의 결과는 중요한 자료로 활용할 수 있을 것으로 생각된다.

Ⅴ. 요 약

제주도에 주로 서식하는 까막전복(*Haliotis discus* Reeve)이 성장함에 따라 어떤 해조류를 선호·섭식하고, 그 원인은 무엇인지를 알아보기 위하여 까막전복을 1cm(S group), 3cm(M group), 5cm(L group)로 선별하여 13종의 해조류를 대상으로 섭식선호도를 알아보았다.

그 결과 S group은 녹조류인 구멍갈파래를 가장 선호하였고 L group으로 성장할수록 갈조류인 미역을 선호하였으며, 제주해역에서 가장 많이 분포하는 감태는 까막전복이 성장함에 따라 점점 선호하지 않는 것으로 나타났다. 또한 제주도에 서식하지 않는 다시마의 선호도를 알아본 결과 성장할수록 선호하였다. 따라서 까막전복이 각장 1cm 전후에는 얕은 수심에 서식하는 구멍갈파래를 선호하다가 점차 미역과 같은 갈조류를 선호하는 것으로 생각된다.

또한 까막전복이 특정한 해조류를 선호하는 원인을 규명하기 위해 각 해조류에서 추출된 물질을 이용하여 섭식자극실험을 실시한 결과 수용성추출물을 이용한 실험에서는 미역, 구멍갈파래, 다시마를 섭식하였으며 감태와 비틀대모자반은 전혀 섭식하지 않았다. 지용성추출물을 이용한 실험에서는 S group은 구멍갈파래를 M group은 미역과 구멍갈파래를 L group은 다시마를 가장 선호하였으며 비틀대모자반은 전혀 섭식하지 않아 앞서 실시한 생물실험과 동일한 결과를 나타내었다. 따라서 까막전복의 섭식은 해조류 엽체의 특성보다 함유된 성분에 의해 섭식자극이 일어나는 것으로 생각된다.

까막전복의 섭식을 자극하는 물질을 조사하기 위해 지용성물질을 분리하여 생물실험을 실시한 결과 복합지질 부분인 Fraction 4에 집중적인 섭식효과를 나타내어 Fraction 4를 TLC법을 이용하여 동정한 결과 해조류 4종 모두 중성지질과 색소를 함유하고 있었고, 해조류 2종 이상에서 공통적으로 복합지질인 Monogalactosyl diglyceride, Acylsteryl glycocide, Phosphaged acid와 당지질인 Acylsterol glucoside가 검출되어 이 성분들이 까막전복의 섭식을 자극하는 것으로 생각된다.

이와 같은 결과로 까막전복이 특정 해조류를 선호하여 섭식하는 주원인은 해조류에 함유된 섭식자극물질이 까막전복을 유도·자극시켜 섭식하게 한다고 생각된다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

Ⅴ. 참 고 문 헌

박무억. 1993. 폐쇄순환여과식 시스템에서 전복류 치패의 사육밀도와 성장. 제주대석사학위논문. 41pp

윤충환. 2000. 제주 연안 해중 전복가두리 사육시스템에서 까막전복(*Haliotis discus*)의 사육과 성장. 제주대석사학위논문. 39pp

이용필・강서영. 2001. 한국산 해조류의 목록. 제주대학교출판부. 662pp

정성채・이성만・손팔원. 1993. 참전복 *Haliotis discus hannai*의 육상수조사육에 관한 연구-Ⅰ. 수조형태별・사육밀도별 사육실험. 한국양식학회지. 7(1)

지영주・유성규・노 섬・김승헌. 1988. 수하식양식채롱에 의한 참전복, *Haliotis discus hannai* Ino 치패의 수용밀도와 성장. 국립수산진흥원. 42: 59-69

廣田望. 1978. 海藻のロロフィルに關する硏究-Ⅰ. 日本科學水産學會 44(9): 1003-1007

廣田望・上岡薫・態谷晶子. 1989. ヒヅキのクロロフィル-クソペク質複合体の分離と色素組成. 日本水産學會 55(11): 1961-1969

谷口和也・藏多一哉・鈴木 稔. 1991. 褐藻シルアラメのポリフェノール化合物によるエゾアワビに對する攝食沮害作用. 日本水産學會. 57(11): 2065-2071

菊池省吾・浮永久. 1974. アワビ屬の採卵技術に關する硏究 2. 紫外線照射海水の 産卵誘發效果. 東海區水硏報. (33)

제주대학교 중앙도서관

瀨川宗吉. 1991. 原色日本海藻圖鑑. 保育社. 195pp

浮永久. 1986. 化學と生物. 24: 495-497

北川 勳・伏谷伸宏. 1989. 海洋生物のケミカルシグナル. 講談社

西出英一・木下喜紀・安齊寬・內田直行. 1988. ワカメ中の熱水抽出物, 水溶性アルギソ及びアルカリ可溶性アルギソ酸の部位別分布. 日本水産學會. 54(9): 1619-1622

石井紀明・鈴木護・松葉滿江・小柳卓. 海洋生産中の微量元素の定量-Ⅲ. 日本科學水産學會. 46(2): 185-189

松原新之助. 1882. 石決明の産卵を解剖術に由て說明す. 大日水會報. 10(2)

宇野寬. 1976. 種苗の放流效果, アワビ類の生態と放流の問題點. 水産學シリーズ. 12

猪野峻. 1952. 邦産アワビ屬の增殖に關する生物學的研究. 東海區水研報. (5)

坂田完三. 1985. 化學と生物. 23: 557-559

Arrontes J. 1990. Diet, food preference and digestive efficiency in intertidal isopods inhabiting macroalgae. *J. Exp. Mar. biol. Ecol.* 139: 231-249

Daume S., Brand-Garder S. and Woelkerling Wm.J. 1999. Preferential settlement of abalone larvae: diatom films vs. non-geniculate coralline red algae. *Aquaculture*. 174: 243-254

Donald. R. 1976. California farm rears prized red abalone. Fish farming international. 3(4)

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

Faulkner D.J. 1992. Marine natural products. *Nat. Prod. Rep.* 9: 323-364

Fenical W. 1982. Natural products chemistry in the marine environment. *Science*. 215: 923-928

Fleming A.E. 1995. Growth, intake, feed conversion efficiency and chemosensory preference of the Australian abalone, Haliotis rubra. *Aquaculture*. 132: 297-311

Folch J. M., Lees G.H and Stanley S. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.* 226: 497-509

Gribble G.W. 1994. Natural organohalogens. *J. Chem. Educ.* 71: 907-911

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

Harada K., Miyasaki T., Kawashima S. and Shiota H. 1996. Studier on the feeding attractants for fishes and shellfishes. XXIV. Probable feeding attractants in allspice Pimenta officinalis for black abalone Haliotis discus. *Aquaculture*. 140: 99-108

Haug A. and Jensen A. 1956. *in* "second intern seaweed symp.". Pergamon press. London. pp10-15

Hay M.E. 1981. The functional morphology of turf-forming seaweeds: persistence in stressful marine habitats. *Ecology*. 62: 739-750

Hay M.E. 1996. Marine chemical ecology: what's known and what's next?. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 200:103-134

Ishikawa M., Izawa G. and Omori T. 1987. Annual variations of elemental

quantities in brown sea algae Hijiki *Hizikia fusiforme*. *J. Nipp. Suis. Gakk.* 55(5): 853-859

John D.M, Hawkins S.J. and Price J.H. 1992. Plant-animal interactions in the marine benthos. Oxford: Clarendon Press

Kawamura T., Takami H., Roberts R.D. and Yamashita Y. 2001. Radula development in abalone *Haliotis discus hannai* from larva to adult in relation to feeding transitions. *Fisheries Sci.* 67: 596-605

Kim J.H. and DeWreede R.E. 1996. Distribution and feeding preference of a high intertidal Littorinid. *Botanica Marina* 39: 561-569

Littler M.M. and Littler D.S. 1980. The evolution of thallus form and survival strategies in benthic marine macroalgae: field and laboratory tests of a functional form model. *Am. Nat.* 116: 25-44

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

Lobban C.S. and Harrison P.J. 1994. Seaweed Ecology and Physiology. Cambridge Univ. Press. New York. 366pp

Lowry O.H., Rosenbrough N.J., Farr A.L. and Randall R.J. 1951. Protein measurement with the Folins phenol reagent. *J. Biol. Chem.* 193: 265-275

McConnell O.J. and Fenical W. 1977. Halogen chemistry of the red alga *Asparagopsis*. *Phytochemistry* 16: 367-374

Murayama, S. 1935. On the development of the Japanese abalone, *Haliotis gigantea*. *J. Coll. Agri.* Tokyo Imp. Univ. 8(3).

Norton T.A., Hawkins S.J., Manley N.L., Williams G.A. and Watson D.C. 1990. Scraping a living: a review of littorinid grazing. Hydrobiologia. 193: 117-138

Ochiai Y., Katsuragi T. and Hashimoto K. 1987. Proteins in three seaweeds, "Aosa" *Ulva lactuca*, "Arame" *Eisenia bicyclis*, and "Makusa" *Gelidium amansii*. *J. Nipp. Suis. Gakk.* 53(6): 1051-1055

Paine R.T. and Vadas R.L. 1969. The effects of grazing by sea urchins, *Strongylocentrotus* spp., on benthic algal populations. *Limnol. Oceanogr.* 14: 710-719

Steneck R.S. 1986. The ecology of coralline algal crusts: convergent patterns and adaptive strategies. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 17: 273-303

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

Steneck R.S. and Watling L. 1982. Feeding capabilities and limitations of herbivorous molluscs: a functional group approach. *Mar. Biol.* 68: 299-319

Tokuda H., Kawashima S. Ohno M. and Ogawa H. 1994. Seaweeds of Japan. Midori Shobo. 194pp

Watson D.C. and Norton T.A. 1985b. Dietary preferences of the common periwinkle, *Littorina littorea* (L.). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 88: 193-211

Worm B., Lotze H.K., Boström C., Engkvist R. Labanauskas V. and Sommer U. 1999. Marine diversity shift linked to interactions among grazers, nutrients and propagule banks. *Mar. Ecol.* 185: 309-314

감사의 글

1992년 봄, 아라벌에 발을 들여 해양학에 입문하고 정말 내가 나아갈 길인지 고민을 많이 했던 기억이 떠오릅니다. 새내기였던 제가 어느덧 논문을 마치게 되니 스스로 고생했다는 생각보다는 주위의 고마운 분들이 먼저 생각납니다.

항상 열정으로 탐구하는 모습을 보여주시고 제자들의 고민을 같이하여 주신 이준백 교수님께 감사 드립니다. 또한 논문에 관해 날카로운 조언과 격려하여 주신 심사위원장 고유봉 교수님께 감사 드립니다. 저에게 해양생물 분야에 관심을 갖게 해주시고 논문의 전과 후를 줄곧 지도하여 주신 심사위원 고형범 박사님께 감사 드립니다. 그리고 대학원과정동안 많은 관심과 힘을 주신 해양학과 윤정수 교수님, 최영찬 교수님, 방익찬 교수님, 윤석훈 교수님께 감사 드립니다. 실험설계 전반에 관하여 지도하여 주시고 통계법과 검토 등 세세한 부분까지 아낌없이 조언해 주신 성균관대학교 김정하 교수님께 감사 드립니다. 학부시절부터 밤늦도록 연구실에 남아 지도해주시고 힘들 때마다 언제나 같이 해주신 산업정보대학 좌종헌 교수님께 감사 드립니다.

부족한 저를 3년이란 긴 시간동안 곁에 두고 관심을 가져주신 제주도해양수산자원연구소 이종만 소장님께 감사 드립니다. 항상 저의 나아갈 길과 세세한 부분까지 걱정해주신 홍성삼 과장님, 나약해진 저를 불호령으로 채찍질 해주신 김문관 과장님, 언제나 특유의 너털웃음으로 격려해주신 조동근 계장님, 모든 연구에 저를 데리고 다니며 가르쳐주시고 연안어선에 몸을 맡기며 생사고락을 같이한 자원개발연구팀 홍성완 연구사님, 김필연 연구사님, 김판석 주사님, 김준택 박사님께 감사 드립니다. 정성들여 키운 전복을 실험에 사용하라며 기꺼이 지원해주신 패류팀 현재민 연구사님, 오성립 연구사님, 황수형 주사님, 강형철 주사님께 감사 드립니다. 항상 인생의 선배로서 조언을 아끼지 않은 박용석 연구사님, 고경민 연구사님, 강용준 주사님, 허방섭 주사님, 김형철 주사님, 윤종식 주사님, 홍원식 주사님께 감사 드립니다. 늦은 시간 근무를 서며 지켜 봐주신 이용상, 김복철 형님과 정다운 벗이 되어준 민수, 힘든 와중에도 논문과 통계자료를 보내준 승연에게도 감사의 마음을 전하고 싶습니다.

언제나 따뜻함으로 차근차근 지도해주신 국립수산과학원 김재우 실장님과 조성환 연구사님, 미약한 저를 추켜세우며 친동생처럼 대해준 고종표, 이원석, 문용식 형님에게 감사 드립니다. 생생한 경험의 전수를 아끼지 않았던 강도형, 이창호, 이주한 형과

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

웃음으로 실험을 도와준 태룡, 달수, 기현, 경진, 영건, 미옥, 승진, 공철, 성현, 관협에게도 고마움을 표하고 싶습니다. 대학원과정을 동고한 요혜, 승종, 희종, 진필, 선미, 지형, 승철, 창수와 선배랍시고 잘 따라준 플랑크톤 연구실 성주, 재원, 지은, 해진, 은희와 멀리 떨어져 있는 강동우, 신 범, 이무형, 홍수경 모두가 미소를 머금게 하는 사람들입니다.

무엇보다도 온갖 어려움을 겪으시면서도 혼자만을 위해 살아온 부족한 자식을 위해 기도와 희생을 아끼지 않으셨던 아버지와 한결같은 사랑을 끊임없이 베풀어주신 어머니께 주님의 축복이 가득하길 기도하면서 이 작은 결실을 바칩니다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY