

통영산 물렁증 멧게 피막의 편모충 감염

신윤경* · 김현중 · 박경일† · 최민순 · 전제천* · 김응오*

*국립수산과학원 전략양식연구소

군산대학교 해양과학대학 수산생명의학과

Occurrence of bi-flagellated protists in the tunics of ascidians *Halocynthia roretzi* with tunic-softness syndrome collected from Tongyeong, south coast of Korea

Yun Kyung Shin*, Hyoun Joong Kim, Kyung Il Park†, Min Soon Choi, Je Cheon Jun* and Eung Oh Kim*

*National Fisheries Research Institute, Busan 619-705, Republic of Korea

Department of Aquatic Life Medicine, College of Ocean Science and Technology, Kunsan National University, Gunsan 573-701, Republic of Korea

The edible ascidian *Halocynthia roretzi* is a commercially important fisheries resource in Korea. However, for the last several years, outbreaks of mass mortalities of the species have been occurring along the south and east coasts of Korea, where most ascidians are produced. Although it is known that tunic-softness syndrome is associated with these mortality events, the agent causing the syndrome has not yet been confirmed. To determine the agent causing tunic-softness syndrome, healthy and diseased ascidians were collected in March 2011 from Tongyeong, on the south coast of Korea, and were used for biological and pathological investigations. The results showed that diseased ascidians exhibited remarkably reduced body fluid, fatness index, and tunic index compared with healthy specimens. Interestingly, bi-flagellated protozoans were observed specifically in the tissue imprints and tunic cultures of diseased ascidians at an occurrence rate of 97.5%. Histological observation showed that the thickness of the tunics of diseased ascidians was reduced by half, and irregular structure and breakdown of the tunic fiber bundles were observed. In particular, flagellate-like cells were observed in the diseased ascidians. Our study clearly shows that bi-flagellated protists are present only in the softened ascidians, suggesting that the flagellates are partly or entirely associated with soft-tunic syndrome. Accordingly, further investigations to verify the effects of the flagellates found in the present study on soft-tunic syndrome should be conducted.

Key words : *Halocynthia roretzi*, Tunic-softness syndrome, Flagellates, Korea

멧게 또는 우렁챙이 (*Halocynthia roretzi*)는 척삭동물문 해초강 (Ascidacea) 측성해초목 (Pleurogona) 멧게과 (Pyuridae) 에 속하는 무척추동물로 우리나라

동해와 남해의 수심 5~20m 임반에 고착하여 군락을 이루며 서식한다 (홍, 2006). 몸통은 붉은색 또는 주황색을 띠며 표면에는 돌기가 돌아 있고 몸통 윗부분에 입수공과 출수공이 있어 이를 통해 각종 유기물과 플랑크톤을 섭식한다. 멧게는 불포화 알코올인 Cynthiol이 내는 독특한 맛과 향 (Suzuki, 1959), 타우

†Corresponding Author : Kyung Il Park

Tel : +82-63-469-1882

E-mail : kipark@kunsan.ac.kr

린 (이 등, 1993), 콘드로이틴황산 (김 등, 2004) 등 인체에 유익한 영양성분으로 인해 한국과 일본에서 기호 식품으로 중요하며 따라서 수산업적 가치가 매우 높은 종이다 (농림수산식품부, 1990). 국내에서는 1974년 국립수산과학원에서 종묘생산 (변 등, 1977) 및 양식기술이 개발 (장, 1979) 되면서 경남 통영을 중심으로 대량생산이 이루어져 1990년대 중반에는 연간 2~4만 톤 정도 생산되었으나 이후 지속적인 생산량 감소가 나타나 2000년대 들어서는 1만여 톤을 생산하는 데 그치고 있다 (통계청, 2011).

명게 생산량의 감소는 1970년대 중반과 1990년대 후반에 나타난 명게 대량 폐사 현상에 기인하며, 1970년대에는 9~10월 대량 폐사가 주된 생산량의 감소를 초래한 반면 1990년대부터 현재까지는 주로 동절기 및 봄철에 대량 폐사하고 있다 (장 등, 1982; Hong *et al.*, 2000). 최근 10여 년간 통영 지역의 경우 매년 13,000~50,000여 톤의 폐사가 발생하여 60~90%의 폐사율을 나타냈으며, 피해금액은 매년 200억 원을 상회하고 있다 (국립수산과학원, 2009). 이 기간에 나타나고 있는 명게 폐사는 공통적으로 피막섬유질 다발 (tunic fiber bundle) 이 분해되어 섬유질 밀도가 낮아짐으로써 피막이 얇아지고 연화되어 결국 피막이 터져 폐사하는 특징을 나타내기 때문에, 이러한 증상은 물령증 (soft tunic syndrome) 으로 불리고 있다 (Jung *et al.*, 2001; Choi *et al.*, 2006; Azumi *et al.*, 2007; Hirose *et al.*, 2009). 물령증은 수온이 7~18°C일 때 발생하는데 주 발생기는 수온 10°C 정도인 겨울철 저수온기이며, 20°C 이상으로 수온이 상승하면 관찰되지 않는다.

최근 보고에 의하면 물령증은 전염성 인자에 의해 유발되는 것으로 확인된 바 있으며 (국립수산과학원, 2009), 수온과 수용밀도 (Hong *et al.*, 2000), 혈구내 원충 (Choi *et al.*, 2006), 유전적 요인 (Cho *et al.*, 2008),

바이러스 (Jung *et al.*, 2001; 송 등, 2009) 등이 연구되었으나 물령증과의 관련성은 명확히 규명되지 않고 있다. 보다 최근에는 일본 미야기현에서 양식 중인 명게에서 2007년부터 물령증 증상이 보고됨에 따라 물령증 원인에 대한 집중적인 연구가 진행되었으며, 물령증 원인생물로 *Bodonidae* 과 편모충이 보고된 바 있다 (Kumagai *et al.*, 2010, 2011).

본 연구는 통영지역에서 양식되고 있는 명게 중 물령증 증상이 나타나는 명게와 정상 명게의 생물학적 특성을 비교하고 물령증 명게 피막에서 특이적으로 검출되는 편모충에 관하여 보고하고자 한다.

재료 및 방법

시료 채집

본 연구에 이용된 명게는 2011년 3월 25일 경상남도 통영시에 위치한 수하식 양식장에서 채집되었다. 물령증 명게 40개체는 통영시 도산면 해역에서, 증상이 없는 20개체는 한산면 해역에서 채집하여 각각 4°C에 보관한 상태에서 실험실로 옮겼다 (Fig. 1). 채집된 명게 중 비감염 명게는 NI (not infected) 로 표시되었으며, 물령증 명게는 증상에 따라 Fig. 2와 같이 중증 (SS, severe symptom) 과 경증 (MS, mild symptom) 등 2개 그룹으로 나누었다. 비감염 지역의 수온은 9.5°C, 염분은 32.5psu 그리고 DO는 0.58mg/l이었으며, 감염지역의 수온은 8.3°C, 염분은 31.2psu, DO는 0.48mg/l였다.

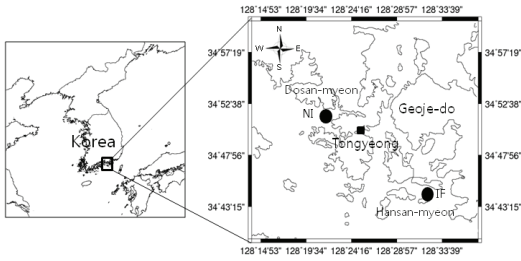


Fig. 1. Map showing sampling locations. NI, not infected; IF, infected.

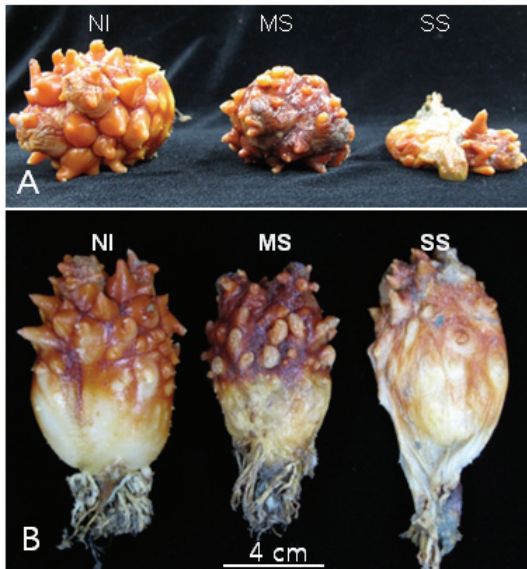


Fig. 2. Top (A) and side (B) views of healthy and diseased ascidians. Specimens are arranged by level of soft-tunic syndrome: NI (not infected) MS, mild symptoms SS, severe symptoms.

멧게 체액중량, 비만도 및 피막지수

멧게의 체고 (height) 는 Vernier calipers를 이용하여 0.01 mm까지 측정하였고, 총중량 (total weight), 육질 중량 (tissue wet weight) 및 피막 중량 (tunic weight) 은 각각 0.001 g까지 측정하였다. 체액중량 (Fluid weight) 은 총 중량 - (조직 중량 + 피막 중량) 으로 나타내었고, 비만도 (Fatness index) 는 육질 중량(g)/체장(mm)³ 으로 나타내었고, 피막지수 (Tunic index) 는

피막무게(g)/피막면적(1cm²)으로 나타내었다.

물렁증 멧게에서 편모충 검출

각 그룹 (NI, MS, SS) 의 멧게를 대상으로 기생충의 감염 여부를 확인하기 위해 각 멧게의 피막을 1 × 1cm로 적출하였다. 그 후 피막을 PBS (0.01 M) 로 간단히 세척한 후 slide glass에 도말 (imprint) 하여 cover slip을 덮고 광학 현미경을 통해 관찰하였으며, 같은 크기의 또 다른 피막 조직을 12-well plate에 여과 멸균해수와 같이 넣고 10°C에서 24시간 배양 후 도립 현미경으로 관찰하는 등 2가지 방법을 이용하여 기생충의 여부를 관찰하였다.

조직학적 검사

물렁증 멧게 피막의 병리학적 특성을 관찰하기 위하여 각 그룹의 멧게 피막을 각각 1 × 1cm로 적출한 후 Davidson’s fixative에 48시간 동안 고정하였으며, 이를 70% EtOH로 치환시켰다. 이후 조직처리기 (LEICA TP 1010) 와 포매기 (LEICA EG 1160) 를 이용하여 paraffin block에 봉입하였다. 이때 동일 시료를 2등분하여 하나는 피막과 직각이 되도록 mold에 봉입 (cross-section) 하고 나머지는 표피 (epidermis) 가 평행하게 봉입 (longitudinal-section) 하였다. 파라핀 block 은 5µm 두께로 박절한 후 slide glass에 부착하였으며 Mayer’s hematoxylin과 eosin (H&E) 으로 염색하여 광학현미경을 이용해 관찰하였다.

통계

물렁증 증상에 따라 3개 그룹으로 나뉜 멧게의 크기, 중량, 비만도 및 tunic index의 각 그룹별 평균 차이는 통계프로그램인 SPSS 10.1을 이용하여 p<0.05인 경우 유의한 것으로 판단하였다.

실험 결과

물렁증 명계의 특징

비감염 명계 (NI) 의 평균 체고는 74.36mm, 경증 (MS) 명계는 77.37mm, 중증 (SS) 명계는 89.92mm였으며, 총 중량은 각각 80.70g, 58.39g, 50.61g으로써 물렁증 감염시 체중의 감소가 심각한 것으로 관찰되었다 (Table 1). 이러한 체중의 감소는 체액중량의

감소에 기인한 것으로 비감염 명계의 평균 체액중량 (FW) 은 38.281g이었으나 경증 명계의 경우 17.646g으로 감소하였고 중증의 명계는 2.345g에 불과하였다. 비만도 (FI) 역시 0.775이었으나 경증 명계는 0.648이었으며, 중증 명계는 0.446으로 감소하였다 ($P<0.05$). 또한 평균 피막지수는 비감염 명계의 경우 0.217이었으나 경증 명계 0.187, 중증 명계는 0.114로 현저히 감소하였다 ($p<0.05$).

Table 1. Sizes and weights of the ascidians used and indices for tunic softness syndrome among sample groups. BF, body fluid; FI, fatness index; TI, tunic index; FW, fluid weight

| Infection degree | N | Height (mm) | Total weight(g) | Tissue weight(g) | Tunic weight(g) | FW(g) | FI | TI | Grade (Kitamura <i>et al.</i> , 2010) |
|------------------|----|--------------------------|---------------------|------------------|-----------------|---------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------------------|
| Not infected | 20 | 74.36±8.74 ^a | 80.703 ^a | 29.268 | 13.154 | 38.281 ^a | 0.775±0.296 ^a | 0.217±0.066 ^a | 0 |
| Mild symptom | 20 | 77.37±9.41 ^a | 58.392 ^b | 28.533 | 12.215 | 17.645 ^b | 0.648±0.260 ^b | 0.187±0.064 ^b | 2 |
| Severe symptom | 20 | 89.92±14.98 ^b | 50.614 ^b | 30.550 | 16.251 | 2.345 ^c | 0.446±0.125 ^c | 0.114±0.045 ^c | 3 |

물렁증 명계의 편모충 검사

물렁증 증상에 따라 3개의 그룹으로 나뉜 명계의 기생충 감염을 조사한 결과 물렁증 증상이 있었던 시료의 피막 tissue imprint를 현미경하에서 관찰한 결과 운동성이 강한 편모충의 형태를 가진 충체가 다수 확인되었다 (Fig. 3A). 관찰된 충체는 장축이 10~15 μ m, 단축은 3~5 μ m였으며, 각각 20 μ m 내외 2개의 편모로 구성되어 있었다 (Fig. 3B). 이러한 편모충은 경증의 물렁증 증상 (MS) 을 보인 총 20개체 전수 (100%) 에서 나타났으며, 증상이 심한 개체 (SS) 들에서는 총 20개체의 명계 중 19개체 (95%) 에서 검출되었다. 그러나 건강한 명계 (NI) 에서는 편모충이 전혀 발견되지 않았다 (Table 2). 결과적으로 물렁증에 감염된 명계에서는 97.5%의 감염률을 나타냈다.

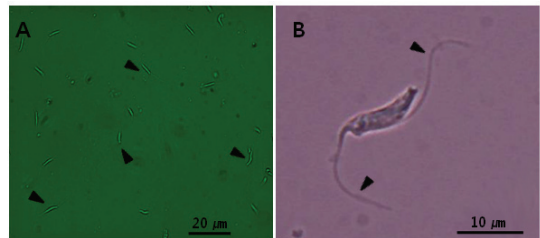


Fig. 3. Isolated flagellates in seawater (A) an enlarged flagellate (B).

Table 2. Occurrence rate of flagellates among healthy and tunic softness syndrome ascidians examined by tunic imprint observation and tunic culture.

| Infection degree | N | Occurrence rate (%) | | |
|------------------|----|---------------------|---------------|-------|
| | | Tunic imprint | Tunic culture | Total |
| Not infected | 20 | 0 | 0 | 0 |
| Mild symptom | 20 | 100 | 100 | 97.5 |
| Severe symptom | 20 | 95 | 95 | |

조직학적 검사

피막의 단면을 직각이 되도록 절편 (Cross-section) 하여 조직학적으로 관찰 결과 멧게의 피막 (tunic) 은 각피 (cuticle), 피막본체 (main body of the tunic) 및 상피주변부 (peri-epidermal area) 로 구성되어 있었다 (Fig. 4A-B). 물렁증에 감염된 멧게의 피막은 두께가 감소한 것이 관찰되었다. 비감염 멧게의 경우 피막 두께가 약 1mm 정도로 측정된 반면, 물렁증에 감염된 개체는 0.4-0.6mm에 불과하였다 (Fig. 4A-B). 피막의 중심부인 피막본체의 구조를 관찰한 결과 건강한 멧게의 외피는 피막섬유질다발 (bundles of tunic fibres) 이 굵고 조밀하며 가지런한 형태로 형성되어 있었으나 (Fig. 4C), 물렁증 멧게인 경우 피막섬유질다발이 붕괴되어 정렬되지 않고 불규칙 적이며 다수의 공포가 관찰되었다 (Fig. 4D). 또한 피막섬유와 공포 주변에서 멧게의 혈구세포와 구별되는 긴 타원형 형태의 편모충이 관찰 되었으며 (Fig. 4D), 피막본체 일부에서는 충체가 밀집하여 분포하는 지역도 확인되었다 (Fig. 4E). 조직학적 관찰시 측정된 충체는 장축 길이가 7~10 μ m로 피막에서 직접 분리한 편모충 (intact) 에 비해 축소된 크기였다. 피막과 평평하게 절편된 시료 (longitudinal-section) 에서도 피막섬유질다발이 불규칙하게 배열되어 있었으며, 둥근형태의 혈구와 구별되는 다수의 타원형 충체가 관찰되었다 (Fig. 4F).

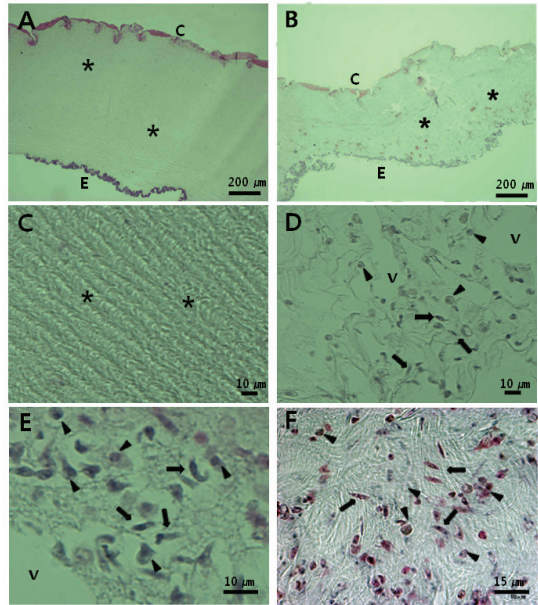


Fig. 4. Histological observation of healthy and softened tunics of *Halocynthia roretzi*, cross-section of the tunics of NI (A, C) and SS (B, D, E), and longitudinal-section of the tunics of SS (F). Asterisks indicate bundles of tunic fibers; arrowheads, tunicate hemocyte; arrows, flagellate; v, vacuole.

고 찰

본 연구에 이용된 멧게는 물렁증의 경중에 따라 비감염 (NI), 경증 (MS) 및 중증 (SS) 으로 구분되었으며, 이를 Kitamura *et al.* (2010) 의 물렁증 진단 기준에 따라 분류한 결과 각각 0, 2, 3단계로 판단되었다. Kitamura *et al.* (2010) 의 기준에 의하면 0은 비감염 지역의 비감염 멧게, 1은 감염지역의 비감염 멧게, 2는 경증 감염으로 만졌을 때 피막의 일부가 연화된 경우, 3은 중증감염으로 대부분 또는 전체가 연화된 상태, 4는 물렁증으로 인해 내부 장기가 유출되는 상태를 시각·촉각으로 진단하여 물렁증의 발전 정도를 표현하고자 한 것으로 지역별 시기별 물렁증의 발병 정도를 정량화하고 비교할 수 있는 기준으로 용이한 방법이다. 본 연구에서는 물렁증 멧게에서

나타나는 각종 장기의 크기와 무게를 정상 명계와 비교함으로써 물렁증에 의한 명계의 생물학적 특성의 변화를 확인하고자 하였으며 조사결과 물렁증 명계의 경우 체액량, 피막지수 및 비만도가 현저히 감소하였고, 특히 피막지수의 감소는 피막두께의 감소에 기인한 것으로 향후 물렁증 증상을 정량화하는데 효과적인 지수로 판단된다.

현재까지 물렁증의 원인체로서 다양한 미생물이 연구되었으며, 특히 단세포로서 명계혈구에서 검출된 paramyxean 기생충이 보고된 바 있다 (Choi *et al.*, 2006). 그러나 기생충으로 판단된 높은 전자밀도를 가진 봉입체 (inclusion body) 는 일본의 건강한 명계에서도 발견되는 것으로 보고되었다 (Hirose *et al.*, 2009). 그러나 최근 Kumagai *et al.* (2010) 이 일본 미야기현에서 양식 중인 명계 중 물렁증 명계에서 편모충을 검출하였고, 공격실험을 통하여 이 편모충을 물렁증의 원인체로 보고한 바 있다 (Kumagai *et al.*, 2010, 2011). 이들 보고에 의하면 물렁증 명계의 77%에서 편모충을 검출한 반면, 비감염 명계에서는 검출되지 않았다. 본 연구에서 역시 물렁증 명계 피막을 해수에서 배양했을 때 편모충이 확인되었으며, 그 감염률은 경증의 명계에서는 100%였고, 중증의 명계에서는 95%가 확인됨으로써 일본에서 보고된 바와 같이 편모충이 물렁증과 매우 밀접한 관련이 있는 것으로 판단된다. 특히 Kumagai *et al.* (2011) 에 의하면 이러한 편모충은 국내 산 명계에서도 이미 검출된 바 있어 본 연구 결과를 뒷받침하고 있다.

조직학적 검사결과 물렁증 명계의 피막은 피막섬유질다발이 붕괴된 것이 확인되었으며 이러한 증상은 일본의 물렁증 명계에서도 동일하게 관찰되었다 (Hirose *et al.*, 2009; Kitamura *et al.*, 2010). 섬유질다발의 붕괴는 명계 피막이 cellulose로 구성되어 있기 때문에 효소작용에 의해 유발되었을 것으로 추정된

다. 한편 조직학적 관찰시 피막본체 내에서 편모충으로 명확히 확인되지는 않지만 명계 혈구와는 현저히 구분되는 장축 10~15 μ m, 단축 2~3 μ m의 충체가 확인되었으며 이는 일본에서 보고된 충체와 형태적으로 매우 유사한 것으로 사료되었다. 또한 다수의 혈구가 집중되는 현상이 관찰됨으로써 염증현상이 충체를 중심으로 발생하는 것으로 판단된다.

결론적으로 물렁증이 나타나는 명계는 체액량과 비만도 및 피막지수가 현저히 감소하였으며 특히 피막지수는 물렁증을 정량적으로 표현하는데 유용한 지표로 여겨진다. 조직학적 검사결과 물렁증 명계의 피막섬유질다발이 붕괴되는 현상이 관찰되었다. 본 연구에서 검출된 편모충은 물렁증이 발생한 명계에서만 특이적으로 관찰됨에 따라 국내 물렁증 발병에 편모충이 밀접한 관계가 있는 것으로 판단된다. 따라서 향후 공격 실험 등 이들 편모충이 명계 물렁증 유발에 미치는 영향에 대한 심도 있는 연구가 요망된다.

요 약

명계 물렁증 원인규명의 일환으로 2011년 3월에 경남 통영에서 채집된 물렁증 명계와 건강한 명계를 대상으로 병리학적 검사를 실시한 결과 물렁증 명계의 경우 체액량, 비만도 및 피막지수가 현저히 감소하였다. 물렁증 명계의 피막 imprint 관찰과 배양 시 2개의 편모를 가진 원생동물이 확인되었으며, 물렁증 명계에 대한 이들 편모충의 감염률은 97.5%인 반면 건강한 명계에서는 검출되지 않아 본 편모충은 물렁증 명계에서 특이적으로 검출되는 것으로 조사되었다. 조직학적 검사결과 물렁증 명계에서 피막섬유질다발의 붕괴 현상이 관찰되었으며, 편모충으로 추정되는 원생동물들이 다수 관찰되었다. 통영산 물렁증 명계에서 확인된 편모충은 일본에서 검출된 그

것과 매우 유사한 형태적 특징을 갖고 있으며, 향후 공격실험 등 물렁증 유발과 편모충과의 연관성에 대한 추가 연구가 요망된다.

감사의 글

본 연구를 위한 시료채집에 도움을 주신 통영시 멧게수협과 멧게 사육에 노고를 아끼지 않은 군산대학교 수산생명의학과 기생충학연구실 학생들에게 감사 드립니다. 본 연구는 국립수산과학원 수산시험 연구사업 (과제번호:RP-2011-AQ-073) 으로 수행되었습니다.

참고문헌

- Azumi, K., Usami, T., Kamimura, A., Sabau, W.V., Miki, Y., Fujie, M., Jung, S.J., Kitamura, S., Suzuki, S. and Yokosawa, H.: cDNA microarray analyses reveal candidate marker genes for the detection of ascidian disease in Korea. *Zool., Sci.*, 24:1231-1240, 2007.
- Cho, H.K., Nam, B.H., Kong, H.J., Han, H.S., Hur, Y.B., Choi, T.J., Choi, Y.H., Kim, W.J. and Cheong, J.H.: Identification of softness syndrome-associated candidate genes and DNA sequence variation in the sea squirt, *Halocynthia roretzi*. *Mar. Biotechnol.*, 10:447-456, 2008.
- Choi, D.L., Jee, B.Y., Choi, H.J., Hwang, J.Y., Kim, J.W. and Berthe, F.C.J.: First report on histology and ultrastructure of an intrahemocytic paramyxean parasite (IPP) from tunicate *Halocynthia roretzi* in Korea. *Dis. Aquat. Organ.*, 72(1):65-69, 2006.
- Hirose, E., Ohtake, S.I. and Azumi, K.: Morphological characterization of the tunic in the edible ascidian, *Halocynthia roretzi*(Drasche), with remarks on 'soft tunic syndrome' in aquaculture. *J. Fish Dis.* 32:433-445, 2009.
- Hong, J.P., Kim, Y.S. and Hur, S.B.: Effect of temperature fluctuation and different stocking densities on mortality of sea squirt, *Halocynthia roretzi* (con Drasche). *J. Aquacult.*, 13(4):285-293, 2000.
- Jung, S.J., Oh, M.J., Date, K. and Suzuki, S.: Isolation of marine birnavirus from sea squirts *Halocynthia roretzi*. In *The biology of ascidians*, pp. 436-441, Sawada, H., Yokosawa, H., Lambert, C.C., Springer-Verlag, Tokyo, 2001.
- Kitamura, S.I., Ohtake, S.I., Song J.Y., Jung, S.J., Oh, M.J., Choi, B.D., Azumi, K., and Hirose, E.: Tunic morphology and viral surveillance in diseased Korean ascidians: soft tunic syndrome in the edible ascidian, *Halocynthia roretzi* (Drasche), in aquaculture. *J. Fish Diseases.* 33:153-160, 2010.
- Kumagai, A., Suto, A., Ito H., Tanabe, T., Song, J.Y., Kitamura, S.I., Hirose, E., Kamaishi T., Miwa, S.: Soft tunic syndrome in the edible ascidian *Halocynthia roretzi* is caused by a kinetoplastid protist. *Dis. Aquat. Org.* 95:153-161, 2011.
- Kumagai, A., Suto, A., Ito, H., Tanabe, T., Takahashi, K., Kamaishi, T., Miwa, S.: Mass mortality of cultured ascidians *Halocynthia roretzi* associated with softening of the tunic and flagellate-like cells. *Dis. Aquat. Org.* 90:223-234, 2010.
- Suzuki, Y.: Biochemical studies of the ascidian, *Cynthia roreroretzi* V. Drasche III. The constitution of new n-decadienol. *Tohoku J. Agr. Res.*, 10:391-395, 1959.
- 국립수산과학원. 멧게 양식산업 안정화 연구, pp.61-63, 서울, 2009.

- 김배환, 안삼환, 최병대, 강석중, 김영림, 이후장, 오명주, 정태성. *In vivo* 에 의한 미색류 콘드로이틴황산의 기능성 화장품 소재로서의 기능성. 한국식품영양과학회지, 33:641-645, 2004.
- 변충규, 노용길, 장영진. 우렁쟁이 *Cynthia roretzi* DRASCHE의 초기발생 및 채묘에 관하여. 국립수산과학원연구보고, 18:113-122, 1977.
- 송진경, 윤현미, 최병대, 오명주, 정성주. 명게, *Halocynthia roretzi* 에서 분리된 해양버나바이러스의 특성과 물렁증과의 관련성. 한국어병학회지, J. Fish Pathol., 22(3): 229-237, 2009.
- 李康鎬, 朴泉洙, 洪柄一, 丁宇鎭. 우렁쟁이 利用에 關한 研究. 韓水誌, 26(1):8~12, 1993.
- 장동석, 전세규, 정성채. 우렁쟁이 폐사 원인조사. 국립수산과학원연구보고, 29:7-40, 1982.
- 장영진. 양식용우렁쟁이, *Halocynthia roretzi* (Drasche)의 초기성장에 관하여. 국립수산과학원연구보고, 21:69-76, 1979.
- 통계청: http://kosis.kr/abroad/abroad_01List.jsp, 2011.
- 홍성운. 한국해양무척추동물도감, p.451, 아카데미서적, 서울, 2006.

Manuscript Received : August 8, 2011

Revised : October 30, 2011

Accepted : November 1, 2011