

Research Article

Open Access

불가사리 추출물의 복숭아혹진딧물(*Myzus Persicae*) 살충활성

장자영,¹ 이솔,² 정이영,² 최은현,² 조욱희,² 양시영,¹ 서정미,³ 김인선^{1*}

¹전남대학교 농업생명과학대학 농화학과, ²전남과학고등학교, ³광주광역시 보건환경연구원

Aphicidal Activity of Starfish (*Asterina pectinifera*) Extracts against Green Peach Aphid (*Myzus Persicae*)

Ja Yeong Jang,¹ Sol Yi,² Iee Young Jung,² Eun Hyun Choi,² Uk Hee Jo,² Jung Mi Seo,³ Si Young Yang¹ and In Seon Kim^{1*} (¹Department of Agricultural Chemistry, Institute of Environmentally-friendly Agriculture, College of Agriculture and Life Sciences, Chonnam National University, Gwangju 500-757, Republic of Korea, ²The Chonnam High School of Science, Naju 520-824, Chonnam, Republic of Korea, ³Gwangju Advanced Institute of Health and Environment, Gwangju 502-240, Republic of Korea)

Received: 1 June 2011 / Accepted: 15 June 2011

© The Korean Society of Environmental Agriculture

Abstract

BACKGROUND: Starfish is one of major sea invertebrates that have become a serious economic threat to aquacultural farms in Korea. Much effort has sacrificed to reduce the economic losses of the farms by predatory starfish, including developing and searching biological resources for medicinal and agricultural purposes. In the present study, we investigated aphicidal activity of the extracts from the starfish *Asterina pectinifera* against green peach aphid.

METHODS AND RESULTS: Fresh starfishes were cut into small pieces, homogenized and soaked in methanol. The methanol extracts were centrifuged and the resulting supernatant was subjected to aphicidal activity assays and a series of silica gel column chromatography. More than 70% mortality of aphids were observed by the extracts at a concentration of 1,000 mg/L, exhibiting dose-dependent mortality. TOF-MS analyses detected polyhydroxysteroid as a main aphicidal compound from the starfish extracts. Transmission electronic microscopy could demonstrate that the extracts with polyhydroxysteroid caused aphids death by affecting their epicuticular membrane.

CONCLUSION(s): This is the first report of aphicidal activity of the starfish *Asterina pectinifera* extracts against green peach aphid. Starfish biological resources may be used as a potential candidate for developing a new type natural insecticide.

Key Words: Aphid, Bioresource, Insecticide, Polyhydroxysteroid, Starfish

서론

불가사리는 불가사리과의 극피동물에 속하는 해양 저서생물이며 그 중 가장 상위의 생태적 지위를 갖고 있다(Paine, 1971). 우리나라 근해의 경우 약 200여종이 서식하며 외래종인 아무르불가사리(*Asterias amurensis*), 토속종인 별불가사리(*Asterina pectinifera*), 거미불가사리(*Ophioplocus japonicus*) 등이 많이 분포되어 있다(Kim, 1969). 우리나라 패류 양식장에 피해를 주는 불가사리류는 아무르불가사리와 별불가사리로서 이들은 번식력과 재생력이 강하며 그 숫자 또한 많아 양식장뿐만 아니라 연안 생태계에도 위협의 대상이 되고 있다(Kang *et al.*, 2000). 이에 해마다 수만 마리씩 구제하는 불가사리의 처리 방법과 활용 방안에 대해 관심이 고조되고 있다.

불가사리를 어업권역에서 효과적으로 처리하는 방법을 강구하는 노력 이외에 이를 산업적으로 활용하기 위해 일본의 경우 1980년대부터 이와 관련된 연구발표가 활발히 이루어졌

*교신저자(Corresponding author):

Tel: +82-62-530-2131 Fax: +82-62-530-2139

E-mail: mindzero@chonnam.ac.kr

으며, 세계적으로 항균제, 항바이러스제, 항염증제, 항생제 등의약품 내용으로서 소재로 활용하기 위한 연구가 진행되어 왔다(Anderson *et al.*, 1989; Prokof'eva *et al.*, 2003). 불가사리 생물체는 스테로이드 외에 글리코겐 화합물, 퀴논계 화합물, 알칼로이드 화합물, 당지질성 화합물, 인지질 등의 다양한 생체물질로 구성되어 있어 의약 및 농업소재로서 활용 가치가 높다고 알려져 있다(Palagiano *et al.*, 1995; de Marino *et al.*, 1997; Choi *et al.*, 2010). 우리나라 근해에서 수도 수산양식장에 막대한 피해를 주고 있는 해적생물인 불가사리가 대량 번식하고 있는 실정으로서 이에 대한 대책마련이 시급한 실정이나 불가사리의 주요 성분인 칼슘 성분을 이용한 사료 또는 비료 첨가제로서의 활용에 그치고 있다(Lee *et al.*, 1989).

본 연구에서는 불가사리를 유용한 생물소재로서의 활용성을 연구하기 위하여 불가사리 추출물의 진딧물에 대한 살충효과를 시험하였다.

재료 및 방법

시약 및 불가사리

본 실험에 사용된 용매는 HPLC급으로서 Fisher Scientific (Pittsburgh, PA, USA)에서 구입하여 사용하였다. 불가사리는 전남 고흥군 녹동 앞바다에서 포획한 별불가사리 (*Asterina pectinifera*)로서 어민이 대량 포획한 신선한 자연산을 구입하여 실험에 사용하였다. 구입한 불가사리는 수돗물로 충분히 표면을 세정한 다음 -20°C에서 보관하였다. 본 실험에는 형태적으로 유사하고 크기와 무게가 서로 유사한 불가사리를 사용하였다. 특별히 언급하지 않은 기타 시약은 분석급으로서 Junsei Chemical Co. (Japan)에서 구입하여 사용하였다.

시료 추출

불가사리 생체 1 kg을 칭량하여 믹서에 넣어 분쇄한 다음 불가사리 생체무게의 2배량에 해당하는 methanol을 가하여 24시간 동안 침지 추출하였다. 추출액은 Celite 545 (Merck, Germany)가 깔린 No. 6 여과지에서 감압여과한 다음 여과액은 감압농축기(EYELA N-100, Tokyo Rikakikai Co., Ltd, Japan)을 이용하여 60°C에서 물이 남을 때까지 농축하였다. 농축 후 농축액의 2배 부피에 해당하는 증류수를 농축물에 넣은 다음 동일 부피의 *n*-hexane과 ethyl acetate를 이용하여 순차적으로 분배추출하여 유기용매층을 수거하였다. 추출 후 남은 물층은 다시 0.1N HCl을 이용하여 pH를 2로 조정한 다음 상기와 같이 ethyl acetate로 분배추출하였다. 얻어진 유기용매 추출물을 각각 무수 황산나트륨층에서 탈수시킨 다음 50°C에서 상기와 같이 감압농축하였다.

시료 정제

시료 정제는 20 g의 silica gel(Kiesel gel 60, 230-400

mesh, Merck)이 충전된 유리칼럼(내경 3.3 mm 길이 500 mm)에서 수행하였다. 칼럼은 silica gel을 chloroform을 이용하여 습식법으로 충전하였으며, 충전 후 bed volume의 2배량 부피에 해당하는 동일 용매로 용출하여 세정하였다. 세정 후 상기에서 얻은 농축물을 bed volume의 1/80 무게 수준이 되게 chloroform에 용해한 다음 column에 넣고 chloroform : ethyl acetate의 혼합용매로 ethyl acetate를 10%(v/v)씩 100%(v/v)까지 증가시키면서 용출하였다. 이를 다시 ethyl acetate : methanol의 혼합용매로 methanol을 10%(v/v)씩 100%(v/v)까지 증가시키면서 용출하였다. 이때 각 혼합용매는 bed volume의 2배량에 해당하는 부피로 용출하였다. 정제과정에서 얻은 용출분액은 상기와 같이 감압농축하였다. 농축액은 1,000 mg/L 수준이 되게 10% (v/v)의 dimethyl sulfoxide : methanol (4:1, v/v) 혼합용매로 재용해한 다음 진딧물 살충활성 시료로 사용하였다.

진딧물 살충실험

진딧물 살충실험은 Yang 등(2010) 및 Kim 등(2011)의 방법에 준하여 실시하였다. 크기가 균일한 2령 복숭아혹진딧물(*Myzus persicae*) 유충 10 마리를 1.5 × 1.5 cm 크기로 세절된 배추 잎에 부드러운 붓으로 안치한 다음 증류수에 적신 No. 6 여과지를 함유한 plate에 옮겼다. 진딧물이 안치된 plate는 25°C 온도와 70%의 습도에서 순치하였다. 순치 12시간 후 상기에서 얻은 살충활성 시료 10 µL를 마이크로피펫을 이용해 진딧물 등에 고르게 처리하였다. 이때 대조구는 10%(v/v)의 dimethyl sulfoxide : methanol (4:1, v/v) 혼합용매로서 동일한 양을 처리하였다. 또한, 진딧물 살충활성이 높은 것으로 알려진 *Pseudomonas* sp. EP-3 배양액(Kim *et al.*, 2011)을 비교용 표준시료로 처리하였다. 살충효율은 처리 24시간 후 진딧물의 생충수와 살충수를 고려하여 다음과 같이 Abbott(1925) 방법에 준하여 조사하였으며 모든 실험은 3반복으로 수행하였다. 살충율(%) = [(A-B)/B] × 100(A: 대조구 생충 수, B: 처리구 생충 수).

살충물질의 분석

살충물질의 분석은 상기에서 살충효율이 가장 높은 것으로 조사된 silica gel 정제분액을 이용하여 수행하였다. 이를 위해 살충효율이 가장 높은 정제분액을 반복적으로 정제하였다. 정제 후 얻은 불가사리 추출물의 살충물질은 Q-TOF-MS (MS) 분석을 통해 동정하였다. MS 분석은 Bruker Daltonics TOF MS (Bremen, Germany)를 사용하여 electron spray ionization (ESI)법에 의한 positive mode에서 분석하였다. 시료주입은 외부 노즐 주입기를 이용한 직접도입법으로 수행하였다. 분석시료 MS의 scan 범위는 50-2000 m/z, Nebulizer gas 압력은 0.4 bar, dry gas의 유속은 4.0 L/min, 건조온도는 180°C, collision energy와 RF는 각각 10.0 eV와 600.0 Vpp이었으며 quadrupole ion energy는 5.0 eV, 그리고 transfer time은 120.0 µs이었다.

진딧물의 현미경 관찰

불가사리 추출물의 진딧물 살충기작을 조사하기 위해 진딧물 시료를 현미경으로 분석하였다. 시료는 Kim 등(2011) 방법에 따라 준비하였으며 현미경은 투과전자현미경(FEI Techai G2 T12 Spirit TEM, USA)이었다.

결과 및 고찰

불가사리 추출물의 복숭아혹진딧물에 대한 살충효율은 Table 1에 나타내었다. 살충효율을 보이지 않은 대조구에 비해 pH 7.0 조건에서 불가사리를 ethyl acetate로 추출한 추출물의 경우 살충효율이 약 79.4% 수준으로서 현저하게 높았으며 pH 2.0 조건에서 ethyl acetate로 추출한 추출물의 경우 살충효율은 약 14.7% 수준이었다. 또한 지질성 추출물을 다량 함유한 *n*-hexane 추출물의 살충효율은 약 28.6% 수준으로서 pH 7.0 조건에서 ethyl acetate로 추출한 추출물의 경우 보다 현저하게 낮았다. 이러한 결과는 불가사리 추출물의 진딧물에 대한 살충물질은 pH 7.0 조건에서 ethyl acetate로 추출된 물질이었음을 간접적으로 의미하였다. 살충효율이 가장 높은 추출물의 농도별로 조사하였을 때 살충력은 농도의존성이었으며 100 mg/L 수준에서 약 50% 수준의 살충효율을 보였다.

한편 진딧물 살충효율이 가장 높은 추출물을 silica gel 컬럼에서 정제하였을 때 40% ethyl acetate를 함유한 methanol 용출분액에서 약 71% 수준으로 가장 높은 살충효율을 보였으며 나머지 분액에서는 대조구와 유사한 수준의 살충효율을 보였다. 또한 가장 높은 살충효율을 보인 용매분액을 반복적으로 정제하여 얻은 불가사리 추출물의 살충물질을 TOF-MS 분석으로 동정한 결과 m/z 523.3244를 갖는 MS 분자이온이 관찰되었다(Fig. 1). 이를 TOF-MS에서 원소분석을 수행한 결과 분자화학식이 $C_{27}H_{48}O_8Na$ 로 예측되었으며, 예측된 화합물의 이론적인 분자질량은 523.3241로서 불가사리 추출물 살충물질의 분자질량인 523.3244에 비해 TOF-MS 통계상 -0.5 ppm의 오차를 보였다. 이는 TOF-MS 분석에서 예측된 분자화학식이 매우 높은 신뢰성을 가지고 있음을 의미하였다. 동정된 분자화학식을 MS library에서 탐색한 후 예상 화합물을 선정 한 다음 불가사리 살충물질과 거의 동일한 분자질량을 갖는 화합물을 조사한 결과 polyhydroxy-

Table 1. Aphicidal activity of the starfish *Asterina pectinifera* extracts against *Myzus persicae*

Sample	Aphicidal activity (%) ¹⁾
Control ²⁾	0.0±0.0
EP-3 cultures ³⁾	100.0±0.0
Extract I ⁴⁾	28.6±0.0
Extract II ⁵⁾	79.4±22.2
Extract III ⁶⁾	14.7±24.3

¹⁾ The data are means±SD of triplicate

²⁾ Sample solvent: 10% of the mixture of DMSO : methanol (4:1, v/v)

³⁾ *J. Agric. Food Chem.* 2010, 934-938 (Kim *et al.*)

⁴⁾ The extracts by *n*-hexane at pH 7.0

⁵⁾ The extracts by ethyl acetate at pH 7.0

⁶⁾ The extracts by ethyl acetate at pH 2.0

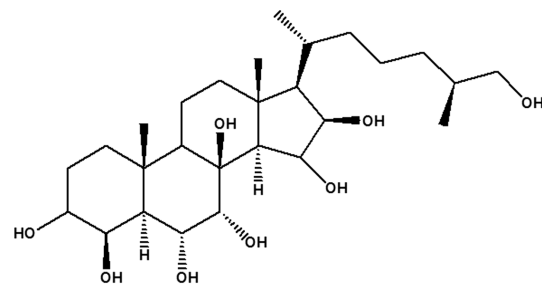


Fig. 2. Chemical structure of polyhydroxysteroid as a aphicidal compound identified in the starfish *Asterina pectinifera* extracts.

steroid(Ukai *et al.*, 2002)로 밝혀졌다(Fig. 2). Polyhydroxysteroid는 불가사리에서 발견된 주요 기능성 화합물로 잘 알려져 있다(Ukai *et al.*, 2002; Levina *et al.*, 2005).

불가사리 추출물의 진딧물 살충기작을 조사하기 위해 추출물이 처리된 진딧물을 투과전자현미경을 이용하여 분석하였다(Fig. 3). 분석결과 대조구 진딧물의 cuticle membrane은 정상적인 이중 구조와 유연성 있는 형태가 뚜렷하게 관찰되었다(Fig. 3A). 이에 반해 불가사리 추출물이 처리된 진딧물의 cuticle membrane은 epicuticular membrane이 파괴되어 염색정도가 낮았으며 membrane이 유연성을 잃어 경화된 형태가 관찰되었다(Fig. 3B).

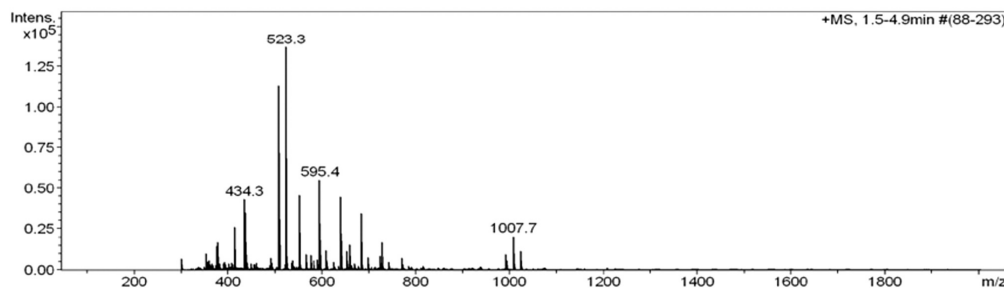


Fig. 1. ESI Q-TOF-MS spectrum of the aphicidal compound isolated from the starfish *Asterina pectinifera* extracts. The molecular ion peak with m/z 523.3 was identified to be polyhydroxysteroid.

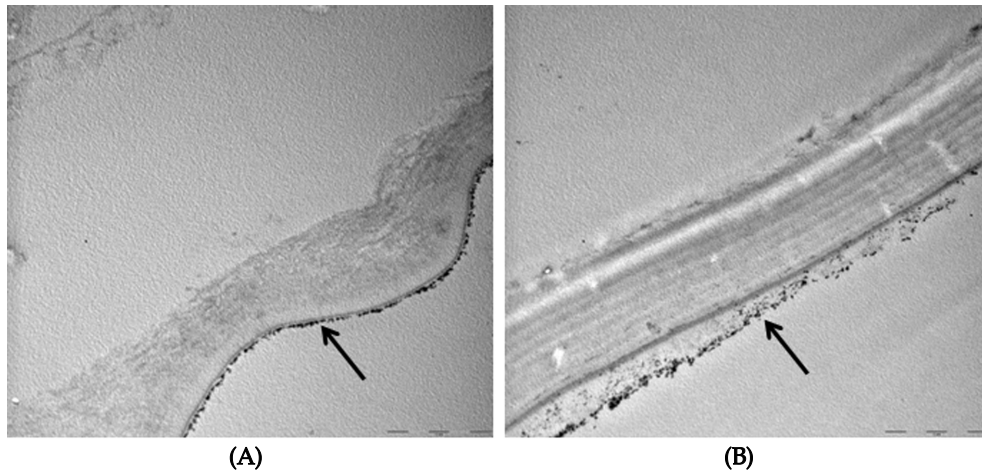


Fig. 3. TEM micrographs of the aphids treated with only sample solvent (A) and the aphidical extracts of *Asterina pectinifera* (B). Sample solvent was 10% of the mixture of DMSO : methanol (4:1, v/v). The arrow symbols indicate epicuticular membranes.

불가사리는 우리나라 해저 생물과 양식업에 큰 피해를 주고 있는 주요 해양생물로서 어민들에게 '바다의 해적'으로 인식되고 있을 만큼 어업생태계에서 철저히 관리해야 할 대상이다. 우리나라에서 발생하는 불가사리의 연간 폐기물량은 정확하게 파악되고 있지 않지만 충남 태안군의 경우 약 49톤에 이르는 불가사리를 구제하고 있으며 이를 위해 매년 8,600만 원 수준의 막대한 예산이 투입되고 있다고 알려져 있다. 한편 불가사리 퇴치를 위한 국내외의 다양한 노력외에 최근에는 번식량이 매우 우수한 불가사리의 생체물을 기능성소재로 활용하는 다양한 연구가 진행되고 있다(불가사리 활용 특허출원 비율 분석, KIPRIS, 1975~2002). 이에 본 연구에서는 불가사리가 먹이를 포식할 때 대상먹이를 마비시키는 생체물질을 분비한다는 점을 고려하여 불가사리 생체 폐기물을 친환경 농업소재로 개발할 수 있을 것으로 기대하고 진딧물 방제용 소재로서 개발 가능성을 시험하고자 하였다.

불가사리 추출물을 methanol로 침지추출하여 복숭아진딧물을 대상으로 살충효율을 조사한 결과 약 70% 이상 수준이었다. 추출액에 함유된 살충물질을 동정하기 위해 추출물을 유기용매로 분배추출한 결과 ethyl acetate 추출물에서 가장 높은 살충효율이 관찰되었다. 불가사리 추출물의 진딧물 살충효율이 생체물에 함유되어 있는 지질성분에서 비롯될 수 있을 것으로 예측되어 *n*-hexane으로 추출한 지질성분을 진딧물에 처리하여 살충효율을 조사한 결과 ethyl acetate 추출물에 비해 현저하게 낮았다. 이에 불가사리 추출물의 진딧물 활성은 생체물에 함유되어 있는 다른 살충물질에서 비롯된 것으로 판단되어 이 살충물질을 동정하고자 추출물을 silica gel 칼럼에서 반복적으로 정제하였다. 살충활성을 보유한 정제분액을 TOF-MS 분석한 결과 살충물질로서 polyhydroxysteroid가 분석되었다. Polyhydroxysteroid 함유 추출물의 살충기작을 조사하기 위해 이 물질이 처리된 진딧물을 투과전자현미경을 이용하여 형태학적 분석을 수행한 결과 진딧물의 epicuticular membrane이 파괴되었음을 알 수 있었

다. 또한 살충물질 함유 추출물이 처리된 진딧물의 cuticle membrane이 비정상적으로 경화되어 있었다. 진딧물은 피부로 호흡하면서 번식성장하고 16-18시간에 1회씩 탈피를 하는 흡즙성 해충이다. 만약 이러한 중요한 기능을 담당하는 cuticle membrane이 파괴되면 진딧물은 번식성장을 할 수 없다. 따라서 불가사리 추출물의 polyhydroxysteroid는 진딧물의 cuticle membrane 교란을 통해 궁극적으로 진딧물 살충력을 가져오는 것으로 판단되었다.

불가사리 생체물에서 유래된 것으로 polyhydroxysteroid 기본 골격구조를 가지고 있으며 구조적으로 매우 유사한 물질로서 asterosaponin과 alkaloid 화합물의 다양한 세포활성 효과가 보고되어 왔다(Okano *et al.*, 1985; Pathirana and Anderson, 1986; Riccio *et al.*, 1988; Tang *et al.*, 2005). 최근에는 asterosaponin 화합물이 식물성장조절제로서 기능이 있다는 연구결과가 보고되고 있으며(Ishii *et al.*, 2006, 2007) 이를 활용한 농업용 퇴비개발에 대한 연구사례가 있다(Line, 1994). 본 연구에서도 불가사리 추출물이 진딧물에 대해 살충효능을 가지고 있는 것으로 밝혀져 불가사리 폐기물을 농업용소재로 활용할 수 있는 가능성이 높다는 것을 시사하고 있다.

요 약

본 연구에서는 불가사리 폐기물을 농업용 소재로서 활용 가능성을 조사하기 위해 불가사리 생체의 유기용매 추출물을 이용하여 복숭아혹진딧물 살충효율 실험을 수행하였다. 불가사리 추출물은 1,000 mg/L 수준에서 약 70% 이상의 살충효율을 보였으며 추출물을 정제하여 TOF-MS 분석한 결과 살충물질로서 polyhydroxysteroid가 동정되었다. Polyhydroxysteroid는 진딧물의 cuticle membrane을 파괴하여 진딧물을 살충하는 기작을 보유하고 있는 것으로 투과전자현미경 분석결과 밝혀졌다. 본 연구를 통해 폐기물 형태로 퇴치

되고 있는 불가사리를 활용하면 진딧물 같은 해충방제용 소재로서 개발할 수 있을 것으로 기대되었다.

감사의 글

This study was supported by the grand of Environmentally-friendly Agriculture Research Program from the Ministry of Agriculture, Forest, Fishery and Food, Republic of Korea. S Yi, IY Jung and EY Choi were volunteers who involved in this study for their education program, supported by the National Education Office, Chonnam, supervised by Uk Hee Jo.

참고문헌

- Abbott, W.S., 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide, *J. Eco. Entomol.* 18, 265-267.
- Anderson, L., Bohlin, L., Iorizzi, M., Riccio, P., Minale, L., and Moreno-López, W., 1989. Biological activity of saponins and saponin-like components from starfish and brittle-stars, *Toxicon*. 27, 179-188.
- Choi, G.H., Kim, B.A., Park, C.I., and Kim, Y.Y., 2010. The effect of phytosphingosine isolated from *Asterina pectinifera* on cell damage induced by mite antigen in HaCat cell and antibacterial activity against *Staphylococcus aureus*, *African J. Biotechnol.* 9, 920-926.
- de Marino, S., Iorizzi, M., Zollo, F., Minale, L., amsler, C.D., Baker, B.J., and McClintock, J.B., 1997. Isolation, structure elucidation, and biological activity of the steroid oligoglycosides and polyhydroxysteroids from the Antarctic starfish *Acontaster conspicuus*, *J. Nat. Prod.* 60, 959-966.
- Ishii, T., Okino, T., Mino, Y., 2006. Aceramide and cerebroside from the starfish *Asterias amurensis* L tkne and their plant-growth promotion activities, *J. Nat. Prod.* 69, 1080-1082.
- Ishii, T., Okino, T., Mino, Y., Tamiya, H., and Matsuda, F., 2007. Plant-growth regulators from common starfish (*Asterias amurensis* L tkne) waste, *Plant Growth Regul.* 52, 131-139.
- Kim, Y.S., 1969, Selective feeding on the several bivalve mollusks by starfish, *Asterias amurensis* Lutken, *Bull. Fac. Fish.* 19, 244-249.
- Kim, S.G., Kim, Y.C., Lee, S., Kim, J.C., Yun, M.Y., and Kim, I.S., 2011. Insecticidal activity of rhamnolipid isolated from *Pseudomonas* sp. EP-3 against green peach aphid (*Myzus persicae*), *J. Agric. Food Chem.* 59, 934-938.
- Kang, K.H., Kim, J.M., and Oh, S.T., 2000, Predation of *Asteiras amurensis* and *Asterina pectinifera* on valuable bivalves at different water temperature. *Korean J. Malacol.* 16, 17-20.
- Lee, C.K., Lee, D.S., Hwang, G.C., Song, K.C., and Jang, Y.S., 1989. Chemical components of starfish and their availability for fertilizer, *Tech. Rep. Fish Res. Dev. Agency* 77, 57-74.
- Line, M.A., 1994. Recycling of seastar (*Asterias amurensis*) waste by composting, *Bioresour. Technol.* 49, 227-229.
- Lveina, E.V., Kalinovskiy, A.I., Andriyashenko, P.V., Dmitrenok, P.S., Aminin, D.L., and Stonik, V., 2005. Phrygisterol, a cytotoxic cyclopropane-containing polyhydroxysteroid, and related compounds from the pacific starfish *Hippasteria phrygi-ana*, *J. Nat. Prod.* 68, 1541-1544.
- Okano, K., Ohkawa, N., aand Ikegami, S., 1985. Structure of ovarian asterosaponin-4, an inhibitor of spontaneous oocyte maturation from the starfish *Asterias amurensis*, *Agric. Biol. Chem.* 49, 2823-2826.
- Paine, R.T., 1971, A short term experimental investigation of resource partitioning in a New Zealand rocky intertidal habitat, *Ecology*, 52, 1096-1106.
- Palagiano, E., de Marino, S., Minale, L., Ricco, R., and Zollo, F., 1995. Ptilomycalin A, crambescidin 800 and related new highly cytotoxic quanidine alkaloids from the starfishes *Dermasterias imbricata*, *J. Am. Chem. Soc.* 108, 8288-8289.
- Pathirana, C., and Anderson, R.J., 1986. Imbriatine, an unusual benzyltetrahydroisoquinoline alkaloid isolated from the starfish *Dermasterias imbricata*, *J. Am. Chem. Soc.* 108, 8288-8289.
- Prokof'eva, N.G., Chaikina, E.L., Kicha, A.A., and Ivanchina, N.V., 2003. Biological activities of steroid glycosides from starfish, *Comp. Biochem. Physiol. B*, 134, 695-701.
- Reccio, R., Iorizzi, M., Minale, L., 1988. Starfish saponins. Part 34. Novel steroidal glycoside sulphates from the starfish *Asterias amurensis*. *J. Chem. Soc. Perkin Trans*, 1, 1337-1347.
- Tang, H.F., Yi, Y.H., Li, L., Sun, P., Zhou, D.Z., and Liu, B.S., 2005. A new asterosaponin from the starfish *Culcita novaeguineae*, *Chinese Chem. Lett.* 16, 619-622.
- Ukai, K., Iwanaga, A., Nagai, H., Namikoshi, M., 2002. Prevention by polyhydroxysteroids and saponins of *Asterina pectinifera* of the desquamation of

stratum corneum cells, *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 66, 913-915.

Yang, Y.R., Kim, S.H., Park, M.R., Kim, I., and Kim, I.S., 2010. Control of green peach aphid (*Myzus*

persicae) by combination of plant oil formulations and low-dosed imidacloprid, *Korean J. Environ. Agric.* 29, 239-246.
