

미더덕의 부위별 추출물의 항산화 활성

- 연구노트 -

정은실¹ · 박은주² · 박해룡¹ · 이승철^{1*}

¹경남대학교 식품생명학과

²경남대학교 식품영양학과

Antioxidant Activities of Extracts from Parts of *Styela clava*

Eun-Sil Jung¹, Eunju Park², Hae-Ryong Park¹, and Seung-Cheol Lee^{1*}

¹Dept. of Food Science and Biotechnology, and ²Dept. of Food and Nutritional Sciences,
Kyungnam University, Masan 631-701, Korea

Abstract

Antioxidant activities of extracts from parts of *Styela clava* (Korean name: miduduk) were evaluated. Each part of *S. clava*—fresh (FR) or freeze dried (FD) state—was extracted by four different solvents (methanol, ethanol, acetone, and water). Antioxidant activity of the extracts was determined by radical scavenging activity assay and reducing power assay. Radical scavenging activity was the highest in distilled water extract of FD flesh, and reducing power was the highest in acetone extract of FR flesh. These results indicate that the antioxidant property of *S. clava* is variable with the structural part, type of extraction solvent, and drying condition.

Key words: *Styela clava*, parts, antioxidative activity

서 론

인간을 비롯한 모든 호기성 생물체들은 공기 중의 산소를 이용하여 생명 유지에 필요한 에너지를 생성하는 과정에서 활성산소종(1O_2 , H_2O_2 , $\cdot OH$ 등)이 발생하며, 이들에 대한 자기 방어 기구를 가지고 있다. 그러나 생체 방어 기구에 이상이 초래되거나 각종 물리, 화학적 요인들에 의해 활성 산소종의 생성이 증가되면 산화적 손상을 입게 되어 직접 또는 간접적으로 생체에 장애를 유발하는 것으로 알려져 있다(1). 활성산소종은 산화 효소, 식세포 및 금속 이온(철, 구리 등)에 의한 자동 산화 반응과 catecholamine의 산화 반응 등에 의한 내인적 생성 요인과 햇빛, 담배, 매연, 약물, 방사선 등의 외인적 요인에 의해 생성되어 단백질, 핵산, 효소 및 면역계를 손상하여 각종 질환을 야기한다. 특히 생체막의 구성 성분인 불포화지방산을 공격하여 생성되는 과산화 지질의 축적은 생체 기능의 저하나 노화 및 성인병을 유발하는 것으로 알려져 있다(2,3). 따라서 활성산소를 방어하는 항산화 물질은 이러한 질병 치료의 가능성 때문에 식품산업, 의약품 산업, 화장품산업 등 다양한 분야에서 이용될 수 있고, 국가 경제 산업적 측면에서 매우 큰 파급효과를 기대할 수 있다(4). 특히 지금까지 알려진 항산화제가 약한 활성, 독성 및 사용상의 한계로 인하여 의약활성물질로 사용하는 데에 있

어서 많은 문제점을 내포하고 있다(5). 따라서 천연으로부터 보다 안전하고 강한 활성을 지닌 신규 천연 항산화제의 개발이 요구된다.

해양 생태계는 지구상에 존재하는 생물계의 95%를 차지하고 있으며 육상생물에 없는 특유의 대사과정과 독특한 환경으로 인하여 다양한 신규 생리활성물질의 탐색 가능성을 가지고 있다(6). 또한 육상생물은 이미 많은 연구가 진행된 반면 해양생물은 고대로부터 내려오는 해양생물을 이용한 민간요법의 부재, 해양생물수집의 어려움 등의 이유로 제한된 연구만이 이루어져 앞으로 해양생물을 이용한 미지의 천연 물질의 개발에 대한 기대가 높고 평가되고 있다(7,8). 이와 관련하여 최근 조류(algae), 해면(sponges), 피낭동물(tunicates) 등의 해양생물로부터 유효성분을 분리하여 항암 활성을 확인한 연구가 진행된 바 있다(8-10).

미더덕(*Styela clava*)은 척삭동물문 미색동물아문, 해초강, 측성해목초에 속하는 해양생물로서, 가늘고 긴 몸에 자루가 있고 그 끝이 바위에 부착해서 서식하며 전체 길이는 5~10 cm로서 황갈색을 띤다. 외피는 섬유질과 같은 물질로 되어 있고 딱딱하며, 바닷물이 들어오고 나가는 구멍이 몸에 있어 영어로는 멩게(우렁챙이)와 같이 sea squirt로 불린다. 미더덕은 1980년대 중반부터 본격적인 양식이 시작되면서 어민의 소득 증대에 기여하고 있다(11). 미더덕은 우리나라

*Corresponding author. E-mail: sclee@kyungnam.ac.kr
Phone: 82-55-249-2684, Fax: 82-55-249-2995

전역에서 발견되고 있으나, 경상남도 마산시에서 우리나라 소비량의 80% 정도를 생산하고 있다. 독특한 맛과 향긋한 향 때문에 연중 이용되고 있으며, 4월부터 7월 사이가 생산량이 가장 많은 시기이다. 미더덕의 소비 형태는 주로 찹이나 된장찌개 등의 재료로 식품에 널리 이용되고 있으며, 그 밖에 횡감용으로는 4~5월경에 채취된 것이 이용되고 있다. 미더덕에 대한 연구는 스테롤 함량(12)과 지방질 성분(13), 계절에 따른 영양성분과 정미성분 조성의 변화(14,15) 등 주로 성분에 대한 연구가 대부분이었으며, 기능성 성분으로 glycosaminoglycan을 추출한 경우(16)와 carotenoprotein의 특성을 보고한 예(17)가 있었다. 또한, 가공방법에 따른 미더덕의 항산화와 항암 연구(18), 미더덕 함유 어묵의 품질 특성(19)에 대한 연구보고가 있었으며, 이외에도 미더덕 유래 용혈성 항균 펩티드에 대한 보고(20-22)가 외국에서 연구되어 보고되었다.

따라서 본 연구에서는 미더덕의 여러 부분을 다양한 용매별 추출물을 통하여 항산화 활성을 조사하여, 미더덕의 소비 증진을 통한 어민의 수입 증대뿐만 아니라 신규 소재발굴에 기여하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에서 사용된 미더덕은 경상남도 마산시 진동면 고현마을에서 2006년 3월에 구입하였다. 구입한 미더덕의 이물질을 제거하고 물로 깨끗이 여러 번 씻어 물기를 제거한 후, 분쇄기(Mixer MC 811C, Novita Co., Seoul, Korea)를 이용하여 분쇄하여 사용하였다. 항산화력 측정에 사용된 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH)은 Sigma Chemical Co.(St. Louis, MO, USA)에서 구입하였고, 추출에 사용된 유기용매는 Duksan Pure Chemical Co.(Ansan, Korea)에서 구입하여 사용하였다. 그 외의 연구에 사용된 용매 및 시약 염화철, potassium ferricyanide 등은 모두 일급 이상의 등급을 사용하였다.

시료의 추출

구입한 미더덕의 이물질을 제거하고, 물로 깨끗이 여러 번 씻어 물기를 제거한 후 분쇄기(Mixer MC 811C, Novita Co., Seoul, Korea)를 이용하여 분쇄하여 사용하였다. 분쇄한 미더덕 100 mL에 1 L의 용매(메탄올, 에탄올, 아세톤, 물)를 각각 첨가하여 진탕배양기(HB-201S, Hanbaek Scientific Technology Co., Seoul, Korea)(25°C, 100 rpm)에서 24시간 동안 추출하고, 그것을 FR시료로 명명하였다. 한편 분쇄한 미더덕을 -70°C의 심온동결기(Upright Deep Freezer VX 530, Operon Co., Seoul, Korea)에서 1차 동결하고, 동결건조기(Freeze Dryer FD 5512, Ilshinlab Co., Seoul, Korea)로 4일 동안 완전히 건조시킨 후 분쇄하여 27 mesh의 체로 거른

다음 3.616 g을 100 mL의 용매로 상기 방법과 같이 추출물을 제조하였다. 그것을 FD시료라 명명하였다. 각각의 추출 시료는 여과지(Whatman No.1)로 여과한 후 회전 진공농축기(Eyela N-1000, Tokyo Rikakikai Co., Tokyo, Japan)로 37°C에서 농축하였다. 각 농축물은 최종농도 50 mg/mL로 dimethyl sulfoxide(DMSO)에 녹인 후, 적정 농도로 저장한 후 분석에서 시료로 사용하였다.

라디칼 소거능 측정

DPPH 라디칼 소거능은 Lee 등의 논문(18)에 준하여 미더덕 추출물 0.1 mL에 4.1×10^{-5} M의 DPPH 용액 0.9 mL를 가한 후 상온에서 25분간 반응시켜 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 각 시료의 라디칼 소거능은 아래의 식에 의해 전자공여능으로 계산하여 백분율로 나타내었다.

$$\text{전자공여능(\%)} = \left(1 - \frac{\text{시료 첨가구의 흡광도}}{\text{무처리 구의 흡광도}}\right) \times 100$$

환원력 측정

환원력은 Ozaizu의 방법(23)에 따라 측정하였으며, 항산화 물질에 대한 철 이온의 환원력을 측정하는 것이다. 즉, 1 mL의 인산염 완충 용액(0.2 M, pH 6.6)에 1 mL의 미더덕 추출물과 1%(w/v) potassium ferricyanide 용액 1 mL을 가하고 이 혼합물을 50°C, 20분간 반응을 시킨 후, 10%(w/v) trichloroacetic acid 용액 1 mL을 넣었다. 반응이 끝난 혼합물을 13,400×g에서 원심분리 하여 얻은 상정액 1 mL과 증류수 1 mL을 넣고 0.1% 염화철 용액 0.1 mL을 가하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였다.

통계처리

모든 실험은 3회 반복으로 이루어졌으며, 그 평균값은 SAS software를 사용하여 General Linear Model의 방법에 따라 처리하였다(24). 모든 처리값의 차이는 신뢰 수준 95%($p < 0.05$)로 비교하여 분석하였다.

결과 및 고찰

라디칼 소거능

어떤 물질의 항산화력을 측정하는 방법은 대상 활성산소 측에 따라 다양하다. 본 실험에서는 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl 라디칼의 소거 특성을 이용한 것으로 가장 널리 이용되고 있는 DPPH assay로 항산화력을 측정하였다. DPPH는 분자 내에 안정한 라디칼을 함유하지만 cysteine, glutathione과 같은 함유황 아미노산과 아스코르브산, 토코페롤, hydroquinone, pyrogallol과 같은 polyhydroxy aromatic compounds, aminophenol과 같은 aromatic amine 등의 항산화 활성이 있는 물질과 만나면 환원되어 짙은 보라빛이 탈색되어 안정한 화합물로 변화하여 노란빛을 띄게 된다. 이러한 반응의 정도는 항산화제의 수소 공여능에 의존한다

(17,25,26).

부위별과 추출용매에 따른 미더덕 추출물의 DPPH 라디칼 소거능은 Table 1에 나타내었다. 전체 부위의 신선 미더덕에서는 농도별로 모두 메탄올 추출물에서 높은 활성을 보이나, 동결건조 미더덕에서는 아세톤 추출물에서 높은 활성을 보였다. 그리고 신선 미더덕의 껍질 부위에서는 에탄올 추출물, 동결건조 미더덕에서는 아세톤 추출물, 신선 미더덕의 살 부위에서는 아세톤 추출물, 동결건조 미더덕에서는 물 추출물이 각각 높은 활성을 나타내었다. 건조에 따라 비교해보면 전체와 껍질 부분에서는 신선 미더덕보다 동결건조 미더덕에서 활성이 좋고, 반대로 살 부위에서는 동결건조 미더덕이 신선 미더덕보다 좋은 활성을 보였다. 신선 미더덕은 살 부위의 아세톤 추출물에서 활성이 가장 좋고, 동결건조 미더덕은 같은 부위의 물 추출물에서 가장 활성이 좋았

다. 모든 경우를 비교해 보았을 때 살 부위의 건조하지 않은 시료의 아세톤 추출물이 1, 5, 10 mg/mL 농도에서 각각 40.02, 68.99, 85.41%로 가장 높은 DPPH 라디칼 소거능을 나타내었다. 한편, 살 부위와 껍질 부위를 모두 함유한 전체 부위의 활성은 각 부위의 활성이 서로 조합되어 나타난 것으로 보인다.

Carotenoprotein은 carotenoid와 단백질 또는 당단백질과 결합한 것으로서 해양생물에 널리 존재하며, 미더덕의 살 부위에서도 분리·동정되어 보고된 바 있다(17). Carotenoprotein의 carotenoid는 천연색소로서 동·식물 및 미생물의 생체 내에서 여러 형태로 존재하며 약 600여 종류가 알려져 있다(27). Carotenoid는 동물체내에서 비타민 A의 식이원이며, 산소 라디칼이나 지질과산화물로부터 생체막을 보호하며 항산화작용이 있음이 보고되었다(28). 한편, 미더덕에는 총지질의 38.9%에 해당하는 오메가3 고도 불포화지방산이

Table 1. DPPH radical scavenging activity of extracts from *Styela clava*

Conc. (mg/mL)	RSA (%)				SEM ¹⁾
	MeOH	EtOH	Acetone	D.W	
- Whole -					
FR					
1	9.44 ^{cw}	4.95 ^{cy}	6.35 ^{cx}	7.33 ^{cx}	0.39
5	16.45 ^{bw}	9.51 ^{bz}	12.24 ^{by}	14.21 ^{bx}	0.20
10	49.07 ^{aw}	31.74 ^{az}	39.74 ^{ay}	46.40 ^{ax}	0.30
SEM ¹⁾	0.30	0.25	0.46	0.12	
FD					
1	8.73 ^{cy}	10.77 ^{cx}	18.06 ^{cw}	10.70 ^{cx}	0.35
5	15.40 ^{bz}	19.89 ^{bx}	27.89 ^{bw}	18.20 ^{by}	0.14
10	51.03 ^{ay}	55.88 ^{ax}	57.91 ^{aw}	47.25 ^{az}	0.18
SEM ¹⁾	0.32	0.21	0.19	0.21	
- Tunic -					
FR					
1	4.17 ^{cw}	4.88 ^{cw}	4.67 ^{cw}	1.86 ^{cx}	0.23
5	6.84 ^{by}	8.45 ^{bw}	7.54 ^{bx}	3.19 ^{bz}	0.20
10	23.18 ^{ay}	29.50 ^{ax}	31.39 ^{aw}	9.37 ^{az}	0.15
SEM ¹⁾	0.17	0.16	0.25	0.21	
FD					
1	4.45 ^{cy}	5.02 ^{cx}	13.15 ^{cw}	1.51 ^{cz}	0.10
5	7.82 ^{by}	9.29 ^{bx}	22.83 ^{bw}	3.19 ^{bz}	0.19
10	30.97 ^{ax}	30.97 ^{ax}	61.00 ^{aw}	9.01 ^{ay}	0.40
SEM ¹⁾	0.26	0.19	0.19	0.36	
- Flesh -					
FR					
1	9.37 ^{cy}	8.80 ^{cy}	40.02 ^{cw}	16.24 ^{cx}	0.34
5	17.50 ^{by}	17.01 ^{by}	68.99 ^{bw}	30.83 ^{bx}	0.22
10	55.31 ^{ay}	51.18 ^{az}	85.41 ^{ax}	89.97 ^{aw}	0.06
SEM ¹⁾	0.06	0.24	0.37	0.17	
FD					
1	7.68 ^{cz}	8.31 ^{cy}	9.44 ^{cx}	19.61 ^{cw}	0.10
5	15.19 ^{bx}	15.40 ^{bx}	13.85 ^{by}	31.60 ^{bw}	0.15
10	44.37 ^{ax}	43.46 ^{ax}	33.92 ^{ay}	76.78 ^{aw}	0.44
SEM ¹⁾	0.33	0.19	0.13	0.37	

Different letters (a-c) within a column are significantly different ($p < 0.05$) ($n=3$).

Different letters (w-z) within a row are significantly different ($p < 0.05$) ($n=3$).

¹⁾Standard error of the means.

Table 2. Reducing power of extracts from *Styela clava*

Conc. (mg/mL)	Abs.				SEM ¹⁾
	MeOH	EtOH	Acetone	D.W	
- Whole -					
FR					
1	0.104 ^{cw}	0.094 ^{cx}	0.092 ^{cx}	0.086 ^{cy}	0.001
5	0.250 ^{bw}	0.218 ^{bx}	0.175 ^{by}	0.163 ^{bz}	0.001
10	0.398 ^{aw}	0.232 ^{az}	0.254 ^{ax}	0.246 ^{ay}	0.002
SEM ¹⁾	0.001	0.002	0.001	0.002	
FD					
1	0.104 ^{cz}	0.122 ^{cx}	0.162 ^{cw}	0.111 ^{cy}	0.001
5	0.250 ^{bz}	0.316 ^{bx}	0.386 ^{bw}	0.273 ^{by}	0.002
10	0.364 ^{az}	0.442 ^{ax}	0.643 ^{aw}	0.433 ^{ay}	0.002
SEM ¹⁾	0.002	0.002	0.001	0.001	
- Tunic -					
FR					
1	0.080 ^{cwz}	0.087 ^{cw}	0.089 ^{cw}	0.078 ^{bx}	0.002
5	0.153 ^{by}	0.164 ^{bx}	0.182 ^{bw}	0.088 ^{az}	0.001
10	0.188 ^{ay}	0.213 ^{ax}	0.234 ^{aw}	0.096 ^{az}	0.002
SEM ¹⁾	0.001	0.001	0.002	0.002	
FD					
1	0.093 ^{cx}	0.097 ^{cx}	0.217 ^{cw}	0.066 ^{by}	0.002
5	0.166 ^{by}	0.170 ^{bx}	0.621 ^{bw}	0.096 ^{az}	0.001
10	0.211 ^{ay}	0.232 ^{ax}	0.668 ^{aw}	0.096 ^{az}	0.001
SEM ¹⁾	0.001	0.002	0.001	0.002	
- Flesh -					
FR					
1	0.103 ^{cy}	0.123 ^{cx}	0.275 ^{cw}	0.119 ^{cx}	0.001
5	0.273 ^{bz}	0.407 ^{bx}	0.897 ^{bw}	0.377 ^{by}	0.001
10	0.445 ^{az}	0.762 ^{ax}	1.224 ^{aw}	0.630 ^{ay}	0.002
SEM ¹⁾	0.001	0.002	0.002	0.001	
FD					
1	0.100 ^{cz}	0.112 ^{cy}	0.117 ^{cx}	0.151 ^{cw}	0.001
5	0.320 ^{by}	0.335 ^{bx}	0.195 ^{bz}	0.595 ^{bw}	0.003
10	0.535 ^{ay}	0.545 ^{ax}	0.245 ^{az}	0.957 ^{aw}	0.002
SEM ¹⁾	0.003	0.002	0.002	0.002	

Different letters (a-c) within a column are significantly different ($p < 0.05$) ($n=3$).

Different letters (w-z) within a row are significantly different ($p < 0.05$) ($n=3$).

¹⁾Standard error of the means.

함유되어 있으며, 이중에서 특히 DHA(22:6)는 14.2%이며 EPA(20:5)는 18.3%를 차지한다고 보고되어 있다(14). 이러한 오메가3 고도 불포화지방산은 지방 과산화를 억제하며 malondialdehyde 생성을 억제하는 항산화효과가 보고되어 있다(29). 미더덕의 경우에도 carotenoid와 고도 불포화지방산이 주된 항산화활성을 나타낸 것으로 추정되지만, 앞으로 각 부위별로 항산화활성을 보유한 천연 물질에 대한 보다 깊은 연구가 필요하다.

환원력

환원력은 철 이온의 환원력(Fe^{3+} 가 Fe^{2+} 로 변화)에 대한 대상 물질의 항산화력을 측정하는 것으로서 항산화 능력의 중요한 지표가 된다(30). 다양한 미더덕 추출물의 환원력을 Table 2에 나타내었다. 미더덕 추출물의 환원력은 Table 1의 DPPH 라디칼 소거능의 결과와 유사한 경향을 보였으나, 신선 미더덕의 껍질 부위에서 에탄올이 아닌 아세톤 추출물이 높은 환원력을 보였다. 가장 환원력이 좋은 것은 살 부위의 건조하지 않은 시료의 아세톤 추출물로서 1, 5, 10 mg/mL 농도에서 각각 0.275, 0.897, 1.224의 값을 나타내었다. 그리고 농도가 높아질수록 유의성 있게 모든 경우에서 측정값이 높게 나타났으며, 라디칼 소거능의 결과와 같이 전체 부위의 활성은 살 부위와 껍질 부위의 활성이 서로 조합되어 결과에 영향을 미치는 것으로 보인다. 본 연구에서 환원력과 DPPH 라디칼 소거능의 경향은 매우 유사하며, 이는 항산화물질의 작용이 여러 기작 즉, 연쇄반응 개시의 방해, 전이 금속물의 결합, 과산화물의 분해, 연속적 수소제거의 방해, 라디칼 소거능과 연관이 있기 때문이다(30).

요 약

신선한 미더덕(FR)과 동결건조 한 미더덕(FD)을 부위별로 제조하여 메탄올, 에탄올, 아세톤, 물로 추출하여 항산화 활성을 조사하였다. DPPH 라디칼 소거능의 경우, 전체 부위의 FR에서는 농도별로 모두 메탄올 추출물에서 높은 활성을 보이나, FD에서는 아세톤 추출물에서 높은 활성을 보였다. 그리고 껍질 부위의 FR에서는 에탄올 추출물, FD에서는 아세톤 추출물, 살 부위의 FR에서는 아세톤 추출물, FD에서는 물 추출물이 각각 높은 활성을 나타내었다. 건조 여부에 의해 비교해보면 전체와 껍질 부분에서는 FR보다 FD에서 활성이 좋았으나, 살 부위에서는 FR가 FD보다 좋은 활성을 보였다. 한편, 환원력의 경우에는 전체 부위의 FR에서는 농도별로 모두 메탄올 추출물에서 높은 활성을 보이나, FD에서는 아세톤 추출물에서 높은 활성을 보였다. 그리고 껍질 부위는 FR, FD에서 모두 아세톤 추출물이 활성이 좋았고, 살 부위의 FR에서는 아세톤 추출물, FD에서는 물 추출물이 각각 높은 활성을 나타내었다. 건조 여부에 의해 비교해보면 전체와 껍질 부분에서는 FR보다 FD에서 활성이 좋았으나,

살 부위에서는 FR가 FD보다 좋은 활성을 보였다. 모든 시료에서 농도가 높아질수록 유의성 있게 모든 결과 값이 높게 나타났으며, 전체 부위의 활성이 살 부위와 껍질 부위의 활성이 서로 조합되어 영향을 미치는 것으로 추측을 할 수 있다. 이상의 결과로 항산화활성 물질을 탐색함에 있어서 미더덕이 중요한 천연자원이 될 수 있다는 가능성을 확인할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부 지방기술혁신사업(RTI04-03-07) 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

문 헌

- Gutteridge JMC, Halliwell B. 1994. *Antioxidants in nutrition, health, and disease*. Oxford University Press, Oxford, UK. p 1-62.
- Jayat C, Ratinaud MH. 1993. Cell cycle analysis by flow cytometry: principles and application. *Biol Cell* 78: 15-25.
- Chance B, Sies H, Boveris A. 1979. Hydroperoxide metabolism in mammalian organs. *Physiol Rev* 59: 527-605.
- Namiki M. 1990. Antioxidants/antimutagens in food. *Crit Rev Food Sci Nutr* 29: 273-300.
- Lindenschmidt RC, Trika AF, Guard ME, Witschi HP. 1986. The effect of dietary butylated hydroxy toluene on liver and colon tumor development in mice. *Toxicol* 38: 151-160.
- Rosenthal J. 1996. Investing in biological diversity. Proceedings of The Cairns Conference. OECD, Cairns, Australia.
- Park JC. 1996. Screening of marine natural products on inhibitory effect of the formation of lipid peroxidation. *Kor J Pharmacogen* 27: 117-122.
- Amador ML, Jimeno J, Paz-Ares L, Cortes-Funes H, Hidalgo M. 2003. Progress in the development and acquisition of anticancer agents from marine sources. *Ann Oncol* 14: 1607-1615.
- Garcia-Fernandez LF, Fernando R, Sanchez-Puelles JM. 2002. The marine pharmacy: New antitumoral compounds from the sea. *Pharmaceutical News* 9: 495-501.
- Mayer AMS, Gustafson KR. 2003. Marine pharmacology in 2000: antitumor and cytotoxic compounds. *Int J Cancer* 105: 291-299.
- Ministry of Agriculture and Forestry. 1993. *Ministry of Agriculture and Forestry Statistical Yearbook*. Seoul, Korea. p 291.
- Jo YG. 1978. The sterol composition of *Styela clava*. *Kor Fish Soc* 11: 97-101.
- Lee EH, Oh KS, Lee TH, Ahn CB, Chung YH, Kim KN. 1985. Lipid components of sea squirt, *Halocynthia roretzi*, and mideuduck, *Styela clava*. *Korean J Food Sci Technol* 17: 289-294.
- Lee KH, Park CS, Hong BI, Jung BC, Cho HS, Jea YG. 1995. Seasonal variations of nutrients in warty sea squirt (*Styela clava*). *J Korean Soc Food Nutr* 24: 268-273.
- Lee KH, Kim MG, Hong BI, Jung BC, Lee DH, Park CS. 1995. Seasonal variations of taste components in warty sea squirt (*Styela clava*). *J Korean Soc Food Nutr* 24: 274-279.
- Ahn SH, Jung SH, Kang SJ, Jeong TS, Choi BD. 2003.

- Extraction of glycosaminoglycans from *Styela clava* tunic. *Korean J Biotechnol Bioeng* 18: 180-185.
17. Lee AJ, Kim YT, Kim SK. 1996. Purification and characterization of a carotenoprotein from *Styela clava*. *Korean J Life Science* 6: 250-263.
 18. Lee SC, Kim JJ, Kim SJ, Kim SH, Park HR. 2006. Antioxidant and anticancer activities of extracts from *Styela clava* according to the processing method and solvents. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35: 278-283.
 19. Park SM, Lee BB, Hwang YM, Lee SC. 2006. Quality properties of fish paste containing *Styela clava*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35: 908-911.
 20. Lehrer RI. 2001. Clavanins and styelins, alpha-helical antimicrobial peptides from the hemocytes of *Styela clava*. *Adv Exp Med Biol* 484: 71-76.
 21. Lee IH, Zhao C, Nguyen T, Menzel, Waring AJ, Sherman MA, Lehrer RI. 2001. Clavaspilin, an antibacterial and haemolytic peptide from *Styela clava*. *J Pept Res* 58: 445-456.
 22. Taylor SW, Craig AG, Fischer WH, Park M, Lehrer RI. 2000. Styelin D, an extensively modified antimicrobial peptide from ascidian hemocytes. *J Biol Chem* 275: 38417-38426.
 23. Oyaizu M. 1986. Studies on products of browning reaction: antioxidant activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *Jpn J Nutr* 44: 307-315.
 24. SAS Institute. 1995. *SAS/STAT User's Guide*. SAS Institute Inc., Cary, NC.
 25. Blois MS. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.
 26. Yoshino M, Murakami K. 1998. Interaction of iron with polyphenolic compounds, application to antioxidant characterization. *Anal Biochem* 257: 40-44.
 27. Shahidi F, Metusalach, Brown JA. 1998. Carotenoid pigments in seafoods and aquaculture. *Crit Rev Food Sci Nutr* 38: 1-67.
 28. El-Agamey A, Lowe GM, McGarvey DJ, Mortensen A, Phillip DM, Truscott TG, Young AJ. 2004. Carotenoid radical chemistry and antioxidant/pro-oxidant properties. *Arch Biochem Biophys* 430: 37-48.
 29. Choi JH, Byun DS. 1989. Physiological activity of ω 3 polyunsaturated fatty acids in dark fleshed fishes. *Bull Korean Fish Soc* 22: 109-114.
 30. Diplock AT. 1997. Will the good fairies please prove to us that vitamin E lessens human degenerative disease? *Free Rad* 27: 511-532.

(2008년 9월 26일 접수; 2008년 10월 27일 채택)