

감태 추출물이 지니는 Lipase 저해활성의 열 및 pH 안정성

정지연¹ · 김꽃봉우리¹ · 이청조¹ · 광지희¹ · 김민지¹ · 김동현¹ · 선우찬¹ · 김태완² · 안동현^{1*}

¹부경대학교 식품공학과/식품연구소

²안동대학교 식품생명공학과

Inhibitory Effect of *Ecklonia cava* Extracts against Lipase Activity and Stability Effect of Temperature and pH on Their Activity

Ji-Yeon Jung¹, Koth-Bong-Woo-Ri Kim¹, Chung-Jo Lee¹, Ji-Hee Kwak¹, Min-Ji Kim¹, Dong-Hyun Kim¹, Chan Sunwoo¹, Tae-Wan Kim², and Dong-Hyun Ahn^{1*}

¹Dept. of Food Science and Technology/Institute of Food Science, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

²Dept. of Food Science and Biotechnology, Andong National University, Gyeongbuk 760-740, Korea

Abstract

This study was performed to investigate the inhibitory activity of *Ecklonia cava* (EC) against lipase and the stability of this activity under various heat and pH conditions. As a result, EC ethanol extract showed lipase inhibitory activity of 59, 34 and 19% at concentrations of 5, 2.5 and 1 mg/mL, whereas the water extract showed low inhibitory activity at all concentrations compared to that of the ethanol extracts. In a heat and pH stability test, the inhibitory activity of the EC ethanol extract increased with heat treatment at 121°C for 15 min compared with the control and was stable in the pH range of 2~10. Therefore, the EC ethanol extract could be useful as a natural anti-obesity agent.

Key words: *Ecklonia cava*, lipase inhibitor, ethanol extract

서 론

비만은 에너지 대사의 불균형에 의해 체내에 체지방이 과다하게 축적된 상태로 세계보건기구(WHO)에서는 비만을 건강을 위협하는 만성질환으로 규정하고 있다(1). 비만은 주로 고칼로리 식품이나 인스턴트식품의 과다 섭취, 과식이나 폭식 등의 잘못된 식습관 및 운동부족 등의 외적요인이 관련된 단순성 비만과 유전적 이상, 부신피질 호르몬의 과다분비, 약물복용에 대한 부작용 등의 이차성 비만으로 구분한다(2). 이러한 비만 치료를 위해 식욕억제제(3), 열대사 촉진제(4), 소화 억제제(5) 등이 이용되고 있다. 그중에서 소화억제제인 pancreatic lipase 저해제는 pancreatic lipase를 선택적으로 억제하여 장내 지방의 소화를 억제하는 물질이며, 현재 lipase 저해제로서 orlistat가 대표적으로 이용되고 있다. Orlistat는 *Streptomyces toxytricini*로부터 유래된 lipstatin의 유도체인 tetrahydrolipstatin으로 human pancreatic lipase의 152번 위치에 있는 serine기와 결합하여 기질 복합체를 형성하여 lipase의 활성을 저해하는 것으로 보고되고 있다(6). Orlistat는 lipase의 활성을 약 30% 억제하는 효능을 지니지만 중추신경계, 위장관계, 신경근골격계 및 호흡기 등

에 부작용(7)을 지니는 것으로 알려져 있어 최근에는 천연물로부터 lipase 저해제 개발에 대한 연구가 진행되어지고 있다. 현재까지 lipase 저해제에 대한 연구는 포도(8), 땅콩(9), 다래나무(10), 칠엽수(11) 및 우롱차(12) 등의 육상식물을 위주로 이루어져 왔으며, 해양식물을 소재로 한 연구는 소수의 보고에 그치고 있는 실정이다.

해양식물인 해조류는 일반적으로 소량의 단백질과 지질이 포함되어 있고 약 40% 정도의 당질이 함유되어 있으며, 다양한 미네랄과 비타민 등이 풍부하게 함유되어 있다(13). 이제까지 해조류는 낮은 소화흡수율 때문에 영양학적인 측면에서 관심을 끌지 못했지만, 최근 해조류의 phenol/tannin류, terpen류, 할로젠류, alginate, fucoidan 등의 다당류의 기능성 물질들이 확인되면서 새로운 신소재 자원으로 주목받고 있다(14,15). 해조류의 생리활성에 관한 연구보고에 따르면 항산화(16), 항균(17), 항당뇨(18), 항돌연변이 및 항암(19) 작용 등의 다양한 효능을 지니는 것으로 알려져 있다. 해조류 중 감태는 다시마목 미역과의 갈조류로 우리나라 동해안과 제주도 근해에 널리 자생하고 있다. 현재까지 보고된 감태에 대한 연구로는 tyrosinase 저해활성(20), 항산화(21), 항염증(22), 항암(23), 항고혈압 및 항당뇨(18) 등의 생리활

*Corresponding author. E-mail: dhahn@pknu.ac.kr
Phone: 82-51-629-5831, Fax: 82-51-629-5824

성 등이 보고되었지만 lipase 저해제에 대한 연구는 아직 미미한 실정이다.

이에 본 연구에서는 감태 추출물의 lipase 저해활성 측정 및 식품에 적용 시 공정 중 대부분 열 및 pH 처리가 수반되므로 추출물의 열 및 pH에 대한 안정성을 확인하여 항비만 소재로의 응용 가능성에 대해 연구하였다.

재료 및 방법

실험재료

감태(*Ecklonia cava*)는 제주도에서 채취하여 담수로 깨끗이 세척한 후 동결건조 하여 잘게 분쇄시킨 뒤 -20°C 에서 저장하면서 실험에 사용하였다.

추출

분말상태의 시료에 10배량의 에탄올 또는 물을 가하여 실온에서 24시간 동안 진탕 추출하였다. 추출물은 원심분리기(UNION 32R, Hanil Co., Incheon, Korea)로 $2,090 \times g$ 에서 10분간 원심분리한 후 상층액만 취하였다. 잔사는 이와 동일한 방법으로 2회 반복 추출하였다. 이를 여과지(Advantec 5A, Toyo Roshi Kaisha, Tokyo, Japan)로 여과한 후 rotary evaporator(RE200, Yamato Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 농축하고 37°C 에서 건조하였다. 이를 4°C 에서 보관하며 실험에 사용하였다.

일반성분 분석

동결건조한 감태 분말의 일반성분은 수분, 조회분, 조단백 및 조지방의 항목을 AOAC법(24)에 준하여 분석하였다. 수분함량은 상압가열건조법, 조회분은 건식회화법, 조단백은 Kjeldahl법 그리고 조지방은 Soxhlet법으로 측정하였다. 탄수화물의 함량은 100에서 수분, 조회분, 조단백, 및 조지방 함량을 뺀 값에서 구하였다.

색도 측정

추출물의 색도는 5 mg/mL의 농도로 에탄올 또는 물로 녹인 후 액체시료용 cell에 10 mL 취하여 색차계(JC 801 Color technosystem Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 각각의 색도를 명도(lightness, L^*), 적색도(redness, a^*), 황색도(yellowness, b^*) 값으로 나타내었다. 이때 사용된 표준백판 값은 $L^*=93.73$, $a^*=-0.12$, $b^*=0.11$ 이었다.

pH 측정

추출물의 pH는 5 mg/mL의 농도로 에탄올 또는 물로 녹인 후 pH meter(HM-30V, Toa, Kobe, Japan)를 사용하여 측정하였다.

Lipase 저해활성

Lipase 저해활성 측정은 Kim 등(25)의 방법을 사용하여 측정하였다. Porcine pancreatic lipase(triacylglycerol acylhydrolase, EC 3.1.1.3, Sigma Chemical Co., St. Louis, MO,

USA) 0.3 mg에 10 mM MOPS(3-[N-morpholino]propane-sulfonic acid)와 1 mM EDTA(pH 6.8)를 각각 30 μL 를 넣고 트리스 완충액(100 mM Tris-HCl, 5 mM CaCl_2 , pH 7.0)을 850 μL 첨가하여 enzyme buffer를 준비하였다. Enzyme buffer에 시료 100 μL 를 첨가하여 37°C 에서 15분간 방치하였다. 방치 후 10 mM *p*-nitrophenyl butyrate(Sigma Chemical Co.) 20 μL 를 첨가하여 혼합시킨 후 다시 37°C 에서 15분간 반응시켰다. *p*-Nitrophenyl butyrate가 *p*-nitrophenol로 가수분해된 정도를 UV/visible spectrophotometer (GENESYS 10 UV, Rochester, NY, USA)로 400 nm에서 흡광도를 측정하였다. Lipase 저해효과(%)는 다음과 같이 계산하였다.

$$\text{Lipase 저해효과}(\%) = [1 - (B - b)/A] \times 100$$

A: 시료를 첨가하지 않은 흡광도

B: 시료를 첨가한 흡광도

b: 효소를 첨가하지 않은 흡광도

열처리

추출물의 농도를 5 mg/mL로 하여 60°C 에서 10, 30 및 60분, 80°C 와 100°C 에서 각각 10과 20분, 121°C 에서 15분간 열처리한 후 급냉하였다. 이를 4°C 에서 보관하여 실험에 사용하였다.

pH 처리

추출물의 농도를 10 mg/mL로 하여 0.1 N NaOH와 0.1 N HCl을 이용하여 pH 2, 4, 6, 8 및 10으로 조절한 후 상온에서 24시간 동안 방치하였다. 24시간 후 시료를 본래의 pH로 중화시킨 후 이를 5 mg/mL의 농도로 희석하여 실험에 사용하였다.

통계처리

각 실험에 대한 유의차 검정은 SAS software(SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)에서 프로그램 된 general linear procedures, least square 평균값을 분산분석 한 후 $p < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test법에 따라 분석하였다.

결과 및 고찰

감태의 일반성분

동결건조한 감태의 일반성분 분석 결과는 Table 1에 나타내었다. 감태는 탄수화물 함량이 51.4%로 가장 높은 함량을 나타내었으며, 회분 및 조단백 함량이 각각 26.5% 및 12.9%

Table 1. Proximate composition in *Ecklonia cava*

(Unit: %)

Moisture	Crude ash	Crude fat	Crude protein	Carbohydrate
$8.10 \pm 0.21^{1)}$	26.47 ± 0.22	1.19 ± 0.19	12.88 ± 0.12	51.36 ± 0.42

¹⁾Percentages of dry weight basis.

Table 2. Physicochemical properties of *Ecklonia cava* extracts

	Color			pH
	L*	a*	b*	
Ethanol	31.51±0.12	-12.72±0.38	59.88±0.21	4.73±0.05
Water	24.67±0.01	8.14±0.04	48.09±0.03	6.36±0.01

로 함유되어 있었다. 갈조류는 다당류인 탄수화물 성분을 다량으로 함유하고 있다고 알려져 있는데, 본 연구에서도 가장 많은 함량을 차지하고 있는 것으로 확인하였다. Hwang과 Park(26)의 연구에서 동결건조한 감태 엽상부의 수분함량이 13%라고 보고하였으며, Kim 등(27)은 건조한 감태의 회분, 조지방 및 조단백 함량이 21.7, 1.7 및 12.8%라고 보고하여 수분과 회분함량에 있어서는 본 연구 결과와 다소 차이를 보였다. 해조류는 종류, 채집시기, 채취부위, 산지 및 저장기간 등에 따라 일반성분의 차이를 보이며, 지질 함량의 경우 서식하고 있는 장소의 일사량에 따라 차이를 나타낸다(28). 따라서 본 연구결과가 선행된 연구결과와 일부 차이를 보이는 것은 해조류의 채집시기 등에 의한 것으로 사료된다.

색도 및 pH

천연물의 색소는 식품에 첨가 시 식품 자체의 색에 영향을 주기 때문에 관능적인 면에 있어 중요한 요소이며, pH는 식품의 품질과 미생물의 생육에 영향을 미치므로 추출물의 색과 pH는 식품에 적용 시 반드시 고려해야 한다(29). 이에 감태 에탄올 및 물 추출물의 색도 및 pH를 측정하였다(Table 2). 색도에 있어서는 감태 에탄올 추출물이 물 추출물에 비해 명도 및 황색도가 높으며, 적색도가 낮은 것으로 나타났다. 이는 감태가 가지고 있는 fucoxanthin(30)과 carotenoid(31)계 색소가 에탄올 용매에 잘 용출되었기 때문으로 사료된다. 따라서 에탄올 추출물의 높은 황색도와 낮은 적색도는 이들 색소에 의한 것으로 사료된다. pH에서는 에탄올 추출물과 물 추출물이 pH 4.73과 6.36의 값으로 산성과 약산성을 나타냈다. 따라서 산성을 나타내는 감태 에탄올 추출물은 pH에 영향을 덜 받는 식품이나 산성을 띠는 음료가공에 적합할 것으로 사료된다. 물 추출물의 경우 일반적인 식품의 pH가 약산성 또는 중성임을 미루어볼 때 식품에 적용하는데 있어 큰 문제가 되지 않을 것으로 생각된다.

감태 추출물의 lipase 저해활성

감태에 존재하는 lipase 저해효과를 확인하기 위해 에탄올과 물로 각각 추출한 후 5, 2.5 및 1 mg/mL의 농도에서 lipase 저해활성을 측정하였다. 그 결과(Table 3), 에탄올 추출물의 경우 59, 34 및 19%의 저해활성을 보였고, 물 추출물은 28, 22 및 11%의 저해활성을 보여 에탄올 추출물에서 더 높은 저해활성을 나타냈다. 이러한 결과는 항비만 기능성 소재 개발을 위한 생약 추출물의 탐색에서 물 추출물이 다른 유기용매에 비해 lipase 저해활성이 낮게 나타났다는 결과와 유사한 경향이다(32). 또한 Kim 등(33)은 이 감태 에탄올

Table 3. Lipase inhibitory activity of *Ecklonia cava* extracts (Inhibition activity: %)

	Concentration (mg/mL)			IC ₅₀ ¹⁾ (mg/mL)
	5	2.5	1	
Ethanol	59.12±0.95 ^{a2)}	34.16±1.16 ^a	19.10±1.12 ^a	4.23±0.07
Water	28.72±1.70 ^b	21.72±1.57 ^b	11.41±0.47 ^b	- ³⁾

¹⁾IC₅₀ value is the concentration of sample required for 50% inhibition.
²⁾Means in the same column bearing different superscripts in samples are significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).
³⁾Not done.

추출물을 silica gel column과 HPLC를 이용하여 정제하였으며, 그 결과 ethyl acetate 분획물에서 IC₅₀값이 0.26 mg/mL로 가장 높은 저해활성을 보였으며, 에탄올 추출물보다 저해활성이 증가됨을 확인하였다. Bitou 등(34)은 54종의 해조류 중 27종의 해조류가 43~100%의 lipase 저해활성을 지니는 것을 확인하였으며, 이는 해조류에 포함되어 있는 tannin과 같은 polyphenol 화합물에 의한 것으로 보고하였다. 이러한 polyphenol 화합물은 효소나 단백질과 소수성 결합이나 수소결합을 함으로써 효소의 활성을 저해한다고 보고되고 있다(35,36). 감태에 함유되어 있는 polyphenol 화합물은 phlorotannin 계열의 물질로 수용성 용매보다 유기용매에 더 잘 용출되는 것으로 알려져 있다(37). 따라서 lipase 저해활성을 지니는 성분이 phlorotannin 계열의 polyphenol 화합물이나 에탄올에 용출이 잘되는 소수성 물질일 것으로 사료된다.

열처리에 의한 lipase 저해활성 변화

식품의 제조 공정 중에는 식품의 저장성을 증진시키기 위하여 식품의 부패 및 식중독 원인 미생물을 제어하는 가열 살균 처리 공정이 수반되게 되므로 식품에 첨가하는 기능성 성분들은 열에 안정해야 한다(17). 이에 감태 에탄올 추출물의 열 안정성을 확인하기 위해 감태 에탄올 추출물을 60°C에서 10분, 30분 및 60분, 80°C와 100°C에서 10분과 20분, 121°C에서 15분간 열처리하고 급냉한 뒤 lipase 저해활성을 측정하였다. 그 결과(Table 4), 100°C에서 20분, 121°C에서 15분의 열처리에 의해 lipase 저해활성이 증가하는 것으로 나타났다. 특히, 121°C에서 15분간 열처리 시에는 무처리구에 비해 lipase 저해활성이 약 18% 증가함을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 말채나무 내피 추출물을 70, 90 및 100°C로 열처리한 후 α-amylase 저해활성 안정성을 측정한 결과 모든 열처리에서 안정한 저해활성을 보인 결과와 유사하다(38). 천연물에 존재하는 tannin(39)과 우롱차(40), 포도씨(8) 및 땅콩껍질(9) 유래의 polyphenol 화합물은 lipase 저해활성을 지니는 것으로 보고되고 있다. Davidov-Pardo 등(41)과 Khanal 등(42)에 따르면 페놀화합물의 종류에 따라 열에 영향을 받는 정도의 차이가 있다고 하였으며, 열처리가 polyphenol 화합물의 구조적 변화에 영향을 줄 수 있다고

Table 4. Effect of heat treatment on lipase inhibitory activity of *Ecklonia cava* ethanol extract

Temperature (°C)	Time (min)	Inhibition activity (%)
60	10	60.24±1.54 ^(d1)
	30	60.63±1.33 ^{cd}
	60	62.47±0.71 ^{bc}
80	10	59.42±0.00 ^d
	20	60.37±1.54 ^{cd}
100	10	61.42±0.93 ^{cd}
	20	63.96±0.93 ^b
121	15	77.62±0.80 ^a
Control		59.85±2.41 ^d

¹⁾Means in the same column bearing different superscripts are significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

하였다. 그중 epicatechin, epigallocatechin gallate, gallo- catechin, procyanidin 등의 페놀화합물의 경우 열처리에 따른 유의적인 함량의 증가 혹은 감소되는 결과를 보였다. 또한 열처리에 따른 페놀화합물의 유리 혹은 축합반응에 의해 monomers, dimers, trimers 및 polymers의 형태로 구조적 변화를 보이는 것으로 나타났다. 따라서 열처리에 따른 감태 추출물의 lipase 저해활성의 증가는 lipase 저해활성을 나타 내는 polyphenol 화합물의 구조적 변화에 기인한 것으로 사 료된다.

pH 처리에 의한 lipase 저해활성 변화

pH는 단백질의 용해도 및 추출 수율에 영향을 미치고 효 소의 활성에 관여하는 중요한 인자이며, 식품에서의 pH는 품질특성에 중요한 영향을 미친다(43). 이에 감태 에탄올 추 출물의 pH 안정성을 확인하기 위해 0.1 N NaOH와 0.1 N HCl을 이용하여 pH 2, 4, 6, 8 및 10으로 조절한 후 상온에서 24시간 동안 방치하고 본래의 pH로 중화시킨 뒤 pH 변화에 따른 lipase 저해활성 안정성을 측정하였다. 그 결과(Table 5), 모든 범위에서 안정한 lipase 저해활성을 보여 감태 에탄 올 추출물의 lipase 저해활성 유효물질이 강산과 강알칼리에 서도 안정한 것을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 지층이 에 존재하는 lipase 저해제가 중성영역에서는 안정하였으나 산성과 염기성에서는 불안정한 결과를 보인 것과는 다른 결 과이다(44). 감태 에탄올 추출물과 같이 폭넓은 pH 범위에서 도 안정함을 보이는 해조류 추출물에는 *Sargassum fulvellum*

Table 5. Effect of pH on lipase inhibitory activity of *Ecklonia cava* ethanol extract

pH	Inhibition activity (%)
2	59.06±0.86 ^(NS1)
4	59.82±0.98 ^a
6	59.51±0.86 ^a
8	58.81±1.76 ^a
10	57.83±1.44 ^a
Control (4.67)	59.57±0.87 ^a

¹⁾Not significant.

(45)과 *Sargassum tortile*(17)이 있으며, 이들 해조 추출물 또한 강산과 강알칼리 조건에서 생리활성이 유지된다고 보 고하였다. 이를 미루어 볼 때 감태 에탄올 추출물 유래의 lipase 저해활성 유효물질은 pH 처리를 동반하는 식품가공 공정에 효과적으로 이용할 수 있을 것으로 사료된다.

요 약

본 연구는 감태 추출물의 lipase 저해활성을 알아보고, 산 업적으로 이용가능성을 확인하기 위해 열 및 pH에 대한 안 정성을 실시하였다. 감태의 일반성분을 측정된 결과, 수분함 량은 8.1%, 회분함량은 26.5%, 조지방 함량은 1.2%, 조단백 함량은 12.9%, 탄수화물의 함량은 51.4%로 나타났다. 감태 추출물의 색도 및 pH를 측정된 결과, 에탄올 추출물이 물 추출물에 비해 명도 및 황색도가 높고 적색도는 낮은 것으로 나타났다. 에탄올 추출물과 물 추출물이 산성과 약산성을 띠는 것으로 나타났다. 감태 추출물을 5, 2.5 및 1 mg/mL의 농도로 lipase 저해활성을 측정된 결과, 에탄올 추출물에서 는 59, 34 및 19%의 저해활성을 보여 물 추출물보다 높은 저해활성을 보였다. 높은 저해활성을 보인 감태 에탄올 추 출물의 열 및 pH에 대한 안정성을 측정된 결과, 100°C에서 20 분, 121°C에서 15분의 열처리에 의해 lipase 저해활성이 증가 하는 것으로 나타났으며, pH 2~10의 모든 범위에서도 안정 한 것을 확인할 수 있었다. 이상의 결과를 통해 lipase 저해활 성을 지니는 감태 에탄올 추출물이 열 및 pH에 대해 높은 안정성을 가져 항비만 소재로 응용할 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부의 2009년도 지역산업기술개발사업 의 지원에 의해 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

문 헌

- Pi-Sunyer FX. 1991. Health implications of obesity. *Am Soc Nutr* 53: 1595-16035.
- Chu MA, Choe BH. 2010. Obesity and metabolic syndrome among children and adolescents in Korea. *J Korean Med Assoc* 53: 142-152.
- Mattes RD, Bormann L. 2000. Effects of (-)-hydroxycitric acid on appetitive variables. *Physiol Behav* 71: 87-94.
- Kobayashi A, Osaka T, Namba Y, Inoue S, Lee TH, Kimura S. 1998. Capsaicin activates heat loss and heat production simultaneously and independently in rats. *Am J Physiol* 275: 92-98.
- Westerterp-Plantenga MS, Smeets A, Lejeune MPG. 2005. Sensory and gastrointestinal satiety effects of capsaicin on food intake. *Int J Obesity* 29: 682-688.
- Tiss A, Lengsfeld H, Carriere F, Verger R. 2009. Inhibition of human pancreatic lipase by tetrahydrolipstatin: further kinetic studies showing its reversibility. *J Mol Catal B: Enzymatic* 58: 41-47.

7. Kim DH, Lee EH, Hwang JC, Jeung JH, Kim DH, Cheong JY, Cho SW, Kim YB. 2002. A case of acute cholestatic hepatitis associated with orlistat. *Korean J Hepatol* 8: 317-320.
8. Moreno DA, Llic N, Poulev A, Brasaemle DL, Fried SK, Raskin L. 2003. Inhibitory effects of grape seed extract on lipases. *Nutrition* 19: 876-879.
9. Moreno DA, Llic N, Poulev A, Raskin L. 2006. Effects of *Arachis hypogaea* nutshell extract on lipid metabolic enzymes and obesity parameters. *Life Sci* 78: 2797-2803.
10. Jang DS, Lee GY, Kim JH, Lee YM, Kim JM, Kim YS, Kim JS. 2008. A new pancreatic lipase inhibitor isolated from the roots of *Actinidia arguta*. *Arch Pharm Res* 31: 666-670.
11. Kimura H, Ogawa S, Jisaka M, Kimura Y, Katsube T, Yokota K. 2003. Identification of novel saponins from edible seeds of Japanese horse chestnut (*Aesculus turbinata* Blume) after treatment with wooden ashes and their nutraceutical activity. *J Pharm Biomed Anal* 41: 1657-1665.
12. Zheng Q, Koike K, Han LK, Okuda H, Nikaido T. 2004. New biologically active triterpenoid saponins from *Scabiosa tschiliensis*. *J Nat Prod* 67: 604-613.
13. Choi HJ, Kil JH, Bak SS, Kong CS, Park KY, Seo YW, Lim SY. 2006. Inhibitory effects of solvent extracts from seven brown algae on mutagenicity and growth of human cancer cells. *J Life Sci* 16: 1080-1086.
14. Fenical W. 1983. Marine plants: A unique and unexplored resource. In *Plants: The Potentials for Extracting Protein, Medicines, and Other Useful Chemicals (Workshop Proceedings)*. DIANE publishing, Washington, DC, USA. p 147-153.
15. Kaliaperumal N. 2003. Products from seaweed. *SDMRI Research Publication* 3: 33-42.
16. Kim MJ, Song EJ, Lee SY, Kim KBWR, Kim SJ, Lee SJ, Yoon SY, Kim AR, Jeon YJ, Park JG, Choi JI, Lee JW, Byun MW, Ahn DH. 2008. Effects of γ -irradiation on antioxidant and physicochemical properties of *Ishige okamurai* extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 1485-1490.
17. Lee SY, Kim JH, Song EJ, Kim KBWR, Hong YK, Lim SM, Ahn DH. 2009. Investigation of antimicrobial activity of brown algae extracts and the thermal and pH effects on their activity. *Food Sci Biotechnol* 18: 506-512.
18. Lee SH, Li Y, Karadeniz F, Kim MM, Kim SK. 2009. α -Glucosidase and α -amylase inhibitory activities of phloroglucinal derivatives from edible marine brown alga, *Ecklonia cava*. *J Sci Food Agric* 89: 1552-1558.
19. Zhuang C, Itoh H, Mizuno T. 1995. Antitumor active fucoidan from the brown seaweed, umitoranoo (*Sargassum thunbergii*). *Biosci Biotech Biochem* 59: 563-567.
20. Yoon NY, Eom TK, Kim MM, Kim SK. 2009. Inhibitory effect of phlorotannins isolated from *Ecklonia cava* on mushroom tyrosinase activity and melanin formation in mouse B16F10 melanoma cells. *J Agric Food Chem* 57: 4124-4129.
21. Athukorala Y, Kim KN, Jeon YJ. 2006. Antiproliferative and antioxidant properties of an enzymatic hydrolysate from brown alga, *Ecklonia cava*. *Food Chem Toxicol* 44: 1065-1074.
22. Shin HC, Hwang HJ, Kang KJ, Lee BH. 2006. An antioxidative and antiinflammatory agent for potential treatment of osteoarthritis from *Ecklonia cava*. *Arch pharm Res* 29: 165-171.
23. Kong CS, Kim JA, Yoon NY, Kim SK. 2009. Induction of apoptosis by phloroglucinol derivative from *Ecklonia Cava* in MCF-7 human breast cancer cells. *Food Chem Toxicol* 47: 1653-1658.
24. AOAC. 2000. *Official methods of analysis*. 17th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA. Vol 3, p 1-25, Vol 31, p 10.
25. Kim JH, Kin HJ, Park HW, Youn SH, Choi DY, Shin CS. 2007. Development of inhibitors against lipase and α -glucosidase from derivatives of monascus pigment. *FEMS Microbiol Lett* 276: 93-98.
26. Hwang EK, Park CS. 2009. Dietary fiber content of different thallus regions and age in three brown algae: *Laminaria japonica*, *Ecklonia stolonifera* and *E. cava*. *Kor J Fish Aquat Sci* 42: 360-365.
27. Kim GD, Kang JH, Byun HS, Kim SB, Park YH, Yoon HD, Kim DS. 1986. Compositions and seasonal variations of free sugars and non-volatile organic acids in brown algae, *Ecklonia cava*, *Sargassum ringgoldianum* and *Myagropsis myagroides*. *Bull Korean Fish Soc* 19: 227-233.
28. Val AG, Platas G, Basilio A, Cabello A, Gorrochategui J, Suay I, Vicente F, Portillo M, Rio MH, Reina GG, Pelaez F. 2001. Screening of antimicrobial activities in red, green and brown macroalgae from Gran Canaria (Canary islands Spain). *Int Microbiol* 4: 35-40.
29. Lee SJ, Song EJ, Lee SY, Kim KBWR, Kim SJ, Yoon SY, Lee CJ, Ahn DH. 2009. Antioxidant activity of leaf, stem and root extracts from *Orostachys japonicus* and their heat and pH stabilities. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 1571-1579.
30. Lee BM, Kim CJ, Kim CT, Seo JJ, Kim IH. 2009. Concentration of fucoxanthin from *Ecklonia cava* using supercritical carbon dioxide. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 1452-1456.
31. Kim TH, Bae JS. 2010. *Ecklonia cava* extracts inhibit lipopolysaccharide induced inflammatory responses in human endothelial cells. *Food Chem Toxicol* 48: 1682-1687.
32. Kim YJ, Kim BH, Lee SY, Kim MS, Park CS, Rhee MS, Lee KH, Kim DS. 2006. Screening of medicinal plants for development of functional food ingredients with anti-obesity. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 49: 221-226.
33. Kim KBWR, Jung JY, Lee CJ, Kim DH, Cho JY, Ahn DH. 2011. Lipase inhibitory activity of *Ecklonia cava* extracts. *Food Sci Biotechnol* in press.
34. Bitou N, Ninomiya M, Tsujita T, Okuda H. 1999. Screening of lipase inhibitors from marine algae. *Lipids* 34: 441-445.
35. Quiros ARB, Frecha-Ferreiro S, Vidal-Perez AM, Lopez-Hernandez J. 2010. Antioxidant compounds in edible brown seaweeds. *Eur Food Res Technol* 231: 495-498.
36. Deaville ER, Green RJ, Muller-Harvey I, Willoughby I, Frazier RA. 2007. Hydrolyzable tannin structures influence relative globular and random coil protein binding strengths. *J Agric Sci Food Chem* 55: 4554-4561.
37. Ahn IS, Park KY, Do MS. 2007. Weight control mechanisms and antiobesity functional agents. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 503-513.
38. Lim CS, Li CY, Kim YM, Lee WY, Rhee HI. 2005. The inhibitory effect of *Cornus walteri* extract against α -amylase. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 48: 103-108.
39. Okuda T, Yoshida T, Hatano T, Hashimoto T, Yamashita A. 1997. Tannins and lipase inhibitors containing the same as active ingredients. *US Patent* 608,815.
40. Nakai M, Fukui Y, Asami S, Toyoda-ono Y, Iwashita T, Shibata H, Mitsunaga T, Hashimoto F, Kiso Y. 2005. Inhibitory effects of oolong tea polyphenols on pancreatic lipase in vitro. *J Agric Food Chem* 53: 4593-4598.
41. Davido-Pardo G, Arozarena I, Marin-Arrogo MR. 2011. Stability of polyphenolic extracts from grape seeds after thermal treatments. *Eur Food Res Technol* 232: 211-220.

42. Khanal RC, Howard LR, Prior RL. 2010. Effect of heating on the stability of grape and blueberry pomace procyanidins and total anthocyanins. *Food Res Int* 43: 1464-1469.
43. Kim SJ, Kweon DH, Lee JH. 2006. Investigation of anti-oxidative activity and stability of ethanol extracts of licorice root (*Glycyrrhiza glabra*). *Korean J Food Sci Technol* 38: 584-588.
44. Lee SJ. 2010. Lipase and α -amylase inhibitory activity of *Sargassum thunbergii* extracts. *MS Thesis*. Pukyong National University, Busan, Korea. p 30-32.
45. Yoon SY, Lee SY, Kim KBWR, Song EJ, Lee SJ, Lee CJ, Park NB, Jung JY, Kwak JH, Nam KW, Ahn DH. 2010. Antimicrobial activity of the *Sargassum fulvellum* ethanol extract and the effect of temperature and pH on their activity. *Korean J Food Sci Technol* 42: 155-159.

(2011년 5월 29일 접수; 2011년 7월 7일 채택)