

지층이(*Sargassum thunbergii*) 에탄올 추출물의 Lipase 저해활성에 미치는 열, pH 및 감마선 조사의 영향

김동현¹ · 김꽃봉우리¹ · 김민지¹ · 선우찬¹ · 정슬아¹ · 김현지¹ · 정다현¹ · 김태완² · 조영제³ · 안동현^{1*}

¹부경대학교 식품공학과/ 식품연구소
²안동대학교 식품생명공학과
³경북대학교 식품공학부

Effects of Heat, pH, and Gamma Irradiation Treatments on Lipase Inhibitory Activity of *Sargassum thunbergii* Ethanol Extract

Dong-Hyun Kim¹, Koth-Bong-Woo-Ri Kim¹, Min-Ji Kim¹, Chan Sunwoo¹, Seul-A Jung¹,
Hyun-Jee Kim¹, Da-Hyun Jeong¹, Tae-Wan Kim², Young-Je Cho³, 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 Technology, Andong National University, Gyeongbuk 760-740, Korea

³School of Food Science of Biotechnology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

Abstract

Inhibitory activity of *Sargassum thunbergii* (ST) against porcine pancreatic lipase was assessed after heat treatment, pH changes, and gamma irradiation. This analysis revealed that the ST ethanol extract exhibited high lipase inhibitory activity (37.37%) at 5 mg/mL. The ST ethanol extract was treated with heat at 60°C for 10, 30, and 60 min; 80 and 100°C for 10 and 20 min; and 121°C for 15 min, pH (2, 4, 6, 8 and 10) and γ -irradiation (3, 7 and 20 kGy). The lipase inhibitory activity of the ST ethanol extract increased in all heat treatments, especially at 121°C for 15 min (51.55%) compared with the control. With regard to pH stability, the ST ethanol extract showed no significant changes at pH 4~8, but somewhat decreased inhibitory activity was revealed at pH 2 (26.25%) and 10 (29.93%). On the other hand, the ST ethanol extract was not affected by γ -irradiation treatment conditions used in this study. These results suggest that ST has a potential role as a functional food agent.

Key words: *Sargassum thunbergii*, ethanol extract, lipase inhibitor, heat treatment, pH, gamma irradiation

서 론

비만은 에너지 섭취가 에너지 소비를 증가하여 잉여 에너지가 지방조직에 필요 이상으로 축적될 때 발생하게 된다(1). 비만의 주된 원인은 유전적인 요소, 신진대사의 불균형, 환경적인 요소 등 복합적인 원인에 의해 발생하게 된다(2). 2009년 국민건강영양조사 자료에 따르면, 성인비만 유병률이 1998년 26.0%에서 2007년 30.7%로 증가하였으며, 2009년에는 31.3%로 지난 10년간 꾸준히 증가하였다(3). 세계보건기구(WHO)에서는 비만은 건강을 위협하는 만성질환으로 규정하고 있으며, 치료하지 않고 방치하게 되면 당뇨병, 고혈압, 심뇌혈관계질환, 호흡기 장애, 골관절염 및 암 등과 같은 질병을 유발시킬 위험이 높다(4). 이러한 비만 문제를 해결하려는 방법으로 식이요법, 운동요법 및 행동수정 등과 같은 식생활습관의 개선을 권장하고 있지만, 바쁜 현대인은

식욕억제제, 열대사 촉진제 및 소화 억제제 등과 같은 약물제제를 이용하고 있는 실정이다(5).

식품으로 섭취된 지질은 위나 췌장에서 분비되는 지방분해효소인 lipase와 담낭에서 분비되는 담즙에 의해, 유리지방산과 monoacylglycerol로 분해되어 담즙과 미셀구조를 형성하여 소장 벽으로 이동하고, 소장점막세포로 흡수되어 에너지원 및 인체 구성성분으로 사용되며, 잉여 에너지는 체내의 지방세포에 축적되게 된다(1,6). 비만을 치료하기 위한 가장 중요한 방법 중 하나로 지질을 분해하는 효소인 lipase를 저해하여 지질의 소화 및 흡수를 저해하여 위장을 통한 에너지 섭취를 줄이는 방법을 들 수 있다. 현재 lipase 저해제로서 가장 대표적인 것이 orlistat이며, 이는 *Streptomyces toxytricini*의 유래 lipstatin의 유도체인 tetrahydrolipstatin으로 구조적으로 중성지방과 유사하여 lipase의 활성 부위에 결합하여 지질의 가수분해를 방해한다(7). 그러

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

나 orlistat는 뛰어난 lipase 저해효능을 가짐에도 불구하고, 중추신경계, 위장관계, 신경근골격계, 내분비계, 암 및 호흡계 등 여러 가지 부작용을 나타내는 것으로 알려져 있다(8). 따라서 오늘날에는 섭취 시 부작용이 적은 천연물 유래의 lipase 저해제를 탐색하고자 하는 연구가 활발히 이루어지고 있으며, 현재 다양한 식물의 뿌리 및 뿌리줄기의 주요 구성 성분인 saponin 화합물, 항산화 작용이 뛰어난 polyphenol 화합물 및 terpene 화합물 등과 같이 육상식물에 대한 연구가 주를 이루고 있다(9).

한편, 해조류는 고압, 저온, 저산소, 고염 등의 독특한 환경 조건에서 서식하기 때문에 육상식물과 다른 이차대사 산물을 생합성한다(10). 이런 이차대사산물은 항산화(11), 항균(12), 면역증진(13) 및 효소저해제(14) 등 다양한 효능이 보고되고 있지만, 육상식물에 비해 연구가 미비한 실정이다. 우리나라 해변가에서 흔히 접할 수 있는 갈조류의 한 종류인 지층이(*Sargassum thunbergii*)는 갈조식물 모자반과(Sargassaceae)에 속하며, 이런 갈조류의 특징으로 세포벽에 풍부하게 존재하는 점액성 물질이 존재하는데 대표적인 것이 다당류 성분인 알긴산으로 이는 독특한 물리적 성질을 지니고 있어 식품산업에서 안정제 및 증점제로 널리 이용되고 있으며, 오늘날에는 갈조류 유래 phlorotannin 및 fucoidan 등과 같은 생리활성물질에 의해 식품학적 가치가 높아지고 있다(10,15). 그중 지층이는 항염증(16), 항균(17), 항산화(18) 및 항종양(19) 등의 생리활성에 대한 연구가 보고되고 있지만, 효소저해에 관련한 연구는 α -amylase(14)의 연구 외에는 거의 보고되지 않고 있다.

이에 지층이 에탄올 추출물에 대한 lipase 저해효과를 알아보고, 이를 실질적으로 식품산업에 적용하기 위해 식품가공 공정 중 조리 및 살균 목적의 가장 일반적으로 행하는 열처리 공정과 식품마다 가지고 있는 고유의 pH 영역 및 오늘날 식품 살균 기술뿐만 아니라, 생리활성을 띠는 유용물질 탐색에 널리 이용 및 연구되어지고 있는 감마선 조사에 대하여 lipase 저해효능의 안정성을 측정하여, 기능성식품 소재로서의 산업적 이용 가능성을 알아보았다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용된 지층이는 부산 기장에서 채취한 것을 이 물질을 제거하고, 담수로 깨끗이 수세한 후, 동결건조 하여 분쇄기(DA282-2, Deasung atron, Seoul, Korea)로 분쇄한 후, -20°C 에서 보관하면서 실험에 사용하였다.

추출

분쇄한 지층이 분말에 10배량의 94% 에탄올 또는 물을 가하여 실온에서 24시간 교반하여 추출한 후, 3000 rpm, 4°C , 10 min의 조건으로 원심분리(UNION 32R, Hanil Co., Incheon, Korea)하여 상층액만 취하였다. 잔사는 이와 동일한

방법으로 2회 더 반복하여 추출하였다. 총 3회 추출한 상층액을 여과한 후, rotary evaporator(RE200, Yamato Co., Tokyo, Japan)을 이용하여 농축하고 37°C 에서 건조하였다. 이를 4°C 에서 보관하면서 실험에 사용하였다.

Lipase 저해활성 측정

Lipase 저해활성 측정은 Kim 등(20)의 방법을 사용하여 측정하였다. Porcine pancreatic lipase(triacylglycerol acyl-hydrolase, 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, Tris buffer(100 mM Tris-HCl, 5 mM CaCl_2 , pH 7.0)를 850 μL 첨가하여 enzyme buffer를 준비하였다. Enzyme buffer에 시료 100 μL 를 첨가하여 37°C 에서 15분간 반응시켰다. 반응 후 10 mM *p*-nitrophenyl butyrate(Sigma Chemical Co.) 20 μL 를 첨가하여 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 저해활성(%)은 다음과 같이 계산하였다.

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

A: 시료를 첨가하지 않은 흡광도

B: 시료를 첨가한 흡광도

C: 효소를 첨가하지 않은 흡광도

열 및 pH 처리

열 안정성은 추출물의 농도를 5 mg/mL로 하여 60°C 에서 10, 30 및 60분, 80°C 와 100°C 에서 각각 10 및 20분간 열처리하였고, 121°C , 1.2 atm에서 15분간 가압가열 처리한 후, 이를 급냉하여 4°C 에서 보관하여 실험에 사용하였다. pH 안정성은 추출물 농도를 10 mg/mL로 하여 시료의 pH를 측정하고 1 N NaOH와 1 N HCl을 가하여 pH 2, 4, 6, 8 및 10으로 조절하여 실온에서 24시간 방치시킨 후, 본래의 pH로 중화시켜 최종 5 mg/mL 농도로 희석하여 실험에 사용하였다(11).

감마선 조사

한국원자력연구원 방사선과학연구소에 있는 감마선 조사 시설(Point source AECL, IR-79, MDS Nordion International Co., Ltd., Ottawa, ON, Canada)을 이용하여 선원 10만 Ci, Co-60을 실온에서 시간당 일정 선량률로 추출물에 각각 3, 7 및 20 kGy의 총 흡수선량을 얻도록 조사하였다. 감마선 조사한 시료는 4°C 에서 보관하면서 실험에 사용하였다.

통계처리

실험결과에 대한 통계처리는 SAS software(Statistical Analytical System V8.2, SAS Institute Inc, Cary, NC, USA)을 이용하여 분산분석을 하였으며, 조사 항목들 간의 유의적 검정은 $p < 0.05$ 수준에서 Duncan의 다중검정법으로

Table 1. Lipase inhibitory activity of *Sargassum thunbergii* extracts

| | Inhibition activity (%) | | |
|----------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | 1 mg/mL | 2.5 mg/mL | 5 mg/mL |
| Ethanol | 16.12±0.39 ^{Ba1)} | 19.32±3.06 ^{Ba} | 37.37±1.46 ^{Aa} |
| Water | 12.72±0.71 ^{Bb} | 13.73±1.01 ^{Bb} | 22.58±1.04 ^{Ab} |
| Orlistat | 96.39±1.18 | 99.23±0.85 | 100±0.23 |

¹⁾Means in the row (A,B) and the column (a,b) bearing different superscripts in samples are significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

실시하였다.

결과 및 고찰

지층이 추출물의 lipase 저해활성

지층이의 에탄올과 물 추출물을 각각 1, 2.5 및 5 mg/mL의 농도에서 lipase 저해활성을 측정하였다. 그 결과(Table 1), 에탄올 추출물의 경우 각각 16.12, 19.32 및 37.37%의 lipase 저해활성을 보였고, 물 추출물의 경우 각각 12.72, 13.73 및 22.58%의 lipase 저해활성을 보여 추출물에 대하여 모두 농도 의존적으로 lipase 저해활성이 증가하였으며, 에탄올 추출물이 물 추출물보다 유의적으로 높은 저해활성을 보였다. 특히 5 mg/mL의 농도에서 약 1.6배 더 높은 저해활성을 나타냈다. Lee 등(14)은 지층이 에탄올 추출물이 물 추출물보다 더 높은 α -amylase 저해활성을 나타낸다고 보고하였으며, 또한 Jung 등(21)은 감태 에탄올 추출물이 물 추출물보다 더 높은 lipase 저해활성을 지닌다고 보고하여 본 연구결과와 유사한 결과이다. 천연물의 유효성분을 추출 시 에탄올 용매에는 소수성 물질들이 주로 추출되는 것으로(22), Kim 등(23)은 생약 추출물로부터 lipase 저해제 탐색을 위해 메탄올 추출을 통하여 얻은 소수성 물질들이 높은 lipase 저해활성을 나타내는 것을 확인하였다. 또한 Bitou 등(24)은 해조류로부터 pancreatic lipase 저해물질을 탐색하기 위해 54종의 해조류를 대상으로 screening을 한 결과, 27종의 해조류 methanol 및 ethyl acetate 추출물이 뛰어난 lipase 저해활성을 지니는 것을 확인하였다. 해조류는 고압, 저온, 저산소의 독특한 환경조건으로 육상식물과는 다른 구조를 가지고 있으며, 특히 갈조류는 생리활성 물질인 주요 phenolic compound로서 phlorotannin을 다량 함유하고 있다(25). 이런 polyphenol 화합물은 소수성 및 수소 결합을 통해 단백질과 친화력이 뛰어나 효소와 강한 복합체를 형성하여 효소작용을 저해한다고 보고되고 있다(1,9). 따라서 지층이 유래 lipase 저해물질은 polyphenol 계열의 phlorotannin 화합물이나 에탄올에 잘 추출되는 소수성 물질일 것으로 사료된다.

열 안정성

식품의 제조과정 중 흔히 식중독 원인 미생물 및 부패 미생물을 살균하여 저장성을 증진시킬 목적으로 가장 널리 열처리 공정이 수반된다. 그러나 대부분의 생리활성 물질은 열에

Table 2. Lipase inhibitory activity of *Sargassum thunbergii* ethanol extract after heat treatment

| Temperature (°C) | Time (min) | Inhibition activity (%) |
|------------------|------------|----------------------------|
| 60 | 10 | 39.57±1.48 ^{de1)} |
| | 30 | 41.89±0.84 ^{cd} |
| | 60 | 41.36±0.95 ^{cd} |
| 80 | 10 | 43.01±2.22 ^{bc} |
| | 20 | 43.74±2.99 ^{bc} |
| 100 | 10 | 42.69±2.22 ^{bcd} |
| | 20 | 45.54±0.95 ^b |
| 121 | 15 | 51.55±1.30 ^a |
| Control | | 38.05±1.59 ^c |

Concentration: 5 mg/mL.

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

상대적으로 불안정하여 그 효과가 상당히 감소하는 것으로 알려져 있다. 따라서 이러한 열처리 공정 중에서도 기능성식품 내의 생리활성 물질이 안정성을 지녀야 산업적으로 이용이 가능하다(26,27). 본 연구에서 lipase 저해활성을 나타낸 지층이 에탄올 추출물 5 mg/mL 농도를 60°C에서 10, 30 및 60분, 80 및 100°C에서 각각 10 및 20분, 121°C에서 15분 열처리 후 저해활성을 측정한 결과(Table 2), 38.05%를 보인 대조구보다 열처리한 모든 처리구에서 39.57-51.55%로 기존의 lipase 저해활성보다 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었으며, 특히 121°C, 15 min 처리구에서 대조구에 비해 약 13% 정도 저해활성이 유의적으로 가장 많이 증가하였다. Lee 등(14)은 지층이 에탄올 추출물을 열처리한 후 α -amylase 저해활성을 측정된 결과, 60-100°C 처리조건에서 저해활성이 증가하였다고 보고하였다. Jung 등(21) 역시 감태 에탄올 추출물을 열처리 시 lipase 저해활성이 열처리하지 않은 것에 비해 증가하는 경향을 보였으며, 특히 121°C, 15 min 열처리 조건 시 lipase 저해활성이 약 18% 증가하여 본 연구결과와 유사한 경향을 보였다. 이에 반해, Mulimani와 Rudrappa(28)가 병아리 콩에서 추출한 α -amylase 저해제를 열처리한 결과, 저해활성이 감소하였다고 보고한 결과와는 다른 경향을 나타내었다. Phenolic compound는 그 종류에 따라 열처리에 의해 구조적 변화를 일으킬 수 있어, 그에 따른 생리활성의 효과가 증가하거나 감소할 수 있는 것으로 보고되고 있다(27,29). 본 연구 결과는 지층이 에탄올 추출물이 열처리 공정을 수반하여도 lipase 저해활성이 감소하지 않고, 오히려 더 증가하는 것으로 보아 식품산업의 전반적인 열처리 가공공정에 효과적으로 적용이 가능할 것이다. 특히 121°C, 15 min 조건에서 lipase 저해활성이 높게 증가하는 것으로 미루어 볼 때, 고압멸균을 적용하는 레토르트 및 can 제품의 형태로 널리 이용 가능할 것으로 기대되며, 나아가 환자용 식품 및 우주식품에 적용가능 할 것으로 사료된다.

pH 안정성

식품은 그 원재료 및 가공의 목적으로 인해 다양한 pH 영역

Table 3. Lipase inhibitory activity stability of *Sargassum thunbergii* ethanol extract after pH treatment

| pH | Inhibition activity (%) |
|---------------|----------------------------|
| 2 | 26.25±0.61 ^(d1) |
| 4 | 38.13±2.27 ^a |
| 6 | 34.83±0.88 ^b |
| 8 | 37.30±0.21 ^{ab} |
| 10 | 29.93±1.05 ^c |
| Control (4.8) | 36.61±2.98 ^{ab} |

Concentration: 5 mg/mL.

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

을 지니고 있으며, 이는 그 식품의 품질 및 고유의 특성을 나타낸다. 또한 이런 식품 고유의 pH에 의해 식품 내 생리활성물질이 그 효능을 나타내기 위해 안정성을 나타내야 함으로 지충이 에탄올 추출물을 식품산업에 적용 가능성을 알아보기 위해 추출물 5 mg/mL을 pH 2, 4, 6, 8 및 10으로 조정 후 다시 본래의 pH인 4.8로 중화시킨 뒤 다양한 pH 변화에 대한 lipase 저해활성 안정성을 측정하였다(Table 3). 그 결과, lipase에 대한 지충이 에탄올 추출물의 저해활성이 pH 4, 6 및 8에서 각각 38.13, 34.83 및 37.30%를 나타내 대조구의 36.61%와 비교하여 중성영역에서는 비교적 안정하였으나, pH 2 및 10 조건, 즉 강산성과 강알칼리 조건하에서 각각 26.25 및 29.93%의 저해활성을 보여 대조구의 비해 유의적으로 다소 감소하는 경향을 보였다. 본 연구 결과로 미루어 볼 때, 지충이 에탄올 추출물의 lipase 저해활성을 나타내는 물질이 강산성과 강알칼리에서 다소 불안정한 것으로 사료된다. Lee 등(14)은 지충이 에탄올 추출물이 강산성 및 강알칼리 조건하에서 α -amylase 저해활성이 감소하였다고 보고하여 본 연구 결과와 유사한 경향을 보였다. Lee 등(14)은 이전 연구에서 지충이 에탄올 추출물이 강산성 및 강알칼리 영역에서 총 페놀함량이 감소함을 보고하였는데, 이는 폴리페놀이 효소활성의 감소에 영향을 끼친 것으로 사료된다. 그러나 Jung 등(21)이 lipase 저해활성에 대해 감태 에탄올 추출물의 pH 안정성을 측정한 결과, pH 2~10의 영역에서 모든 실험구가 안정하였으며, Lim 등(30)은 말채나무 추출물의 α -amylase 저해물질 역시 pH 2 영역의 강산성 하에서 안정하고 보고한 결과와 다른 경향을 보였다. 이러한 결과를 미루어 볼 때, 생리활성 물질들은 그 유래에 따라 다양한 pH 범위에서 나타내는 활성의 안정성이 다른 경향을 보이는 것으로 사료된다. 이를 종합해 보면, 일반적인 식품의 pH는 약산성 및 중성임을 고려할 때 지충이 에탄올 추출물을 lipase 저해 기능성식품의 소재로 식품산업에 폭넓게 적용할 수 있을 것으로 사료된다.

감마선 조사 안정성

방사선 조사기술은 잔류독성이 전혀 없고, 식품 고유의 품질 유지가 가능하여 식품 및 소재의 부패방지, 제품의 안전성 및 보존성 향상 등의 목적으로 식품산업에 이용이 확대되고

Table 4. Lipase inhibitory activity stability of *Sargassum thunbergii* ethanol extract after γ -irradiation

| | Inhibition activity (%) | | | |
|---------|-----------------------------|------------|------------|------------|
| | 0 kGy | 3 kGy | 7 kGy | 20 kGy |
| Ethanol | 39.12±0.46 ^(NS1) | 41.20±2.09 | 38.98±1.74 | 39.23±1.85 |

Concentration: 5 mg/mL.

¹⁾Not significant.

있다(31,32). 또한 최근 감마선 조사가 천연물 유래 생리활성물질의 효과를 상승시킨다는 보고가 증가하고 있다(33). 이에 지충이 에탄올 추출물의 식품 산업적 이용 가능성을 알아보기 위해 추출물 5 mg/mL 농도에 감마선을 3, 7 및 20 kGy를 조사한 후, lipase 저해활성을 측정하였다. 그 결과(Table 4), 감마선 3, 7 및 20 kGy를 조사한 처리구의 lipase 저해활성이 각각 41.20, 38.98 및 39.23%로 대조구의 39.12%와 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다. 식품산업에서 방사선 조사의 가장 큰 특징은 식품의 생화학적 변화를 최소화하면서 위생학적 위해성도 나타내지 않는 것이다(32). 따라서 지충이 에탄올 추출물의 lipase 저해활성을 나타내는 물질은 3~20 kGy의 감마선 조사에 매우 안정한 물질인 것으로 사료되어진다. 이는 Lee 등(14)이 α -amylase에 대한 지충이 에탄올 추출물의 감마선 조사에 안정하다는 결과와 같은 경향이다. 따라서 우주식품이나 환자용 특수목적 식품으로 그 이용범위가 확대되어가고 있는 조사식품에 지충이 에탄올 추출물을 기능성 소재로 이용할 수 있을 것으로 사료된다.

요 약

본 연구는 지충이 추출물의 lipase 저해활성을 알아보고, 식품산업에 적용가능성을 확인하기 위해 열, pH 및 감마선 조사에 대한 안정성을 검토하였다. 지충이 추출물을 1, 2.5 및 5 mg/mL의 농도에서 lipase 저해활성을 측정한 결과, 에탄올 추출물에서 각각 16.12, 19.32 및 37.37%의 저해활성을 보여 물 추출물보다 높은 저해활성을 보였다. 높은 저해활성을 보인 지충이 에탄올 추출물의 열 안정성을 검토한 결과, 모든 처리구에서 기존의 lipase 저해활성보다 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었으며, 특히 121°C, 15 min 처리구에서 대조구에 비해 약 13% 정도 저해활성이 가장 많이 증가하였다. pH 안정성을 검토한 결과, 중성영역(pH 4~8)에서는 안정하였으나, pH 2 및 10 조건하에서 대조구에 비해 다소 감소하는 경향을 보였다. 감마선 조사에 대한 안정성 검토 결과, 모든 처리구에서 유의적인 차이 없이 안정한 것을 확인하였다. 이상의 결과로 lipase 저해활성을 지니는 지충이 에탄올 추출물이 식품산업에 폭넓게 이용될 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부의 2009년도 지역산업기술개발사업

의 지원에 의해 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

문헌

- Ahn IS, Park KY, Do MS. 2007. Weight control mechanisms and antiobesity functional agents. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 503-513.
- Chu MA, Choe BH. 2010. Obesity and metabolic syndrome among children and adolescents in Korea. *J Korean Med Assoc* 53: 142-152.
- Korea Health Statistics. 2009. Korea national health and nutrition examination survey (KNHANES IV-3). p 1-754.
- Pi-Sunyer FX. 1991. Health implications of obesity. *Am J Clin Nutr* 5: 1595-1603.
- Bray GA, Tartaglia LA. 2000. Medicinal strategies in the treatment of obesity. *Nature* 404: 672-677.
- Gibbons GF, Wiggins D. 1995. Intracellular triacylglycerol lipase: its role in the assembly of hepatic very low density lipoprotein (VLDL). *Adv Enzyme Regul* 35: 179-198.
- 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-Enzym* 58: 41-47.
- Filippatos TD, Derdemezis CS, Gazi IF, Nakou ES, Mikhailidis DP, Elisaf MS. 2008. Orlistat-associated adverse effects and drug interactions: a critical review. *Drug Safety* 31: 53-65.
- Birari RB, Bhutani KK. 2007. Pancreatic lipase inhibitors from natural sources: unexplored potential. *Drug Discov Today* 12: 879-889.
- 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 publisher, Washington, DC, USA. p 147-153.
- 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: 1571-1679.
- 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.
- Lee CJ, Song EJ, Kim KBWR, Jung JY, Kwak JH, Choi MK, Kim MJ, Kim DH, Sunwoo C, Park JG, Kim JH, Choi JI, Lee JW, Byun MW, Ahn DH. 2011. Effect of gamma irradiation on immune activity and physicochemical properties of *Myagropsis myagroides* water extract. *Kor J Fish Aquat Sci* 44: 50-57.
- Lee SJ, Song EJ, Kim KBWR, Lee CJ, Jung JY, Kwak JH, Choi MK, Kim MJ, Kim TW, Ahn DH. 2010. Inhibitory effects of *Sargassum thunbergii* ethanol extract against α -amylase. *Kor J Fish Aqua Sci* 43: 648-653.
- Gupta S, Abu-Ghannam N. 2011. Recent developments in the application of seaweeds or seaweed extracts for enhancing the safety and quality attributes of foods. *IFSET* 12: 600-609.
- Kang JY, Khan MNA, Park NH, Cho JY, Lee MC, Fujii H, Hong YK. 2008. Antipyretic, analgesic, and anti-inflammatory activities of the seaweed *Sargassum fulvellum* and *thunbergii* in mice. *J Ethnopharmacol* 116: 187-190.
- Lee SJ, Song EJ, Lee SY, Kim KBWR, Yoon SY, Lee CJ, Jung JY, Park NB, Kwak JH, Park JG, Kim JH, Choi JI, Lee JW, Byun MW, Ahn DH. 2010. Effects of gamma irradiation on antioxidant, antimicrobial activities and physical characteristics of *Sargassum thunbergii* extract. *Korean J Food Sci Technol* 42: 431-437.
- Seo YW, Lee HJ, Park KE, Kim YA, Ahn JW, Yoo JS, Lee BJ. 2004. Peroxynitrite-scavenging constituents from the brown alga *Sargassum thunbergii*. *Biotechnol Bioprocess Eng* 9: 212-216.
- Zhuang C, Itoh H, Mizuno T, Ito H. 1995. Antitumor active fucoidan from the brown seaweed, umitorano (*Sargassum thunbergii*). *Biosci Biotechnol Biochem* 59: 563-567.
- Kim JH, Kim HJ, Kim CY, Jung HY, Kim YO, Ju JY, Shin CS. 2007. Development of lipase inhibitors from various derivatives of monascus pigment produced by *Monascus* fermentation. *Food Chem* 101: 357-364.
- Jung JY, Kim KBWR, Lee CJ, Kwak JH, Kim MJ, Kim DH, Sunwoo C, Kim TW, Ahn DH. 2011. Inhibitory effect of *Ecklonia cava* extracts against lipase activity and stability effect of temperature and pH on their activity. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 969-974.
- Kim KH, Roh SG, Li CR, Jin CF, Kim A, Choi WC. 2008. Anti-diabetic effects of banaba leaf extracts (*Lagerstroemia speciosa* Pers.) through solvents. *J Life Sci* 18: 1305-1311.
- 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.
- Bitou N, Ninomiya M, Tsujita T, Okuda H. 1999. Screening of lipase inhibitors from marine algae. *Lipids* 34: 441-445.
- Rodríguez-Bernaldo de Quirós A, Frecha-Ferreiro S, Vidal-Pérez AM, López-Hernández J. 2010. Antioxidant compounds in edible brown seaweeds. *Eur Food Res Technol* 231: 495-498.
- Choi Y, Lee SM, Chun J, Lee HB, Lee J. 2006. Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. *Food Chem* 99: 381-387.
- 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.
- Mulimani VH, Rudrappa G. 1994. Effect of heat treatment and germination on alpha amylase inhibitor activity in chick peas (*Cicer arietinum* L.). *Plant Food Hum Nutr* 46: 133-137.
- 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.
- Lim CS, Li CY, Kim YM, Lee WY, Rhee HI. 2005. The inhibitory effect of *Comus walteri* extract against α -amylase. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 48: 103-108.
- Thayer DW. 1990. Food irradiation: benefits and concerns. *J Food Quality* 13: 147-169.
- Yook HS, Kim DH, Kim YJ, Byun MW. 2003. Radiation sterilization of food and hygienic products. *Korean J Food Preserv* 10: 584-597.
- Jo C, Son JH, Byun MW. 2003. Irradiation application for color removal and purification of green tea leaves extracts. *Radiat Phys Chem* 66: 179-184.

(2012년 1월 30일 접수; 2012년 3월 27일 채택)