

## Pancreatic Lipase Inhibitory and Antioxidant Activities of *Polygonum aviculare* Extract

Tae Hoon Kim

Department of Herbal Medicinal Pharmacology, Daegu Haany University, Gyeongsan 712-715, Korea

### 마디풀 추출물의 Pancreatic Lipase 저해 및 항산화 활성 평가

김태훈

대구한의대학교 한약재 약리학과

#### Abstract

As part of our continuing search for novel bioactive natural products, antioxidant and pancreatic lipase inhibitory activities of the aqueous ethanolic extract of *Polygonum aviculare* were investigated. In addition, the total phenolic content was quantified by a spectrophotometric method. The antioxidant properties of the extract were evaluated by radical scavenging assays such as DPPH and ABTS<sup>+</sup> radicals. The anti-obesity efficacy of *P. aviculare* extract was tested by porcine pancreatic lipase assay. All tested samples showed a dose-dependent pancreatic lipase inhibitory and radical scavenging activities. In terms of the IC<sub>50</sub> value, the ethyl acetate (EtOAc) soluble portion was most potent than other solvent soluble portions. The results suggested that *P. aviculare* could be considered as a new potential source of natural antioxidant and anti-obesity agent for food, nutraceutical, cosmetics industries.

Key words : *Polygonum aviculare*, pancreatic lipase inhibition, antioxidant activity, DPPH, ABTS<sup>+</sup>

### 서 론

최근 산화적 스트레스와 관련된 각종 퇴행성 질환 및 생활 습관성 질병이 사회적 문제가 되고 있으며 그 원인이 활성산소에 기인된 것으로 알려져 있으며, superoxide, nitric oxide, nitrogen dioxide, hydroxyl, peroxy nitrite 등과 같은 활성 산소 종들은 인간의 대사과정 중에 끊임없이 발생되어 노화 및 관련 질병의 주요 인자로 작용하고 있다(1). 현재 널리 사용되고 있는 항산화제로서는 butylated hydroxy anisol (BHA) 및 butylated hydroxy toluene (BHT) 등의 합성 항산화제이며, 이들을 50 mg/kg/day 이상의 고용량으로 장기간 복용 시 지질대사의 불균형과 암을 유발시킬 수 있기 때문에 사용을 제한을 권고하고 있는 실정이다(2). 이러한 합성 항산화제를 대체할 수 있는 우수한 소제의 개발이 요구되고 있는 실정이며, 최근에는 각종 천연소재 등에서 보다 안전하고 항산화효과가 뛰어난 천연 항산화제를 개발하기 위한 많은 연구가 활발하게 이루어지고 있다(3). 최근

소득수준의 향상 및 산업의 발달로 인하여 식생활, 식습관 등 라이프스타일이 빠르게 서구화됨에 따라 만성질환이나 성인병환자가 급격히 증가하고 있는 실정이며, 그 원인 중의 하나가 비만으로 알려져 있다. 비만은 섭취에너지와 소비에너지의 불균형에 의한 에너지 대사이상으로서, 결과적으로 지방세포에 중성지방이 과도하게 축적된 상태로 정의되며 비만의 가장 큰 원인은 고에너지나 고지방을 함유한 음식의 섭취 및 운동 부족으로 인한 체중의 증가나 체내지방 축적이지만, 최근에는 신경내분비 계통의 이상, 약물, 유전적 요인 및 생화학적 이상반응에 의해서도 유발되는 것으로 보고되고 있다(4,5). 비만은 단순히 외형상의 문제뿐만 아니라 체중 증가와 더불어 고혈압, 제 2형 당뇨병, 고혈압, 심장질환, 뇌출증, 관절염, 동맥경화, 암 등의 심각한 성인병을 유발할 확률이 높아지는 것이 잘 알려져 있다(6,7).

비만치료의 일반적인 원칙으로서는 식사 및 운동이 가장 적절한 방법이나 최근에는 식욕억제제, 열 생산 촉진제, 지방흡수 억제제의 개발이 진행되어 항비만약의 유용성이 주목을 받고 있으며, 그중에서도 지방분해효소 저해제 (pancreatic lipase inhibitor)가 관심을 받고 있다. Pancreatic

\*Corresponding author. E-mail : skyey7@dhu.ac.kr  
Phone : 82-53-819-1371, Fax : 82-53-819-1272

lipase는 triglyceride를 2-monoacylglycerol과 fatty acid로 분해하는 key enzyme으로 작용한다(8). 대표적인 pancreatic lipase inhibitor는 *Streptomyces toxitricini*로부터 유래된 lipstatin의 유도체인 tetrahydrolipstatin (orlistat)으로서, 현재 항비만 의약품으로서 시판중이며 섭취된 지방의 약 30%를 저해할 정도로 효능이 가장 우수한 것으로 알려져 있다 (9,10). 그러나 이와 같은 효능에도 불구하고 orlistat은 위장장애, 과민증, 담즙분비장애, 지용성 비타민 흡수억제 등의 부작용이 있는 것으로 알려져 있다(11). 최근에는 천연소재로부터 pancreatic lipase 저해제 개발을 위한 연구가 활발하게 진행되고 있으며(12), 길경(*Platycodon grandiflorum*), 세이지(*Salvia officinalis*), 우롱차로부터 지방분해 효소를 억제하는 활성성분이 보고되었다(13). 본 연구팀에서도 천연물 유래의 항비만 선도물질 개발의 일환으로 천연소재 및 천연물에 생물전환기법을 적용하여 pancreatic lipase 저해제를 분리하여 그 효능에 대해 보고하였다(14,15).

마디풀은 여뀌과(*Polygonaceae*)에 속하는 한해살이풀로서 줄기는 둥근 기둥모양에 가지가 있으며 여름철 개화전에 지상부를 채취하여 건조한 것을 약용으로 사용하며, 어린 잎은 식용으로도 사용한다. 또한 마디풀의 전초를 건조하여 황달, 복통, 구충제, 혈뇨증, 설사, 이질, 류마티스, 고혈압 및 이뇨제로 이용하고 있다(17). 마디풀에 함유된 성분으로서는 flavonoid, naphthoquinone, terpenoid, tannin 등의 존재가 보고되어 있으며(18,19), 혈소판응고 억제활성, 항염증 활성 등이 알려져 있다(20,21).

본 연구에서는 약용식물로부터 항산화 및 pancreatic lipase 저해활성을 나타내는 천연소재를 탐색하고자 국내의 자생식물을 대상으로 효능을 평가하였으며, 그중에서 우수한 저해능을 나타낸 마디풀의 80% EtOH 추출물 및 각 분획물에 대하여 강한 라디칼 소거능 및 pancreatic lipase 저해능을 확인하였기에 그 결과를 보고하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 실험에 시료로 사용한 마디풀(*Polygonum aviculare*)은 2008년 4월에 대구시 소재 흥생약업사에서 구입하여 세척하고 잘게 세절한 다음 사용하였으며, 표본시료는 본대학교의 한약재약리학과 천연물화학실험실에 보관하고 있다.

### 추출물의 제조 및 분획

건조된 마디풀 1 kg을 분쇄기로 잘게 마쇄한 후 80% ethyl alcohol (EtOH) 3 L로 3일간 3회 반복 추출한 후 얻어진 용액을 여과한 후, 감압 농축하여 얻어진 결과물(82 g)에 대해 pancreatic lipase 저해효능을 평가한 결과 100 mg/mL의 농도에서  $60.5 \pm 1.7\%$ 의 저해능을 나타내었고, 항산화 효능의 평가로 이용된 DPPH 및 ABTS<sup>+</sup> 라디칼에 대해서 100

$\mu\text{g}/\text{mL}$ 의 시험농도에서 각각  $39.6 \pm 2.0$ 과  $89.0 \pm 2.0\%$ 의 소거능을 나타내었다. 활성부분에 함유되어 있는 활성물질의 형태를 추정하기 위하여 농축 결과물 82 g에 대하여 10% ethanol 3 L로 혼탁하여 저극성용매인 chloroform ( $\text{CHCl}_3$ )으로 먼저 추출한 후 수층을 다시 ethyl acetate (EtOAc), *n*-butyl alcohol (*n*-BuOH)을 이용하여 각각 순차적으로 3회 분획하여 추출하였다. 각 용매추출 분획을 감압 농축하여 전조 시킨 후  $\text{CHCl}_3$  가용분획(7.7 g), EtOAc 가용분획(6.5 g), *n*-BuOH 가용분획(33.5 g),  $\text{H}_2\text{O}$  가용분획(33.7 g)을 각각 얻었으며 각 분획물을 대상으로 라디칼 소거능 및 지방분해 효소 저해능을 평가하였다.

### 총페놀성 화합물 함량 평가

총 페놀성 화합물의 함량은 Folin-Denis 방법(22)에 따라 측정하였으며, 추출물 혹은 분획물을 1.0 mg/ml 농도로 조제한 후, 75 mL의 중류수가 함유된 100 mL의 메스 플라스크에 1 mL 넣고 잘 혼합하여 Folin-Denis 시액 5 mL와 탄산나트륨 포화용액 10 mL를 차례로 넣은 다음 중류수로 100 mL 용량으로 채운다. 이것을 잘 혼합하여 실온에서 30분 방치한 후, UV/VIS 분광광도계로 725 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 표준물질은 gallic acid를 이용하여 표준곡선을 작성하여 양을 환산하였다.

### DPPH 라디칼소거능 측정

전자공여능은 Blois 방법(23)에 따라 측정하였다. 각 시료용액에 2 mL에 0.2 mM의 희석한 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) 용액 1 mL를 넣고 교반한 후 30분간 방치한 다음 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 전자공여능은 시료용액의 첨가군과 무첨가군의 흡광도 차이를 백분율로 나타내었다.

### ABTS<sup>+</sup> 라디칼 소거능 측정

마디풀 80% ethanol 추출물의 2,2'-azinobis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid (ABTS) radical 소거능을 Re 등(24)의 방법을 변형하여 다음과 같이 측정하였다. 7 mM ABTS (in water) 와 2.45 mM  $\text{K}_2\text{O}_8\text{S}_2$ 동량을 혼합 후 실온, 암소에서 16시간 방치하여 라디칼의 생성을 유도한 후 ABTS<sup>+</sup> 라디칼 용액을 희석하여 734 nm에서 흡광도 값이 1.2~1.3 정도가 되도록 희석하여 사용하였다. 희석한 ABTS<sup>+</sup> 라디칼 용액 980  $\mu\text{l}$  와 생약 추출액 20  $\mu\text{l}$ 을 혼합하여 실온에서 15분간 반응시킨 후 734 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 대조물질로는 1 mM ascorbic acid를 사용하였으며 결과는 시료를 처리하지 않은 군에 대한 %로 표시하였다.

### Pancreatic lipase 저해활성 측정

Pancreatic lipase 저해활성 측정은 Kim 등(25)이 행한 방법을 변형하여 실시하였다. 즉 enzyme buffer (10 mM MOPS, 1 mM EDTA, pH 6.8)에 porcin pancreatic lipase를

0.5 g/200 mL의 농도로 4°C를 유지하면서 용해한 후 4000 rpm으로 원심 분리를 하여 상층액을 사용하여 169 uL Tis buffer (100 mM Tris-HCl, 5 mM CaCl<sub>2</sub>, pH 7.0) 와 6 uL enzyme buffer를 혼합한다. 샘플은 DMSO로 용해하여 final 농도가 3%가 되도록 한 후 다양한 농도로 희석하여 사용한다. 기질용액으로 *p*-nitriphenyl butyrate (*p*-NPB)을 10 mM 이 되게 DMF에 용해한 후 enzyme와 sample을 먼저 37°C에서 15분 동안 shaking incubation 시킨 후 기질을 첨가 하여 37°C에서 30분 동안 shaking incubation 시킨 후 405 nm에서 ELISA reader를 이용하여 흡광도를 측정하였다. Pancreatic lipase 저해활성을 시료용액의 첨가군과 무첨가군의 흡광도 감소율로 나타내었다.

## 결과 및 고찰

### DPPH 라디칼 소거활성

DPPH는 생체 내에 존재하는 라디칼은 아니지만 그 자체가 홀수전자를 갖고 있어 517 nm에서 강한 흡광도를 나타낸다. 따라서 항산화능이 있는 물질과 반응하게 되면 안정한 형태로 돌아가면서 흡광도 값이 감소한다(26). Table 1에서 나타낸 것처럼 마디풀 80% ethanol 추출물 및 각 유기용매 분획에 대해서 라디칼 소거능을 평가한 결과, 200 µg/mL의 농도에서 ethanol 추출물이 59.6±2.7%의 라디칼 소거능을 나타내었으며, 특히, EtOAc 가용부의 100 µg/mL의 농도에서 58.1±2.3%의 우수한 라디칼 소거능을 나타내었으며, 이는 positive control로서 녹차 등의 항산화 성분으로 잘 알려져 있는 (+)-catechin과 같은 농도에서 비교한 결과이다. *n*-BuOH 가용부의 100 µg/ml의 농도에서 38.7±1.6%, 62.5 µg/ml의 농도에서 25.0±1.8%의 라디칼 소거능을 나타내었고, 다음으로 CHCl<sub>3</sub> 가용부 및 H<sub>2</sub>O 층에서 비교적 약한 라디칼 소거능을 나타내었다. DPPH 라디칼 소거능과 총

페놀성 화합물의 함량사이에는 밀접한 상관관계가 있다는 보고(27)에 근거하여 마디풀의 항산화 활성과 페놀성 화합물의 연관성을 평가한 결과, Table 1 및 4에서 나타낸 것처럼, DPPH 라디칼 소거능은 페놀성 화합물의 함량이 상대적으로 높은 EtOAc층에서 가장 높은 것이 확인하였고, 이는 마디풀의 항산화 활성은 마디풀 추출물에 존재하는 quercetin, myricetin, kaempferol, luteolin, vitexin 등의 플라보노이드 등의 페놀성 화합물이 관여함을 시사하였고, 이들 화합물이외의 항산화 활성을 나타내는 화합물의 동정이 필요하다고 사료된다.

### ABTS<sup>+</sup> 라디칼 소거능 측정

Re의 방법을 변형하여 7 mM ABTS와 2.45 mM K<sub>2</sub>O<sub>8</sub>S<sub>2</sub> 동량을 혼합한 후, 실온, 암소에서 16시간 방치하여 라디칼의 생성을 유도한 후, ABTS<sup>+</sup> 라디칼 소거능을 측정하였다. 그 결과 Table 3에서 보는 것처럼 마디풀 80% ethanol 추출물의 25 µg/mL 농도에서는 61.5±0.8%의 ABTS<sup>+</sup> 라디칼 소거능을 나타냄을 알 수 있었으며, 각 분획물중에서도 특히 CHCl<sub>3</sub> 및 EtOAc 가용부의 25 µg/mL의 농도에서 73.3±1.6 및 78.1±1.8%의 매우 우수한 라디칼 소거능을 나타내었으며, positive control인 (+)-catechin의 활성에 상당하는 효능을 확인하였다. *n*-BuOH 가용부의 50 µg/mL의 농도에서 67.3±1.8%, 25 µg/ml의 농도에서 40.8±1.9%의 라디칼 소거능을 나타내었고, 다음으로 H<sub>2</sub>O층에서 상대적으로 약한 효능을 나타내었다. Table 4에서 나타낸 것처럼 총페놀성 함량 상대적으로 높게 나타난 CHCl<sub>3</sub>, EtOAc, *n*-BuOH층에 ABTS<sup>+</sup> 라디칼 소거 활성물질의 존재가 시사되었으며, 특히 EtOAc층에 대해서 이들 활성물질의 동정이 필요하다고 사료된다.

Table 2. ABTS<sup>+</sup> radical scavenging activity of the ethanolic extract of *Polygonum aviculare* and its CHCl<sub>3</sub>, EtOAc-, *n*-BuOH-, and H<sub>2</sub>O-soluble portions

Conc. (µg/mL)	Inhibition (%) <sup>a)</sup>					IC <sub>50</sub> (µg/mL)
	100	50	25	12.5	6.3	
80% EtOH ext.	59.6±2.7	39.6±2.0	39.6±1.8	11.3±1.3	6.7±0.8	145.6±1.6
CHCl <sub>3</sub> layer	42.6±1.3	31.4±1.5	23.6±1.7	15.2±1.7	8.7±1.7	>200
EtOAc layer	72.0±2.8	58.1±2.3	38.9±1.5	24.1±1.5	16.9±1.2	78.0±1.7
<i>n</i> -BuOH layer	57.4±1.5	38.7±1.6	25.0±1.8	14.9±1.9	10.2±1.5	154.8±2.4
H <sub>2</sub> O layer	15.0±0.8	10.0±1.1	4.6±1.6	- <sup>c)</sup>	-	>200
(+)-Catechin <sup>b)</sup>	92.8±1.7	89.5±1.5	77.4±1.0	56.4±1.0	43.9±0.8	17.0±1.0

<sup>a)</sup>Data represent the mean±SD three replications.

<sup>b)</sup>(+)-Catechin was used as a positive control.

<sup>c)</sup>Not determined

### Pancreatic lipase 저해활성

비만은 당뇨, 암, 심장병 및 뇌졸중 등의 질병과 밀접한 연관성이 알려져 있어 비만의 예방 및 치료와 관련된 소재

개발의 필요성이 강조되어 지고 있는 실정이다. 시판중인 비만치료제로서 orlistat(상품명:xenical)은 triglyceride를 분해하는 체장의 지방분해 효소인 lipase에 비가역적인 결합을 하여 불활성화 시킴으로서 triglyceride 및 cholesterol의 흡수를 감소시킴과 동시에 배설 시키는 기작으로 항비만 작용을 하지만 복부고통, 설사 등의 부작용이 문제시되고 있어(28), 이들 부작용이 없는 천연 항비만 소재 개발을 위한 연구가 활발하게 이루어지고 있다(13). 전통 약용식물로부터 항비만 선도물질개발을 목표로 하여 마디풀의 80% ethanol 추출물을 극성에 따라 CHCl<sub>3</sub>, EtOAc, n-BuOH로 순차 분획하여 얻어진 각 분획에 대하여 pancreatic lipase를 이용한 실험을 통해 활성을 평가하였다. 그 결과 80% ethanol 추출물의 지방분해효소에 대한 저해능은 50 µg/mL의 농도에서 51.6±1.3%의 강한 저해활성을 나타내었으며, EtOAc층의 경우, 12.5 µg/mL의 농도에서 시판비만 치료제인 orlistat에 상당하는 62.0±1.6% 저해능을 확인하였다. 또한 CHCl<sub>3</sub> 가용부의 12.5 µg/mL의 농도에서도 60.1±0.9%의 비교적 강한 활성이 확인되었다.

최근 비만관련 천연선도 후보물질 개발을 위해 pancreatic lipase 저해 효능을 가지는 천연 저해제가 주목 받고 있으며 회잎나무(*Euonymus alatus*), 주니퍼베리(*Juniperus communis*), 측백나무(*Thuja orientalis*), 봇순나무(*Illicium religiosum*), 둘배나무(*Pyrus pyrifolia*) 추출물 등을 IC<sub>50</sub>이 45 µg/mL이하의 강한 활성을 나타냄이 보고되었으며(29), 무환자나무(*Sapindys rarak*)로부터 분리된 사포닌, 사과의 procyanidin류 및 인삼 ginsenoside류에서도 강한 pancreatic lipase 저해능을 확인되었다(30,31). 마디풀의 EtOAc 가용부의 경우 12.5 µg/mL의 저농도에서 시판 항비만 치료제인 orlistat에 상당한 62.0±1.6%의 매우 우수한 효능을 나타내었으며, 이 활성은 농도 의존적 이였다. 마디풀에는 플라보노이드류 등의 화합물이 다수 존재하는 것이 알려져 있으나 항비만 후보물질에 관한 연구는 전무하며, 향후 식의약품 소재개발을 위한 구체적인 자료 수립을 위하여 효소활성을 나타내

**Table 3. Inhibitory effects of the ethanolic extract of *Polygonum aviculare* and its CHCl<sub>3</sub>, EtOAc-, n-BuOH-, and H<sub>2</sub>O-soluble portions against pancreatic lipase**

Conc. (µg/mL)	Inhibition (%) <sup>a)</sup>					IC <sub>50</sub> (µg/mL)
	100	50	25	12.5	6.3	
80% EtOH ext.	60.5±1.7	51.6±1.3	46.1±0.8	44.6±0.8	39.6±1.3	34.1±3.4
CHCl <sub>3</sub> layer	72.0±1.6	70.9±2.1	62.1±1.5	60.1±0.9	46.8±1.3	5.7±1.3
EtOAc layer	77.8±1.6	72.2±1.9	66.5±1.3	62.0±1.6	52.8±0.6	1.9±0.2
n-BuOH layer	41.0±1.3	39.4±1.2	36.2±0.9	35.9±1.2	19.3±0.8	>100
H <sub>2</sub> O layer	66.2±0.7	64.0±0.7	50.1±0.6	45.3±0.7	36.6±0.9	18.1±1.7
Orlistat <sup>b)</sup>	91.2±1.6	81.1±1.7	79.5±1.2	76.9±0.8	59.0±0.7	0.2±0.1

<sup>a)</sup>Data represent the mean±SD three replications.

<sup>b)</sup>Orlistat was used as a positive control.

는 성분들에 대해 활성유도 분획법(activity-guided isolation)에 따라 활성물질을 추적 및 분리하는 연구를 수행 중에 있다.

### 총페놀 화합물 함량

마디풀추출물 및 각 분획물에 함유하고 있는 총페놀성 화합물의 함량을 Table 4에 나타내었으며, EtOAc 분획물이 1 g당 95.5±2.1 mg의 페놀성 화합물을 함유하는 것으로 나타났으며, n-BuOH 분획물이 90.2±1.3 mg, CHCl<sub>3</sub> 분획물이 82.0±2.3 mg의 페놀성 화합물의 함량이 확인되었다. 또한 H<sub>2</sub>O층에서는 1 g당 40.8±2.3 mg의 상대적으로 낮은 페놀 함유량을 나타내는 것으로 분석되었다.

**Table 4. Total phenolic contents of ethanolic extract and organic solvent fractions of *Polygonum aviculare***

Samples	Extraction Yield (g/100 g)	Phenolic Contents(mg/g) <sup>a)</sup>
80% EtOH ext.	8.2	85.5±2.1
CHCl <sub>3</sub> layer	0.8	82.0±2.3
EtOAc layer	0.7	95.2±2.1
n-BuOH layer	3.4	90.2±1.3
H <sub>2</sub> O layer	3.4	40.8±2.3

<sup>a)</sup>Data represent the mean±SD three replications.

## 요약

마디풀을 80% ethanol로 침지 추출하여 얻어진 추출물에 대해 CHCl<sub>3</sub>, EtOAc 및 n-BuOH로 순차 용매 분획하였고, 얻어진 결과물에 대하여 DPPH 및 ABTS<sup>+</sup> radical 소거능 및 pancreatic lipase 저해활성을 평가하였다. DPPH 라디칼 소거능은 페놀성 화합물의 함량이 상대적으로 높은 EtOAc 층의 100 µg/mL의 시험농도에서는 58.1±2.3%의 라디칼 소거능을 확인하였고, 마디풀 추출물에 존재하는 페놀성 화합물이 라디칼 소거능과의 연관성을 시사하였다. 또한 ABTS<sup>+</sup> 라디칼 소거능은 EtOAc층이 IC<sub>50</sub> = 2.8±0.5 µg/mL, CHCl<sub>3</sub>층이 IC<sub>50</sub> = 9.2±0.5 µg/mL의 강한 활성이 확인 되었고, 강력한 활성물질의 존재가 시사되었다. 또한, pancreatic lipase 저해활성을 측정한 결과, 강한 ABTS<sup>+</sup> 라디칼 소거능을 나타낸 EtOAc층과 CHCl<sub>3</sub>층의 IC<sub>50</sub>은 각각 1.9±0.2, 5.7±1.3 µg/mL의 저해율을 나타내었으며 이는 대조군인 orlistat에 비해 다소 약하나 단일물질로 정제할 경우 더욱 강한 효능의 화합물이 존재할 가능성을 시사하였다. 향후 이를 활성물질 동정을 통한 활성 기작에 대한 연구가 필요하며 본 연구결과는 보다 우수한 라디칼 소거능 및 pancreatic lipase 저해능을 가지는 새로운 선도화합물 발굴을 위한 기초자료로 이용될 수 있을 뿐만 아니라 국내에

자생하는 마디풀의 식물 화학적 성분연구에 대한 기초자료로 활용가능하리라 사료된다.

## 감사의 글

본 연구는 한국과학재단 기초연구사업 지원에 의해 수행된 연구과제(2010-0022783)결과의 일부로서 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

- Shim JS, Kim SD, Kim TS, Kim KN (2005) Biological activities of flavonoid glycosides isolated from *Angelica keiskei*. Korean J Food Sci Technol, 37, 78-83
- Branen AL (1975) Toxicology and biochemistry of butylated hydroxy anisole and butylated hydroxytoluane. J Oil Chem Soc, 52, 59-62
- Masaki H, Sakaki S, Atsumi T, Sakurai H (1995) Active-oxygen scavenging activity of plants extracts. Biol Pharm Bull, 18, 162-166
- Bray GA, Popkin BM (1998) Dietary fat intake dose affect obesity. Am J Clin Nutr, 68, 1157-1173
- Bray GA, Popkin BM (1999) Dietary fat affects obesity rate. Am J Clin Nutr, 70, 572-573
- Freedman DS, Serdula MK, Perey CA, Whitle L (1997) Obesity levels of lipids and glucose, and smoking among Navajo adolescents. J Nutr, 127, 2120-2127
- Rexrode KM, Manson JE, Hennekens CH (1996) Obesity and cardiovascular disease, Curr Opin Cardiol, 11, 490-495
- Bitou N, Nimomiya M, Tsuji T, Okuda H (1999) Screening of lipase inhibitors from marine algae. Lipids, 34, 441-445
- Drent ML, Larsson I, William-Olsson T, Quaade F, Czubayko F, Von Bergmann K, Strobel W, Sjotro L, Van der Veen EA (1995) Orlistat (RO 18-0647), a lipase inhibitor, in the treatment of human obesity: a multiple dose study. Int J Obesity, 19, 221-226
- Hadvay P, Lengsfeld H, Wolter H (1988) Inhibition of pancreatic lipase in vitro by covalent inhibitor tetrahydrolipstatin. Biochem J, 256, 357-361
- Peter C, Williams G (2001) Drug treatment of obesity: from past failures to future successes?. Br J Clin Pharmacol, 51, 13-25
- Yamamoto M, Shimura Y, Iyoh M, Egawa, S Ionue (2000) Anti-obesity effects of lipase inhibitor CT-II, an extract from edible herbs, Nomame Herba, on rats fed a high-fat diet. Int J Obesity, 24, 758-764
- Birari RB, Bhutani KK (2007) Pancreatic lipase inhibitors from natural sources: unexplored potential. Drug Discov Today, 12, 879-889
- Lee EM, Lee SS, Chung BY, Cho JY, Lee IC, Ahn SR, Jang SJ, Kim TH (2010) Pancreatic lipase inhibition by C-glucosidic flavones isolated from *Eremochloa ophiuroides*. Molecules, 15, 8251-8259
- Hong JY, Shin SR, Bae MJ, Bae JS, Lee IC, Kwon OJ, Jung JW, Kim YH, Kim TH (2010) Pancreatic lipase inhibitors isolated from the leaves of cultivated mountain ginseng (*Panax ginseng*). Korean J Food Preserv, 17, 727-732
- Kim TH, Kim JK, Ito H, Jo C (2011) Enhancement of pancreatic lipase inhibitory activity of curcumin by radiolytic transformation. Bioorg Med Chem Lett, 21, 1512-1514
- Lee CG, Kim NJ, Hong ND, Kwon CH (1994) Anti-lipid peroxidation and liver protective effects of *Polygonum aviculare* L. Korean J Pharmacogn, 25, 59-69
- Al-Hazimi HM, Haque SN (2002) A new naphthoquinone from *Polygonum aviculare*. Nat Prod Lett, 16, 115-118
- Inokuchi J, Okabe H, Yamaguchi T, Nagamatsu A, Nonaka G, Nishioka I (1985) Inhibitors of angiotensin-converting enzyme in crude drugs. II. Chem Pharm Bull, 33, 264-269
- Nan JX, Park EJ, Kim HJ, Ko G, Sohn DH (2000) Antifibrotic effects of methanol extract of *Polygonum aviculare* in fibrotic rats induced by bie duct ligation and scission. Biol Pharm Bull, 23, 240-243
- Tunón H, Olavsdotter C, Bohlin L (1995) Evaluation of anti-inflammatory activity of some Swedish medicinal plants. Inhibition of prostaglandin biosynthesis and PAF-induced exocytosis. J Ethnopharmacol, 48, 61-76
- Gao X, Bjor, L, Trajkovski V, Uggla M (2000) Evaluation of antioxidant activities of rosehip ethanol extracts in different test system. J Sci Food Agric, 80, 2021-2027
- Blois MS (1958) Antioxidant activity determination by the use of a stable free radical. Nature, 181, 1199-1200
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C (1999) Antioxidant activity applying and improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radic Biol Med, 26, 1231-1237
- Kim JH, Kim HJ, Park HW, Youn SH, Choi DY, Shin CS (2007) Development of inhibitors against lipase and

- alpha-glucosidase from derivatives of monascus pigment. FEMS Microbiol Lett, 276, 93-98
26. Torel J, Gillard J, Gillard P (1986) Antioxidant activity of flavonoids and reactivity with peroxy radical. Phytochemistry, 25, 383-385
27. Wang SY, Chang HN, Lin KT, Lo CP, Yang NS, Shyur LF (2003) Antioxidant properties and phytochemical characteristics of extracts from *Lactuca indica*. J Agric Food Chem, 26, 1506-1512
28. Cooke D, Bloom S (2006) The obesity pipeline: current strategies in the development of anti-obesity drugs. Nat Rev Drug Discov, 5, 919-1200
29. Kim HY, Kang MH (2005) Screening of Korean medicinal plants for lipase inhibitory activity. Phytother Res, 19, 359-361
30. Sugiyama H, Akazome Y, Shoji T, Yamaguchi A, Yasue M, Kanda T, Ohtake Y (2007) Oligomeric procyanidins in apple polyphenol are main active components for inhibition of pancreatic lipase and triglyceride absorption. J Agric Food Chem, 55, 4604-4609
31. Liu W, Zheng Y, Han L, Wang H, Saito M, Ling M, Kimura Y, Feng Y (2008) Saponins (Ginsenosides) from stems and leaves of *Panax quinquefolium* prevented high-fat diet induced obesity in mice. Phytomedicine, 15, 1140-1145

---

(접수 2010년 11월 15일 수정 2011년 3월 29일 채택 2011년 4월 1일)