

## Antioxidant activity and physiological properties of Moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves extracts with different solvents

Yu-ri Kwon, Kwang-Sup Youn\*

Department of Food Science and Technology, Catholic University of Daegu, Gyeongsan 712-702, Korea

### 추출용매에 따른 모링가(*Moringa oleifera* Lam.) 잎의 항산화 및 생리활성 효과

권유리 · 윤광섭\*

대구가톨릭대학교 식품공학전공

#### Abstract

This study was conducted to investigate the antioxidant activity and physiological properties of Moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves extracted with three different solvents (water, ethanol, and methanol). The extraction yield from water, methanol, and ethanol were 13.17, 9.54, and 7.48%, respectively. The highest total polyphenol content (58.04 mg/100 g) and total flavonoid contents (12.36 mg/100 g) were observed in water extract. The DPPH radical scavenging activity was the highest in the water extract (79.18%) at the 500 mg% level, similar to BHT (77.18%). Additionally the same tendency was observed with DPPH, ABTS radical scavenging ability, and ferrous ion chelating ability. The water extract showed relatively high antioxidant activities. The angiotensin I-converting enzyme (ACE) and the HMG-CoA reductase inhibitory activity of water extract at a concentration of 500 mg% were somewhat higher than those of the other extracts. Additionally, the HMG-CoA reductase inhibitory activity of the water extract was significantly slightly lower than that of the positive control (chlorogenic acid). These results suggest that Moringa leaves extracted with water will be useful as antioxidant-rich and functional natural foods.

**Key words :** Moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves, antioxidant activity, physiological functionalities, extraction solvent

#### 서 론

최근 우리나라에서는 소득수준의 향상 및 산업의 발달로 인하여 식생활, 식습관 등 라이프 스타일이 서구화됨에 따라 만성질환이나 성인병 환자가 급격히 증가하고 있다. 이에 따라 건강에 관한 관심이 높아져 건강 기능성 식품에 대한 수요가 크게 증가하고 있는 추세이다. 식품 관련 산업 및 학계에서는 자연계에 존재하는 다양한 동식물로부터 얻어지는 각종 유용성분을 식품소재로 활용 및 생리활성 작용에 관한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 특히 인체의 생리기능 조절이나 항산화 유지에 관여하여 질병예방과 노화억제 등 건강을 유지하는데 중요한 역할을 하는 것으로

밝혀진 각종 식품소재를 찾는 것이 식품산업의 새로운 연구 목표로 부각되고 있다(1,2).

일반적으로 천연물에 존재하는 생리활성 물질은 대부분 페놀성 화합물로 항산화 및 항균효과를 가지고 있다. 즉, 식물체는 다양한 형태의 항산화 물질을 함유하고 있으며 그 중에서 페놀성 물질은 항산화성을 가진 대표적인 물질로 알려져 있다. 이들로부터 분리된 천연 항산화 물질들은 각종 노화관련 질환 예방에 대하여 유익한 작용을 할 것으로 알려져 있다(3). 현재 항산화 물질로서 아스코르빈산, 토코페롤, 카로티노이드, 플라보노이드, 탄닌 등의 천연 항산화제와 함께 butylated hydroxyanisole(BHA) 및 butylated hydroxy-toluene(BHT) 등의 합성 항산화제가 개발 되어 식품, 화장품 등에 산화방지제로 많이 사용되고 있다. 천연 항산화제들은 항산화력이 비교적 낮고 합성항산화제의 경우는 생체 효소 및 지방의 변이원성 및 독성으로 인체에 암을 유발할 수 있다는 보고(4)가 있어 안전하고 활성이

\*Corresponding author. E-mail : ksyoun@cu.ac.kr  
Phone : 82-53-850-3209, Fax : 82-53-850-3209  
Copyright © Korean Journal of Food Preservation. All rights reserved.

높은 천연 항산화제의 개발이 요구되고 있는 실정이다.

또한 식물체 내에 존재하는 많은 화합물들은 부위별, 품종, 처리방법, 추출용매 종류 및 용매 비, 추출온도 등의 다양한 조건으로 추출하며 이러한 조건은 식물 화합물의 함량 뿐만 아니라 항산화 및 생리활성 특성에 변화를 준다. 따라서 추출용매의 선별은 기능성 물질의 추출에 매우 중요하게 작용할 수 있으며 methanol, ethanol, water 등 다양한 추출용매를 이용하여 항산화성 물질을 효율적으로 찾고자 하는 노력이 많이 시도되고 있다(5).

모링가(*Moringa oleifera* Lam)는 모링가과(moringaceae)에 속하며 높이가 5~10 m에 이르는 나무로 아시아, 아프리카, 아라비아 등에서 재배된다. 단백질과 비타민이 풍부해 영양가가 높고, 의약적으로 과혈당증과 항염증, 항암 등 다양한 약리작용을 가지고 있으며(6,7), 모링가의 꽃, 뿌리, 씨, 잎, 열매에는 다른 식물들에 비해 비타민, 플라보노이드, 아미노산 등과 같은 phytochemical이 풍부한 것으로 알려져 있다. 모링가의 다양한 부위들 중 잎은  $\beta$ -카로틴, 단백질, 비타민 C, 칼슘 등이 풍부해 항산화제로 이용되며(8), 피부 염증이나 피부 상처 치유에 효과가 있다는 보고가 있다(9). 또한 모링가 씨 추출물은 flavonoid와 isothiocyanates, glucosinolates, thiocarbamates와 같은 생리활성물질을 포함하고 있으며(7), 간 기능 보호 효과(9)나 암세포의 세포자살과 증식억제 효과(10) 등이 보고되면서 모링가 잎의 우수성이 밝혀진바 있다. 그러나 국내에는 모링가 잎에 관한 연구가 미비한 실정이며 이를 유용하게 사용하기 위한 다양한 조건 및 그에 따른 과학적인 근거의 제시가 절실히 요구되고 있다.

따라서, 본 연구에서는 모링가 잎의 활용성 증진을 위하여 추출용매에 따른 항산화 활성 및 생리활성을 평가하였으며 이를 통해 기능성 식품으로서의 적용을 위한 가능성을 검토하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 재 료

본 실험에 사용된 모링가 잎은 (주)셀렉스 팜(Kimpo, Korea)에서 제공받아 사용하였다. 실험에 사용된 모든 시약은 Sigma-Aldrich사(St. Louis, MO, USA)의 제품을 사용하였다.

### 추출물의 제조

모링가 잎 100 g에 각각 추출용매인 물, ethanol, methanol을 10배씩 가하여 60°C의 수욕 상에서 환류냉각관을 부착한 추출장치로 3시간씩 3회 반복하여 추출하였다. 추출액은 Whatman No. 1로 여과한 다음, rotary vacuum evaporator (Eyela Co., Tokyo, Japan)로 감압농축 한 후에 동결건조(FD

SFDSM12, Samwon, Korea)하여 분말로 제조하였다. 각 추출물들의 수율은 추출액을 동결 건조시켜 건물 중량을 구한 다음 추출액 조제에 사용한 원료 건물량에 대한 백분율로 계산하였다.

### 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량

총 폴리페놀 함량은 Dewanto 등의 방법(11)에 따라 시액 100  $\mu$ L에 2% sodium carbonate 2 mL과 50% Folin-Ciocalteu reagent 100  $\mu$ L를 가한 후 720 nm에서 흡광도를 측정하였으며 gallic acid(Sigma-Aldrich Co.)의 검량선에 의하여 함량을 산출하였다.

총 플라보노이드 함량은 Saleh와 Hameed의 방법(12)에 따라 시액 100 mL에 5% sodium nitrite 0.15 mL를 가한 후 25°C에서 6분간 방치한 다음 10% aluminium chloride 0.3 mL를 가하여 25°C에서 5분간 방치하였다. 다음 1N NaOH 1 mL를 가하고 vortex상에서 가한 후 510 nm에서 흡광도를 측정하였으며 rutin hydrate(Sigma-Aldrich Co.)의 검량선에 의하여 함량을 산출하였다.

### DPPH 및 ABTS 라디칼 소거활성

DPPH 라디칼 소거활성은 Blois의 방법(13)에 따라 시액 0.2 mL에 0.4 mM DPPH(1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl)용액 0.8 mL를 가하여 10분간 방치 한 다음 525 nm에서 흡광도를 측정하였으며 계산식, electron donating ability (%)=100-[(OD of sample/OD of control) $\times$ 100]에 의하여 활성도를 산출하였다. ABTS 라디칼 소거활성은 Re 등(14)의 방법에 따라 7.4 mM ABTS[2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt]와 2.6 mM potassium persulfate를 혼합하여 실온암소에서 24시간 동안 방치하여 radical을 형성시킨 다음 실험 직전에 ABTS 용액을 732 nm에서 흡광도가 0.700 $\pm$ 0.030이 되도록 phosphate buffer saline(PBS, pH 7.4)로 희석하여 사용하였다. 희석된 용액 950  $\mu$ L에 추출물 50  $\mu$ L를 가하여 암소에서 10분간 반응시킨 후 732 nm에서 흡광도를 측정하였으며 계산식, ABTS radical scavenging ability(%)=100-[(OD of sample/OD of control) $\times$ 100]에 의하여 활성도를 산출하였다.

### 아질산염 소거활성

Kato 등(15)의 방법에 따라 1 mM NaNO<sub>2</sub> 용액 1 mL에 추출물 1 mL를 가하고 0.1 N HCl과 0.2 M citrate buffer(pH 2.5)를 가하여 총 부피를 10 mL로 조정하였다. 다음에 37°C에서 1시간 반응시킨 후 1 mL를 취하여 2% 초산용액 3 mL와 30% 초산용액으로 용해한 Griess reagent(1% sulfanilic acid:1% naphthylamine=1:1) 0.4 mL를 순차적으로 가한 후 실온에서 15분간 방치, 520 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조구는 Griess reagent 대신 증류수를 사용하였으며 계산식, nitrite scavenging activity(%)=100-[(OD of

sample/OD of control)×100]에 의하여 산출하였다.

### 철 이온( $Fe^{2+}$ )에 대한 chelating 활성

Yen 등(16)의 방법에 따라 추출물 1 mL, 80% ethanol 0.8 mL, 2 mM  $FeCl_2 \cdot 4H_2O$ [iron(II) chloride tetrahydrate] 용액 0.1 mL, 5 mM ferrozine[3-(2-pyridyl)-5,6-diphenyl-1,2,4-triazine -4',4''-disulfonic acid]용액 0.1 mL를 첨가한 다음 혼합하여 실온에서 10분간 반응시킨 후 562 nm에서 흡광도를 측정하였으며 계산식, ferrous ion chelating effect(%)=100-[(OD of sample/OD of control)×100]에 의하여 산출하였다.

### $\alpha$ -Glucosidase 저해활성

Kim 등의 방법(17)에 따라 추출물 0.05 mL, 1 unit/mL  $\alpha$ -glucosidase 0.05 mL와 200 mM potassium phosphate buffer (pH 7.0) 0.05 mL를 잘 혼합하여 37°C에서 10분간 전처리하였다. 다음에 3 mM pNPG( $p$ -nitrophenyl  $\alpha$ -D-glucopyranoside) 0.1 mL를 첨가하여 37°C에서 10분간 반응시킨 후 0.1 M  $Na_2CO_3$  0.75 mL로 반응을 정지시켜 405 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때, 활성 비교를 위하여 acarbose를 사용하였다. 저해활성은  $\alpha$ -Glucosidase inhibition(%)=[1-( $C_{Abs}$ - $S_{Abs}$ )/( $C_{Abs}$ - $B_{Abs}$ )]×100: " $C_{Abs}$ , 대조구 흡광도,  $S_{Abs}$ , 시료 흡광도,  $B_{Abs}$ , 시료 무첨가구의 흡광도"에 의하여 산출하였다.

### ACE 저해활성 측정

ACE 저해활성은 Cushman과 Cheung의 방법(18)을 변형하여 측정하였으며, 조효소액은 rabbit lung acetone powder(Sigma-Aldrich Co.)를 0.3 M NaCl을 함유한 0.1 M sodium borate buffer(pH 8.3)에 0.2 g/10 mL (w/v)의 농도로 4°C에서 24시간 추출한 후, 원심분리(4°C, 4,000 rpm, 40 min)하여 상등액을 조효소액으로 사용하였다. 기질은 0.3 M NaCl이 함유된 0.1 M sodium borate buffer(pH 8.3)에 HLL(Hippuryl- histidyl-leucine, Sigma)을 5 mg/mL(w/v)의 농도로 녹인 후 기질로 사용하였다. ACE 저해활성은 시료 50  $\mu$ L에 ACE 조효소액 50  $\mu$ L을 가한 다음 37°C에서 5분간 예비 반응을 시킨 후, 기질 50  $\mu$ L을 가하고 다시 37°C에서 1시간 반응시켰다. 다음 1 N HCl 150  $\mu$ L을 가하여 반응을 정지시키고 750  $\mu$ L의 ethyl acetate를 가한 후, 1분간 교반하고 원심분리(4°C, 5,000 rpm, 10 min)한 다음 500  $\mu$ L의 상등액을 얻었다. 이 상등액을 120°C에서 30분간 완전히 건조시켜 2 mL의 methanol을 넣은 후 228 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조구로서는 추출물 대신 추출용매 50  $\mu$ L을 가하여 측정하였으며, 저해활성은 계산식, ACE inhibition(%)=[1-( $C_{Abs}$ - $S_{Abs}$ )/( $C_{Abs}$ - $B_{Abs}$ )]×100: " $C_{Abs}$ , 대조구 흡광도,  $S_{Abs}$ , 시료 흡광도,  $B_{Abs}$ , 시료 무첨가구의 흡광도"에 의하여 산출하였다.

### HMG CoA reductase 저해활성 측정

3-hydroxy-3-methylglutaryl-CoA(HMG CoA) reductase 저해활성은 Kleinsek 등의 방법(19)을 변형하여 측정하였다. 추출물 40  $\mu$ L, dimethyl sulfoxide 40  $\mu$ L와 0.5  $\mu$ M phosphate buffer(pH 7.0) 200  $\mu$ L에 20 mM dithiothreitol 200  $\mu$ L, 0.3 mM  $\beta$ -NADPH 200  $\mu$ L를 넣고 혼합하였다. 다음 37°C에서 3분간 preincubation을 한 다음 0.3 mM HMG CoA 200  $\mu$ L를 첨가하여 37°C에서 5분간 반응시킨 후 340 nm에서 흡광도 변화를 측정하였으며, 저해활성은 계산식, HMG CoA reductase inhibitory activity(%)=[1-( $C_{Abs}$ - $S_{Abs}$ )/( $C_{Abs}$ - $B_{Abs}$ )]×100: " $C_{Abs}$ , 대조구 흡광도,  $S_{Abs}$ , 시료 흡광도,  $B_{Abs}$ , 시료 무첨가구의 흡광도"에 의하여 산출하였다.

### 통계처리

모든 실험은 3회 반복으로 행하여 평균치와 표준편차로 나타내었고, 유의성 검증은 SPSS(Statistical Package for Social Science, 12, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) Software package program을 이용하여 분산분석과 Duncan's multiple range test를 행하였다.

## 결과 및 고찰

### 수율, 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량

추출 용매에 따른 모링가 잎의 추출 수율과 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량을 측정한 결과는 Table 1과 같다. 추출 수율은 물 추출물이 13.17%로 가장 높았으며 메탄올(9.54%), 에탄올(7.48%) 추출물의 순으로 나타났다. 특히, 에탄올 추출물의 경우 물 추출물의 수율과 약 2배 정도의 차이를 보였다. Yang과 Park(20)의 연구에서는 흑양과 물 추출물의 수율이 28.56%로 에탄올과 메탄올 추출물에 비하여 월등히 높은 결과를 나타내었으며, Kwon 등(21)의 용매 별 마카 추출 수율이 물 > 메탄올 > 에탄올의 순으로 나타났다는 결과와 일치하였다. 이는 식물체에 존재하는 수용성 폴리페놀 화합물과 방향족 아민 등의 용출이 증가하여 결과적으로 극성용매에서의 추출수율이 높게 나타난 것으로 판단된다.

**Table 1. Yield, total polyphenol and flavonoid contents of Moringa leaves extracts with different solvents**

Extracts	Yield (%)	Polyphenols (mg GAE <sup>1)</sup> /g)	Flavonoids (mg RHE <sup>2)</sup> /g)
Water	13.17±0.01 <sup>3),a4)</sup>	58.04±1.58 <sup>a</sup>	12.36±0.53 <sup>a</sup>
Ethanol	7.48±0.00 <sup>c</sup>	40.72±1.53 <sup>c</sup>	10.03±0.30 <sup>b</sup>
Methanol	9.54±0.01 <sup>b</sup>	47.15±0.94 <sup>b</sup>	10.64±0.11 <sup>b</sup>

<sup>1-2)</sup>GAE, gallic acid equivalents; RHE, rutin hydrate equivalents.

<sup>3)</sup>Values are means±standard deviation of triplicate determinations.

<sup>4)</sup>Different superscripts within a column (a-c) indicate significant differences (p<0.05).

각 용매별 추출액의 총 폴리페놀 함량은 물 추출물이 58.04 mg/mL로 가장 높은 함량을 나타내었으며 메탄올 추출물이 47.15 mg/mL, 에탄올 추출물이 40.72 mg/mL로 나타났다. 이러한 결과는 Kwon(21)의 마카 물 추출물에서 총 폴리페놀 함량이 가장 높게 나타났다고 보고한 연구결과와 일치하였다. 총 플라보노이드 함량 또한 물 추출물이 12.36 mg/mL로 다른 용매에 비해 높은 함량을 나타내었다. 폴리페놀 화합물은 식물체에 널리 존재하는 다기능성 물질로 분자 내에 하나 이상의 hydroxyl기를 가지고 있어서 수소 공여체로 작용하고 페놀 구조의 공명안정화에 기여함으로써 항산화 활성을 나타낸다(22). 또한 당이나 수용성 단백질이 폴리페놀의 hydroxyl기에 ether 결합으로 존재하는 경우가 많은데(23), 이를 통해 극성용매에 대한 용해성이 증가하여 물 추출물에서 높은 함량을 보인 것으로 사료된다.

### DPPH 및 ABTS 라디칼 소거활성

추출 용매별 모링가 잎 추출물의 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거활성을 측정하였고 그 결과는 Table 2와 같다. DPPH 라디칼 소거활성의 경우 500 mg%의 농도에서 물 추출물이 79.18%, 에탄올 추출물이 72.88%, 메탄올 추출물이 68.41%로 나타났으며, 합성 산화방지제인 BHT(butylated hydroxytoluene)와 물 추출물을 비교한 결과 각각 77.18%, 79.18%로 물 추출물에서 높은 라디칼 소거활성을 보였다. ABTS 라디칼 소거활성의 경우 50 mg%의 농도에서 양성 대조구인 BHT(98.65%)보다 낮은 값이었지만 물 추출물이 92.11%의 활성을 보여, 전체적으로 물 추출물의 라디칼

소거능 효과가 다른 추출물에 비해 매우 높은 것으로 나타났다. Choi 등(24)의 산수유, 복분자, 음양곽, 우슬, 현삼, 지황 등 14종의 생약 추출물이 50 mg/mL 농도에서 90% 이상의 ABTS 라디칼 소거활성을 나타내었다고 보고한 결과와 비교하였을 때, 본 실험에서 사용된 모링가 물 추출물의 활성이 우수함을 확인할 수 있었다. 또한, 모든 처리구에서 ABTS 라디칼 소거활성이 DPPH 라디칼 소거활성에 비하여 높은 활성을 나타내는 것은 라디칼을 제거하는 기작이 다르고, 기질이 결합하는 정도가 다르다는 점에서 낮은 농도에서도 높은 활성을 나타내는 것으로 판단된다(14). 또한 추출 용매에 따라 활성의 정도가 다른 것은 식물자원에 존재하는 다양한 항산화 물질이 추출에 사용된 용매의 극성에 의해서 용해되는 정도가 다르기 때문으로 판단된다(25).

모링가 잎 추출물의 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량과 항산화 활성의 관련성을 비교한 결과, 유용성분의 함량이 높을수록 라디칼 소거능이 높아지는 양적 상관관계를 나타내었으며, 각 추출물이 함유하고 있는 총 페놀 화합물의 함량이 증가하면 항산화 활성도 증가한다는 Seo 등(26)의 보고와 유사하여 높은 페놀 함량을 나타낸 물 추출물에서 높은 항산화 활성을 보인 것으로 판단된다.

### 아질산염 소거활성 및 철 이온( $Fe^{2+}$ )에 대한 chelating 효과 측정

추출 용매를 달리한 모링가 잎의 아질산염 소거활성 및 체내에서 세포의 지질 및 단백질의 산화를 촉진하는  $Fe^{2+}$ 의 chelating 효과를 조사한 결과는 Table 3과 같다. 500 mg%의

**Table 2. DPPH and ABTS radical scavenging ability of Moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves extracted with different solvents.**

Measurement <sup>1)</sup>	Water	Ethanol	Methanol	Positive control, BHT
DPPH radical scavenging ability (500 mg%, %)	79.18±0.46 <sup>2)a3)</sup>	72.88±0.92 <sup>b</sup>	68.41±0.53 <sup>c</sup>	77.18±1.15
ABTS radical scavenging ability (50 mg%, %)	92.11±1.46 <sup>a</sup>	72.86±1.40 <sup>c</sup>	78.64±0.64 <sup>b</sup>	98.65±0.12

<sup>1)</sup>The concentration of positive control (BHT : butylated hydroxytoluene) solutions were measured at 50 mg%, 500 mg%

<sup>2)</sup>Values are means±standard deviation of triplicate determinations.

<sup>3)</sup>Different superscripts within a row (a-c) indicate significant differences (p<0.05).

**Table 3. Nitrite scavenging ability and ferrous ion chelating ability of Moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves extracted with different solvents.**

Measurement <sup>1)</sup>	Water	Ethanol	Methanol	Positive control, BHA (50mg%, %)
Nitrite scavenging ability (500 mg%, %)	78.64±0.63 <sup>a</sup>	72.86±1.40 <sup>c</sup>	76.59±0.64 <sup>b</sup>	93.04±2.12
Ferrous ion chelating ability (500 mg%, %)	67.73±0.36 <sup>2)a3)</sup>	7.16±0.62 <sup>b</sup>	4.11±0.26 <sup>c</sup>	91.60±0.40

<sup>1)</sup>The concentration of positive control (BHA : butylated hydroxyanisole) solutions were measured at 50 mg%, and various extracts sample were measured at 500 mg%

<sup>2)</sup>Values are means±standard deviation of triplicate determinations.

<sup>3)</sup>Different superscripts within a row (a-c) indicate significant differences (p<0.05).

농도에서 아질산염 소거활성은 물 추출물(78.64%), 메탄올 추출물(76.59%), 에탄올 추출물(72.86%)의 순으로 물 추출물에서 높은 활성을 보였으며 Kim 등(5)의 보고와 일치하는 경향을 나타내었다. 이는 폴리페놀과 플라보노이드 화합물은 종류에 따라 차이는 있으나 phenolic 유도체들이 nitroso화합물의 생성을 억제하므로(27) 용매에 따른 모링가 잎의 소거활성의 차이는 페놀 화합물의 함량 차이에 의한 결과라 판단된다.

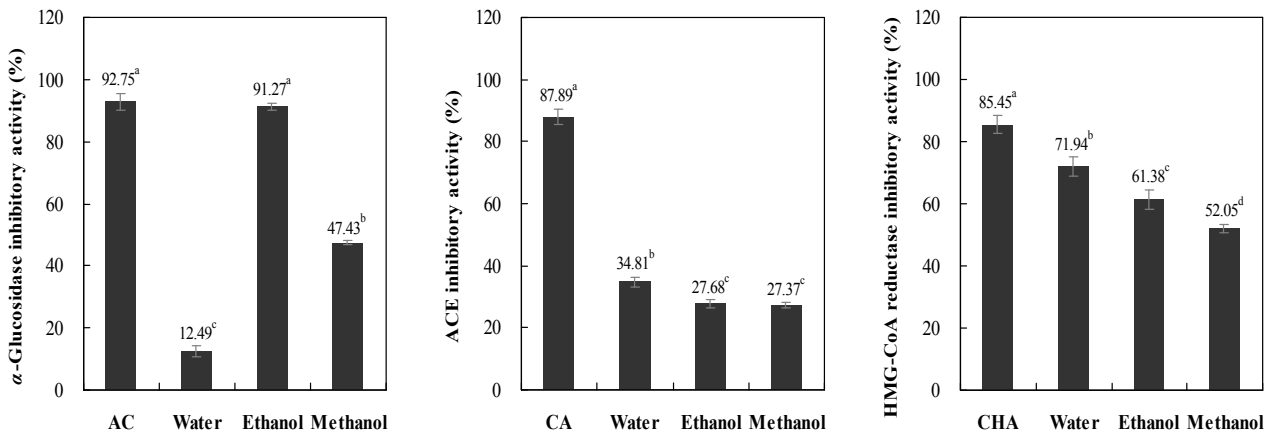
한편, 금속 킬레이트 효과 측정은 ferrozine이 Fe<sup>2+</sup>와 반응하여 복합체를 형성하면 붉은색을 띠게 되는데 이 때 시료 추출물 중에 킬레이트 효과를 가진 성분이 존재하면 Fe<sup>2+</sup>-ferrozine 복합체 형성을 방해하여 발색이 저해되는 원리를 이용하였다(28). ferrous ion chelating 효과에서는 물 추출물이 다른 용매 추출물에 비해 매우 높은 활성을 확인하였고 그 활성은 최대 63% 이상 차이가 나타났으며, 대조군 BHA(butylated hydroxyanisole)와 비교하였을 때 용매간의 활성 차이가 크며 전체적으로 낮은 활성을 나타내었으나 물 추출물의 경우 단일 성분이 아닌 추출물임을 고려해 볼 때 추후 분리 및 구조 동정을 통해 체내에 생성된 ferrous ion을 효과적으로 제거시킬 수 있는 천연물로 활용이 가능할 것으로 판단된다. 또한 Chung(29)의 보고에 따르면, 총 폴리페놀 함량과 총 플라보노이드 함량이 물 추출물에서 가장 높게 나타난 결과와 일치한다고 할 수 있다.

**α-Glucosidase, ACE 및 HMG-CoA reductase 저해활성**

추출용매를 달리한 모링가 잎 추출물의 α-glucosidase, angiotensin converting enzyme(ACE) 및 HMG-CoA reductase 저해활성을 측정한 결과는 Fig. 1과 같다. 일반적으로 α-glucosidase는 소장 상피세포의 미세융모막(brush border membrane)에 존재하는 효소로서, 소장에서 음식물 중의

전분을 포도당과 같은 당으로 분해하여 흡수시킨다. α-glucosidase 저해제는 이당류의 분해효소를 가역적으로 억제하여 탄수화물의 흡수를 지연시키는 역할을 하며, 소장 전체에 포도당이 흡수되어 식후 혈당 상승을 완만하게 한다(30). 500 mg%의 농도에서 α-glucosidase 저해 활성을 측정하였으며, 이때 제2형 당뇨병치료제로 쓰이는 acarbose를 양성대조군으로 하여 비교하였다. 그 결과 물 추출물이 12.49%, 에탄올 추출물이 91.27%, 메탄올 추출물이 47.43%으로 나타났으며, 가장 높은 저해활성을 보인 에탄올 추출물은 양성대조군인 acarbose(500 mg%)와 비슷한 저해활성을 보였다. Xu 등(31)은 토후박 추출물에서 총 페놀 함량과 DPPH 라디칼 소거능이 높을수록 α-glucosidase의 활성이 높다고 보고하였으나 본 연구와는 상반된 경향을 나타내었다. 따라서 본 연구에서는 모링가 잎의 에탄올 추출물이 우수한 α-glucosidase 활성 억제효과를 보였으며 향후 항당뇨 효과를 갖는 후보물질 탐색에 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

ACE(angiotensin converting enzyme)는 혈압 상승 및 유지에 중요한 역할을 하는 효소로써, 혈관이완작용의 noopeptide인 bradykinin을 불활성화시킴으로서 혈압을 상승시키는 작용을 한다. 따라서 ACE 활성의 억제는 혈관수축을 막고 체내 수분저류를 막아 혈압을 낮추는 효과를 나타내는 것이다(32). ACE 저해활성은 물 추출물이 34.81%, 에탄올 추출물 및 메탄올 추출물이 각각 27.68% 및 27.37%로 물 추출물에서 높은 저해활성을 나타내었으며 에탄올과 메탄올 추출물은 유의적인 차이는 없었다. ACE 저해활성은 Ahn(33)과 Kim 등(34)의 연구 보고에 따르면 식물자원의 풍부한 폴리페놀 화합물의 작용에 의한 가능성이 높다는 보고처럼 본 연구 결과에서도 폴리페놀 함량의 결과와 유사한 결과로 나타나 ACE 저해 효과에 폴리페놀의 영향이 클 것으로



**Fig. 1. α-glucosidase, angiotensin converting enzyme (ACE) and HMG-CoA reductase inhibitory activity of Moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves extracts with different solvents. (500 mg%, dry basis).**

Values are means±standard deviation of triplicate determinations. Bars/mean values with different letters are significant differences (p<0.05). The concentrations of positive control (AC, acarbose; CA, catechin; CHA, chlorogenic acid) solutions were measured at 500 mg%.

판단되며, 향후 체계적인 분석이 필요할 것으로 사료된다. 한편, 모링가 잎 추출물의 경우 대표 저해인자로 알려진 활성물질인 catechin(87.89%)만큼 저해활성을 나타내지 못하였으나 천연 항고혈압 소재로서의 가능성을 보였으며, 특히 물 추출물이 산업적 활용에 적합할 것으로 판단된다.

HMG-CoA reductase는 콜레스테롤 생합성 단계에서 작용하는 rate-limiting enzyme으로써 스테롤이나 이소프레노이드계 화합물의 생합성 경로의 중간단계인 mevalonic acid의 합성을 매개하는 역할을 한다. 따라서 HMG-CoA reductase 활성이 저하되면, LDL-receptor의 활성이 증가되어 혈중 콜레스테롤 농도를 감소시킨다고 보고되고 있다(35). 추출용매에 따른 모링가 잎의 HMG-CoA reductase 저해활성을 측정한 결과, 물 추출물에서 71.94%, 에탄올 추출물에서 61.38%, 메탄올 추출물에서 52.05%로 나타나 추출 용매간의 유의적 차이를 보였다. 또한, 양성 대조구인 chlorogenic acid(85.45%)의 수준에는 미치지 못하였으나, 전체적으로 높은 저해 활성을 보여 천연 저해제 후보 물질로서의 가능성을 시사하였다. 모링가 잎에 다량 함유되어 있는 식물세포막의 구성성분인 스테롤(phytosterol)  $\beta$ -sitosterol의 영향으로 판단된다.  $\beta$ -sitosterol은 화학적 구조는 콜레스테롤의 구조와 매우 유사하나 고지단백질 형성 억제 등에 효과가 있어 콜레스테롤 및 고지방의 의한 성인병의 치료 및 예방효과가 있으며, 면역조절, 류마티스 관절염 치료 등에 효과적인 물질로도 알려져 있다. Ghasi 등(36)의 연구에 따르면 모링가 잎 추출물이 고지방식을 한 쥐의 콜레스테롤 저하에 영향을 미쳤으며 이는  $\beta$ -sitosterol의 영향으로 보고하였다.

## 요 약

모링가 잎의 이용성 증대를 할 수 있는 적정 추출조건을 알아보고자 추출용매를 달리하여 추출한 후 항산화 및 생리활성 특성을 비교하였다. 추출수율은 물(13.17%), 메탄올(9.54%), 에탄올(7.48%)의 순으로 나타났으며, 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량은 물 추출물에서 각각 58.04 mg/g, 12.36 mg/g으로 다른 용매에 비해 높은 값을 보였다. 항산화 활성은 물 추출물이 에탄올, 메탄올 추출물에 비해 유의적으로 높은 활성을 나타내었으며 특히 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거활성은 양성대조구인 BHT와 비교하였을 때 비슷한 경향을 보여 높은 항산화 활성을 확인하였다.  $\alpha$ -glucosidase 저해활성은 다른 추출물에 비해 에탄올 추출물에서 가장 높은 활성을 나타내었다. 한편 ACE 및 HMG-CoA reductase 저해활성은 물 추출물에서 높은 활성을 보였으며 특히 HMG-CoA reductase 저해활성의 경우, 전체적으로 높은 저해활성을 나타내어 콜레스테롤 개선 효과에 대한 가능성을 확인하였다. 이러한 결과를 종합해 볼 때 물 추출물이 에탄

올이나 메탄올 추출물보다는 우수한 항산화 및 생리활성 효과를 나타내어 소재 활용가치가 높고 향후 천연 항산화제 및 기능성 소재로서의 개발이 가능할 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 논문은 2014년도 대구가톨릭대학교 교내연구비 지원에 의한 것으로 감사드립니다.

## References

- Hong JH (2013) Physiological activities of leaf and twig extracts from *Lindera obtusiloba* blume. Korean J Food Cookery Sci, 29, 573-580
- Kim JH, Choi SK, Yu YS, Yoon KS, Seo JS (2012) Physiologically active components and antioxidant capacity of grapevine leaves at growth stages. Korean J Food Sci Technol, 44, 772-778
- Boo HO, Hwang SJ, Bae CS, Park SH, Song WS (2011) Antioxidant activity according each kind of natural plant pigments. Korean J Plant Res, 24, 105~112
- Branen AL (1975) Toxicology and biochemistry of butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene. J Am Oil Chem Soc, 52, 59-63
- Kim SM, Cho YS, Sung SK (2001) The antioxidant ability and nitrite scavenging ability of plant extracts. Korean J Food Technol, 33, 626-632
- Bharali R, Tabassum J, Azad MR (2003) Chemomodulatory effect of *Moringa oleifera*, Lam, on hepatic carcinogen metabolising enzymes, antioxidant parameters and shin papillomagenesis in mice. Asian Pac J Cancer Prev, 4, 131-139
- Mahajan SG, Mehta AA (2008) Effect of *Moringa oleifera* Lam seed extract on ovalbumin-induced airway inflammation in guinea pigs. Inhal Toxicol, 20, 897-909
- Anwar F, Latif S, Ashraf M, Gilami AH (2007) *Moringa oleifera* : a food plant with multiple medicinal uses. Phytother Res, 21, 17-25
- Hamza AA (2010) Ameliorative effects of *Moringa oleifera* Lam seed extract on liver fibrosis in rats. Food Chem Toxicol, 48, 345-355
- Sreelatha S, Jeyachitra A, Padma PR (2011) Antiproliferation and induction of apoptosis by *Moringa oleifera* leaf extract on human cancer cells. Food Chem Toxicol, 6, 1270-1275

11. Dewanto V, Wu X, Adom KK, Liu RH (2002) Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *J Agric Food Chem*, 50, 3010-3014
12. Saleh ES, Hameed A (2008) Total phenolic contents and free radical scavenging activity of certain Egyptian *Ficus* species leaf samples. *Food Chem*, 114, 1271-1277
13. Blois MS (1958) Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature*, 26, 1199-1200
14. Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C (1999) Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med*, 26, 1231-1237
15. Kato H, Lee IE, Chuyen NV, Kim SB, Hayase F (1987) Inhibition of nitrosamine formation by nondialyzable melanoidins. *Agric Biol Chem*, 51, 1333-1338
16. Yen GC, Duh PD, Tsai HL (2002) Antioxidant and pro-oxidant properties of ascorbic acid and gallic acid. *Food Chem*, 79, 307-313
17. Kim KY, Nam KA, Kurihara H, Kim SM (2008) Potent  $\alpha$ -Glucosidase inhibitors purified from the red alga *Grateloupia elliptica*. *Phytochem*, 69, 2820-2825.
18. Cushman DW, Cheung HS (1971) Spectrophotometric assay and properties of the angiotensin- converting enzyme of rabbit lung. *Biochem Pharmacol*, 20, 1637-1648.
19. Kleinsek DA, Ranganathan S, Porter JW (1977) Purification of 3-hydroxy-3- methylglutaryl-coenzyme A reductase from rat liver. *Proc Natl Acad Sci*, 74, 1401-1435
20. Yang YR, Park YK (2011) Comparison of antioxidant activities of black onion extracts. *Korean J Food Preserv*, 18, 954-960
21. Kwon YS, Jeon IS, Hwang JH, Lim DM, Kang YS, Chung HJ (2009) Biological activities of Maca (*Lepidium meyenii*) extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 38, 817-823
22. Kim HY, Woo KS, Hwang IG, Lee YR, Jeong HS (2008) Effects of heat treatments on the antioxidant activities of fruits and vegetables. *Korean J Food Sci Technol*, 40, 166-170
23. Dong S, Jung SH, Moon JS, Rhee SK, Son JY (2004) Antioxidant activities of clove by extraction solvent. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33, 609-613
24. Choi SS, Yim DS, Lee SK (2009) Radical scavenging activities and protective effects against oxidative damage to DNA of extracts from medicinal plants with known osteoprotective effects. *Korean J Pharmacogn*, 40, 143-149
25. Naczek M, Shahidi F (2004) Extraction and analysis of phenolics in food. *J Chromatogr A*, 1054, 95-111
26. Seo YH, Kim IJ, Yie AS, Min HK (1999) Electron donating ability and contents of phenolic compounds, tocopherols and carotenoids in waxy corn (*Zea mays* L.). *Korean J Food Sci Technol*, 31, 581-585
27. Takashi Y, Yamamoto M, Tamura A (1978) Studies on the formation of nitrosamines (VII); the effects of some polyphenols on nitrosation of diethylamine. *J Food Hyg Soc Japan*, 19, 224-229
28. Gulcin I, Berashvili D, Gepdiremen A (2005) Antiradical and antioxidant activity of total anthocyanins from *Perilla pankinensis* decne. *J Ethnopharmacol*, 101, 287-293
29. Chung HJ (2012) Physiological activity of Acaiberry (*Euterpe oleracea* Mart.) extracted with different solvents. *Korean J Food Culture*, 27, 75-81
30. Kim HY, Lim SH, Park YH, Ham HJ, Lee KJ, Park DS, Kim KH, Kim S (2011) Screening of  $\alpha$ -amylase,  $\alpha$ -glucosidase and lipase inhibitory activity with Gangwon-do wild plants extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 40, 308-315
31. Xu ML, Wang L, Kim HS, Jin CW, Cho DH (2010) Antioxidant and anti-diabetes activity of extracts from *Machilus thunbergii* S. et Z. *Korean J Medicinal Crop Sci*, 18, 34-39
32. Manjusri D, Richard LS (1975) The toxicology of nitrate, nitrite and N-nitroso compounds. *J Sci Food Agric*, 26, 1761-1765
33. An BJ, Lee JT (1999) Isolation and characterization of angiotensin converting enzyme inhibitors from *Camellia sinensis* L. and their chemical structure determination. *Food Sci Biotechnol*, 8, 285-289
34. Kim KM, Sych HJ, Chung SH, Cho WD, Ma SJ (1999) Chemical structure of angiotensin converting enzyme inhibitor isolated from onion flesh. *Food Sci Biotechnol*, 8, 329-332
35. Lee SG, Kim HJ, Yu MH, Lee EJ, Lee SP, Lee IS (2010) Cholesterol improvement synergistic effects of fermented soybean grits caused by added with Mung bean in vitro. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 39, 947-952
36. Ghasi S, Nwobodo E, Ofli OJ (2000) Hypocholesterolemic effects of crude extract of leaf of *Moringa oleifera* Lam in high-fat diet fed wistar rats. *Ethnopharmacol*, 69, 21-25