

Research Note

모시풀잎 에탄올 추출물의 *in vitro* 항산화 활성

김재광 · 인만진¹ · 김동청^{1*}

청운대학교 호텔조리식당경영학과, ¹청운대학교 식품영양학과

In Vitro Antioxidant Activity of Ethanol Extract from *Boehmeria nivea* L. Leaves

Chikwang Kim, Man-Jin In¹, and Dong Chung Kim^{1*}

Department of Hotel Culinary and Catering Management, Chungwoon University

¹Department of Human Nutrition and Food Science, Chungwoon University

Abstract

To investigate the antioxidative potential of ramie (*Boehmeria nivea* L.) leaves, alcoholic extracts with different ethanol concentration were prepared. The extract obtained by using 70% ethanol possessed the highest total phenolic content. The extraction yield and total phenolic content of the ethanolic extract were 15.46% and 105.0 µg chlorogenic acid equivalent (CAE)/mg, respectively. Therefore, the antioxidant activities of the extract were evaluated as 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity, reducing power and nitrite scavenging ability. EC 50 value for radical scavenging and nitrite scavenging activities, which is the effective concentration at which 50% of DPPH radicals and nitrites are scavenged, were 34.72 µg/mL and 52.99 µg/mL, respectively. EC 50 value for reducing power, which is the effective concentration at which the absorbance is 0.5, is 44.39 µg/mL. All antioxidant activities increased as extract concentration increased. These results imply that the ethanolic extract of ramie leaves has the potential to be utilized as an effective antioxidant source.

Key words: *Boehmeria nivea*, antioxidant activity, DPPH radical scavenging activity, nitrite scavenging ability, reducing power

서 론

쐨기풀과(*Urticaceae*)에 속하는 여러해살이 식물 중 하나인 모시풀(*Boehmeria nivea* L.)은 껍질은 옷을 만드는 섬유재료로, 뿌리와 잎은 약품과 식품재료로 사용되고 있으며, 우리나라에서는 제주, 전남, 경북, 충남 한산 등에서 주로 재배되고 있다. 모시풀의 잎은 단백질, 지방뿐만 아니라 비타민, 무기질과 같은 영양성분, 식이섬유, carotenoids, flavonoids 등의 다양한 생리활성 성분을 다량 함유하고 있어(Park et al., 2010; Kim et al., 2014b) 영양학적으로도 우수한 식품재료이다. 그러므로 크기와 모양이 깨끗과 유사하고 특유의 향기를 갖는 모시풀잎은 나물, 장아찌, 떡류에 이용되며, 특히 모시잎 송편이 잘 알려져 있다. 최근에는 모시풀잎 분말의 첨가로 제품의 품질과 기능성이 향상

되었다는 연구결과가 절편(Yoon & Jang, 2006), 설기떡(Park et al., 2011), 쿠키(Paik et al., 2010), 머핀(Lee et al., 2010), 죽(Lee, 2013) 등의 식품에서 지속적으로 보고되고 있어 식품재료로서 모시풀잎에 대한 관심이 높아지고 있다. 또한 모시풀잎의 생리활성에 대하여는 간세포 보호 효과(Lin et al., 1998), 절편에서 미생물 증식을 억제하는 항균효과(Yoon & Jang, 2006), 모시잎 건조방법에 따른 암세포 증식억제(Nho et al., 2010; Kim et al., 2014a), 고지방-고콜레스테롤 식이 흰쥐의 지질대사 개선 및 항비만 효과(Lee et al., 2011a), 당뇨 유발 흰쥐의 혈당강하 효과(Lim & Ko, 2003) 등과 함께 항산화 활성이 보고되어 있다. 특히 모시풀잎의 항산화 활성에 대한 연구로는 모시풀잎 분말을 첨가한 설기떡에서 항산화 활성의 변화(Park et al., 2011), 모시잎 건조방법에 따른 항산화 활성 변화(Kim et al., 2014a), 항산화 활성과 폴리페놀 화합물의 유관성(Lee et al., 2009), 유리 라디칼 소거활성(Lin et al., 1998; Nho et al., 2010) 등이 보고되어 있다. 그러나 식품용으로 사용할 수 없는 용매를 추출물 제조에 사용한 결과가 다수 포함되어 있어 모시풀잎이 기능성 식품재료로 널리 활용되기에는 다른 식용 식물에 비하여 연구결과가 다소 부족한

*Corresponding author: Dong Chung Kim, Department of Human Nutrition and Food Science, Chungwoon University, 25 Daehak-gil, Hongseong-eup, Hongseong-gun, Chungnam, 350-701, Korea
Tel: +82-41-630-3240; Fax: +82-41-634-8740
E-mail: kimdc@chungwoon.ac.kr

Received September 16, 2014; revised October 22, 2014; accepted October 30, 2014

실정이다.

따라서 본 연구에서는 모시풀잎으로부터 식품 제조용으로 사용 가능한 용매인 에탄올을 이용하여 추출물을 제조한 후 폴리페놀 화합물의 함량을 분석하고, 유리 라디칼 소거활성, 환원력, 아질산염 소거활성을 조사하여 모시풀잎의 항산화 활성에 관한 기존의 결과(Lee et al., 2009; Nho et al., 2010)를 보완함으로써 건강기능식품의 소재로 모시풀잎의 활용도 향상에 기여하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 모시풀잎 분말은 2013년 충남 서천에서 재배된 모시풀잎을 40°C에서 열풍건조하여 분쇄(100~300 μm)한 것으로 서천군 한산모시식품사업단으로부터 제공받아 -20°C 냉동실에 보관하면서 사용하였다.

시료추출

모시풀잎 분말 100 g당 0, 30, 50, 70, 100%의 농도로 에탄올 각각 1,000 mL를 첨가한 후 항온 진탕조에서 2시간 동안 진탕하여 추출한 다음 Whatman filter paper(No. 2, Whatman International Ltd., Maidstone, UK)로 여과하였다. 여액을 감압농축하여 용매를 제거하고 동결건조시켜 추출물을 제조하였다.

총 폴리페놀 함량

모시풀잎 추출물의 총 폴리페놀 함량은 Folin-Ciocalteu 시약이 폴리페놀 화합물에 의하여 환원되어 몰리브덴 청색으로 발색되는 원리를 이용한 방법(Folin & Denis, 1912)으로 측정하였다. 모시풀잎 추출물 1 mL에 Folin-Ciocalteu 시약 2 mL를 가한 후 상온에서 3분간 정치한 다음 10% Na₂CO₃ 용액 2 mL를 넣고 다시 상온에서 1시간 반응시키고 760 nm에서 흡광도를 측정하였다. Chlorogenic acid를 표준물질로 작성한 표준곡선으로 총 폴리페놀 함량을 구한 후 추출물 mg당 μg chlorogenic acid equivalent(CAE)로 표시하였다.

DPPH 라디칼 소거활성

모시풀잎 추출물의 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) 라디칼 소거활성은 Blois의 방법(Blois, 1958)을 이용하여 측정하였다. 모시풀잎 추출물 1 mL에 0.15 mM DPPH용액 3 mL를 가한 후 상온에서 30분간 반응시킨 다음 525 nm에서 흡광도를 측정하였다. 모시풀잎 추출물의 DPPH 라디칼 소거활성은 (1 - 추출물첨가구의 흡광도/무첨가구의 흡광도)×100에 의하여 계산하였다. 대조군으로 vitamin C를 사용하여 비교하였다.

환원력

모시풀잎 추출물의 환원력은 Oyaizu의 방법(Oyaizu, 1985)으로 측정하였다. 모시풀잎 추출물 1 mL에 0.2 M Naphosphate buffer(pH 6.6) 2.5 mL와 1% K₃Fe(CN)₆ 용액 2.5 mL를 가한 후 50°C에서 20분간 반응시킨 다음 10% trichloroacetic acid 용액 2.5 mL를 가하였다. 반응액을 원심 분리(1,000 × g, 25°C, 10분)한 후 상등액 2.5 mL를 취하여 증류수 2.5 mL와 혼합한 다음 0.1% FeCl₃ 용액 0.5 mL를 가하고 700 nm에서 흡광도를 측정하여 환원력으로 나타내었다. 대조군으로 vitamin C를 사용하였다.

아질산염 소거활성

모시풀잎 추출물의 아질산염 소거활성은 Gray와 Dugan의 방법(Gray & Dugan, 1975)에 따라 측정하였다. 모시풀잎 추출물 1 mL에 1 mM NaNO₂ 용액 1 mL를 가한 후 0.1 N HCl과 0.2 M 구연산 완충액(pH 1.2)를 첨가하여 총 부피를 10 mL로 하고 37°C에서 1시간 반응시켰다. 반응액 1 mL를 취하여 2% 초산용액 3 mL와 Griess reagent(1% sulfanilic acid in 30% acetic acid:1% naphthylamine in 30% acetic acid=1:1, v/v) 0.4 mL를 차례로 가한 후 실온에서 15분간 반응시킨 다음 520 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조군으로 vitamin C를 사용하여 비교하였다. 아질산염 소거활성은 시료 무첨가구에 대한 시료첨가구의 흡광도비(%)로 나타내었다.

통계분석

본 연구의 결과는 실험군당 평균±표준편차로 표시하였다. 또한 SPSS(version 11.5, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)로 통계처리 하였으며 ANOVA를 이용하여 Duncan's multiple range test로 5% 수준에서 각 시료간의 유의성을 검증하였다($p < 0.05$).

결과 및 고찰

에탄올 농도에 따른 총 폴리페놀 함량

입도 100~300 μm의 모시풀잎 분말을 에탄올 농도가 상이한 조건에서 추출물을 제조하여 추출 수율, 추출물 중의 총 폴리페놀 함량과 DPPH 라디칼 소거활성을 측정하였다. 그 결과(Table 1), 추출 수율은 에탄올 농도가 0%에서 70%까지 증가됨에 따라 서서히 감소하였으며(20.75%→15.46%), 에탄올 100% 조건에서는 6.24%의 가장 낮은 수율을 보였다. 이는 에탄올 농도 증가에 따라 수용성 성분의 추출량 감소에 기인하는 것으로 고구마에서의 결과(Kim et al., 2015)와 일치하는 경향이였다. 추출물에 함유된 총 폴리페놀 함량은 추출 수율과는 반대로 에탄올 농도 증가에 비례하여 증가하였으며 70% 에탄올 조건에서

Table 1. Extraction yield, total phenolic content and relative DPPH radical scavenging activity of ramie (*Boehmeria nivea* L.) leaves extracts prepared with different ethanol concentration.

Ethanol concentration (%)	Extraction yield (%)	Total phenolic content ¹⁾	Relative DPPH radical scavenging activity (%)
0	20.75±0.55 ^{a,2)}	57.0±2.4 ^a	26.2
30	17.92±0.65 ^a	79.4±2.0 ^b	62.3
50	17.68±1.24 ^a	86.2±3.4 ^b	77.5
70	15.46±1.15 ^a	105.0±4.2 ^b	100.0
100	6.24±0.23 ^b	100.8±5.0 ^b	80.9

¹⁾µg chlorogenic acid equivalent (CAE)/mg solid in extract.

²⁾Values are means±SD (n=3). Different superscripts in the same column are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

105.0 µg CAE/mg으로 가장 높은 값을 보였다. 기존에 모시풀잎 추출물의 총 폴리페놀 함량은 58.70 µg/mg(동결건조 시료, 70% 에탄올 추출(Park et al., 2011)), 138 µg/mg(열풍건조 시료, 80% 에탄올 추출(Kim et al., 2014a)), 148.72 µg/mg(열풍건조 시료, 70% 에탄올 추출(Nho et al., 2010)) 등으로 보고되어 있어 본 연구의 결과와 상이하였다. 생육시기에 따라 식물 잎의 항산화제 함량이 변화한다는 보고(Kang et al., 2004)와 재배조건에 따라 고구마 항산화 성분이 변화한다는 보고(Woo et al., 2012)를 고려하면 이러한 차이는 시료의 특성 차이에 기인하는 것으로 사료된다. 일부 국내 식용 식물 중 쑥(메탄올 추출물, 55.6 µg/mg(Lee et al., 2011b)), 녹차(열수 추출물, 85.62 µg/mg(Jeong et al., 2009)), 고구마잎(80% 에탄올 추출물, 46.26~85.10 µg/mg(Li et al., 2012))과 비교하여도 모시풀잎(70% 에탄올 추출물, 105.0 µg/mg)의 폴리페놀 함량이 매우 높은 것으로 분석되었다. 에탄올 농도 증가에 따라 각 추출물의 DPPH 라디칼 소거활성은 총 폴리페놀 함량과 비례하였으며, 식물에 널리 존재하는 이차 대사물질인 폴리페놀 성분은 구조적으로 phenolic hydroxyl기가 존재하므로 항산화 능력을 갖는 것으로 알려져 있으므로(Amin & Yazdnpars, 2007), 총 폴리페놀 함량이 가장 높고 DPPH 라디칼 소거활성이 가장 우수한 70% 에탄올 추출물을 항산화 활성 측정에 이용하였다.

DPPH 라디칼 소거활성

DPPH는 비교적 안정한 free radical을 갖는 화합물로 항산화제에 의하여 환원되면 색이 탈색되는 원리를 이용하여 천연물로부터 항산화 활성을 분석하는데 자주 사용되고 있다. 모시풀잎 70% 에탄올 추출물의 DPPH 라디칼 소거활성 결과를 Fig. 1A에 나타내었다. DPPH 라디칼 소거활성은 모시풀잎 추출물의 농도에 비례하여 증가하였으며, 52.5 µg/mL의 농도에서 71.6%의 소거활성을 보였다. DPPH 라디칼의 50%를 소거하는 농도인 EC₅₀은 에탄올 추출물과 vitamin C에서 각각 34.72 µg/mL과 4.65 µg/mL로 계산되어(Table 2) 천연 항산화제 vitamin C에 비해 모시풀잎 추출물의 활성이 낮게 나타났다. 그러나, 모시풀잎 추출물에는 다양한 화합물이 포함되어 있고 vitamin C는 단일 물질인 것을 고려하면 모시풀잎 추출물의 유리 아라키칼 소거활성이 상당히 우수한 것으

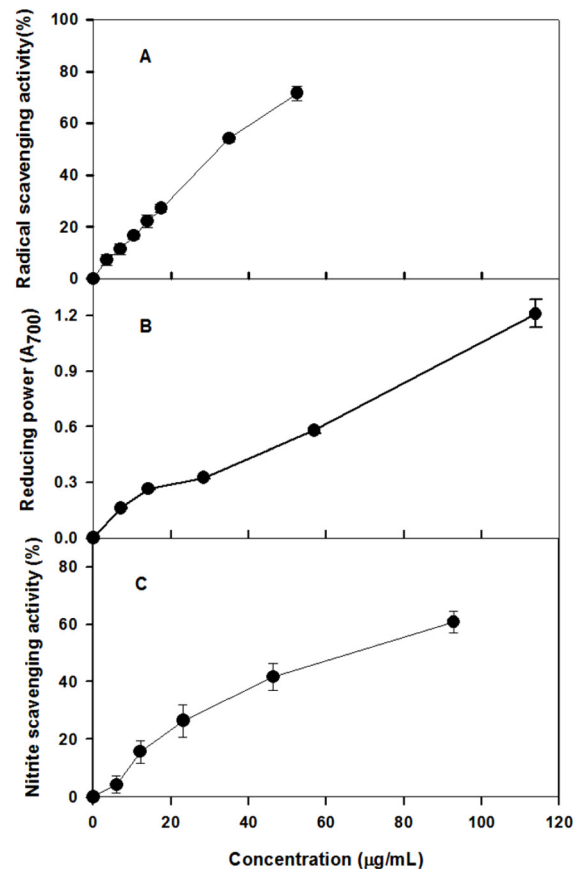


Fig. 1. DPPH radical scavenging ability (panel A), reducing power (panel B) and nitrite scavenging ability (panel C) of ramie (*Boehmeria nivea* L.) leaves extracts prepared with 70% ethanol solution. Data were means and SD of triplicate measurements.

로 사료된다. Paik 등(2010)의 연구에서 모시풀잎 에탄올 추출물의 DPPH 라디칼 소거활성은 500 µg/mL에서 51.5%를, Kim 등(2014a)의 연구에서는 열풍건조 모시풀잎 80% 에탄올 추출물의 DPPH 라디칼 소거활성은 1,000 µg/mL에서 77.7%를 보여 본 연구의 라디칼 소거활성이 우수한 것으로 나타났다. 또한 Nho 등(2010)은 모시풀잎 70% 에탄올 추출물의 DPPH 라디칼 소거활성의 EC₅₀을 688 µg/mL로, Park 등(2011)은 동일한 70% 에탄올 추출물에 대하여 EC₅₀을

Table 2. EC₅₀ values of 70% ethanol extract from ramie (*Boehmeria nivea* L.) leaves and vitamin C.

Antioxidant activity	EC ₅₀ values ¹⁾ (µg/mL)	
	Ethanol extract	Vitamin C
Radical scavenging activity	34.72	4.65
Reducing power	44.39	6.69
Nitrite scavenging ability	52.99	15.45

¹⁾EC₅₀ values for radical scavenging and nitrite scavenging activities are expressed as the effective concentration at which 50% of DPPH radicals and nitrites are scavenged; EC₅₀ value for reducing power is expressed as the effective concentration at which the absorbance is 0.5.

23.76 µg/mL로 보고하여 본 연구 결과와 상이하였다. 이는 총 폴리페놀 함량의 결과와 동일하게 시료의 특성 차이에 기인하는 것으로 판단된다. 본 연구의 DPPH 라디칼 소거활성에 대한 EC₅₀은 식용 식물 중 고구마잎 80% 에탄올 추출물의 109~168 µg/mL(Li et al., 2012), 곤드레잎 물 추출물의 87.1 µg/mL(Lee et al., 2011b), 에탄올 추출물의 111.19 µg/mL(Lee et al., 2006)보다 낮아 모시풀잎이 매우 우수한 전자공여 활성을 갖는 것으로 조사되었다.

환원력

항산화 작용의 여러 기작 중 활성 산소종 및 유리기에 전자를 공여하는 능력이 환원력이므로, ferri-ferricyanide (Fe³⁺)혼합물이 수소를 공여하여 ferrous(Fe²⁺)로 전환시키는 능력을 흡광도 값으로 표시하여 항산화 활성의 검증에 활용한다. 환원력이 강할수록 높은 흡광도 값을 나타낸다. 모시풀잎 70% 에탄올 추출물의 환원력 결과를 Fig. 1B에 나타내었다. DPPH 라디칼 소거능과 동일하게 환원력은 모시풀잎 추출물의 농도에 비례하여 증가하였으며, 113.9 µg/mL 농도에서 흡광도는 1.21까지 증가하였다. 반응액의 흡광도가 0.5가 되는데 필요한 농도를 나타내는 EC₅₀은 에탄올 추출물과 vitamin C에서 각각 44.39 µg/mL과 6.69 µg/mL로 나타났으며(Table 2), 이 역시 천연 항산화제 vitamin C의 활성이 우수하였다. 모시풀잎 추출물의 환원력에 관한 기존의 연구결과는 매우 미미하였고, 식용 식물 중 자색 고구마 70% 에탄올 추출물의 EC₅₀은 236 µg/mL(Kim et al., 2015), 복분자와 오디 60% acetone 추출물은 각각 871 µg/mL과 746 µg/mL(Jun et al., 2014)으로 보고되어 본 연구의 44.39 µg/mL보다 높아 모시풀잎 추출물이 매우 우수한 환원력을 갖는 것으로 나타났다.

아질산염 소거활성

아질산염은 식품 중에 존재하는 아민류와 반응하여 발암물질인 nitrosamine을 생성한다. 이러한 아질산과 아민류를 함유하고 있는 식품을 섭취하였을 때 발암물질인 nitrosamine이 생성될 가능성이 높으며 특히 산성조건에서 쉽게 진행되는 것으로 알려져 있다(Leaf et al., 1987).

Nitrosamine의 생성을 억제하기 위하여 위장 조건과 유사한 pH 1.2에서 모시풀잎 70% 에탄올 추출물의 아질산염 소거활성을 측정하여 Fig. 1C에 나타내었다. DPPH 라디칼 소거능, 환원력과 동일하게 아질산염 소거활성은 모시풀잎 추출물의 농도에 비례하여 증가하였으며, 92.8 µg/mL의 농도에서 60.8%의 소거활성을 보였다. 동시에 아질산염의 50%를 소거하는 농도인 EC₅₀은 에탄올 추출물과 vitamin C에서 각각 52.99 µg/mL와 15.45 µg/mL였으며(Table 2), DPPH 라디칼 소거능 및 환원력과 동일한 경향이였다. 모시풀잎 추출물의 아질산염 소거활성에 관한 보고는 매우 미미하며, 본 연구의 결과를, 썩 에탄올 추출물이 pH 1.2, 1.0 mg/mL의 농도에서 41%의 아질산염 소거 효과를 보인다는 결과(Park & Kim, 2006)와 비교하면 모시풀잎 추출물이 매우 우수한 아질산염 소거활성을 갖는 것으로 나타났다. 폴리페놀 화합물은 발암성 nitrosamine의 생성 억제에 효과가 있으며 페놀화합물의 함량이 높을수록 산성조건에서 아질산염의 소거효과가 우수하다는 보고(Mirvish, 1995)와도 잘 일치하였다. 따라서 모시풀잎 추출물은 nitrosamine의 직접적인 생성 원인인 아질산을 효과적으로 분해할 가능성이 높은 것으로 판단되었다.

이상의 결과에서 모시풀잎 70% 에탄올 추출물은 천연 항산화제인 vitamin C보다 라디칼 소거활성, 환원력, 아질산염 소거활성 측면에서 낮은 항산화력을 갖는 것으로 나타났다으나 모시풀잎 추출물이 단일성분이 아닌 추출물임을 고려한다면 우수한 항산화력을 갖는 것으로 사료된다. 모시풀잎의 항산화 성분에 대하여는 chlorogenic acid가 항산화 활성을 포함한 다양한 생리활성을 갖는 중요한 화합물(Tan et al., 2014)이며, 에탄올 추출물의 ethyl acetate 분획에서 (-)epicatechin과 (-)epicatechin gallate가 DPPH 라디칼 소거활성을 보이는 성분(Nho et al., 2010)으로 보고되어 있다. 향후 모시풀잎 추출물 성분의 분리와 구조분석 연구를 통하여 DPPH 라디칼 소거활성뿐만 아니라 환원력과 아질산염 소거활성이 우수한 모시풀잎 유래의 천연 항산화 성분을 추가로 규명할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 모시풀잎 추출물은 항산화 기능성 식품이나 첨가물로 이용될 수 있을 것이다.

요 약

최근 식품재료로 관심이 높아지고 있는 모시풀잎으로부터 에탄올을 용매로 추출하여 유용성분과 항산화 활성을 측정하였다. 추출수율은 에탄올 0% 조건에서 20.75%로 가장 높았으며, 총 폴리페놀 함량은 추출 수율과는 반대로 에탄올 70% 조건에서 105.0 µg CAE/mg으로 가장 높은 값을 보였다. 총 폴리페놀 함량이 가장 높은 70% 에탄올 추출물의 항산화 활성을 DPPH 라디칼 소거활성, 환원력, 아질산염 소거활성으로 조사하였다. 모시풀잎 추출물의 항

산화 활성은 모두 농도 의존적인 경향을 나타냈다. DPPH 라디칼 소거활성은 52.5 µg/mL의 농도에서 71.6%의 소거 활성을 보였으며, DPPH 라디칼의 50%를 소거하는 농도인 EC₅₀은 34.72 µg/mL로 계산되었다. 환원력에서는 추출물 113.9 µg/mL 농도에서 흡광도는 1.21까지 증가하였으며, 반응액의 흡광도가 0.5가 되는데 필요한 농도인 EC₅₀은 44.39 µg/mL로 조사되었다. 아질산염 소거활성 측정 결과, 추출물 92.8 µg/mL의 농도에서 60.8%의 소거활성을 보였으며, 아질산염의 50%를 소거하는 농도인 EC₅₀은 52.99 µg/mL로 나타났다. 이상의 결과 모시풀잎은 다량의 폴리페놀 화합물을 함유하고 있으며, DPPH 라디칼 소거활성, 환원력, 아질산염 소거활성으로 나타나는 항산화 활성이 우수하므로 모시풀잎을 식용뿐만 아니라 기능성 식품의 첨가물이나 천연 항산화제로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 2014년 청운대학교 학술연구조성비와 한산모시식품사업단의 지원에 의하여 수행된 것입니다.

References

- Amin A, Yazdparast R. 2007. Antioxidant and free radical scavenging potential of *Achillea santolina* extract. *Food Chem.* 104: 21-29.
- Blois MS. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.
- Folin O, Denis W. 1912. On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J. Biol. Chem.* 12: 239-243.
- Gray JI, Dugan Jr LR. 1975. Inhibition of N-nitrosamine formation in model food system. *J. Food Sci.* 40: 981-985.
- Jeong CH, Kang ST, Joo OS, Lee SC, Shin YH, Shim KH, Cho SH, Choi SG, Heo HJ. 2009. Phenolic content, antioxidant effect and acetylcholinesterase inhibitory activity of Korean commercial green, puer, oolong, and black teas. *Korean J. Food Preserv.* 16: 230-237.
- Jun HI, Kim YA, Kim YS. 2014. Antioxidant activities of *Rubus coreanus* Miquel and *Morus alba* L. fruits. *Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 43: 381-388.
- Kang JY, Kim SJ, Park S. 2004. Changes in antioxidants of several plant leaves during growth. *J. Life Sci.* 14: 104-109.
- Kim AR, Kang ST, Jeong E, Lee JJ. 2014a. Effects of ramie leaf according to drying methods on antioxidant activity and growth inhibitory effects of cancer cells. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 43: 682-689.
- Kim AR, Lee HJ, Jung HO, Lee JJ. 2014b. Physicochemical composition of ramie leaf according to drying methods. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 43: 118-127.
- Kim DC, Kim C, In MJ. 2015. Antioxidant activities of extracts prepared from sweet potatoes with different flesh colors. *J. Appl. Biol. Chem.* 58: in press.
- Leaf CD, Vecchio AJ, Reo DA, Hotchkiss JH. 1987. Influence of ascorbic acid dose on N-nitrosoproline formation in humans. *Carcinogenesis* 8: 791-795.
- Lee YJ, Woo KS, Jeong HS, Kim WJ. 2010. Quality characteristics of muffins with added dukeun (pan-fired) ramie leaf (*Boehmeria nivea*). *Korean J. Food Culture* 25: 810-819.
- Lee JJ, Park MR, Kim AR, Lee MY. 2011a. Effects of ramie leaves on improvement of lipid metabolism and antiobesity effect in rats fed a high fat/high cholesterol diet. *Korean J. Food Sci. Technol.* 43: 83-90.
- Lee SH, Jin YS, Heo SI, Shim TH, Sa JH, Choi DS, Wang MH. 2006. Composition analysis and antioxidative activity from different organs of *Cirsium setidens* Nakai. *Korean J. Food Sci. Technol.* 38: 571-576.
- Lee SM. 2013. Quality characteristics of gruel added with ramie leaves. *Korean J. Culinary Res.* 19: 76-86.
- Lee YM, Bae JH, Jung HY, Kim JH, Park SD. 2011b. Antioxidant activity in water and methanol extracts from Korean edible wild plants. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 40: 29-36.
- Lee YR, Nho JW, Hwang IG, Kim WJ, Lee YJ, Jeong HS. 2009. Chemical composition and antioxidant activity of ramie leaf (*Boehmeria nivea* L.). *Food Sci. Biotechnol.* 18: 1096-1099.
- Li M, Jang GY, Lee SH, Woo KS, Sin HM, Kim HS, Lee J, Jeong HS. 2012. Chemical compositions and antioxidant activities of leaves and stalks from different sweet potato cultivars. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 41: 1656-1662.
- Lim SJ, Ko JH. 2003. Effects of edible and medicinal plants intake on blood glucose, glycogen and protein levels in streptozotocin induced diabetic rats. *Korean J. Nutr.* 36: 981-989.
- Lin CC, Yen MH, Lo TS, Lin JM. 1998. Evaluation of the hepatoprotective and antioxidant activity of *Boehmeria nivea* var. *nivea* and *B. nivea* var. *tenacissima*. *J. Ethnopharmacol.* 60: 9-17.
- Mirvish SS. 1995. Role of N-nitroso compounds (NOC) and N-nitrosation in etiology of gastric, esophageal, nasopharyngeal and bladder cancer and contribution to cancer of known exposure to NOC. *Cancer Lett.* 93: 17-48.
- Nho JW, Hwang IG, Kim HY, Lee YR, Woo KS, Hwang BY, Chang SJ, Lee J, Jeong HS. 2010. Free radical scavenging, angiotensin I-converting enzyme (ACE) inhibitory, and *in vitro* anticancer activities of ramie (*Boehmeria nivea*) leaves extracts. *Food Sci. Biotechnol.* 19: 383-390.
- Oyaizu M. 1985. Studies on products of browning reaction: Antioxidant activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *Jap. J. Nutr.* 44: 307-315.
- Paik JE, Bae HJ, Joo NM, Lee SJ, Jung HA, Ahn EM. 2010. The quality characteristics of cookies with added *Boehmeria nivea*. *Korean J. Food Nutr.* 23: 446-452.
- Park CS, Kim ML. 2006. Functional properties of mugwort extracts and quality characteristics of noodle added mugwort powder. *Korean J. Food Preserv.* 13: 161-167.
- Park MR, Lee JJ, Kim AR, Jung HO, Lee MY. 2010. Physicochemical composition of ramie leaves (*Boehmeria nivea* L.). *Korean J. Food Preserv.* 17: 853-860.
- Park SS, Kim SI, Sim KH. 2011. The quality characteristics and antioxidant activity of *Sulgidduk* supplemented with ramie leaf powder. *Korean J. Food Cookery Sci.* 27: 763-772.
- Tan Z, Wang C, Yi Y, Wang H, Li M, Zhou W, Tan S, Li F. 2014. Extraction and purification of chlorogenic acid from ramie (*Boehmeria nivea* L. Gaud) leaf using an ethanol/salt aqueous

- two-phase system. Sep. Purif. Technol. 132: 396-400.
- Woo KS, Seo HI, Lee YH, Kim HY, Ko JY, Song SB, Lee JS, Jung KY, Nam MH, Oh IS, Jeong HS. 2012. Antioxidant compounds and antioxidant activities of sweet potatoes with cultivated conditions. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 41: 519-525.
- Yoon SJ, Jang MS. 2006. Characteristics of quality in *Jeolpyun* with different amounts of ramie. Korean J. Food Cookery Sci. 23: 636-641.