

모링가 부위별 추출물의 항산화 활성 및 파이토케미컬 함량

김주성

Antioxidant activity and phytochemical contents of the extracts from different parts of *Moringa oleifera*

Ju-Sung Kim

Received: 6 September 2020 / Revised: 22 September 2020 / Accepted: 22 September 2020

© Korean Society for Plant Biotechnology

Abstract *Moringa (Moringa oleifera)*, which is native to tropical and subtropical climates, now grows in Korea due to its warming climate. Since it is also imported and used for food and other products in various countries, it is necessary to analyze the properties of moringa being imported into Korea. In this study, the antioxidant activity and total phenol and flavonoid content were high in the leaves and twigs and showed a positive correlation. The mineral content was also high in the leaves and twigs, and potassium ions were the most abundant mineral. In addition, seven phenolic acids (caffeic acid, chlorogenic acid, cinnamic acid, coumaric acid, ferulic acid, gallic acid, and syringic acid) and four flavonoids (kaempferol, myricetin, quercetin, and rutin) were detected in the leaves, twigs, and stems, and the ferulic acid and quercetin content was particularly high. The results of this study can be used as comparative data for domestic moringa growers in the future.

Keywords Antioxidant capacity, Ferulic acid, Potassium, Quercetin, Total phenol

서 언

모링가는 모링가과(Moringaceae)의 유일속인 모링가속(*Moringa*)에 속하는 속씨식물로 열대 및 아열대 기후 지역에 13종이

분포하고 있다(Paliwal and Sharma 2011). 그 중에 가장 많이 알려진 종은 인도 북서부 히말라야 산기슭에 자라는 모링가 올레이페라(*Moringa oleifera*)로, 아프리카, 아라비아, 동남아시아, 태평양과 캐리비안의 섬 및 남미의 많은 지역에서 자생하고 있다. 전통적으로 이들 지역 사람들 중에는 매일 야채로 섭취하기도 한다(Abdull Razis et al. 2014). 일반인들 중에는 각종 질병과 심지어 일부 만성질환에 대한 놀라운 치유 능력 때문에 ‘기적의 나무’로 불리기도 한다(Gopalakrishnan et al. 2016).

모링가는 수세기 동안 그리고 세계의 다양한 나라에서 피부감염, 빈혈, 불안, 천식, 블랙헤드(Blackhead), 혈액의 불순물, 기관지염, 흉부 답답증, 콜레라 및 기타 여러 질병을 치료하는데 이용되어 왔다(Khawaja et al. 2010). 모링가 올레이페라 역시 항염증, 항경련, 항고혈압, 항종양, 항산화, 해열제, 항궤양, 항간질, 콜레스테롤 저하, 이노제, 항당뇨 효과가 있으며(Paliwal et al. 2011), 간보호 효과도 알려져 있다(Huang et al. 2012). 또한 음식이나 약용 외에도 이집트 시대부터 피부 연고제로 사용된 사실이 밝혀졌으며 최근에는 신체 및 헤어 보습제나 컨디셔너를 포함한 다양한 헬스케어 제품으로 알려지면서 코스메틱 분야에 이용되고 있다(Abdull Razis et al. 2014). 잎에는 제아틴(zeatin) 성분이 풍부하여 농업에서 농작물의 성장촉진제로 이용되기도 하며(Ashfaq et al. 2012), 종자 분말은 물을 정제하는데 이용되기도 한다(Popoola and Obembe, 2013). 특히 잎과 종자 추출물은 생물농약활성이 있어 *Trigoderma granarium*의 유충과 성충에 효과적이며 땅콩 씨앗에서 곰팡이 발생율을 줄여주기도 한다(Ashfaq et al. 2012). 그 외에도 종자는 바이오디젤 생산이 가능한 바이오매스로서 활용가능하다(Ashfaq et al. 2012, Ofor and Nwufu, 2011).

최근 들어 국내에서도 기후변화로 인하여 모링가 재배가 시작되고 있으며, 차세대 슈퍼푸드로 주목받고 있는 모링가

J.-S. Kim (✉)
제주대학교 식물자원환경전공
(Major in Plant Resource and Environment, SARI, Jeju National University, Jeju, 63243, Korea)
e-mail: aha2011@jejunu.ac.kr

에 대하여 조사를 하였다. 아직까지는 국내 생산보다 외국에서 수입하여 가공 및 판매가 되고 있는 실정이며, 향후 국내에서 생산이 되기 시작하였을 때 비교 자료로 제공하기 위하여 본 실험을 실시하였다.

재료 및 방법

실험 재료 및 시약

모링가는 (주)한라식품(경상북도 상주시 소재)으로부터 태국에서 구입한 샘플(종자 2종류(S1~2), 잎 3종류(L1~3), 가지 1종류(T1); L1, S1은 SK1 품종, 태국의 라용에서 채취; L2, S2, T1은 품종불명, 태국의 촌부리에서 채취; L3는 태국의 방콕 인근 판매장에서 구매)을 제공받아 사용하였다(Fig. 1). Folin-Ciocalteu reagent, caffeic acid, chlorogenic acid, cinnamic acid, coumaric acid, ferulic acid, gallic acid, quercetin, kaempferol, myricetin, rutin, syringic acid, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH), 2,2-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid (ABTS) 및 6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid (trolox)는 Sigma-Aldrich (Sigma-Aldrich Korea, Seoul, Korea)에서, 아세트니트릴은 Fisher (Fisher Scientific Korea, Seoul, Korea)에서, 트리플루오로 아세트산은 대정화금(Dae-Jung Chemicals & Metals, Gyeonggi-do, Korea)으로부터 구매하였으며, 그 외 사용된 용매 및 시약들은 모두 일급 이상의 등급을 사용하였다.

추출물의 제조

샘플은 시료 10 g에 70% ethanol 200 mL을 첨가하여 초음파 추출기를 이용하여 추출 후 얻어진 추출물을 회전진공농축기를 사용하여 농축시켰다.

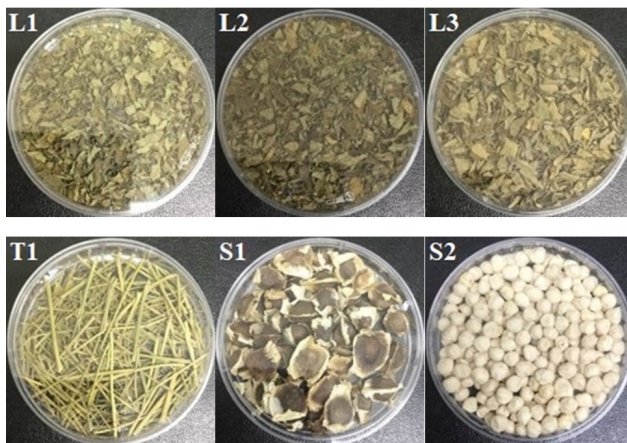


Fig. 1 Parts of *Moringa oleifera*: L1, L2, L3, leaves; T1, twigs; S1, S2, seeds

총 페놀 및 플라보노이드 함량 측정

총 페놀 함량은 Folin-Ciocalteu 실험법으로 측정하였다(Kim and Kim, 2019). 모링가 추출물 100 μ L에 Folin-Ciocalteu 시약 50 μ L를 혼합하여 실온에서 5분간 반응시킨 후 20% sodium carbonate 300 μ L를 넣어 15분간 방치하였다. 그 후 증류수 1 mL를 첨가한 뒤 분광광도계(UV-1800, Shimadzu, Tokyo, Japan)로 725 nm에서 흡광도를 측정하였다. 흡광도 값은 표준물질인 gallic acid로 작성된 표준검량곡선을 이용하여 gallic acid equivalent (mg GAE/g extract)로 나타내었다.

총 플라보노이드 함량은 Eom et al. (2020)이 사용한 방법에 따라 측정하였다. 모링가 추출물 200 μ L에 10% aluminum nitrate 100 μ L와 1 M potassium acetate 100 μ L를 혼합하고 80% 에탄올 4.6 mL를 첨가하여 40분간 실온에서 반응시켰다. 반응액을 분광광도계로 415 nm에서 측정하였으며, 표준물질인 quercetin으로 작성된 표준검량곡선을 이용하여 quercetin equivalent (mg QE/g extract)로 나타내었다.

DPPH 라디칼 소거능

모링가 추출물의 DPPH 라디칼 소거능을 측정하기 위하여 Kim and Kim (2019)의 방법을 변형하여 측정하였다. 각각의 샘플은 메탄올을 가하여 4 mL로 만들고 0.15 mM 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) 용액 1 mL를 혼합하여 30분 뒤 분광광도계를 이용하여 최대흡광도(λ_{max}) 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH 라디칼 소거능은 아래와 같이 백분율로 계산하였으며 DPPH 라디칼을 50% 소거하는데 소요되는 샘플량을 RC_{50} 으로 나타내었다.

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

A : Absorbance of the sample, B : Absorbance of the blank,

C : Absorbance of the control

RC_{50} : The concentration of extract needed to inhibit 50% of the DPPH radical

무기성분 분석

모링가의 무기질 분석은 유도결합 플라즈마 분광법(inductively coupled plasma spectroscopy, JY138 Ultrace, Jobin Yvon, France)을 이용하여 분석하였다. 모링가를 건조시킨 다음 분쇄하여 분석용 시료로 이용하였다. 분말화된 시료 0.5 g을 분해플라스크에 넣고 왕수분해법으로 분해시킨 후 무기물 함량을 정량하였다.

항산화 지수 측정

Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) 측정은 Eom et al.

(2020)의 방법을 변형하여 구하였다. 2.45 mM potassium persulfate와 7 mM 2,2-azino-bis-(3-ethylbenzo-thiazoline-6-sulphonic acid)를 반응시켜 ABTS 용액을 만든 후 734 nm에서 흡광도가 0.70 ± 0.02 가 되도록 조정하여 사용하였다. 추출물 50 μ L에 ABTS 용액 1 mL를 혼합하여 5분 동안 반응후 분광광도계를 이용하여 흡광도(734 nm)를 측정하였다. Trolox를 표준품으로 사용하여 검량선($y = -0.0268x + 0.4157$, $R^2 = 0.9962$)을 작성 후 추출물의 TEAC 값을 계산하였고 샘플 g당 trolox equivalent (TE)로 나타내었다.

Ferric reducing antioxidant power (FRAP)은 Eom et al. (2020)의 방법으로 구하였다. 20 mM $FeCl_3$ 과 10 mM 2,4,6-tripyridyls-triazine를 동량으로 혼합하고 0.3 M sodium acetate 버퍼(pH 3.6)를 추가한 후 37°C에서 10분 동안 반응시켜 FRAP working solution을 만들었다. 추출물 5 μ L에 만들어진 FRAP working solution 150 μ L를 37°C에서 30분 동안 발색시키고 나서 microplate reader를 이용하여 흡광도(595 nm)를 측정하였다. $FeSO_4$ 를 표준품으로 사용하여 검량선($y = -0.0593x - 0.0123$, $R^2 = 0.9997$)을 작성 후 추출물의 FRAP 값을 계산하였고 샘플 g당 $FeSO_4$ equivalent (FE)로 나타내었다.

HPLC에 의한 페놀 화합물의 정량

Luna 5 μ C18 (2) 100 A 컬럼(4.6 mm \times 250 mm, 입자 크기 5 μ m)과 UV-vis 검출기(SPD-10A, Shimadzu, Japan)가 장착된 Shimadzu 액체크로마토그래피 시스템(LC-10ADvp)을 사용하여 페놀 화합물의 함량을 정량하였다. 이동상은 용매 A는 0.1% 트리플루오로 아세트산이 함유된 증류수이고, 용매 B는 0.1% 트리플루오로 아세트산이 함유된 아세토니트릴을 사용하였다. 농도구배는 0-0.01 분, 90% A; 0.01-28 분, 60% A; 28-39 분, 40% A; 39-50 분, 10% A; 50-55 분, 10% A; 55-56 분, 90% A; 및 56-65 분, 90% A로 하였으며 분당 0.7 mL의 유속으로 65 분간 측정하였다. 페놀 화합물은 피크 면적으로부터 측정된 표준품의 체류 시간에 의해 확인되었다. 샘플의 피크 면적을 표준품의 교정 곡선과 비교하여 농도를 계산하였다.

통계처리

본 실험결과는 평균 \pm 표준편차로 표현했으며, 통계처리는

SPSS (Statistical Package for the Social Sciences, ver 18.0)로 분산분석을 하였고 유의차이가 있을 경우 Tukey의 다중범위 검정을 실시하여 p -value가 0.05 이하인 경우 통계적으로 유의하다고 분석하였다.

결과 및 고찰

모링가의 추출수율을 측정하였다(Table 1). 앞에서는 L3 (29.81%) > L1 (28.39%) > L2 (26.35%) 순이었으나 샘플간 차이가 없었고 종자에서는 S2 (18.95%)가 S1 (15.39%)보다 높게 나타났으며 가지는 11.88%로 가장 추출수율이 낮았다. Dasola et al. (2014)은 다양한 용매를 이용하여 모링가 잎을 추출할 경우, 팜와인으로 추출하였을 때 가장 수율이 높았으며 용매의 극성이 낮아짐에 따라 추출수율 역시 감소하며 에탄올이나 뜨거운 물로 추출했을 때는 15% 정도, 찬 물로 추출했을 때는 20% 정도의 수율을 얻었다고 보고하였다. 모링가의 총 페놀 함량은 앞에서는 L1 (669.97 \pm 29.87 mg GAE/g) > L2 (344.56 \pm 12.52 mg GAE/g) > L3 (228.87 \pm 3.13 mg GAE/g) 순으로 나타났으며 종자에서는 S1 (84.24 \pm 11.29 mg GAE/g) > S2 (26.39 \pm 0.00 mg GAE/g) 순이었다(Table 1). L1과 S1은 SK1 품종으로 품종불명의 L2나 L3보다 높은 함량을 보였다. 또한 품종불량의 부위별 페놀 함량에서는 가지부분이 가장 높은 함량을 나타내었으며 다음으로 잎 그리고 종자 순이었다. 플라보노이드 함량 역시 총 페놀함량과 같은 경향을 보였다(Table 1). 또한 총페놀 및 플라보노이드 함량과 항산화 관련 데이터와의 상관관계를 분석한 결과 모두 높은 정의 상관관계를 나타내었다(데이터 미제시). 선학초 메탄올 추출물의 부위별 총 페놀 함량의 경우 잎이 가지보다 높은 함량을 나타내어 본 연구결과와 유사한 결과를 보였다(Jang et al. 2008). 또한, 활나물 80% 에탄올 추출물에 있어서도 잎 부위(0.094 \pm 0.011 mg/mL)가 가장 높은 함량을 보였으며 다음으로 가지(0.082 \pm 0.003 mg/mL), 종자(0.071 \pm 0.002 mg/mL) 순이었다(Kang et al. 2002). 뽕나무 역시 부위별 총페놀 및 플라보노이드 함량에서 잎이 가지보다 높은 함량을 보여 많은 식물체에서 잎부분에 페놀 및 플라보노이드 함량이 높다고 보고하였다(Park et al. 2012).

모링가의 무기물함량 함량을 측정하였다(Table 2). 칼륨

Table 1 The yield, total phenol, and flavonoid content in 70% ethanol extracts of the leaves, twigs, and seeds of *Moringa oleifera*

Sample	L1	L2	L3	T1	S1	S2
Yield (%)	28.39 \pm 1.95 ab	26.35 \pm 1.65 ab	29.81 \pm 7.99 a	11.88 \pm 1.05 c	15.39 \pm 0.83 c	18.95 \pm 2.17 bc
Total phenol (mg GAE/g)	669.97 \pm 29.87 a	344.56 \pm 12.52 c	228.87 \pm 3.13 d	501.84 \pm 36.92 b	84.24 \pm 11.29 e	26.39 \pm 0.00 f
Total flavonoid (mg QAE/g)	470.57 \pm 4.81 a	182.15 \pm 6.83 c	90.79 \pm 8.55 d	237.80 \pm 0.61 b	5.61 \pm 1.61 e	2.88 \pm 0.70 e

Values are expressed as a mean \pm SD (n=3), and ^{a-f} means with different superscript in the same column are significantly different at $p < 0.05$.

Table 2 The mineral content in 70% ethanol extracts of the leaves, twigs, and seeds of *Moringa oleifera*

Mineral	Unit	L1	L2	L3	T1	S1	S2
K ⁺		187.9±13.4 a	21.4±0.8 c	21.4±0.0 c	119.9±1.2 b	14.7±0.1 c	14.6±0.6 c
Ca ²⁺	mg/g	5.6±0.2 c	11.3±0.3 a	6.0±1.0 c	9.8±0.1 b	1.3±0.1 d	1.6±0.0 d
Mg ²⁺		3.7±0.0 a	3.5±0.0 b	3.5±0.1 b	3.0±0.1 c	2.3±0.0 e	2.5±0.0 d
Na ⁺		0.9±0.1 d	1.2±0.1 c	0.6±0.0 e	1.3±0.0 b	0.7±0.1 e	1.9±0.1 a
Fe	ppm	50±0 c	27±11 d	92±7 a	13±2 e	65±8 b	49±6 c
Mn		41±0 c	128±3 b	140±2 a	39±1 c	5±0 e	9±2 d

Values are expressed as a mean ± SD (n=3), and ^{a-e)} means with different superscript in the same column are significantly different at *p*<0.05.

Table 3 Antioxidant capacity in 70% ethanol extracts of the leaves, twigs, and seeds of *Moringa oleifera*

Sample	L1	L2	L3	T1	S1	S2	BHT
TEAC (mM TE/g)	134.19 ± 14.88 a	43.55 ± 1.67 c	28.43 ± 1.05 cd	84.10 ± 3.06 b	11.00 ± 0.33 de	2.91 ± 0.76 e	
FRAP (mM FE/g)	513.68 ± 49.53 a	125.12 ± 8.49 c	66.35 ± 4.31 cd	269.11 ± 27.93 b	22.21 ± 2.33 d	10.46 ± 2.53 d	
RC50 (µg/mL)	96.19 ± 9.80 a	788.44 ± 0.94 c	1432.86 ± 51.82 d	268.50 ± 39.03 b	>1500 e	>5000 f	172.86 ± 11.71 ab

Values are expressed as a mean ± SD (n=3), and ^{a-f)} means with different superscript in the same column are significantly different at *p*<0.05. BHT; butylated hydroxy toluene.

의 경우 L1 (187.9 mg/g of extract)이 월등히 높았으며 L2와 L3 (21.4 mg/g of extract)은 비슷한 함량을 나타내었다. 가지부위 (119.9 mg/g of extract) 역시 높은 함량을 보였으며 종자(14.6 ~ 14.7 mg/g of extract)에서는 칼륨함량이 매우 낮았다. 칼슘의 경우 잎에서는 L2 (11.3 mg/g of extract)가 가장 높은 함량을 보였으며 L1 (5.6 mg/g of extract)과 L3 (6.0 mg/g of extract)은 비슷한 함량을 보였다. 가지에서는 9.8 mg/g of extract의 높은 함량을 보였으며 종자(1.3 ~ 1.6 mg/g of extract)에서는 가장 낮은 함량을 보였다. 마그네슘의 경우 잎(3.5 ~ 3.7 mg/g of extract)이 가장 함량이 높았으며 그 다음으로 가지(3.0 mg/g of extract), 종자(2.3 ~ 2.5 mg/g of extract) 순으로 나타났다. 나트륨의 경우 잎에서는 L2 (1.2 mg/g of extract) > L1 (0.9 mg/g of extract) > L3 (0.6 mg/g of extract) 순으로 높았으며 종자의 경우 S2 (1.9 mg/g of extract)가 S1 (0.7 mg/g of extract)보다 높게 나타났다. 철의 경우 잎에서는 L3 (92 ppm) > L1 (50 ppm) > L2 (27 ppm) 순이었으며 종자는 S1 (65 ppm) > S2 (49 ppm) 순이었으며 가지에서는 미량(13 ppm)이 검출되었다. 망간의 경우에는 잎 부위(41 ~ 140 ppm)가 다른 부위보다 월등히 많았으며, 다음으로 가지(39 ppm), 종자(5 ~ 9 ppm) 순이었다. Jongrungruangchok et al. (2010)은 태국의 11개 지역으로부터 모링가 잎을 채취하여 무기물 함량을 측정 한 결과, 칼슘은 15.10 ~ 29.51 mg/g, 칼륨은 15.04 ~ 20.54 mg/g, 철은 0.20 ~ 0.37 mg/g 정도 함유되어 있다고 보고하였는데 본 연구의 결과와 비교하면 칼슘과 철의 경우 본 데이터(각각 5.6 ~ 6.0 mg/g of extract, 0.05 ~ 0.09 mg/g of extract)가 많이 낮은 편이었으며 칼륨의 경우에는 비슷하였으나(L2, L3=21.4 mg/g of extract), L1 (187.9 mg/g of extract)의 경우에는 상당히 높게 나타났다. 한편 서아프리카의 부르키나파소 와가두구의 세 지

역에서 채집한 모링가 잎에서는 칼슘이 6.8 ~ 35.1 mg/g, 칼륨이 12.9 ~ 22.5 mg/g, 철은 0.12 ~ 0.52 mg/g 정도 함유되어 있었으며(Yameogo et al. 2011), 파키스탄 펀자브의 세 지역에서 채취한 모링가에서는 각각 18.95 ~ 26.35 mg/g, 19.73 ~ 24.40 mg/g, 0.20 ~ 0.57 mg/g 정도였다(Aslam et al. 2005). 한편, 나이지리아 아부자의 두 지역에서 수확한 모링가의 부위별 비교 실험에서 잎의 칼슘 함량이 종자보다 많이 분포하였으며 철의 경우 종자가 많거나 비슷한 정도로 본 연구결과와 유사한 경향을 보였다(Anjorin et al. 2010). 이처럼 모링가의 잎이나 가지에서의 미네랄 성분의 함량 차이가 나는 것은 유전적인 배경, 경작지나 환경 및 재배방법의 차이에 따른 것으로 보인다(Aslam et al. 2005).

ABTS 라디칼 소거능을 trolox 함량으로 환산한 모링가의 TEAC 값은 Table 3과 같다. 모링가 추출물의 TEAC 값은 L1 (134.19 ± 14.88 mM TE/g ex)이 가장 높았으며 그 다음으로 T1 (84.10 ± 3.06 mM TE/g ex), L2 (43.55 ± 1.67 mM TE/g ex), L3 (28.43 ± 1.05 mM TE/g ex), S1 (11.00 ± 0.33 mM TE/g ex), S2 (2.91 ± 0.76 mM TE/g ex) 순이었다. 특히적으로 L1의 TEAC 값이 높았을 뿐 전체적으로 보면 가지 부분의 TEAC 값이 높았고 다음으로 잎, 종자 순으로 나타났다. FRAP 값 역시 TEAC 값과 유사한 경향을 보였다(Table 3). 특히적으로 L1 (513.68 ± 49.53 mM Fe(II)/mg ex)의 FRAP 값이 가장 높았으며 T1 (269.11 ± 27.93 mM Fe(II)/mg ex), L2 (125.12 ± 8.49 mM Fe(II)/mg ex), L3 (66.35 ± 4.31 mM Fe(II)/mg ex), S1 (22.21 ± 2.33 mM Fe(II)/mg ex), S2 (10.46 ± 2.53 mM Fe(II)/mg ex) 순이었다. FRAP 값 역시 평균적으로 본다면 가지 부분이 가장 높았고 잎, 종자 순서로 활성이 감소하였다. 모링가의 DPPH radical 소거능을 측정 한 결과 잎에서는 L1 (96.19 µg/mL) > L2

Table 4 Phytochemical compounds in 70% ethanol extracts of the leaves, twigs, and seeds of *Moringa oleifera*

mg/g extract	L1	L2	L3	T1	S1	S2
Gallic acid	2.24±0.01 b	0.25±0.00 c	2.01±0.01 b	0.50±0.01 c	0.37±0.00 c	2.66±0.25 a
Syringic acid	2.99±0.06 a	1.70±0.13 c	0.32±0.03 d	2.38±0.04 b	0.29±0.01 d	0.29±0.03 d
Caffeic acid	0.53±0.01 b	0.56±0.01 a	0.24±0.01 d	0.39±0.00 c	0.05±0.00 e	N.D.
Chlorogenic acid	0.71±0.02 c	4.59±0.08 a	2.32±0.00 b	0.73±0.00 c	0.29±0.00 d	0.34±0.02 d
Cinnamic acid	0.87±0.02 c	2.32±0.17 a	1.14±0.03 b	0.68±0.02 c	N.D.	N.D.
Coumaric acid	4.62±0.02 b	7.78±0.40 a	3.79±0.04 c	4.31±0.11 bc	0.02±0.01 d	N.D.
Ferulic acid	81.64±3.07 a	19.23±1.33 c	2.95±0.04 d	55.64±2.42 b	0.08±0.00 d	N.D.
Kaempferol	0.41±0.02 d	1.62±0.06 a	1.23±0.02 b	0.66±0.03 c	N.D.	N.D.
Myricetin	0.13±0.01 c	0.19±0.01 bc	0.19±0.01 bc	0.21±0.00 bc	2.91±0.44 a	0.77±0.03 b
Quercetin	3.87±0.04 a	2.98±0.01 b	2.49±0.07 c	1.37±0.03 d	0.08±0.00 e	0.11±0.00 e
Rutin	0.06±0.00 c	0.18±0.02 b	0.15±0.04 b	0.34±0.02 a	N.D.	N.D.
Total	98.07	41.40	16.83	67.21	4.09	4.17

Values are expressed as a mean ± SD (n=3), and ^{a-e} means with different superscript in the same column are significantly different at $p < 0.05$. N.D.; not detected.

(788.44 µg/mL) > L3 (1432.86 µg/mL) 순으로, 종자에서는 S1 (>1500 µg/mL) > S2 (>5000 µg/mL) 순으로 나타나 페놀 및 플라보노이드 함량과 연관이 있음을 시사하였다. 또한 잎의 L1만이 대조구로 이용한 BHT (172.86 µg/mL)보다 높은 활성을 보였을 뿐 다른 부위에서는 낮은 저해활성을 나타내었다.

페놀산은 방향족 산화합물로 페놀 고리와 유기 카르복실산 기능(C6-C1 골격)을 가지는 물질을 포함한다. 페놀산의 중요한 자연 발생 형태로 벤조산과 신남산이 있으며, 각각 벤조산과 신남산의 비 페놀성 분자에서 유도되었다(Helena et al. 2015). 모링가 추출물 내 대표적인 hydroxybenzoic acid는 gallic acid와 syringic acid가 함유되어 있었으며, gallic acid의 경우 S2 (2.66 mg/g extract)에서 함량이 가장 높았으며 다음으로 L1 (2.24 mg/g extract), L3 (2.01 mg/g extract) 순이었다. Syringic acid 함량은 L1 (2.99 mg/g extract)에서 가장 높았으며 다음으로 T1 (2.38 mg/g extract)에서 높게 나왔다. Hydroxycinnamic acid는 C6-C3 골격을 갖는 방향족 산의 일종으로 신남산의 하이드록시 유도체이다. 모링가 추출물에 함유된 hydroxycinnamic acid에는 caffeic acid, chlorogenic acid, cinnamic acid, coumaric acid, ferulic acid가 함유되어 있었으며, ferulic acid의 함량이 가장 많았다. Ferulic acid를 제외한 4가지 hydroxycinnamic acid는 잎에서 함량이 가장 높았으며 다음으로 가지였고 종자에서는 소량이거나 검출이 되지 않기도 하였다. Ferulic acid는 잎의 L1 (81.64 mg/g extract)에서 가장 함량이 높았으며 다음으로 가지인 T1 (55.64 mg/g extract)에서 높게 검출이 되었다. 위에서 검출된 성분들은 함량의 차이가 있긴하나 다수의 논문에서 보고되었다(Prakash et al. 2007; Zhang et al. 2011).

플라보노이드는 식물과 곰팡이의 이차대사산물의 한 종류로, 2개의 페닐 고리와 헤테로시클로 고리로 구성된 15개의 탄소 골격을 가지며 일반적으로 C6-C3-C6로 표현한다

(Panche et al. 2016). 플라보노이드 중 한 종류인 플라보놀은 3-hydroxyflavone 골격을 가지며, 페놀릭-OH 그룹의 다른 위치에 따라 다양한 물질로 불리게 된다(Tungmunnithum et al. 2018). 플라보놀 성분 중에서는 quercetin 함량이 가장 높았으며 다음으로 kaempferol, myricetin 순이었으며, 각각 성분마다 부위별 함유량이 다른 경향을 보였다. Quercetin의 경우 잎(2.49 ~ 3.87 mg/g extract)에서 가장 함량이 높았으며 다음으로 가지(1.37 mg/g extract), 종자(0.08 ~ 0.11 mg/g extract) 순이었고, kaempferol의 경우 잎(0.41 ~ 1.62 mg/g extract)에서 높았으며 다음으로 가지(0.66 mg/g extract)였고 종자에서는 검출되지 않았다. Myricetin의 경우 종자(0.77 ~ 2.91 mg/g extract)에서 가장 많이 함유되어 있었으며 다음으로 가지(0.21 mg/g extract), 잎(0.13 ~ 0.19 mg/g extract) 순이었다. 플라보놀 배당체인 rutin의 경우 가지(0.34 mg/g extract)에서 함량이 높았으며 다음으로 잎(0.06 ~ 0.18 mg/g extract)이었고 종자에서는 검출되지 않았다. 모링가 추출물 속에 함유된 phytochemical 성분의 함량은 L1 (98.07 mg/g extract)이 가장 풍부하였으며 다음으로 T1 (67.21 mg/g extract)이었으며, 같은 잎(16.83 ~ 98.07 mg/g extract)에서도 품종이나 채취 지역에 따라 함량의 차이가 크게 났으며, 종자(4.09 ~ 4.17 mg/g extract)에서는 함량이 가장 낮았다(Table 4). Zhang et al. (2011)과 Sultana and Anwar (2008)는 모링가의 여러 부위에서 위 성분들이 검출되었다고 보고하였으며, 재배지역이나 식물체의 유전 등의 차이로 인한 함량 차이가 나타남을 알 수 있었다.

적요

열대 및 아열대 기후에서 자생하는 모링가가 기후변화로 인하여 국내에서도 재배가 되고 있으면서 관심이 증가하고 있

다. 다양한 나라에서 식품 및 기능성제품으로 사용이 되면서 국내로 수입되는 모링가에 대한 분석이 필요하여 본 연구를 실시하게 되었다. 모링가의 부위별(잎, 가지 및 종자) 항산화 능력과 페놀 및 플라보노이드 함량은 잎과 가지에서 높았으며, 정지 상관관계를 나타내었다. 무기물 함량 역시 잎과 가지에서 풍부하였으며 특히 칼륨 이온이 가장 많았다. 또한 7종의 페놀산과 4종의 플라보노이드 성분이 검출이 되었으며 페놀산에서는 페롤릭산이, 플라보노이드에서는 퀘세틴 함량이 높게 나타났다. 이 연구결과는 향후 국내 모링가 재배농가의 비교자료로 유용하게 이용될 것으로 기대된다.

사 사

이 논문은 2020학년도 제주대학교 교원성과지원사업에 의하여 수행된 연구이며, 본 연구에 사용된 모링가 샘플을 제공해 주신 (주)한라식품과 박성준 박사님께 감사의 마음을 전합니다.

References

- Abdull Razis AF, Ibrahim MD, Kntayya SB (2014) Health benefits of *Moringa oleifera*. Asian Pac J Cancer Prev 15:8571-8576
- Anjorin TS, Ikokoh P, Okolo, S (2010) Mineral composition of *Moringa oleifera* leaves, pods and seeds from two regions in Abuja, Nigeria. Int J Agric Biol 12:431-434
- Ashfaq M, Basra SM, Ashfaq U (2012) Moringa: a miracle plant for agro-forestry. J Agric Soc Sci 8:115-122
- Aslam M, Anwar F, Nadeem R, Rashid U, Kazi TG, Nadeem M (2005) Mineral composition of *Moringa oleifera* leaves and pods from different regions of Punjab, Pakistan. Asian J Plant Sci 4:417-421
- Dasola AM, Tunbosun LA, Adeyemi AL, Abidemi OO (2014) Effect of solvent type on the yields and mineral compositions of the leaf extracts of *Moringa oleifera* L. Afr J Pure Appl Chem 8:134-146
- Eom TK, Kim KC, Kim JS (2020) *Dendropanax morbifera* leaf polyphenolic compounds: optimal extraction using the response surface method and their protective effects against alcohol-induced liver damage. Antioxidants 9:120
- Gopalakrishnan L, Doriya K, Kumar DS (2016) *Moringa oleifera*: A review on nutritive importance and its medicinal application. Food Sci. Hum. Well. 5:49-56
- Heleno SA, Martins A, Queiroz MJ, Ferreira IC (2015) Bioactivity of phenolic acids: metabolites versus parent compounds: a review. Food Chem 173:501-513
- Huang GJ, Deng JS, Huang SS, Shao YY, Chen CC, Kuo YH (2012) Protective effect of antrosterol from *Antrodia camphorata* submerged whole broth against carbon tetrachloride-induced acute liver injury in mice. Food Chem 132:709-716
- Jang SH, Yu EA, Han KS, Shin SC, Kim HK, Lee SG (2008) Changes in total polyphenol contents and DPPH radical scavenging activity of *Agrimonia pilosa* according to harvest time and various part. Korean J Med Crop Sci 16:397-401
- Jongrungruangchok S, Bunrathep S, Songsak T (2010) Nutrients and minerals content of eleven different samples of *Moringa oleifera* cultivated in Thailand. J Health Res 24:123-127
- Kang MH, Choi CS, Kim ZS, Chung HK, Min KS, Park CG, Park HW (2002) Antioxidative activities of ethanol extract prepared from leaves, seed, branch and aerial part of *Crotalaria sessiflora* L. Korean J Food Sci Technol 34:1098-1102
- Khawaja TM, Tahira M, Ikram UK (2010) *Moringa oleifera*: a natural gift - a review. J Pharm Sci Res 2:775-781
- Kim KC, Kim JS (2019) Phenolic content and antioxidant activity of sweet wormwood tea extracts using different solvents. J Plant Biotechnol 46:338-345
- Ofor MO, Nwufu MI (2011) The search for alternative energy sources: *Jatropha* and *moringa* seeds for biofuel production. J Agric Soc Res 11:87-94
- Paliwal R, Sharma VA (2011) Review on horse radish tree (*Moringa oleifera*): a multipurpose tree with high economic and commercial importance. Asian J Biotechnol 3:317-328
- Paliwal R, Sharma V, Pracheta, Sadhna S (2011) Elucidation of free radical scavenging and antioxidant activity of aqueous and hydro-ethanolic extracts of *Moringa oleifera* pods. Res J Pharm Technol 4:566-571
- Panche AN, Diwan AD, Chandra SR (2016) Flavonoids: an overview. J Nutr Sci 5:e47
- Park YJ, Jeong HY, Kang KO, Heo BG (2012) Chemical composition and physiological activity of mulberry plant parts. J Korean Soc People Plants Environ 15:249-256
- Popoola JO, Obembe OO (2013) Local knowledge, use pattern and geographical distribution of *Moringa oleifera* Lam. (Moringaceae) in Nigeria. J Ethnopharmacol 150:682-691
- Prakash D, Suri S, Upadhyay G, Singh BN (2007) Total phenol, antioxidant and free radical scavenging activities of some medicinal plants. Int J Food Sci Nutr 58:18-28
- Sultana B, Anwar F (2008) Flavonols (kaempferol, quercetin, myricetin) contents of selected fruits, vegetables and medicinal plants. Food Chem 108:879-884
- Tungmunnithum D, Thongboonyou A, Pholboon A, Yangsabai A (2018) Flavonoids and other phenolic compounds from medicinal plants for pharmaceutical and medical aspects: an overview. Medicines 5:E93
- Yameogo CW, Bengaly MD, Savadogo A, Nikiema PA, Traore SA (2011) Determination of chemical composition and nutritional values of *Moringa oleifera* leaves. Pak J Nutr 10:264-268
- Zhang M, Hettiarachchy SN, Horax R, Kannan A, Praisoody MDA, Muhundan A, Mallangi CR (2011) Phytochemicals, antioxidant and antimicrobial activity of *Hibiscus sabdariffa*, *Centella asiatica*, *Moringa oleifera* and *Murraya koenigii* leaves. J Med Plants Res 5:6672-6680