

동결 및 열풍건조에 따른 루꼴라(*Eruca sativa* Mill.)의 이화학적 성분 함량 및 항산화 활성

— 연구노트 —

손희경^{1*} · 정윤화^{1,2*} · 하정현^{1,2}

¹단국대학교 천연물식의약소재산업화센터

²단국대학교 식품영양학과

Effects of Freeze and Hot-Air Drying Methods on Contents of Physicochemical Components and Antioxidant Activities of *Eruca sativa* Mill.

Hee-Kyoung Son^{1*}, Yoonhwa Jeong^{1,2*}, and Jung-Heun Ha^{1,2}

¹Research Center for Industrialization of Natural Neutraceuticals and

²Department of Food Science and Nutrition, Dankook University

ABSTRACT In this study, we investigated the effects of drying methods (freeze or hot-air drying) on the physicochemical properties and antioxidant activities of *Eruca sativa* Mill.. The pH of the freeze dried sample was significantly lower, whereas a* and b* values were significantly higher than those of the hot-air dried one. There were no significant differences in proximate compositions, such as contents of moisture, crude protein, crude ash, and others, depending on the drying method; however, crude fat content was significantly higher in the freeze dried sample than in the hot-air dried sample. The hot-air dried sample contained higher total and non-essential amino acid and mono-unsaturated fatty acid contents than the freeze dried sample. Among vitamins, contents of vitamin A and C in the freeze dried sample were remarkably higher than those in the hot-air dried method; however, the content of vitamin E was markedly lower in the hot-air dried method. Total organic acid contents were higher in the freeze dried sample than in the hot-air dried method, but total mineral content did not differ by drying method. The total polyphenol and flavonoid contents were significantly higher in the freeze dried sample than the hot-air dried one. Therefore, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl and 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) radical scavenging activities of the freeze dried sample were markedly higher than those of the hot-air dried one.

Key words: *Eruca sativa* Mill., physicochemical component, antioxidant activity, freeze drying, hot-air drying

서 론

현대인들은 생활수준의 향상 및 의료기술의 발달로 기대수명이 높아졌고 비만·당뇨 등 식습관 관련 질환이 증가하면서 질병 예방과 건강관리에 대한 관심이 증대되고 있다(Kim 등, 2004). 따라서 질병 예방, 노화 억제, 면역 증강 등 건강 증진에 도움이 되는 식품에 대한 요구가 증가하고 있다. 이에 따라 기능성 성분이 함유된 식품이나 천연물의 생리활성 평가(Kim 등, 2019; Sim 등, 2020)나 질병 예방에 관한 연구(Jeon과 Kim, 2020; Han 등, 2019; Lee 등, 2019)가 활발히 진행되고 있다.

루꼴라(*Eruca sativa* Mill.)는 십자화과(*Brassicaceae*) *Eruca* 속에 속하는 식물로 garden rocket, arugula, rocket, taramia 등 다양한 이름으로 불리고 있다(Hetta 등, 2017). 루꼴라는 로마 시대부터 지중해 지역에서 유래되어 현재는 전 세계적으로 재배되고 있다. 루꼴라의 잎은 채소로 먹고 씨앗과 꽃은 향신료로 이용되며 매운 향과 씹싸름한 맛이 나는 것이 특징이다(Bell과 Wagstaff, 2014). 주로 파스타, 샐러드, 피자 등 이탈리아 요리에 많이 쓰인다. 루꼴라의 생리활성 성분으로는 phenolic compounds, glucosinolate, 비타민 C 등이 있다(Villatoro-Pulido 등, 2012). 루꼴라의 생리활성에 관한 연구는 항산화 효과(Heimler 등, 2007), 항균 효과와 피부장벽 개선효과(Kim 등, 2014b), 항암 작용(Khoobchandani 등, 2011), 항혈전(Fuentes 등, 2014), 간 보호효과(Alqasoumi, 2010) 및 위 병변에 대한 항레양 활성(Alqasoumi 등, 2009) 등이 보고되었다. 루꼴라의 생리활성에 관한 연구는 많이 보고되었으나 기초적인 식품학적 특성에 관한 연구는 부족한 실정이다. 또한 루꼴라의 식품 재료로서의 활용성 증가를 위해 건조방법에 따른

Received 21 April 2020; Accepted 21 May 2020

Corresponding author: Jung-Heun Ha, Department of Food Science and Nutrition, Dankook University, Cheonan, Chungnam 31116, Korea

E-mail: ha@dankook.ac.kr, Phone: +82-41-550-3479

*These authors contributed equally to this study.

Author information: Hee-Kyoung Son (Professor), Yoonhwa Jeong (Professor), Jung-Heun Ha (Professor)

특성 연구가 필요하다.

건조는 식품의 부패와 변질을 방지하기 위해 수분을 제거하는 방법으로 식품의 저장 및 보관이 쉽고 새로운 가공식품을 개발할 수 있다. 건조방법 중 열풍건조는 건조시간이 빠르고 경제적이거나 빠른 수분 손실로 인한 수축, 색, 조직감 등의 변화 및 영양성분의 손실이 크다(Hong과 Lee, 2004). 동결건조는 열풍건조에 비해 영양성분의 손실이 적고 식품의 향, 색 등이 비교적 잘 보존되지만 건조시간이 느리고 비용이 많이 든다(Kim 등, 2018). 이와 관련된 연구로는 모시알(Kim 등, 2014a), 곤드레(Park 등, 2016), 땅콩 호박(Sim 등, 2020), 한라봉(Lee 등, 2012), 아로니아(Park과 Kim, 2018), 참조기(Kim 등, 2020) 등 다양한 식품군에서 건조방법에 따라 이화학적 성분 및 항산화 활성 등 생리활성의 차이가 보고되었다. 그러므로 식품의 이용 증대를 위해 식품의 특성에 따라 적절한 건조방법을 선택해야 한다.

본 연구에서는 루꼴라의 식품으로서의 활용성을 높이고 자 동결 및 열풍건조 방법으로 루꼴라를 건조시켜 분말화하였다. 그리고 루꼴라의 이화학적 성분 함량 및 항산화 활성을 측정하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용된 루꼴라는 2018년 5월 그린팜(Seoul, Korea)에서 구입하였다. 루꼴라를 흐르는 물에 세척하여 이물질을 제거한 후 동결건조 및 열풍건조로 나누어 건조시켰다. 루꼴라의 동결건조는 -70°C deep freezer(MDF-U52 V, Sanyo, Osaka, Japan)에서 냉동시킨 후 freeze dryer(ED 8512, Ilshin, Yangju, Korea)를 이용하여 72시간 동안 건조시켰다. 루꼴라의 열풍건조는 열풍건조기(HJ120, Hanil GNCO, Jangseong, Korea)를 이용하여 60°C 에서 40시간 동안 건조시켰다. 동결건조 및 열풍건조 한 시료는 분쇄기(SMX-M41KP, Shinil, Cheonan, Korea)를 사용하여 80 mesh로 마쇄 후 -70°C 에 보관하여 사용하였다. 또한 분석에 이용된 모든 시약은 Sigma-Aldrich Co.(St. Louis, MO, USA)로부터 구입하여 사용하였다.

추출물 제조

총 폴리페놀, 플라보노이드 함량 및 항산화 활성을 측정하기 위하여 동결 및 열풍건조 한 루꼴라 분말 각각 100 g에 80% 에탄올 1.5 L를 첨가한 후 65°C 에서 환류 냉각하면서 3시간 동안 3회 반복 추출하였다. 추출물을 filter paper(Whatman No.2, GE Healthcare, Buckinghamshire, UK)로 여과한 후, rotary vacuum evaporator(N-1110S-W, EYELA, Tokyo, Japan)로 감압·농축한 다음 동결건조 시켰다. 건조된 추출물은 -70°C 에 냉동 보관하면서 향후 실험에 사용하였다.

색도 측정

색도는 색차계(Spectro Colormeter JX-777, Color Techno. System Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 명도(L^* 값, lightness), 적색도(a^* 값, redness) 및 황색도(b^* 값, yellowness)를 측정하였다. 이때 표준백판(L^* 값은 89.39, a^* 값은 0.13, b^* 값은 -0.51)으로 보정한 후 사용하였다.

pH 측정

pH는 루꼴라 분말 5 g에 증류수 50 mL를 혼합하여 homogenizer(Nihon Seiki, Ace, Osaka, Japan)에서 7,000 rpm으로 30초간 균질화하였다. Whatman No. 2로 여과한 여액을 pH meter(Mettler Delta 340, Mettler-Toledo, Ltd., Cambridge, UK)를 이용하여 측정하였다.

일반성분 함량 측정

일반성분은 Association of Official Analytical Chemists(AOAC) 방법(2019)에 따라 실시하였다. 수분함량은 105°C 상압가열건조법, 조단백질은 micro-Kjeldahl법, 조지방은 Soxhlet 추출법 및 조회분은 550°C 회화법으로 분석하였다. 탄수화물을 포함하는 기타 성분의 함량은 100에서 수분, 조단백질, 조지방, 조회분의 함량을 뺀 값으로 하였다.

유리 아미노산 함량 측정

유리 아미노산 분석은 시료 1 g에 에탄올 20 mL를 첨가하여 교반한 후 20분간 원심분리 하였다. 상층액을 rotary vacuum evaporator로 용매를 제거한 후 amino acid analyzer(S430, Sykam GmbH, Munich, Germany)로 분석하였다. 분석조건은 cation separation column(LCA K07/Li, Sykam GmbH)을 사용하였으며, 크기는 4.6×150 mm, 온도는 $37 \sim 74^{\circ}\text{C}$ 로 하였다. 완충용액(pH 2.90~7.95)의 flow rate는 0.45 mL/min, ninhydrin은 0.25 mL/min으로 하였고, 파장은 440 nm 및 570 nm에서 검출하였다.

지방산 함량 측정

지방산 분석은 Wijngaarden(1967)의 방법에 따라 시료 2 g을 chloroform-methanol로 추출·여과하여 감압·농축한 지방질 약 100 mg에 1 N KOH·ethanol을 섞은 후 14% BF_3 -methanol을 가하였다. 환류냉각기를 부착하여 5분간 80°C 에서 가열하여 methylester화하였다. 그리고 NaCl 포화용액과 hexane을 가하여 시험관에 옮겨 정치하였고 상층액을 분취하여 anhydrous Na_2SO_4 를 넣어 수분을 제거하고 gas chromatography(GC-17A, Shimadzu, Kyoto, Japan)로 분석하였다.

비타민 함량 측정

비타민 A와 E 분석은 Jung 등(2009)의 방법을 변형하여 시료 1 g에 ascorbic acid 0.1 g과 에탄올 30 mL를 첨가한 후 80°C 에서 10분간 추출하였다. 50% KOH 2.5 mL를 첨가

하고 증류수 3 mL, hexane 5 mL를 가하여 3,000 rpm에서 20분간 원심분리 한 후 상정액을 분리하였다. 이와 같은 과정을 3회 반복한 후 상정액을 합하여 anhydrous Na_2SO_4 를 넣어 수분을 제거한 다음 감압·농축시킨 후 high-performance liquid chromatography(HPLC, LC-10AVP, Shimadzu)로 분석하였다. 비타민 C 분석은 Jung 등(2009)의 방법을 변형하여 시료 1 g에 10% HPO_3 20 mL를 가하여 추출한 후 3,000 rpm에서 20분간 원심분리 한 다음 상정액을 0.45 μm membrane filter로 여과하여 HPLC로 분석하였다.

유기산 함량 측정

유기산 분석은 AOAC(1995)의 방법을 변형하여 시료 1 g에 증류수 15 mL를 가한 후 80°C에서 환류냉각하면서 4 시간 동안 가열한 다음 3,000 rpm에서 20분간 원심분리하였다. 상등액을 0.45 μm membrane filter로 여과하여 HPLC(LC-20AD, Shimadzu)로 분석하였다.

무기질 함량 측정

무기질 분석은 KFDA(2012)의 방법을 변형하여 시료 0.5 g에 65% HNO_3 7 mL, 30% HClO_4 1 mL를 가한 후 투명해 질 때까지 가열시켰다. 투명해진 시료는 냉각시킨 후 1% HNO_3 50 mL로 정용하였다. 분석항목별 표준용액을 1% HNO_3 를 대조구로 하여 inductively coupled plasma-optical emission spectrometer(OPTIMA 7300 DV, Perkin Elmer, Norwalk, CT, USA)로 분석하였다.

총 폴리페놀 함량 측정

루폴라 에탄올 추출물의 총 폴리페놀 함량은 Folin과 Denis(1912)의 방법에 따라 각 추출물 0.2 mL에 Folin-Ciocalteu reagent 0.2 mL와 10% Na_2CO_3 0.4 mL를 첨가하여 혼합 후 실온에서 40분간 반응시켰다. 반응액을 microplate reader(Model 680, Bio-Rad Laboratories Inc., Hercules, CA, USA)를 이용하여 760 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준곡선은 gallic acid를 표준물질로 사용하여 작성하였고 시료 중의 총 폴리페놀 함량을 mg GAE(gallic acid equivalent)/mL로 나타내었다.

총 플라보노이드 함량 측정

총 플라보노이드 함량은 Davis법을 변형한 Chae 등(2002)의 방법에 따라 측정하였다. 루폴라 에탄올 추출물 0.5 mL에 diethylene glycol 0.5 mL와 1 N NaOH 10 μL 를 가한 다음 37°C에서 1시간 동안 반응시켰다. 반응액을 microplate reader를 이용하여 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준곡선은 quercetin을 표준물질로 사용하여 작성하였고 시료 중의 총 플라보노이드 함량을 mg QE(quercetin equivalent)/mL로 나타내었다.

DPPH 라디칼 소거능 측정

2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl(DPPH) 라디칼 소거능은 Blois(1958)의 방법을 이용하여 측정하였다. 루폴라 에탄올 추출물 100 μL 에 0.2 mM DPPH 900 μL 를 혼합한 후 37°C에서 30분간 반응시켰다. 반응액을 microplate reader를 이용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 활성의 비교를 위하여 positive control로 ascorbic acid와 합성 항산화제인 butylated hydroxyanisole(BHA)과 butylated hydroxytoluene(BHT)을 사용하여 비교하였다. DPPH 라디칼 소거능은 $(1 - \text{시료 첨가구의 흡광도} / \text{무 첨가구의 흡광도}) \times 100$ 에 의하여 산출하였다.

ABTS 라디칼 소거능 측정

2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)(ABTS) 라디칼 소거능은 Re 등(1999)의 방법을 이용하여 측정하였다. 7 mM ABTS와 2.4 mM potassium persulfate를 1:1로 혼합한 후 암소에서 24시간 방치하여 라디칼을 유도하였다. 실험 직전에 ABTS 라디칼 용액을 734 nm에서 흡광도가 0.7 정도가 되도록 희석하여 사용하였다. 희석된 ABTS 라디칼 용액 900 μL 와 루폴라 에탄올 추출물 100 μL 를 혼합하여 37°C에서 30분간 반응시킨 후 732 nm에서 흡광도를 측정하였다. ABTS 라디칼 소거능은 $(1 - \text{시료 첨가구의 흡광도} / \text{무 첨가구의 흡광도}) \times 100$ 에 의하여 산출하였다.

통계처리

본 실험 결과는 3회 반복 측정하여 평균과 표준편차로 나타내었으며, 그 결과는 SPSS 25.0(Statistical Package for the Social Science, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 통계분석 하였다. 두 집단 간의 유의성 검정은 Student's *t*-test를 실시하였고, 세 집단 이상의 유의성 검정은 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)을 실시한 후 $P < 0.05$ 의 유의수준에서 Tukey's test로 사후검정을 하였다.

결과 및 고찰

색도 및 pH

건조방법에 따른 루폴라 분말의 색도와 pH는 Table 1과 같다. 열풍건조 루폴라의 pH가 동결건조 루폴라보다 유의적으로 높았으며, 이는 열풍건조 시 총 유기산 함량이 감소하여 pH가 다소 높게 난 것으로 사료된다. 루폴라 분말의 색도는 a^* 값(적색도) 및 b^* 값(황색도)이 열풍건조 시 동결건조에 비하여 유의적으로 낮았다. Kim 등(2008)의 연구에서 건조방법을 달리한 오미자의 색도는 열풍건조 한 오미자의 L^* , a^* 및 b^* 값이 동결건조 한 오미자에 비해 낮아 본 연구 결과와 유사하였다. Hwang 등(2015)의 연구에서 가열 전처리에 따른 피망의 색도는 가열 처리에 의해 피망의 녹색 색소의 파괴 정도가 심해지고 a^* 및 b^* 값의 감소가 관찰되었는데

Table 1. Color and pH of *Eruca sativa* Mill. by freeze and hot-air drying methods

		Freeze drying	Hot-air drying
Hunter's color	L*	54.08±0.66 ¹⁾	53.75±0.55
	a*	-10.97±0.17***	-14.11±0.14
	b*	26.34±0.34***	24.71±0.43
pH		5.75±0.01***	5.95±0.01

¹⁾Mean±SD (n=3).***Significantly different at $P<0.001$.**Table 2.** Proximate analysis of *Eruca sativa* Mill. by freeze and hot-air drying methods (%)

Composition	Freeze drying	Hot-air drying
Moisture	10.33±0.45 ²⁾	9.32±0.96
Crude protein	38.75±1.14	39.60±2.64
Crude fat	2.75±0.15**	1.97±0.13
Crude ash	19.64±1.11	20.37±1.61
Others ¹⁾	28.52±2.84	28.40±1.89

¹⁾Others = 100 - (Moisture + Crude protein + Crude fat + Ash).²⁾Mean±SD (n=3). **Significantly different at $P<0.01$.

이는 가열처리 중 비효소적 갈변반응인 Maillard 반응에 의해 갈변반응이 진행된 것으로 보고하였다.

일반성분 함량

건조방법에 따른 루꼴라 분말의 일반성분 함량은 Table 2와 같다. 동결건조 및 열풍건조 루꼴라의 일반성분 중 조단백질 함량이 각각 38.75%와 39.60%로 가장 높았으며 건조방법에 따른 유의적인 차이는 없었다. 다음으로 탄수화물을 포함한 기타 성분 함량은 동결건조 및 열풍건조 루꼴라가 각각 28.52%, 28.40%로 높았으며 건조방법에 따른 유의적인 차이는 없었다. 동결건조 및 열풍건조 루꼴라의 조지방 함량은 각각 2.75%와 1.97%로 동결건조 시 열풍건조보다 유의적으로 높았다. 농촌진흥청에서 발표한 국가표준 식품

성분표(RDA, 2016)에 따르면 생 루꼴라의 일반성분 함량은 수분 91.71%, 단백질 2.58%, 지질 0.66%, 회분 1.40%, 탄수화물 3.65%로 수분 함량을 제외하고는 모두 동결건조 및 열풍건조 한 루꼴라의 일반성분 함량이 높게 나타났다. 이는 건조 중 수분이 증발하여 다른 영양성분들이 농축된 결과로 사료된다. 본 연구 결과 동결건조 및 열풍건조 루꼴라 분말의 일반성분 중 조지방 함량을 제외하고는 건조방법에 따른 영향이 적은 것으로 사료된다.

유리 아미노산 함량

건조방법에 따른 루꼴라 분말의 유리 아미노산 함량은 Table 3과 같다. 동결건조 루꼴라는 필수 아미노산 4종, 비필수 아미노산 3종이 검출되어 총 7종이, 열풍건조 루꼴라는 필수 아미노산 4종, 비필수 아미노산 5종이 검출되어 총 9종의 아미노산이 검출되었다. 총 아미노산 함량은 동결건조 및 열풍건조 한 루꼴라 각각 7.87 mg/100 g과 15.18 mg/100 g으로 열풍건조 시 동결건조보다 유의적으로 높았다. Oh 등(2018)의 연구에서 열풍건조 및 동결건조 한 적하수오의 총 아미노산 함량은 동결건조 적하수오가 열풍건조 적하수오에 비해 높았으며, Lee(2018)의 연구에서도 동결건조 한 한련초 잎의 총 아미노산 함량이 열풍건조 한 한련초 잎보다 높았다고 보고하여 본 연구 결과와 다른 경향을 보였다. 일반적으로 열풍건조 시 유리 아미노산의 함량은 열에 의한 단백질의 분해 및 유출로 인해 감소한다고 보고되었으나(Youn 등, 2019; Kim 등, 2014a; Yang, 1999), Kim 등(2020)은 열풍건조 한 참조기의 총 아미노산 함량이 동결건조 한 참조기에 비해 높았으며 건조방법에 따라 우세한 아미노산 종류와 함량의 차이가 크다고 보고하였다. 아미노산은 원료, 아미노산 종류, 건조방법 및 조건 등에 따라 아미노산의 종류와 함량이 차이가 나는 것으로 판단된다.

동결건조 루꼴라는 필수 아미노산인 valine이 2.05 mg/100 g으로 가장 높았고 threonine, alanine, isoleucine 순

Table 3. Amino acid contents of *Eruca sativa* Mill. by freeze and hot-air drying methods (mg/100 g)

Amino acid		Freeze drying	Hot-air drying
Essential amino acid (EAA)	Threonine	1.39±0.11 ^{**1)}	0.72±0.06
	Valine	2.05±0.16**	1.05±0.09
	Isoleucine	1.03±0.12***	2.12±0.10
	Leucine	0.57±0.06**	0.81±0.04
	Total	5.04±0.45	4.70±0.29
Non-essential amino acid	Serine	0.75±0.08**	0.30±0.04
	Asparagine	<LOD ^{**2)}	2.43±0.09
	Proline	<LOD***	1.76±0.10
	Alanine	1.26±0.11***	4.06±0.16
	γ-Amino-n-butyric acid	0.82±0.04***	1.93±0.08
Total		2.83±0.22***	10.48±0.45
Total free amino acids (AA)		7.87±0.67***	15.18±0.74
EAA/AA (%)		64.04	30.96

¹⁾Mean±SD (n=3). Significantly different at ** $P<0.01$ and *** $P<0.001$, respectively.²⁾<LOD: lower than the limit of detection and considered as 0.

Table 4. Fatty acids contents of *Eruca sativa* Mill. by freeze and hot-air drying methods

Fatty acids		Freeze drying	Hot-air drying
Saturated fatty acids (% of total fatty acids)	Myristic acid (C14:0)	0.27±0.04 ^{**1)}	0.48±0.03
	Pentadecanoic acid (C15:0)	0.27±0.02 ^{**}	0.47±0.03
	Palmitic acid (C16:0)	23.02±0.49	21.92±0.36
	Heptadecanoic acid (C17:0)	1.23±0.09 ^{***}	<LOD ²⁾
	Stearic acid (C18:0)	3.01±0.15 ^{**}	3.62±0.16
	Arachidic acid (C20:0)	0.39±0.03	0.36±0.02
	Behenic acid (C22:0)	1.76±0.09 ^{***}	2.70±0.11
	Lignoceric acid (C24:0)	5.94±0.15 ^{***}	7.74±0.16
Total		35.89±0.97	37.30±0.09
Monounsaturated fatty acids (% of total fatty acids)	Palmitoleic acid (C16:1)	0.07±0.01 ^{***}	0.32±0.03
	Elaidic acid (C18:1n9t)	<LOD ^{***}	0.29±0.02
	Oleic acid (C18:1n9c)	3.30±0.10	3.26±0.04
	cis-11-Eicosenoic acid (C20:1)	1.17±0.07 ^{**}	1.58±0.05
	Nervonic acid (C24:1)	0.54±0.05	0.53±0.02
Total		5.08±0.20 [*]	5.98±0.15
Polyunsaturated fatty acids (% of total fatty acids)	Linoleic acid (C18:2n6c)	13.20±0.80	12.89±0.15
	cis-11,14-Eicosadienoic acid (C20:2)	0.19±0.03	0.19±0.01
	γ-Linolenic acid (C18:3n6)	0.48±0.02 [*]	0.60±0.05
	Linolenic acid (C18:3n3)	45.15±2.02	43.05±0.11
Total		59.02±1.17	56.72±0.21
Total fatty acids		100.00±4.12	100.00±1.32

¹⁾Mean±SD (n=3). Significantly different at ^{*}P<0.05, ^{**}P<0.01, and ^{***}P<0.001, respectively.

²⁾<LOD: lower than the limit of detection and considered as 0.

으로 나타났다. 열풍건조 루꼴라는 비필수 아미노산인 alanine이 4.06 mg/100 g으로 가장 높았고 asparagine, isoleucine, γ-amino-n-butyric acid 순으로 나타났다. 이와 같이 건조방법에 따라 아미노산의 종류와 함량은 차이를 보였다. 유리 아미노산 중 threonine, valine 및 serine은 동결건조 루꼴라가 열풍건조 루꼴라에 비해 유의적으로 높게 나타났다으며, 그 외에 유리 아미노산들은 유의적으로 낮게 나타났다. 총 유리 아미노산에 대한 필수 아미노산의 함량은 동결건조 및 열풍건조 루꼴라 각각 64.04%와 30.96%로 동결건조 루꼴라의 영양밀도가 더 높은 것으로 사료된다.

지방산 함량

건조방법에 따른 루꼴라 분말의 지방산 함량은 Table 4와 같다. 동결건조 루꼴라는 포화지방산 8종, 단일불포화지방산 4종, 다가불포화지방산 4종이 검출되어 총 16종, 열풍건조 루꼴라는 포화지방산 7종, 단일불포화지방산 5종, 다가불포화지방산 4종이 검출되어 총 16종의 지방산이 검출되었다. 동결건조 및 열풍건조 루꼴라 모두 다가불포화지방산인 linolenic acid, 포화지방산인 palmitic acid, 단일불포화지방산인 oleic acid 순으로 높았으며 건조방법에 따른 유의적인 차이는 없었다. 잎채소의 주요 지방산은 linolenic acid, linoleic acid 및 palmitic acid라고 보고되었으며 (Hitchcock과 Nicholas, 1971), 루꼴라 또한 이와 유사한 조성을 나타내었다. 농촌진흥청에서 발표한 국가표준 식품성분표(RDA, 2016)에 따르면 생 루꼴라의 지방산 함량은 다가불포화지방산(0.319 g/100 g), 포화지방산(0.086 g/

100 g), 단일불포화지방산(0.049 g/100 g)으로 본 연구의 지방산 조성 비율과 유사하였다.

동결건조 및 열풍건조 루꼴라의 포화지방산 비율은 각각 35.89%와 37.30%, 단일불포화지방산은 각각 5.08%와 5.98%, 다가불포화지방산은 각각 59.02%와 56.72%였다. 열풍건조 시 루꼴라의 포화지방산 비율은 증가하고 총 불포화지방산 비율은 감소하였다. 이는 불포화지방산의 구조가 불안정하여 산소, 열, 빛 등에 의해 쉽게 산화되기 때문에 (Kim 등, 2014a), 열풍건조 시 열에 의해 산화되어 불포화지방산 함량이 감소한 것으로 생각된다. 따라서 상대적으로 열풍건조 루꼴라의 포화지방산 비율이 높아진 것으로 판단되나 유의적인 차이는 없었다.

비타민 함량

건조방법에 따른 루꼴라 분말의 비타민 함량은 Table 5와 같다. 동결건조 및 열풍건조 루꼴라의 비타민 A의 함량은 각각 12.72 mg/100 g과 4.36 mg/100 g, 비타민 C의 함량은 각각 1,152.99 mg/100 g과 935.91 mg/100 g, 비타민

Table 5. Vitamin A, C, and E contents of *Eruca sativa* Mill. by freeze and hot-air drying methods (mg/100 g)

Vitamin	Freeze drying	Hot-air drying
A	12.72±0.68 ^{***1)}	4.36±0.11
C	1,152.99±46.47 ^{**}	935.91±6.74
E	5.63±0.13 ^{***}	6.94±0.17

¹⁾Mean±SD (n=3). Significantly different at ^{**}P<0.01 and ^{***}P<0.001, respectively.

E의 함량은 각각 5.63 mg/100 g과 6.94 mg/100 g이었다. 이는 농촌진흥청에서 발표한 국가표준 식품성분표(RDA, 2016)의 생 루꼴라의 비타민 A(1,424 µg/100 g), 비타민 C(15.00 mg/100 g) 및 비타민 E(0.43 mg/100 g)의 함량보다 동결건조 및 열풍건조 루꼴라가 높았으며, 이는 수분이 증발하여 함량이 높아진 것으로 생각된다.

건조방법에 따른 루꼴라 분말의 비타민 함량은 동결건조 시 열풍건조에 비하여 비타민 A와 C의 함량은 유의적으로 높았고 비타민 E의 함량은 열풍건조 시 동결건조에 비하여 유의적으로 높았다. 특히 비타민 C는 열, 빛, 산소 등에 의해 쉽게 파괴되기 때문에 열풍건조 시 동결건조보다 비타민 C의 함량이 낮은 것으로 사료되며, 또한 건조 온도가 증가함에 따라 비타민 C의 파괴도 증가한다고 보고(Kaya 등, 2010) 되었다. Lee 등(2012)은 열풍 및 동결건조 한 한라봉의 비타민 C 함량은 동결건조 된 한라봉 분말이 고온에서 건조한 열풍건조 한라봉 분말보다 유의적으로 높았다고 보고하여 본 연구 결과와 유사하였다.

유기산 함량

건조방법에 따른 루꼴라 분말의 유기산 함량은 Table 6과 같다. 동결건조 및 열풍건조 루꼴라에서 검출된 유기산은 citric acid, malic acid, succinic acid, formic acid, acetic acid로 총 5종이 검출되었다. 동결건조 및 열풍건조 루꼴라 모두 malic acid가 각각 1,632.77 mg/100 g과 1,262.51 mg/100 g으로 가장 높았고, citric acid가 각각 1,153.20 mg/100 g과 721.27 mg/100 g, succinic acid가 각각 56.47 mg/100 g과 73.22 mg/100 g 순으로 검출되었다.

건조방법에 따른 유기산 함량은 succinic acid, formic acid, acetic acid가 열풍건조 시 동결건조에 비하여 유의하게 높았으나 citric acid와 malic acid는 동결건조 시 열풍건조에 비하여 유의하게 높았고 총 유기산 함량도 동결건조 시 유의적으로 높았다. 열풍건조 시 동결건조에 비하여 총 유기산 함량이 감소한 이유는 열처리에 의해 유기산이 휘발되거나 소실된 것으로 판단된다(Kim 등, 2012). Oh 등(2018)의 연구에서도 동결건조 적하수오의 유기산 함량이 열풍건조 적하수오보다 높다고 보고하여 본 연구 결과와 유사하였다.

Table 6. Organic acids contents of *Eruca sativa* Mill. by freeze and hot-air drying methods (mg/100 g)

Organic acid	Freeze drying	Hot-air drying
Citric acid	1,153.20±69.41 ^{***1)}	721.27±10.80
Malic acid	1,632.77±91.31 ^{**}	1,262.51±83.25
Succinic acid	56.47±1.18 ^{***}	73.22±0.88
Formic acid	1.22±0.06 ^{***}	3.27±0.12
Acetic acid	9.04±0.38 ^{***}	16.02±0.06
Total	2,852.70±161.90 ^{**}	2,076.28±94.95

¹⁾Mean±SD (n=3). Significantly different at ^{**}P<0.01 and ^{***}P<0.001, respectively.

무기질 함량

건조방법에 따른 루꼴라 분말의 무기질 함량은 Table 7과 같다. 동결건조 및 열풍건조 루꼴라는 무기질 중에서 K의 함량이 각각 7,450.36 mg/100 g과 7,480.63 mg/100 g으로 가장 높았고, Ca, Mg 순으로 높게 나타났다. 이는 농촌진흥청에서 발표한 국가표준 식품성분표(RDA, 2016)에 따르면 생 루꼴라의 무기질 함량 중 K의 함량(369 mg/100 g)이 가장 높았고, 다음으로 Ca의 함량(160 mg/100 g)이 높은 것으로 보고되어 본 연구 결과와 유사하였다.

건조방법에 따른 무기질 함량은 Na를 제외한 무기질들이 열풍건조 시 동결건조에 비하여 높았으나 유의차는 없었다. 총 무기질 함량도 동결건조 및 열풍건조 루꼴라 각각 10,037.30 mg/100 g과 10,139.30 mg/100 g으로 열풍건조에서 높았으나 유의차는 없었다. Kim 등(2014a)의 연구에서 열풍건조 및 동결건조 모시잎의 K, Ca 및 총 무기질 함량 모두 열풍건조 모시잎이 동결건조 모시잎에 비하여 유의적으로 높았으며 본 연구 결과와 유사하였다.

본 연구 결과 루꼴라는 다량의 무기질을 함유하고 있으며, 특히 K의 함량이 매우 높았다. 건조방법에 따른 무기질의 함량은 무기질 종류마다 차이를 보였고 총 무기질 함량은 열풍건조 시 동결건조에 비해 높았으나 유의적 차이는 없었다. 따라서 루꼴라의 무기질 함량은 건조방법에 크게 영향을 받지 않는 것으로 사료된다.

총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량

건조방법에 따른 루꼴라 에탄올 추출물의 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량은 Table 8과 같다. 동결건조 및 열풍건조 루꼴라의 총 폴리페놀 함량은 각각 163.43 mg GAE/g과 150.52 mg GAE/g이며, 총 플라보노이드 함량은 각각 317.88 mg QE/g과 301.99 mg QE/g으로 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량 모두 동결건조 시 열풍건조에 비해 유의적으로 높았다. Kim 등(2014b)은 루꼴라 에탄올 추출물을 산 가수분해하여 HPLC로 분석한 결과 quercetin, kaempferol, isorhamnetin과 같은 3개의 플라보노이드가 관찰되었으며 이들의 다양한 유도체들도 함유한다고 보고하였다. Heimler 등(2007)의 연구에서는 루꼴라 에탄올 추출물의

Table 7. Mineral contents of *Eruca sativa* Mill. by freeze and hot-air drying methods (mg/100 g)

Minerals	Freeze drying	Hot-air drying
Ca	2,037.77±59.19 ¹⁾	2,102.03±97.93
K	7,450.36±119.05	7,480.63±64.13
Mg	444.78±16.46	452.21±19.52
Fe	14.47±0.98	16.19±0.98
Na	81.65±3.05	76.42±2.79
Mn	3.03±0.13	3.40±0.19
Cu	0.46±0.03	0.48±0.02
Zn	7.78±0.27	7.94±0.17
Total	10,037.30±44.25	10,139.30±146.92

¹⁾Mean±SD (n=3).

Table 8. Total polyphenol and flavonoid contents of *Eruca sativa* Mill. by freeze and hot-air drying methods

	Freeze drying	Hot-air drying
Total polyphenol (mg GAE ¹⁾ /g)	163.43±1.75 ^{**3)}	150.52±2.00
Total flavonoid (mg QE ²⁾ /g)	317.88±5.40 [*]	301.99±6.14

¹⁾GAE: gallic acid equivalent.²⁾QE: quercetin equivalent.³⁾Mean±SD (n=3). Significantly different at ^{*}P<0.05 and ^{**}P<0.01, respectively.

총 폴리페놀 함량이 208.11 mg GAE/g이며, Salma 등(2018)의 연구에서는 루꼴라 메탄올 추출물의 총 폴리페놀 함량이 122.22 mg GAE/g, 플라보노이드 함량은 3.42 mg QE/g으로 본 연구와 함량 차이를 보였다. 이는 시료 상태, 추출 용매 및 조건이 다르기 때문에 루꼴라의 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량이 상이하게 나타난 것으로 사료된다.

Park과 Kim(2018)의 연구에서 동결 및 열풍건조 아로니아 추출물의 폴리페놀과 플라보노이드 함량은 동결건조 추출물이 열풍건조 추출물에 비해 폴리페놀과 플라보노이드 함량 모두 높게 나타났다. 이러한 결과는 과도한 열처리로 인해 총 페놀 함량과 항산화 활성이 감소하였고 따라서 영양소와 생리활성 물질의 손실이 일어날 수 있다고 보고되었다 (Park 등, 2016).

DPPH 및 ABTS 라디칼 소거능

건조방법에 따른 루꼴라 에탄올 추출물의 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거능은 Table 9, 10과 같다. 동결건조 및 열풍건조 루꼴라 에탄올 추출물의 농도가 증가할수록 DPPH 라디칼 소거능도 유의적으로 증가하였다. 동결건조 루꼴라 에탄올 추출물 1,000 µg/mL 농도에서는 합성 항산화제인 BHA, BHT보다도 높은 DPPH 라디칼 소거능을 보였다. 같은 농도에서 동결건조 및 열풍건조 루꼴라의 DPPH 라디칼 소거능은 모든 농도에서 동결건조 시 열풍건조에 비하여 유의적으로 높았다. Kim 등(2014b)의 연구에서는 루꼴라 에탄올 추출물 1,000 µg/mL 농도에서 약 85% 정도의 DPPH 라디칼 소거능을 보였으며 산화방지제로 알려진 녹차 추출물과도 유사한 소거능을 보였다.

ABTS 라디칼 소거능도 DPPH 라디칼 소거능과 유사하게 동결건조 및 열풍건조 루꼴라 에탄올 추출물의 농도가 증가할수록 유의적으로 증가하는 경향을 보였다. 동결건조 루꼴라 에탄올 추출물 500 µg/mL 농도에서 ABTS 라디칼 소거능은 94.73%, 열풍건조 루꼴라 에탄올 추출물 500, 1,000 µg/mL 농도에서는 각각 91.96%와 94.33%로 positive control인 BHA, BHT 및 ascorbic acid와 유의적인 차이가 없었다. 동결건조 및 열풍건조 루꼴라 에탄올 추출물 125, 250 µg/mL 농도에서는 동결건조 시 열풍건조에 비하여 ABTS 라디칼 소거능이 유의적으로 높았으나 500, 1,000 µg/mL 농도에서는 건조방법에 따른 유의적인 차이는 없었다.

Table 9. DPPH radical scavenging activities of *Eruca sativa* Mill. by freeze and hot-air drying methods

Concentration (µg/mL)	Freeze drying (%)	Hot-air drying (%)
125	14.21±0.17 ^(**1)2)	10.94±0.99 ^F
250	27.48±0.82 ^{c***}	19.80±0.65 ^E
500	47.67±1.15 ^{d***}	34.06±0.45 ^D
1,000	75.10±0.45 ^{b***}	51.39±1.12 ^C
BHA (1,000 µg/mL)	68.66±1.18 ^{cB}	
BHT (1,000 µg/mL)	66.78±1.11 ^{cB}	
Ascorbic acid (1,000 µg/mL)	84.41±0.26 ^{aA}	

¹⁾Mean±SD (n=3). Significantly different between same concentration in various drying methods at ^{**}P<0.01 and ^{***}P<0.001, respectively.²⁾Data were analyzed by one-way ANOVA followed by Tukey's post hoc analysis. Labeled means without a common lower case (freeze dried samples with BHA, BHT, and ascorbic acid) and upper case (hot-air dried samples with BHA, BHT, and ascorbic acid) differ (*P*<0.05).**Table 10.** ABTS radical scavenging activities of *Eruca sativa* Mill. by freeze and hot-air drying methods

Concentration (µg/mL)	Freeze drying (%)	Hot-air drying (%)
125	36.88±0.66 ^{d**1)2)}	33.21±0.63 ^C
250	64.33±0.43 ^{c*}	59.29±2.38 ^B
500	94.73±0.28 ^{ab}	91.96±3.63 ^A
1,000	94.60±0.15 ^b	94.33±0.20 ^A
BHA (1,000 µg/mL)	95.31±0.13 ^{abA}	
BHT (1,000 µg/mL)	95.54±0.08 ^{aA}	
Ascorbic acid (1,000 µg/mL)	95.45±0.00 ^{aA}	

¹⁾Mean±SD (n=3). Significantly different between same concentration in various drying methods at ^{*}P<0.05 and ^{**}P<0.01, respectively.²⁾Data were analyzed by one-way ANOVA followed by Tukey's post hoc analysis. Labeled means without a common lower case (freeze dried samples with BHA, BHT, and ascorbic acid) and upper case (hot-air dried samples with BHA, BHT, and ascorbic acid) differ (*P*<0.05).

본 연구에서 동결건조 루꼴라의 DPPH와 ABTS 라디칼 소거능이 열풍건조 루꼴라보다 유의적으로 높게 나타난 것은 동결건조 루꼴라에 함유된 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량에 의한 것으로 사료된다. 따라서 폴리페놀과 플라보노이드의 보존이 루꼴라의 항산화 활성을 유지하는 데 중요한 것으로 사료된다.

요 약

본 연구에서는 동결건조 및 열풍건조 루꼴라의 이화학적 성분 함량 및 항산화 활성을 평가하였다. 동결건조 한 루꼴라는 열풍건조 한 루꼴라보다 pH는 낮았으며 색도는 a* 및 b*값에서 유의적으로 높았다. 수분, 조단백질, 조회분 및 탄수화물을 포함한 기타 성분의 함량은 건조방법에 따른 유의

적인 차이가 없었으나 조리방 함량은 동결건조 한 루꼴라가 열풍건조 한 루꼴라보다 유의적으로 높았다. 비필수 아미노산과 총 아미노산의 함량은 열풍건조 한 루꼴라가 동결건조 한 루꼴라보다 유의적으로 높았다. 포화지방산과 다가불포화지방산 함량은 건조방법에 따른 유의차는 없었으나 단일 불포화지방산 함량의 경우 열풍건조 시 동결건조에 비하여 유의적으로 높았다. 비타민 A와 C의 함량은 동결건조 한 루꼴라에서 높았으나 비타민 E의 함량은 열풍건조 한 루꼴라에서 높았다. 총 유기산 함량은 동결건조 한 루꼴라에서 유의적으로 높았으나 총 무기질 함량은 건조방법에 따른 유의적인 차이가 없었다. 총 폴리페놀과 플라보노이드 함량은 동결건조 한 루꼴라가 열풍건조 한 루꼴라보다 유의적으로 높았다. DPPH와 ABTS 라디칼 소거능은 모든 농도에서 동결건조 한 루꼴라가 열풍건조 한 루꼴라보다 높았다. 이상의 결과를 통하여 동결건조가 열풍건조보다 루꼴라의 영양학적 성분, 항산화 성분 및 항산화 활성 손실을 최소화할 수 있는 건조 방법이라 사료된다.

감사의 글

이 연구는 2019학년도 단국대학교 대학연구비 지원으로 연구되었음.

REFERENCES

- Alqasoumi S, Al-Sohaibani M, Al-Howiriny T, Al-Yahya M, Rafatullah S. Rocket *Eruca sativa*: a salad herb with potential gastric anti-ulcer activity. *World J Gastroenterol*. 2009. 15: 1958-1965.
- Alqasoumi S. Carbon tetrachloride-induced hepatotoxicity: Protective effect of 'Rocket' *Eruca sativa* L. in rats. *Am J Chin Med*. 2010. 38:75-88.
- AOAC. Official method of analysis of AOAC International. 21st ed. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MA, USA. 2019.
- AOAC. Official methods of analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, USA. 1995. p 71-73.
- Bell L, Wagstaff C. Glucosinolates, myrosinase hydrolysis products, and flavonols found in rocket (*Eruca sativa* and *Diplo-taxis tenuifolia*). *J Agric Food Chem*. 2014. 62:4481-4492.
- Blois MS. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*. 1958. 181:1199-1200.
- Chae SK, Kang GS, Ma SJ, Bang KW, Oh MW, Oh SH. Standard food analysis. Jigu-Moonwha Sa, Paju, Korea. 2002. p 381-382.
- Folin O, Denis W. On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J Biol Chem*. 1912. 12:239-249.
- Fuentes E, Alarcon M, Fuentes M, Carrasco G, Palomo I. A novel role of *Eruca sativa* Mill. (rocket) extract: antiplatelet (NF- κ B inhibition) and antithrombotic activities. *Nutrients*. 2014. 6: 5839-5852.
- Han JM, Gong SY, Sohng JK, Kang YJ, Jung HJ. Antiangiogenic activity of non-aqueous fraction from *Sparassis crispa* extract in human umbilical vein endothelial cells. *Korean J Food Sci Technol*. 2019. 51:141-146.
- Heimler D, Isolani L, Vignolini P, Tombelli S, Romani A. Polyphenol content and antioxidative activity in some species of freshly consumed salads. *J Agric Food Chem*. 2007. 55:1724-1729.
- Hetta MH, Owis AI, Haddad PS, Eid HM. The fatty acid-rich fraction of *Eruca sativa* (rocket salad) leaf extract exerts anti-diabetic effects in cultured skeletal muscle, adipocytes and liver cells. *Pharm Biol*. 2017. 55:810-818.
- Hitchcock C, Nichols BW. Plant lipid biochemistry: the biochemistry of fatty acids and acyl lipids with particular reference to higher plants and algae. Academic Press, London, UK. 1971.
- Hong JH, Lee WY. Quality characteristics of osmotic dehydrated sweet pumpkin by different drying methods. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 2004. 33:1573-1579.
- Hwang IG, Kim KI, Jo YJ, Choi MJ, Min SG, Yoo SM. Effects of different thermal pre-treatment on the quality properties of bell pepper. *Food Eng Prog*. 2015. 19:96-103.
- Jeon S, Kim B. The protective effects of polyphenol-rich black chokeberry against oxidative stress and inflammation. *Korean J Food Sci Technol*. 2020. 52:138-143.
- Jung BM, Kang EA, Shin TS. Food components by kinds of Bigum spinach growing in Jeonnam Shinan. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 2009. 38:1397-1405.
- Kaya A, Aydin O, Kolayl S. Effect of different drying conditions on the vitamin C (ascorbic acid) content of Hayward kiwifruits (*Actinidia deliciosa* Planch). *Food Bioprod Process*. 2010. 88: 165-173.
- KFDA. Food Code. Korea Food and Drug Administration, Seoul, Korea. 2012. p 27-30.
- Khoobchandani M, Ganesh N, Gabbanini S, Valgimigli L, Srivastava MM. Phytochemical potential of *Eruca sativa* for inhibition of melanoma tumor growth. *Fitoterapia*. 2011. 82: 647-653.
- Kim AN, Lee KY, Ha MH, Heo HJ, Choi SG. Effect of freeze, hot-air, and vacuum drying on antioxidant properties and quality characteristics of samnamul (*Aruncus dioicus* var. kamtschaticus). *Korean J Food Preserv*. 2018. 25:811-818.
- Kim AR, Lee HJ, Jung HO, Lee JJ. Physicochemical composition of ramie leaf according to drying methods. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 2014a. 43:118-127.
- Kim B, Choi YE, Kim HS. *Eruca sativa* and its flavonoid components, quercetin and isorhamnetin, improve skin barrier function by activation of peroxisome proliferator-activated receptor (PPAR)- α and suppression of inflammatory cytokines. *Phytother Res*. 2014b. 28:1359-1366.
- Kim BS, Oh BJ, Lee JH, Yoon YS, Lee HI. Effects of various drying methods on physicochemical characteristics and textural features of yellow croaker (*Larimichthys polyactis*). *Foods*. 2020. 9:196.
- Kim HY, Seo HY, Seo WD, Lee MJ, Ham H. Evaluation of biological activities of wheat sprouts with different extraction solvents. *Korean J Food Nutr*. 2019. 32:636-642.
- Kim JP, Chon IJ, Cho HK, Han IH, Whang WK. The antioxidant and the antidiabetic effects of ethanol extract from biofunctional foods prescriptions. *Kor J Pharmacogn*. 2004. 35:98-103.
- Kim MH, Jang HL, Yoon KY. Changes in physicochemical properties of *Haetsun* vegetables by blanching. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 2012. 41:647-654.
- Kim YJ, Lee YG, Choi YW, Kim YC. Effects of drying conditions on the profile of volatile terpenoid and colour of Schizandra fruit (*Schizandra chinensis* fruchis). *J Life Sci*. 2008. 18:1066-1071.

- Lee CW, Oh HJ, Han SH, Lim SB. Effects of hot air and freeze drying methods on physicochemical properties of citrus 'Hal-labong' powders. Food Sci Biotechnol. 2012. 21:1633-1639.
- Lee HJ, Park SE, Kim S. *Cudrania tricuspidata* fruit extract ameliorates free fatty acid-induced lipid accumulation in HepG2 cells. J Life Sci. 2019. 29:1144-1151.
- Lee J. Comparison of nutritional components and antioxidant activities of *Eclipta prostrata* (L.) L. using different drying methods. Korean J Community Living Sci. 2018. 29:59-68.
- Oh J, Hong JH, Park TY, Yun KW, Kang KY, Jin SW, et al. Chemical constituents in *Polygonum multiflorum* Thunberg root based on various dry methods. Korean J Plant Res. 2018. 31:283-293.
- Park MH, Kim B. Antioxidant and anti-inflammatory activities in freeze-dried and hot air-dried aronia (*Aronia melanocarpa*) extracts. Food Eng Prog. 2018. 22:315-320.
- Park SJ, Lee DW, Park SH, Rha YA. Quality characteristics of *Cirsium setidens* Nakai by different drying method. Culi Sci & Hos Res. 2016. 22:104-114.
- RDA. Food composition table. 9th ed. Rural Development Administration, Jeonju, Korea. 2016. p 116-117.
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radic Biol Med. 1999. 26:1231-1237.
- Salma U, Khan T, Shah AJ. Antihypertensive effect of the meth-anolic extract from *Eruca sativa* Mill., (Brassicaceae) in rats: Muscarinic receptor-linked vasorelaxant and cardiotonic ef-fects. J Ethnopharmacol. 2018. 224:409-420.
- Sim WS, Kim HJ, Ku SB, Chae SH, Choi YW, Men X, et al. Analysis of nutritional components and physiological activity of butternut squash (*Cucurbita moschata*) by drying methods. Korean J Food Nutr. 2020. 33:91-97.
- Villatoro-Pulido M, Font R, Saha S, Obregon-Cano S, Anter J, Munoz-Serrano A, et al. *In vivo* biological activity of rocket extracts (*Eruca vesicaria* Subsp. *sativa* (Miller) Thell) and sulforaphane. Food Chem Toxicol. 2012. 50:1384-1392.
- Wijngaarden DV. Modified rapid preparation of fatty acid esters from lipids for gas chromatographic analysis. Anal Chem. 1967. 39:848-849.
- Yang CY. Manufacturing conditions and quality of dried meat on the snow crab: II. Change of weight loss, yield on the steaming and various drying method. Korean J Food Nutr. 1999. 12:258-264.
- Youn KS, Park EH, Yoon KY. Quality characteristics and anti-oxidant activity of bitter melon (*Momordica charantia* L.) dried by different methods. Korean J Food Preserv. 2019. 26:185-193.