



ISSN 1229-8565 (print)

한국지역사회생활과학회지

Korean J Community Living Sci

<http://doi.org/10.7856/kjcls.2018.29.1.59>

ISSN 2287-5190 (on-line)

29(1): 59~68, 2018

29(1): 59~68, 2018

건조방법에 따른 한련초 잎의 영양성분 및 항산화활성 비교

이 주 민[†]

조선대학교 식품영양학과

Comparison of Nutritional Components and Antioxidant Activities of *Eclipta prostrata* (L.) L. using Different Drying Methods

Joomin Lee[†]

Dept. of Food and Nutrition, Chosun University, Gwangju, Korea

ABSTRACT

This research investigated the effects of drying methods (hot air or freeze drying) on the nutritional components and antioxidant activities of *Eclipta prostrata* (L.) L. leaf. The crude ash and crude protein contents of the freeze dried sample were higher than those of the hot air dried sample; however, the content of crude fat in the hot air dried sample was higher than that in the freeze dried sample. The contents of essential and non-essential amino acids were higher in the freeze dried sample than in the hot air dried sample. Total contents of organic acids in the freeze dried sample were higher than those in the hot air dried sample. Total saturated and unsaturated fatty acids were higher in the freeze dried sample than in the hot air dried sample. Total mineral contents in the freeze dried sample were higher than those in the hot air dried sample. The major minerals were K, Ca and Mg in the two different drying methods. The contents of vitamin C and E in the freeze dried sample were higher than those in the hot air dried sample. The total polyphenol and total flavonoid contents in the freeze dried sample were higher than those in the hot air dried sample. The IC₅₀ value of *Eclipta prostrata* (L.) L. leaf in the hot air or freeze drying methods in the ABTS⁺ assay was 0.77 mg/mL and 0.69 mg/mL, respectively. These results showed that the two different drying methods affected the nutrient contents and antioxidant activities of the *Eclipta prostrata* (L.) L. Therefore, we suggest that freeze drying is an effective method for manufacturing high-quality *Eclipta prostrata* (L.) L. leaf.

Key words: *Eclipta prostrata* (L.) L, nutritional components, drying method, antioxidant activity

This research was supported by grants from National Research Foundation of Korea(NRF-2017R1C1B1007646)

Received: 12 January, 2018 Revised: 24 January, 2018 Accepted: 7 February, 2018

[†]**Corresponding Author:** Joomin Lee Tel: +82-62-230-7722 E-mail: joominlee@chosun.ac.kr

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

I. 서론

한련초(*Eclipta prostrata* (L.) L)는 일년생초본으로 줄기가 유연하고, 직립 또는 포복하여 자라며 높이는 30~60 cm 정도 되는 국화가 식물이다. 주로 아시아 온대지방에 분포하며 우리나라 제주도 남부지방, 중부지방에 주로 자생한다고 알려져 있다(Hwang & Park 2015). 한련초는 면역조절(Jayathirtha & Mishra 2004), 항당뇨(Jaiswal et al. 2012), 항암(Liu et al. 2012), 항염증(Tewtrakul et al. 2011), 해독작용(Mors et al. 1989) 등에 효과적인 것으로 알려져 있다. 한련초에 포함된 물질로는 phytosteroids, triterpenoids, flavonoids, saponins, alkaloids 등이 포함되어져 있으며, 주요 작용물질로는 coumestans wedelolactone 과 demethylwedelolactone이 있다(Wangner et al. 2004; Thakur & Mengi 2005; Santhosh et al. 2006).

위와 같이 다양한 생리활성 기능을 가진 한련초의 식품영양학적 이용가치를 높이고 식품소재로서 활용하기 위해, 최상의 품질로 소비자에게 제공될 수 있는 최적의 건조방법을 찾는 것은 매우 중요하다고 여겨진다. 다양한 건조방법 중 가장 보편적으로 이용되는 열풍건조법은 공정이 간단하며 경제적이고, 건조 온도 및 시간을 조절하여 사용할 수 있는 장점을 가지고 있으나 식품 고유의 색, 맛, 조직감 등의 변화가 심하고, 낮은 복원성 등의 단점이 있다(Woo et al. 2010). 반면, 동결건조는 열풍건조에 비해 영양성분의 손실을 적고 미생물에 대한 부패를 억제할 수 있는 건조방법으로 알려져 있다(Ratti 2001).

현재까지 한련초의 다양한 생리활성 기능이 알려져 있기는 하나, 건조방법에 따른 영양성분 등의 변화에 대한 연구는 아직 미흡한 상황이다. 따라서 본 연구에서는 열풍건조 및 동결건조에 따른 한련초 잎의 영양성분 및 기능성성분의 변화와 항산화 효과에 미치는 영향을 비교, 분석하고자 한다. 이를 통해 한련초 잎이 가진 성분을 유지하고 식품소재로서의 활용을 높일 수 있는 적합한 건조방법을 모색하고자 한다.

II. 연구방법

1. 실험재료

본 실험에 사용된 한련초는 2017년 7월 충남 다음농원에서 구입하여 사용하였다. 세척한 한련초 잎을 실온에서 1차 건조한 후, 열풍건조 및 동결건조로 나누어 2차 건조하였다. 열풍건조를 위해 한련초 잎을 농산물 열풍건조기(GNO12, Hanil GNCO, Jangseong, Korea)를 이용하여 60℃에서 40시간 건조시켰다. 동결건조를 위해 -70℃ deep freezer에서 한련초 잎을 냉동시킨 후, 동결건조기(ED 8512, Ilshin, Yangju, Korea)를 이용하여 72시간 건조시켰다. 열풍 및 동결건조된 시료는 분쇄기(HR1378, Philips, Karner, Slovenia)를 이용하여 100 mesh로 마쇄하였으며, 분말상태인 시료를 -70℃ deep freezer(MDFU52V, Sanyo, Osaka, Japan)에 보관하여 사용하였다.

2. 시료추출

한련초 잎 100 g에 1.5 L의 80% 에탄올을 첨가한 후, 환류냉각관을 부착한 65℃의 heating mantle (Mtops ms-265, Seoul, Korea)에서 3시간씩 3회 반복하여 추출한다. 이후 한련초 잎 추출액은 Whatman filter paper(Whatman No.2)를 이용하여 여과하였다. 여액을 40℃ 수욕 상에서 rotary vacuum evaporator (EYELA VACUUM NVC-1100, Tokyo, Japan)로 용매를 제거하고 감압농축한 다음 동결 건조시켰으며, 시료의 산화 방지를 위해 -70℃에 냉동 보관하여 본 실험에 사용하였다.

3. 일반성분 분석

각각의 건조된 한련초 잎 분말의 일반성분 분석은 Association of Official Analytical Chemists(A.O.A.C 2005)에 따라 실시하였다. 수분함량은 105℃ 상압건조 후 함량을 측정하여 산출하였으며, 조지방은 Soxhlet 법, 조회분은 550℃ 회화법으로 3회 반복하여 분석하였다. 조단백질은 원소분석기(Thermo Quest, Flash

2000, Milan, Italy)를 이용하여 전질소량을 정량하고 질소계수 6.25를 곱하여 분석하였으며, 탄수화물은 전체 100%에서 수분, 조단백질, 조지방, 조회분의 값을 제한 값으로 나타내었다.

4. 지방산 분석

지방산 분석은 Wungaarden의 방법(1967)에 따라 시행하였다. 시료 2 g을 chloroform-methanol로 추출·여과한 후 감압농축한 지방질 약 100 mg에 1N-KOH·ethanol 용액 4 mL를 가하여 유지방울이 없어질 때까지 교반시켰다. 14% BF₃-Methanol 5 mL를 가하고 환류냉각기를 연결하여 5분간 80℃에서 가열하여 메칠화하였다. 그 후, NaCl 포화용액 3 mL와 hexane 1 mL를 가하여 시험관에 옮겨 정치하였고 상층을 분취하여 무수 Na₂SO₄를 넣어 수분을 제거하여 gas chromatography(GC-10A, Shimadzu, Kyoto, Japan)로 분석하였으며, 분석조건은 SPTM-2560 capillary column을 이용하였고 injection port 온도와 검출기 온도는 260℃로 유지하였다.

5. 유기산 분석

시료 0.5 g에 증류수 20 mL를 가한 후, 환류냉각기가 부착된 추출기에서 80℃로 4시간동안 가열하여 여과하고 정용하였다. 이 액을 whatman membrane filter(0.45µm)로 여과시켜, 30 mL 정용하여 Ion Chromatography(DX-600, Dionex, Sunnyvale, CA, USA)로 분석하였다.

6. 비타민 분석

비타민 C, E의 분석은 식품공전법(Korea Food and Drug Association 2005)의 방법에 따라 시행되었다. 비타민 C의 분석은 시료 0.2 g에 10% HPO₃ 용액 10 mL를 가하여 추출한 후 원심분리 시켰다. 그 후, 다시 10% HPO₃ 용액 5 mL를 첨가하여 추출한 후 다시 원심분리하고 상등액을 합하여 membrane filter(0.20µm)로 여과하여 HPLC(LC-10Avp, Shimadzu,

Kyoto, Japan)로 분석하였다. 비타민 E의 분석은 시료 4 g과 ascorbic acid 0.1 g에 ethanol 30 mL를 넣어 균질화 한 후 80℃에서 20분간 추출하였다. 그 후 50% KOH 0.25 mL를 첨가하고 각각 증류수 3 mL와 hexane 5 mL를 가하여 원심분리 하였다. 상등액을 분리한 다음 hexane 5 mL를 가하고 균질화한 후 80℃에서 20분간 추출하여 다시 원심분리 하였다. 상등액과 무수 Na₂SO₄를 첨가하여 탈수시키고 50℃에서 감압 농축하여 methanol로 용해시킨 후 membrane filter(0.45µm)로 여과하여 HPLC(LC-10AVP, Shimadzu, Kyoto, Japan)로 분석하였다.

7. 구성 아미노산 분석

시료 0.5 g에 6N HCl 3 mL를 취하고 탈기하여 121℃에서 24시간 동안 가수분해시킨 후, 여액을 rotary vacuum evaporator(EYELA VACUUM NVC 1100, Tokyo, Japan)로 감압·농축시켰다. Sodium phosphate buffer(pH 7.0) 10 mL로 정용하여 용액 1 mL를 취해 membrane filter(0.2µm)로 여과한 후, 이를 아미노산자동분석기(Biochrom20, Pharmacia, Cambridge, England)를 이용하여 분석하였다.

8. 무기질 분석

무기질 분석은 A.O.A.C 방법(2005)에 따라 실시하였다. 시료 0.5 g, 20% HNO₃ 10 mL, 0% HClO₄ 3 mL를 합하여 가열한 후 0.5 M HNO₃로 정용하였다. 분석항목별 표준용액으로 혼합하고 각 8 mL씩 취하여 표준용액으로 하였고 0.5 M HNO₃를 대조군으로 하여 유도결합플라즈마 분광분석기(ICP-OES, PerkinElmer, Norwalk, USA)으로 분석하였다.

9. 총 polyphenol 함량

한련초 잎 에탄올 추출물의 총 polyphenol 함량은 Folin-Denis법(1912)에 따라 측정하였다. 한련초 잎 추출물 0.5 mL와 Folin reagent 0.5 mL를 혼합하여 실온에서 3분간 정치한 다음 10% Na₂CO₃ 0.8 mL를 첨가

한 후 40분간 정치하였으며, UV-spectrophotometer (Bio-rad, Hercules, CA, USA)를 사용하여 760 nm 에서 흡광도를 측정하였다. 표준곡선은 tannic acid 를 표준물질로 이용한 검량곡선을 적용하여 시료 중 의 총 polyphenol 함량을 측정하였다.

10. 총 flavonoid 함량

총 flavonoid 함량은 Davis법을 변형한 Chae et al.의 방법(2002)에 따라 측정하였다. 한련초 잎 추출물 0.5mL와 diethylene glycol 0.5 mL를 첨가한 다음, 1 N NaOH 10 μ L을 넣고 37°C water bath에서 1시간 동안 반응시킨 후 UV-spectrophotometer(Bio-rad, Hercules, CA, USA)로 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준곡선은 표준물질인 rutin을 이용하여 검량 곡선을 적용하여 시료중의 flavonoid 함량을 측정하였다.

11. ABTS⁺ 라디칼 소거능 측정

2,2'-Azinobis-3-ethylbenzothiazoline-6-sul fonic acid (ABTS) radical 소거능은 Re 등의 방법(1999)을 변형하여 다음과 같이 측정하였다. 7 mM ABTS와 2.4 mM potassium persulfate를 혼합한 다음 실온인 압소에서 24시간 방치하여 라디칼의 생성을 유도한 후, 734 nm에서 흡광도 값이 0.7 정도가 되도록 희석하여 사용하였다. 희석한 ABTS⁺ 라디칼 용액 100 μ L와 한련초 추출물 100 μ L을 혼합하여 실온에서 7 분간 반응시킨 후 UV-spectrophotometer(Bio-rad, Hercules, CA, USA)를 사용하여 734 nm에서 흡광도를 측정하였다.

12. 통계처리

모든 실험은 독립적으로 3회 반복을 통해 얻었으며, 각 실험군 간의 유의성 검증은 GraphPad Prism 5 program(GraphPad Software, Inc., La Jolla, CA, USA)을 이용하여 평균(mean)과 표준편차(SD)로 나타내었다. 각 시료간의 통계적 유의성은 $p < 0.05$ 수

준에서 Student t-test를 이용하여 유의성을 검증하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 일반성분 분석

열풍건조 및 동결건조에 따른 한련초 잎의 일반성분을 분석한 결과는 Table 1과 같다. 열풍건조 및 동결건조한 한련초 잎에서 가장 많은 일반성분은 탄수화물이며, 각각 41.52%와 41.94%를 차지하였고, 건조방법에 의한 유의적인 차이는 없었다. 동결건조한 한련초 잎의 조회분과 조단백질 함량은 각각 21.40%와 34.42%로 열풍건조에 비해 유의적으로 높게 나타났다. Lee et al.(2004)의 연구에 의하면, 국화과에 속하는 민들레 잎을 동결건조한 결과, 일반성분 함량은 조회분 15.4%, 조단백질 18.7%, 조지방 4.12%, 탄수화물 40.4%로 본 연구 결과와 유사하였다. 또한 고려영경귀 잎을 이용하여 일반성분 함량을 분석한 결과, 조회분 16.39%, 조단백질 27.78%, 조지방 5.53%, 탄수화물 44.81%로 본 연구와 비슷한 수준으로 나타났다(Lee et al. 2006).

Table 1. Proximate compositions of *Eclipta prostrata* (L.) L. treated with hot air dried or freeze dried methods

Composition	(Dry Matter Basis, %)	
	Hot air drying	Freeze drying
Moisture	3.51 \pm 0.02	3.38 \pm 0.24
Crude ash	19.67 \pm 0.86*	21.40 \pm 0.26
Crude protein	29.48 \pm 0.80*	34.42 \pm 0.89
Crude fat	0.63 \pm 0.01*	0.59 \pm 0.02
Carbohydrate	41.52 \pm 1.01	41.94 \pm 0.34

All values are expressed as the mean \pm SD of triplicate determinations.

* $p < 0.05$, ** $p < 0.001$; Significantly different by Student's t-test between hot air drying and freeze drying methods

2. 구성 아미노산 분석

열풍건조 및 동결건조에 따른 한련초 잎의 구성아미노산 함량분석은 Table 2와 같다. 열풍건조한 한

련초 잎은 필수아미노산 8종, 비필수아미노산 9종이 검출되어 총 17종이, 동결건조한 한련초 잎의 경우는 필수아미노산 8종과 cystine을 제외한 비필수아미노산 8종이 검출되어 총 16종의 아미노산이 검출되었다. 동결건조한 한련초 잎의 총 필수아미노산 함량은 열풍건조한 한련초잎보다 높게 나타났으며, 이들의 함량은 각각 6.53 g/100g과 5.66 g/100 g이었다. 열풍건조한 한련초 잎의 필수아미노산은 leucine(1.36 g/100g), valine, phenylalanine, lysine 순으로 높게 검출되었고, 동결건조한 한련초 잎에서는 leucine(1.48

g/100g), valine, lysine, phenylalanine 순으로 높은 함량을 보였다. Surh et al.(2009)의 연구에서 국화과에 속하는 곤드레의 필수아미노산 중, leucine(1.93 g/100g), valine(1.27 g/100g), lysine (1.36 g/100g)의 함량이 본 연구결과와 유사함을 보여주었다. 한편, 열풍건조 및 동결건조한 한련초 잎의 비필수아미노산의 총 함량은 각각 7.95 g/100g과 9.12 g/100g이었으며, 각각의 비필수아미노산 함량이 열풍건조에 비해 동결건조한 한련초 잎에서 유의적으로 높았다. 건조방법과 무관하게 glutamic acid의 함량이 한련초 잎의 비필수아미노산 중 가장 높았으며, aspartic acid, alanine 순으로 높은 함량을 보였다. 한편 열풍건조와 달리 동결건조한 한련초 잎에서 cystine 함량은 검출되지 않았다. 항황아미노산인 cystine은 열처리 과정에서 향기성분 및 갈색 색소 반응에 큰 역할을 한다고 알려져 있다(Nam 2010), 또한 총 구성 아미노산에 대한 필수아미노산 함량 비율은 동결건조법에 의한 한련초 잎에서 다소 높게 나타났다. 본 연구 결과 한련초 잎의 구성아미노산 분석을 위해 동결건조를 이용하는 것이 적합할 것으로 사료된다.

Table 2. Contents of free amino acids in hot air dried and freeze dried *Eclipta prostrata* (L.) L.

Amino acid	(g/100g)	
	Hot air drying	Freeze drying
Essential		
Threonine	0.49 ± 0.01**	0.66 ± 0.01
Valine	0.88 ± 0.01**	0.98 ± 0.01
Methionine	0.10 ± 0.01**	0.15 ± 0.01
Isoleucine	0.75 ± 0.02*	0.79 ± 0.01
Leucine	1.36 ± 0.01**	1.48 ± 0.02
Phenylalanine	0.85 ± 0.02**	0.95 ± 0.01
Histidine	0.44 ± 0.01**	0.58 ± 0.01
Lysine	0.79 ± 0.01*	0.96 ± 0.01
Total EAA ¹⁾	5.66	6.53
Non-essential		
Aspartic acid	1.67 ± 0.02**	2.09 ± 0.08
Serine	0.55 ± 0.01**	0.65 ± 0.02
Glutamic acid	1.86 ± 0.02**	2.09 ± 0.03
Proline	0.85 ± 0.01	0.86 ± 0.01
Glycine	0.86 ± 0.01**	0.98 ± 0.01
Alanine	0.96 ± 0.01**	1.07 ± 0.02
Cystine	0.06 ± 0.01 ³⁾	N.D.
Trysine	0.30 ± 0.01**	0.43 ± 0.01
Arginine	0.84 ± 0.02*	0.95 ± 0.01
Total AA ²⁾	7.95	9.12
EAA/AA(%)	71.2	71.6

¹⁾Total EAA: Total essential amino acids.

²⁾Total AA: Total amino acids.

³⁾N.D.: Not detected.

All values are expressed as the mean ± SD of triplicate determinations.

*p<0.05, **p<0.001; Significantly different by Student's t-test between hot air drying and freeze drying method

3. 유기산 함량 분석

열풍건조 및 동결건조에 따른 한련초 잎의 유기산 함량은 Table 3과 같다. 열풍건조 및 동결건조한 한련초 잎에서 검출된 유기산은 총 6가지이며, 그 종류로는 citric acid, malic acid, succinic acid, formic acid, acetic acid, tartaric acid이다. 열풍건조한 한련초 잎의 유기산 함량은 19.41 g/100g, 동결건조한 한련초 잎은 20.54 g/100g으로 나타났다. 열풍건조 및 동결건조한 한련초 잎에서 가장 많이 검출된 유기산은 tartaric acid이며, 각각 8.17 g/100g과 8.47 g/100g이었고, 다음으로 citric acid, malic acid 순으로 검출되었다. Choi et al.(2008)의 연구 결과, 국화과에 속하는 울릉미역취의 유기산 함량은 succinic acid, malonic acid, tartaric acid, fumaric acid 순으로, 부지깥이의 경우는 succinic acid, citric acid,

tartanic acid, fumaric acid 순으로 많이 검출되었다. 이는 본 연구결과와 다소 차이가 있으나, 구성 아미노산의 종류에는 유사함을 보였다. 또한 피로물질 제거에 큰 역할을 하는 것으로 알려진 citric acid, succinic acid, tartaric acid 성분이(Song et al. 2006) 건조방법에 상관없이 모두 검출되어 한련초 잎의 사용이 향후 건강개선에 도움을 줄 수 있을 것으로 사료된다.

Table 3. Contents of organic acids in hot air dried and freeze dried *Eclipta prostrata* (L.) L.

Organic acids	(g/100g)	
	Hot air drying	Freeze drying
Citric acid	6.69 ± 0.04*	6.91 ± 0.08
Malic acid	2.07 ± 0.03*	2.45 ± 0.11
Succinic acid	0.73 ± 0.01*	0.72 ± 0.01
Formic acid	0.67 ± 0.03**	0.46 ± 0.01
Acetic acid	1.08 ± 0.02**	1.53 ± 0.01
Tartaric acid	8.17 ± 0.04*	8.47 ± 0.06
Total	19.41	20.54

All values are expressed as the mean ± SD of triplicate determinations.

*p<0.05, **p<0.001; Significantly different by Student's t-test between hot air drying and freeze drying methods

4. 지방산 분석

열풍건조 및 동결건조에 따른 한련초 잎의 지방산 분석은 Table 4와 같다. 열풍건조와 동결건조한 한련초 잎 모두에서 포화지방산 9종, 단일불포화지방산 2종, 다가불포화지방산 2종을 포함하여 총 13종의 지방산이 검출되었다. 건조방법과 무관하게 포화지방산은 palmitic acid, heptadecanoic acid, stearic acid 순으로 많이 검출되었으며, 이 중 palmitic acid 함량은 두 건조법에 의한 유의적인 차이를 보이지 않았다. 최근 연구에 의하면 C_{17:0} 또는 C_{15:0} 지방산의 역할이 대두되고 있으며, 이들은 심혈관대사에 긍정적인 영향이 있다고 보고되었다(Jenkins et al.

2005). 본 연구 결과 heptadecanoic acid의 함량이 두 가지 건조방법에 의해 높게 나타났으며, 인체 내의 역할 규명에 대해 보다 심도있는 연구가 필요할 것으로 사료된다. 또한 단일불포화지방산의 경우, palmitoleic acid와 oleic acid가 열풍건조에 비해 동결건조한 한련초 잎에서 유의적으로 높은 함량을 나타내었다. 다가불포화지방산 함량 중, linolenic acid는 열풍건조와 동결건조한 한련초 잎에서 각각 27.72%와 27.44%로 나타났다. Jeong et al.(2005)은 국화과에 속하는 개망초 잎의 지방산을 분석한 결과, 포화지방산인 palmitic acid와 myristic acid가 각각 20.64%와 18.05%로 가장 많이 함유되어 있었고, 다

Table 4. Contents of free acids in hot air dried and freeze dried *Eclipta prostrata* (L.) L. (% total fatty acids)

Free acids	Hot air drying	Freeze drying
Capric acid (C _{10:0})	N.D.	0.54 ± 0.05 ¹⁾
Luric acid (C _{12:0})	3.05 ± 0.09 ¹⁾	N.D.
Myristic acid (C _{14:0})	0.44 ± 0.02*	0.39 ± 0.01
Pentadecanoic acid (C _{15:0})	1.27 ± 0.05**	1.80 ± 0.04
Palmitic acid (C _{16:0})	25.78 ± 0.19	26.51 ± 1.12
Heptadecanoic acid (C _{17:0})	11.79 ± 0.08*	15.98 ± 0.35
Stearic acid (C _{18:0})	3.50 ± 0.14**	2.64 ± 0.09
Arachidic acid (C _{20:0})	1.42 ± 0.08*	1.19 ± 0.07
Behenic acid (C _{22:0})	1.42 ± 0.09*	1.21 ± 0.05
Lignoceric acid (C _{24:0})	1.23 ± 0.03	1.15 ± 0.06
Saturated	49.90	51.41
Palmitoleic acid (C _{16:1})	3.03 ± 0.02*	3.64 ± 0.20
Oleic acid (C _{18:1n9c})	1.74 ± 0.09*	2.46 ± 0.18
Monounsaturated	4.77	6.10
Linoleic acid (C _{18:2n6c})	18.09 ± 0.56*	16.79 ± 0.49
Linolenic acid (C _{18:3n3})	27.72 ± 0.30*	27.44 ± 0.72
Polyunsaturated	45.81	44.23
Total	100.48	101.74

¹⁾N.D.: Not detected.

All values are expressed as the mean ± SD of triplicate determinations.

*p<0.05, **p<0.001; Significantly different by Student's t-test between hot air drying and freeze drying methods

가불포화지방산인 linoleic acid와 linolenic acid가 각각 20.94%, 15.94%로 나타나 본 연구의 한련초 잎 지방산 조성과 다소 차이가 있었다.

5. 무기질 분석

열풍건조 및 동결건조에 따른 한련초 잎의 무기질 분석은 Table 5와 같다. 검출된 총 8종의 무기질 함량은 열풍건조한 한련초 잎에서 8,402.90 mg%, 동결건조한 한련초 잎에서 9,483.53 mg%로 동결건조한 한련초 잎에서 보다 높은 함량을 나타냈다. 열풍건조 및 동결건조에 따른 한련초 잎의 무기질 함량 중, K의 함량이 각각 6,705.40 mg%와 7,345.69 mg%로 가장 많이 검출되었고 Ca, Mg 순으로 높게 나타났다. 칼륨의 경우, 혈압저하효과, 나트륨과 함께 신경자극 전달과 근육의 수축 이완, 수분 평형, 산염기 평형 등에 관여하여 중요한 생리작용을 한다고 보고되었다(Cappuccio & MacGregor 1991; Suter 1998). 각각의 무기질 성분은 Na와 Cu를 제외하고 열풍건조에 비해 동결건조한 한련초 잎에서 유의적으로 높은 수치를 나타내었다. Lee et al.(2004)은 민들레 잎의 무기질 성분을 분석한 결과 K(4,565.9 mg%), Ca (737.8 mg%), P(345.5 mg%)의 순으로 많

Table 5. Contents of minerals in hot air dried and freeze dried *Eclipta prostrata* (L.) L. (mg%)

Minerals	Hot air drying	Freeze drying
Ca	1,071.69 ± 29.71*	1,212.55 ± 15.48
K	6,702.40 ± 82.79**	7,345.69 ± 87.07
Mg	452.72 ± 14.95**	567.99 ± 5.72
Fe	24.06 ± 2.19*	31.19 ± 0.95
Na	270.10 ± 4.24	272.62 ± 2.54
Mn	40.34 ± 1.01*	44.21 ± 1.00
Cu	1.63 ± 0.06	1.79 ± 0.13
Zn	6.63 ± 0.16*	7.49 ± 0.21
Total	8,402.90	9,483.53

All values are expressed as the mean ± SD of triplicate determinations.

*p<0.05, **p<0.001; Significantly different by Student's t-test between hot air drying and freeze drying methods

이 포함된 것으로 나타났다. 또한 Park et al.(2004)의 결과에서도, 국화과에 속하는 수리취, 참취, 곰취의 무기질 성분이 K, Ca, Mg 순으로 높은 함량을 나타내어 본 연구결과와 유사함을 보였다. 무기질은 체내 여러 생리기능의 조절 및 유지에 필수적이며, 식품을 통한 섭취가 매우 중요한 영양소로(Bae & Choi 2008), 본 연구 결과 열풍건조보다 동결건조한 한련초 잎에서 높은 무기질 함량을 나타내어 향후 한련초 잎이 풍부한 무기질 급원 식품으로 이용될 것으로 기대된다.

6. 비타민 분석

열풍건조 및 동결건조에 따른 한련초 잎의 비타민 분석은 Table 6과 같다. 한련초 잎의 비타민 C 함량은 열풍건조의 경우 5.31 g/100g, 동결건조의 경우 5.45 g/100g으로 열풍건조에 비해 동결건조한 한련초 잎에서 유의적으로 높게 검출되었다. 이러한 결과는 비타민 C가 가열과정에서 ascorbate oxidase의 작용에 의해 산화가 촉진되어 감소의 폭이 커지게 된다고 보고되었다(Choi 2003). 한편 열풍건조 및 동결건조한 한련초 잎의 비타민 E 함량은 각각 0.02 g/100g과 0.04 g/100g으로 열풍건조에 비해 동결건조한 한련초 잎에서 유의적으로 높게 검출되었다. 본 연구결과 한련초 잎의 비타민 C와 E 함량이 열풍건조법에 비해 동결건조법에 의해 높게 유지됨으로 이들의 손실을 최소화 할 수 있는 동결건조법이 더 바람직할 것으로 여겨진다.

Table 6. Contents of vitamin C and vitamin E in hot air dried and freeze dried *Eclipta prostrata* (L.) L.

	(g/100g)	
	Hot air drying	Freeze drying
Vitamin C	5.31 ± 0.05*	5.45 ± 0.07
Vitamin E	0.02 ± 0.01**	0.04 ± 0.01

All values are expressed as the mean ± SD of triplicate determinations.

*p<0.05, **p<0.001; Significantly different by Student's t-test between hot air drying and freeze drying methods

7. 총 polyphenol 및 총 flavonoid 함량

열풍건조 및 동결건조에 따른 한련초 잎의 총 polyphenol 및 총 flavonoid 함량은 Table 7과 같다. 열풍건조 및 동결건조 한련초 잎의 총 polyphenol 함량은 각각 261.16 mg/g과 274.80 mg/g이다. Woo et al.(2010)은 동결건조한 국화과 식물을 대상으로 총 polyphenol 함량을 관찰한 결과, 저먼캐모마일 68.83 mg/g, 코스모스 67.96 mg/g, 수리취 67.05 mg/g, 미국쑥부쟁이 63.25 mg/g로 나타났으며, 이러한 연구결과로 살펴볼 때 본 연구에서 사용한 한련초 잎이 다른 국화과 식물에 비교하여 상대적으로 높은 총 polyphenol 함량을 가지고 있다고 하겠다. 또한 열풍건조 및 동결건조 한련초 잎의 총 flavonoid 함량은 각각 83.64 mg/g과 122.75 mg/g으로, 열풍건조보다 동결건조한 한련초 잎에서 유의적으로 높았다. 따라서 본 연구를 통해 총 polyphenol 및 총 flavonoid 함량이 높은 한련초 잎이 향후 천연 항산화제로서 개발 가능성이 높을 것으로 판단된다.

Table 7. Total polyphenol and total flavonoid contents of hot air dried or freeze dried *Eclipta prostrata* (L.) L.

	Hot air drying	Freeze drying
Total polyphenol (mg TAE/g)	261.16 ± 2.80*	274.80 ± 5.04
Total flavonoid (mg RE/g)	83.64 ± 2.21**	122.75 ± 0.34

All values are expressed as the mean ± SD of triplicate determinations.

*p<0.05, **p<0.001; Significantly different by Student's t-test between hot air drying and freeze drying methods

8. ABTS⁺ radical 소거능

열풍건조 및 동결건조에 따른 한련초 잎의 ABTS⁺ radical 소거능 Table 8과 같다. ABTS⁺ 라디칼 소거능은 potassium persulfate 와의 반응에 의해 생성된 ABTS⁺ 유리 라디칼이 한련초 잎 추출물 내의 항산화력 물질에 의해 제거되어 색이 변화되는 것을 이용

하여 측정하였다. 열풍건조한 한련초 잎의 ABTS⁺ radical 소거능은 0.125 mg/mL, 0.25 mg/mL, 0.5 mg/mL, 1 mg/mL 농도에서 각각 8.33%, 15.84%, 33.11%, 65.00%로 나타났다. 또한 동결건조한 한련초 잎을 위와 같은 동일한 농도로 측정하였을 때, 8.08%, 21.75%, 39.19%, 70.58%의 ABTS⁺ radical 소거능을 보여주었다. Joo(2013)는 국화과 식물인 감국의 경우, 0.5 mg/mL의 농도에서 52.47%의 소거능을 나타낸다고 보고하였다. 한편, 열풍건조 및 동결건조 한련초 잎의 50% ABTS radical 소거능(IC₅₀)를 계산한 결과, 각각 0.77 mg/mL과 0.69 mg/mL로 나타났으며, Woo et al.(2010)이 서양민들레를 이용한 IC₅₀의 0.67 mg/mg과 유사함을 보였다. 따라서 본 연구결과를 통해 열풍건조에 비해 동결건조한 한련초 잎의 ABTS⁺ radical 소거능이 더 우수한 것으로 나타났다.

Table 8. ABTS radical-scavenging activity of hot air dried and freeze dried *Eclipta prostrata* (L.) L.

ABTS radical scavenging activity (%)		
Concentration (mg/mL)	Hot air drying	Freeze drying
0.125	8.33 ± 0.40	8.08 ± 2.09
0.250	15.84 ± 0.51	21.75 ± 1.18
0.500	33.11 ± 1.03	39.19 ± 0.65
1.000	65.00 ± 9.26	70.58 ± 0.62
IC ₅₀ (mg/mL)	0.77	0.69

All values are expressed as the mean ± SD of triplicate determinations.

IV. 요약 및 결론

본 연구는 열풍건조 및 동결건조법을 이용하여 한련초 잎의 영양학적 성분, 총 폴리페놀, 총 플라보노이드 함량 및 항산화력을 비교 분석하였다. 한련초 잎의 일반성분을 분석한 결과, 열풍건조에 비해 동결건조한 한련초 잎의 조지방, 조단백질, 탄수화물

함량이 높았으며, 조지방 함량은 열풍건조한 한련초 잎에서 유의적으로 높게 나타났다. 한련초 잎의 구성아미노산 중, 필수아미노산 함량은 건조방법에 상관없이 leucine이, 비필수 아미노산은 glutamic acid가 가장 높았다. 또한, 총 필수아미노산 및 비필수 아미노산의 함량 모두 동결건조한 한련초 잎에서 높게 나타났다. 유기산은 총 6가지가 검출되었으며, 동결건조 및 열풍건조한 한련초 잎의 주된 유기산은 각각 tartaric acid, citric acid, malic acid 순으로 높은 함량을 나타내었다. 총 유기산의 함량은 열풍건조한 한련초 잎이 19.41 g/100g, 동결건조한 한련초 잎이 20.54 g/100g로 동결건조법에 의한 유기산 총량이 더 높았다. 한련초 잎의 주요 포화지방산은 건조방법에 상관없이 palmitic acid, heptadecanoic acid, stearic acid였으며, 단일불포화지방산 및 다가불포화지방산의 총 함량은 열풍건조보다 동결건조한 한련초 잎에서 더 높게 나타났다. 한련초 잎의 주요 무기질은 건조방법에 상관없이 K, Ca, Mg 순으로 높은 함량을 나타냈으며, 총 무기질 함량은 열풍건조보다 동결건조한 한련초 잎에서 더 높은 함량을 나타냈다. 비타민 C와 E의 함량 모두, 열풍건조 한련초 잎에 비해 동결건조 한련초 잎에서 유의적으로 높음을 확인하였다. 총 polyphenol 및 flavonoid 함량 또한 열풍건조에 비해 동결건조한 한련초 잎에서 유의적으로 높았다. 한련초 잎의 50% ABTS radical 소거능 (IC₅₀)값은 열풍건조 한련초 잎 0.77 mg/mL, 동결건조 적겨자 잎 0.69 mg/mL로 동결건조한 한련초 잎의 ABTS⁺ radical 소거능이 더 우수한 것으로 나타났다. 이상의 결과로 살펴볼 때, 동결건조한 한련초 잎이 구성아미노산, 유기산, 지방산, 무기질, 비타민 C와 E, 총 polyphenol, 총 flavonoid 함량 및 ABTS⁺ radical 소거능 모두에서 열풍건조법에 비해 높게 나타났다. 따라서, 영양소의 파괴를 최소화할 수 있는 동결건조법을 이용한 한련초 잎의 이용이 바람직할 것으로 여겨진다.

References

- AOAC(2005) Official methods of analysis, 18th ed. Association of official analytical chemists, Washington, DC, USA
- Bae YK, Cho MS(2008) Analysis of hair tissue mineral contents according to body mass index. Korean J Food Nutr 21(2), 256-262
- Cappuccio FP, MacGregor GA(1991) Does potassium supplementation lower blood pressure? a meta-analysis of published trials. J Hypertens 9(5), 465-473
- Chae SK, Kang GS, Ma SJ, Bang KW, Oh MW, Oh SH(2002) Standard food analysis. Paju: Jigu-Moonwha Sa, pp381-382
- Choi MG, Chung HS, Moon KD(2008) Chemical Components of *Solidago virgaurea* spp. *gigantea*, *Aster glehni* var. *hondoensis* and *Arunicus dioicus* var. *kamtschaticus* Grown on Ulleung Island, Korea. Korean J Food Preserv 15(4), 576-581
- Choi YH(2003) Changes in Vitamin C and minerals content of perilla leaves by different cooking methods. Korean J Soc Food Cooker Sci 19(2), 174-180
- Folin O, Denis W(1912) On phosphotungsticphosphomolybdic compounds as color reagents. J Biol Chem 12(2), 239-249
- Hwang HS, Park GD(2015) A comparative study of anti-oxidant effect and cell proliferation effect based on extraction method of natural substances. J Korean Phys Soc 21(4), 729-736
- Jaiswal N, Bhatia V, Srivastava SP, Srivastava AK, Tamrakar AK(2012) Antidiabetic effect of *Eclipta alba* associated with the inhibition of alpha-glucosidase and aldose reductase. Nat Prod Res 26(24), 2363-2367
- Jayathirtha MG, Mishra SH(2004) Preliminary immunomodulatory activities of methanol extracts of *Eclipta alba* and *Centella asiatica*. Phytomed 11(4), 361-365
- Jenkins B, West JA, Koulman A(2005) A review of odd-chain fatty acid metabolism and the role of pentadecanoic Acid (c15:0) and heptadecanoic Acid (c17:0) in health and disease. Molecules 20(2), 2425-2444.
- Jeong CH, Nam EK, Shim KH(2005) Chemical components in different parts of *erigeron annuus*. J Korean Soc Food Sci Nutr 34(6), 857-861
- Jin TV, Oh DH, Eun JB(2006) Change of physicochemical characteristics and functional components in the raw materials of saengsik, uncooked food by drying methods. Korean J Food Sci Technol 38(2), 188-196
- Joo SY(2013) Antioxidant activities of medicinal plant extracts. J Korean Soc Food Sci Nutr 42(4), 512-519
- Korea Food and Drug Association(2005) Food standards codex. Korean Foods Industry Association. Seoul, Korea. pp367-368, pp383-385
- 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(4), 571-576
- Lee SH, Park HJ, Han GJ, Cho SM, Rhie SG(2004) A study of the nutritional composition of the dandelion by part (*Taraxacum officinale*). Korean J Community Living Sci 15(3), 57-61
- Liu QM, Zhao HY, Zhong XK, Jiang JG(2012) *Eclipta prostrata* L. phytochemicals: isolation, structure elucidation, and their antitumor activity. Food Chem Toxicol 50(11), 4016-4022
- Mors WB, Parente JP, da Silva MH, Melo PA, Suarez-Kurtz G(1989) Neutralization of lethal and myotoxic activities of South American rattlesnake venom by extracts and constituents of the plant *Eclipta prostrata*(Asteraceae). Toxicol 27(9), 1003-1009
- Nam JS(2010) Studies on the nutritional components and physicochemical characteristics of various flax(*Linum usitatissimum*) seeds and oils. Korean J Food Nutr 23(4), 516-525
- Park MH, Choi BG, Lim SH, Kim KH, Heo NK, Yu SH, Kim JD, Lee KJ(2011) Analysis of general components, mineral contents, and dietary fiber contents of *Synurus deltooides*. J Korean Soc Food Sci Nutr 40(11), 1631-1634
- Ratti C(2001) Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review. J Food Eng 49(4) 311-319
- 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(9-10), 1231-1237
- Santhosh KC, Govindasamy S, Sukumar E(2006) Lipid lowering activity of *Eclipta prostrata* in experimental hyperlipidemia. J Ethnopharmacol 105(3), 332-335
- Song JC, Park HJ, Shin WC(2006) Suppression of solid matters precipitation of takju and its quality improvement by carageenan. Korean J Food Nutr 19(3), 288-295
- Surh JH, Kim JO, Kim MH, Lee JC, Lee BY, Kim MY, Yang HW, Yun SJ, Jeong HR(2009) Nutritional properties, as food resources for menu development, of cubed snailfish, shaggy sea raven, and two kinds of wild vegetables that are staple products in Samcheok. Korean J Soc Food Cooker Sci 25(6), 690-702
- Suter PM(1998) Potassium and hypertension. Nutr Rev 56(5), 151-153
- Tewtrakul S, Subhadhirasakul S, Tansakul P, Cheenpracha S, Karalai C(2011) Antiinflammatory constituents from *Eclipta prostrata* using RAW264.7 macrophage cells. Phytother Res 25(9), 1313-1316
- Thakur VD, Mengi SA(2005) Neuropharmacological profile of *Ecliptaalba*(Linn.) Hassk. J Ethnopharmacol 102(1), 23-31
- Wangner H, Geyer B, Kiso Y, Hikino H and Rao GS(2004) Coumestans as the main active principles of the liver drugs *Eclipta alba* and *Wedelia calendulacea*. Planta Med 52, 370-374
- Woo JH, Shin SL, Lee CH(2010) Antioxidant effects of ethanol extracts from flower species of compositae plant. J Korean Soc Food Sci Nutr 39(2), 15-164
- Wungaarden DV (1967) Modified rapid preparation of fatty acid esters from lipids for gas chromatographic analysis. Anal Chem 39(7), 848-850