



ISSN 1229-8565 (print) ISSN 2287-5190 (on-line)  
한국지역사회생활과학회지 32(2): 231~242, 2021  
Korean J Community Living Sci 32(2): 231~242, 2021  
<http://doi.org/10.7856/kjcls.2021.32.2.231>

## 건조방법에 따른 오크라 추출물의 영양성분 분석 및 항산화활성 비교

배진경 · 이수진 · 이주민<sup>†1)</sup>

조선대학교 영양교육대학원 대학원생 · 조선대학교 식품영양학과 부교수<sup>1)</sup>

### Effect of Drying Methods (Hot Air Drying and Freeze-drying) on the Nutritional Components and Antioxidant Activities of *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench Extracts

Jin-Kyung Bae · Su-Jin Lee · Joomin Lee<sup>†1)</sup>

Graduate Student, Dept. of Food and Nutrition, Chosun University, Gwangju, Korea  
Associate Professor, Dept. of Food and Nutrition, Chosun University, Gwangju, Korea<sup>1)</sup>

#### ABSTRACT

This study evaluated and compared the nutritional components and antioxidant activities of *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench (AM) extracts processed using hot air and freeze-drying methods. The results showed that hot air and freeze-dried AM extracts were mainly composed of carbohydrates and crude protein. Both hot air and freeze-dried AM had a high content of saturated fatty acids (palmitic acid). Also, both these extracts had a high content of unsaturated fatty acids (oleic acid and linoleic acid). The ratio of essential amino acids (EAA)/amino acids (AA) was higher in the hot air dried AM extract compared to the freeze-dried AM extract. Both the drying methods resulted in high content of potassium (K), followed by calcium (Ca) and magnesium (Mg) in decreasing order. Freeze-dried AM extract showed higher total polyphenol content compared to hot air dried AM extract. Total flavonoid content was significantly higher in hot-air dried AM extract compared to freeze-dried AM extract. The IC<sub>50</sub> value for 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity with hot-air dried and freeze-dried AM extract was found to be 0.78 and 0.69 mg/mL, respectively. The IC<sub>50</sub> value for 2,2'-azino-bis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonate) (ABTS) and the reducing power of freeze-dried AM extract were lower than that of hot-air dried AM extract. Ferric reducing antioxidant power (FRAP) was significantly higher in the freeze-dried AM extract than

Received: 4 May, 2021 Revised: 13 May, 2021 Accepted: 13 May, 2021

<sup>†</sup>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.

in the hot air dried AM extract. According to our results, it appears that AM extracts possess higher nutritional and antioxidant activities.

**Key words:** *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench, drying method, nutritional components, antioxidant activity

## I. 서론

현대 사회는 생활 수준의 향상과 더불어 건강에 대한 관심 및 이와 관련된 식품의 소비가 지속적으로 늘어나고 있는 추세이다. 특히 식물 내에 포함된 여러 생리활성물질은 비타민과 무기질의 좋은 공급원으로 이를 섭취할 경우 균형 잡힌 식단을 유지하여 건강을 유지할 수 있다(Sarker et al. 2020). 또한 이들의 섭취로 암, 심혈관계 질환과 같은 위험을 줄일 수 있다고 보고하였다(Venskutonis et al. 2013).

오크라(*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench)는 쌍떡잎식물 이판화군 아욱과(Malvaceae) 식물로 원산지는 아프리카로 알려져 있으며 아열대 기후에서 잘 자란다. 여자 손가락과 모양이 비슷하다고 하여 레이디핑거로도 불린다(Tindall 1983). 오크라는 한국의 풋고추와 비슷하게 생겼으나 표면에 잔털이 있고 각이 있다. 또한 오크라의 씨를 커피 대용품으로 이용하기도 하며 칼슘과 철 등의 무기질, 비타민 C, 베타 카로틴 등이 함유되어 있고 당질이 많아 피로회복에 좋다고 알려져 있다(Calisir et al. 2005). 오크라를 단면으로 자르면 나오는 점액에는 갈락틴, 펙틴, 겐보, 아라반 등이 함유되어 있어 혈중 콜레스테롤을 낮추는 작용이나 정장작용을 한다고 알려져 있다(Dubey & Mishra 2017). 오크라는 외국에서는 오래전부터 샐러드, 튀김, 수프, 피클 등에 이용되거나 커피 대용품으로 사용하고 있다(Lamont 1999). 동양에서는 오크라의 잎과 털 익은 열매를 이용하여

찜질약으로 사용해왔다. 또한 오크라는 flavonoid, catechin 등 여러 생리활성물질이 높은 함량으로 함유되어 있다고 알려져 있다(Kim 2018). 총 polyphenol 함량은 브로콜리보다 오크라가 2배 이상 높다는 결과를 나타내었다(Ellong et al. 2015). 본 연구에서는 열풍건조 및 동결건조 방법을 이용하여 건조법을 달리한 오크라 추출물의 영양성분과 항산화 활성을 비교하고자 하였다.

## II. 연구방법

### 1. 실험재료

본 연구에 사용된 오크라는 2019년 7월에 충청남도 당진시에 위치한 아삽야콘농원에서 구입하였다. 오크라는 세척 후 실온에서 하루 정도 1차 건조하여 열풍건조 시료는 60℃에서 40시간 동안 열풍건조기(GNO12, Hanil GNCO, Jangseong, Korea)를 이용하여 건조하였다. 동결건조는 물기가 마른 시료를 -70℃ 초저온냉동고(deep freezer)에 넣어 냉동시켰으며, 그 후에 동결건조기에서 -70℃로 동결건조 하였다. 시료에 따라 4일 정도 건조 후 분쇄기(HR1378, Phillips, Karner, Slovenia)를 이용하여 100 mesh로 마쇄하여 분말화시킨 시료는 -70℃ 초저온냉동고에 보관해 분석시 사용하였다.

### 2. 시료추출

환류냉각관을 4℃가 될 때까지 미리 켜둔 상태로 두고 2 L 둥근 플라스크에 오크라 시료 50 g과

750 mL의 80% ethanol을 첨가하였다. 이후 heating mantle(Mtops ms-265, Seoul, Korea)에 flask를 넣고 냉각기를 연결시킨 후 4단계에 걸쳐 3시간 동안 3회 반복하여 추출하였다. 약 2.25 L의 추출물을 여과지(Whatman No.2)를 이용하여 여과시키고 여액을 40°C 수욕 상에서 회전진공농축기를 사용하여 용매를 제거한 다음 감압·농축하였다. 그 후 농축된 오크라를 동결건조 하였으며, 시료의 산화 방지를 위해 -70°C에 냉동 보관한 후 본 실험에 사용하였다.

### 3. 일반성분 분석

건조방법에 따른 오크라 추출물의 일반성분은 A.O.A.C(Association of Official Analytical Chemists)법(2005)에 따라 시행하였다. 조회분은 550°C 회화법, 조지방은 Soxhlet법, 수분함량은 105°C 건조법으로 분석하였고 조단백질은 원소분석기(DKSH사, vario MACRO cube)를 사용하여 전질소량을 일정한 양으로 나누고 질소계수 6.25를 곱하여 계산하였다. 탄수화물 함량은 100에서 조단백질, 수분, 회분, 조지방의 값을 제한 값으로 하였다.

### 4. 지방산 분석

열풍 및 동결 건조한 오크라 추출물의 지방산 조성 분석은 Wungaarden의 방법(1967)에 따라 분석하였다. 시료 2 g을 chloroform-methanol로 추출 및 여과하였다. 그 후에 감압하고 농축한 지방질 약 100 mg을 4 mL의 1N-KOH·ethanol 용액과 혼합해 유지 방울이 없어질 때까지 교반시켰다. 그 후 5 mL의 14% BF<sub>3</sub>-Methanol을 첨가하고 환류냉각기를 연결하여 5분간 80°C에서 가열하여 methylester화하였다. 이 용액에 NaCl 포화용액 3 mL와 hexane 1 mL를 넣어 혼합한 후

시험관에 옮겨 두고 상층을 분리해서 취한 뒤 무수 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>를 넣어 수분을 제거한 다음 0.5 mL를 유리병에 채취한 후 Gas Chromatography(GC-10A, Shimadzu, Kyoto, Japan)로 분석하였다.

### 5. 유기산 분석

열풍 및 동결 건조한 오크라 추출물 0.5 g에 증류수 20 mL를 넣은 후, 80°C 이상의 water bath에서 4시간 동안 가열시켜 추출한 용액을 Whatman membrane filter paper(1 μm)를 이용해 여과시키고 30 mL로 정용하였다. 이를 Whatman membrane filter(0.45 μm)로 걸러낸 다음 Prominence HPLC(LC-10AVD, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용해 분석하였다.

### 6. 구성 아미노산 분석

구성 아미노산의 분석은 분해관에 열풍 및 동결 건조된 오크라 추출물 0.5 g에 3 mL의 6N HCl을 섞어서 탈기한 후 121°C에서 24시간 동안 가수분해시켰다. 그 후 glass filter로 여액을 여과하고 회전진공농축기(EYELA VACUUM NVC-1100, Tokyo, Japan)로 감압하고 농축한 뒤에 sodium phosphate buffer(pH 7.0) 10 mL로 정용하였다. 용액 1 mL를 취하여 membrane filter(0.2 μm)로 걸러낸 후에 아미노산 자동분석기를 이용해 분석하였다.

### 7. 무기질 분석

열풍 및 동결 건조한 오크라 추출물의 구성 무기질 분석은 A.O.A.C. 방법(2005)에 준하여 실시하였다. 시료 0.5 g에 20% HNO<sub>3</sub> 용액 10 mL, 60% HClO<sub>4</sub> 용액 3 mL를 취하여 투명하게 변할 때까지 가열하였다. 그 다음 0.5 M HNO<sub>3</sub>로 50 mL를 정용한 후 각각의 항목별 표준용액을 혼합

하여 표준용액으로 한 후 0.5 M HNO<sub>3</sub>를 대조군으로 하여 유도결합플라스마 spectrum analyzer (ICP-OES, PerkinElmer, MA, USA)로 측정하였다.

#### 8. 총 폴리페놀 함량

열풍 및 동결 건조된 오크라 추출물의 총 폴리페놀 함량은 Folin-Denis 법(Folin-Denis, 1912)에 따라 측정하였고 추출물의 농도를 1.0 mg/mL 농도로 하여 사용하였다. 1.5 mL 튜브에 시료 200  $\mu$ L와 Folin reagent 200  $\mu$ L을 넣은 후 실온에서 3분간 반응시킨 다음 10% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 400  $\mu$ L을 첨가한 후 40분간 방치하면 청남색이 된다. 그 후 UV-spectrophotometer(Bio-rad, Hercules, CA, USA)를 사용하여 흡광도를 측정하였다. 표준물질은 탄닌산을 이용하여 표준 검량곡선을 적용시켜 추출물의 총 폴리페놀 함량을 산출하였다.

#### 9. 총 플라보노이드 함량

총 플라보노이드 함량은 Davis 법을 변형한 방법 Chae et al.의 방법(2002)에 따라 측정하였다. 시료는 1.0 mg/mL 농도로 맞추어 사용하였다. 1.5 mL 튜브에 시료, 각각의 standard 용액 500  $\mu$ L에 diethylene glycol 500  $\mu$ L를 첨가하였다. 10  $\mu$ L의 1N NaOH를 넣고 37°C 고온반응기에서 1시간 동안 반응시킨 후, 자외선분광기(Bio-rad, Hercules, CA, USA)를 사용하여 흡광도를 측정하였다. Rutin을 표준물질로 설정해 표준 검량곡선을 적용시켜 추출물의 총 flavonoid 함량을 산출하였다.

#### 10. DPPH 라디칼 소거 활성

오크라 건조 방법에 따른 추출물의 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl(DPPH) radical 소거능은 Blois의 방법(1958)에 따라 다음과 같이 측정하였다. 시

료 추출액 100  $\mu$ L과 0.2 mM DPPH 900  $\mu$ L 첨가한 후 혼합한 후 37°C heating block에 30분간 반응시켰다. 그 후 UV-spectrophotometer를 이용하여 흡광도를 분석하였고 대조군으로는 1000 ppm 농도로 희석한 butylated hydroxyanisole (BHA)와 ascorbic acid를 사용하였다.

#### 11. ABTS+ 라디칼 소거능 측정

열풍 및 동결 건조한 오크라 추출물의 2,2'-Azinobis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid(ABTS) radical 소거능은 Re 등의 방법(Re et al. 1999)을 변형하여 다음과 같이 분석하였다. 7 mM ABTS와 2.4 mM potassium persulfate를 1 : 1로 섞은 후에 암소에서 24시간 동안 방치하여 라디칼의 생성을 유도하였다. 그 후, 반응이 끝난 ABTS 시약을 734 nm에서 흡광도 값이 0.7 정도가 되도록 메탄올로 희석하여 이용하였다. 희석한 ABTS<sup>+</sup> 라디칼 용액 900  $\mu$ L와 열풍 및 동결 건조한 오크라 추출물(0.125, 0.25, 0.5, 1.0 mg/mL)을 각각 100  $\mu$ L 혼합하여 heating block 37°C에서 30분간 반응시킨 후 자외선분광기(Bio-rad, Hercules, CA, USA)를 사용하여 측정하여 라디칼 소거능을 분석하였다.

#### 12. Ferric reducing antioxidant power(FRAP) 활성

FRAP assay는 Benzie & Strain(1996)의 방법을 변형하여 다음과 같이 측정하였다. 300 mM sodium acetate buffer(pH 3.6)(Sigma-Aldrich, Louis, MO, USA), 10 mM 2,4,6-tris(2-pyridyl)-s-triazine(TPTZ)(Sigma-Aldrich, Louis, MO, USA), 20 mM ferric chloride(Sigma-Aldrich, Louis, MO, USA)를 각각 10:1:1의 비율로 섞어 FRAP reagent로 사용하였

다. 각각 시료 10  $\mu\text{L}$ , FRAP reagent 200  $\mu\text{L}$ , 증류수 90  $\mu\text{L}$ 를 섞어서 30분 동안 암소에서 반응시킨 후 593 nm에서 흡광도를 측정하였다. Iron sulfate hexahydrate를 표준물질로 설정하고 표준 검량곡선을 적용시켜 추출물 1.0 mg에 들어있는 iron sulfate hexahydrate의  $\mu\text{M}$  함량으로 나타내었다.

### 13. Reducing power 측정

Reducing Power는 Oyaizu(1986)의 방법을 변형하여 다음과 같이 측정하였다. 열풍 및 동결 건조한 오크라 추출물 200  $\mu\text{L}$ , 0.2M phosphate buffer(pH 6.6) 200  $\mu\text{L}$ 와 1% potassium ferricyanide 200  $\mu\text{L}$ 를 첨가한 후 voltexing 한다. 그 후 50°C에서 20분 동안 incubation 하였다. 10% trixhloroacetic acid 200  $\mu\text{L}$ 를 첨가한 뒤 14,000 rpm에서 5분 동안 원심분리 하였다. 원심분리한 상층액 300  $\mu\text{L}$ 를 1.5 mL 튜브에 옮긴 후 증류수 300  $\mu\text{L}$ 와 0.1% FeCl 40  $\mu\text{L}$ 를 첨가한 후 실온에서 10분 동안 방치시키고 700 nm에서 흡광도를 측정하였다.

### 14. 통계처리

모든 실험은 독립적으로 3회 반복을 시행하였다. 측정 결과는 평균(mean)과 표준편차(SD)로 나타내도록 하였다. 각 실험군 간의 유의성 검사 및 증명은 GraphPad Prism 6 program(GraphPad Software, Inc., La Jolla, CA, USA)을 사용하였다. 각 시료 간의 통계적 유의성은  $p < 0.05$  수준에서 Student  $t$ -test를 이용하여 유의성을 조사하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 일반성분 분석

열풍 및 동결 건조한 오크라 추출물의 일반성분을 분석한 결과는 Table 1과 같다. 탄수화물이 열풍 및 동결 건조한 오크라 추출물에서 각각 64.31%와 64.47%를 차지하였으며 건조 방법에 따른 차이는 나타내지 않았다. 열풍건조한 오크라 추출물은 수분 3.53%, 조회분 7.86%, 조단백질 22.02%, 조지방 0.91%로 나타났으며, 동결건조한 오크라 추출물은 수분 3.11%, 조회분 7.37%, 조단백질 22.26%, 조지방 1.34%로 나타났다. 수분, 조회분, 조지방 함량은 건조 방법 간 유의적인 차이를 나타내었다.

**Table 1.** Proximate compositions of *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench extract by different drying methods

Composition	(Dry Matter Basis, %)	
	Hot air drying	Freeze-drying
Moisture	3.53 $\pm$ 0.02	3.11 $\pm$ 0.09*
Crude ash	7.86 $\pm$ 0.05	7.37 $\pm$ 0.03*
Crude protein	22.02 $\pm$ 0.68	22.26 $\pm$ 0.97
Crude fat	0.91 $\pm$ 0.04	1.34 $\pm$ 0.05*
Carbohydrate	64.31 $\pm$ 0.86	64.47 $\pm$ 0.64

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

\* $p < 0.05$ ; Significant differences by Student  $t$ -test between hot air drying and freeze-drying methods.

### 2. 지방산 분석

열풍 및 동결 건조한 오크라 추출물의 지방산 분석은 Table 2와 같다. 포화지방산의 경우 열풍 및 동결 건조한 오크라 추출물 모두에서 palmitic acid 함량이 각각 25.78 g/100 g, 30.81 g/100 g으로 가장 높게 나타났다. 열풍건조한 오크라 추출물은 stearic acid, behenic acid, pentadecanoic

**Table 2.** Content of free fatty acids of *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench extract by different drying methods

Free fatty acids	(g/100g total fatty acids)	
	Hot air drying	Freeze-drying
Myristic acid (C14:0)	N.D. <sup>1)</sup>	0.45 ± 0.05
Pentadecanoic acid (C15:0)	0.90 ± 0.05	1.02 ± 0.02*
Palmitic acid (C16:0)	25.78 ± 0.26	30.81 ± 0.73
Heptadecanoic acid (C17:0)	0.70 ± 0.05	0.99 ± 0.04*
Stearic acid (C18:0)	2.57 ± 0.05	5.01 ± 0.10
Arachidic acid (C20:0)	0.58 ± 0.03	0.38 ± 0.24*
Heneicosanoic acid (C21:0)	N.D. <sup>1)</sup>	0.30 ± 0.05
Behenic acid (C22:0)	0.90 ± 0.10	1.65 ± 0.05*
Lignoceric acid (C24:0)	N.D. <sup>1)</sup>	0.83 ± 0.03
Saturated	31.43	41.44
Oleic acid (C18:1n9c)	5.62 ± 0.14	6.26 ± 0.25
cis-11-Eicosenoic acid (C20:1)	N.D. <sup>1)</sup>	0.37 ± 0.06
Monounsaturated	5.62	6.63
Linoleic acid (C18:2n6c)	36.11 ± 0.67	27.98 ± 0.47
Linolenic acid (C18:3n3)	20.09 ± 0.64	17.94 ± 0.41
cis-11,14,17-Eicosatrienoic acid (C20:3n3)	1.50 ± 0.06	1.00 ± 0.10
Arachidonic acid (C20:4n6)	N.D. <sup>1)</sup>	0.37 ± 0.03
cis-4,7,10,13,16,19-Docosahexaenoic acid (C22:6n3)	N.D. <sup>1)</sup>	2.28 ± 0.06
Polyunsaturated	57.7	49.57
Total	94.75	112.57

<sup>1)</sup>N.D.: Not detected.

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

\*p<0.05; Significant differences by Student *t*-test between hot air drying and freeze-drying methods.

acid, heptadecanoic acid, arachidic acid 순으로 포화지방산 함량이 높게 나타났으며, 동결건조한 오크라 추출물은 stearic acid, behenic acid, pentadecanoic acid, heptadecanoic acid, lignoceric acid, myristic acid, arachidic acid, heneicosanoic acid 순으로 높게 나타났다. 단일 불포화지방산 함량은 oleic acid가 열풍건조 오크라 추출물에서 5.62 g/100 g, 동결건조 오크라 추출물에서 6.26 g/100 g을 나타내었다. 또한 다가불포화지방산의 경우 linoleic acid 함량이 열풍건조한 오크라 추출물은 36.11 g/100 g, 동결건조한 오크라 추출물은 27.98 g/100 g으로 검출

되었다. 위의 결과를 종합하여 볼 때 총지방산 함량은 동결건조한 오크라 추출물이 열풍건조한 오크라 추출물에 비해 높게 나타남을 확인하였다.

### 3. 유기산 분석

열풍 및 동결 건조한 오크라 추출물의 유기산 함량은 Table 3과 같다. 두 가지 건조 방법에 따라 검출된 유기산은 총 4가지이다. 검출된 오크라 추출물의 유기산 종류로는 citric acid, malic acid, succinic acid, acetic acid이며 열풍건조한 오크라 추출물의 총 유기산 함량은 21,192.04 ppm, 동결건조한 오크라 추출물의 총 유기산 함

**Table 3.** Content of organic acids of *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench extract by different drying methods

Organic acids	Hot air drying	Freeze-drying
Citric acid	5,705.17 ± 13.33	6,807.78 ± 6.75**
Malic acid	12,652.19 ± 5.62	14,257.38 ± 5.55*
Succinic acid	572.56 ± 2.59	429.94 ± 1.91*
Acetic acid	2,262.11 ± 4.55	10,625.82 ± 1.41**
Total	21,192.04	32,120.92

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

\*p<0.05, \*\*p<0.001; Significantly differences by Student *t*-test between hot air drying and freeze-drying methods.

량은 32,120.92 ppm으로 나타났다. 열풍 및 동결 건조한 오크라 추출물 모두에서 malic acid 함량이 가장 많이 검출되었으며 열풍건조한 오크라 추출물은 12,652.19 ppm, 동결건조한 오크라 추출물 14,257.38 ppm으로 나타났다.

#### 4. 구성 아미노산 분석

열풍 및 동결 건조한 오크라 추출물의 구성 아미노산 함량은 Table 4와 같으며 각각의 건조 방법에 따라 총 16종(필수아미노산 8종 및 비필수 아미노산 8종)의 아미노산이 검출되었다. 실험 결과, 동결건조한 오크라 추출물의 필수아미노산의 총 함량은 4,957.65 mg/100 g이고, 열풍 건조한 오크라 추출물의 필수아미노산 총 함량은 4,697.58 mg/100 g으로 나타났다. 열풍 건조한 오크라 추출물의 필수아미노산은 leucine(840.82 mg/100 g), valine, lysine, histidine 순으로 높게 나타났고, 동결건조 오크라 추출물은 leucine(888.06 mg/100 g), lysine, valine, phenylalanine 순으로 높은 함량을 나타냈다. 또한, 비필수 아미노산의 열풍건조 오크라 추출물의 총 함량은 11,315.75 mg/100 g이었으며 동결건조 오크라 추출물의 총 함량은 13,433.20 mg/100 g이었다. 두 건조 방

**Table 4.** Content of free amino acids of *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench extract by different drying methods

Amino acid	Hot air drying	Freeze-drying
Essential		
Threonine	577.60 ± 6.72	609.29 ± 8.27*
Valine	747.65 ± 6.64	779.97 ± 9.96*
Methionine	113.30 ± 5.81	218.57 ± 7.95**
Isoleucine	507.87 ± 6.87	583.44 ± 5.96*
Leucine	840.82 ± 3.31	888.06 ± 7.28*
Phenylalanine	590.33 ± 5.50	621.03 ± 6.60*
Histidine	611.88 ± 1.64	407.93 ± 6.87**
Lysine	708.14 ± 7.05	849.36 ± 9.06*
Total EAA <sup>1)</sup>	4,697.58	4,957.65
Non-essential		
Aspartic acid	2,533.79 ± 11.96	2,492.00 ± 8.19*
Serine	656.20 ± 5.42	717.15 ± 2.57*
Glutamic acid	4,876.35 ± 10.99	5,577.39 ± 16.24**
Proline	782.21 ± 6.60	1,700.28 ± 10.43**
Glycine	578.57 ± 7.72	576.08 ± 6.68*
Alanine	787.39 ± 7.54	757.76 ± 2.65*
Tryosine	282.22 ± 3.84	352.15 ± 8.44*
Arginine	818.42 ± 7.75	1,260.38 ± 10.58**
Total AA <sup>2)</sup>	11,315.75	13,433.20
EAA/AA(%)	41.51	36.91

<sup>1)</sup>Total EAA: Total essential amino acids.

<sup>2)</sup>Total AA: Total amino acids.

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

\*p<0.05, \*\*p<0.001; Significantly different by Student *t*-test between hot air drying and freeze-drying method

법 모두 glutamic acid의 함량이 가장 높게 나타났으며, 그 다음으로 aspartic acid와 arginine 순으로 높은 함량으로 나타났다.

#### 5. 무기질 분석

건조 방법에 따른 오크라 추출물의 무기질 함량은 Table 5와 같다. 총 7종의 무기질이 검출되었으며 열풍건조 오크라 추출물의 총 무기질 함량은 3,846.71 mg/100 g이며 동결건조에 의한 오크

라 추출물의 총 무기질 함량은 3,799.00 mg/100 g 으로 나타났다. K의 경우 열풍건조 오크라 추출물은 2,650.43 mg/100 g, 동결건조 오크라 추출물은 2,636.98 mg/100 g으로 가장 높게 검출되었다. 그다음으로 열풍건조 오크라 추출물은 Ca, Mg, Zn, Mn, Fe 순으로, 동결건조 오크라 추출물의 무기질 함량은 Ca, Mg, Mn, Zn, Fe 순으로 높게 검출되었다. 무기질은 체내 여러 생리 기능의 조절 및 유지에 필수적이고 식품을 통한 섭취가 중요한 영양소이다(Quarles 2008). K은 혈압저하 효과 및 세포내액에서 Na과 함께 체액의 수분 평형, 수축 이완, 산 염기 평형 등에 관련하여 중요한 생리적인 작용을 한다고 보고 되었다(Morris et al. 2006). 따라서 오크라가 무기질 급원 식품으로서의 이용 가치가 있을 것으로 사료된다.

#### 6. 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량

열풍 및 동결 건조한 오크라 추출물의 총 폴리페놀과 총 플라보노이드 함량은 Table 6과 같다. 열풍건조한 오크라 추출물의 총 폴리페놀 함량은 24.95 mg TAE/g이며 총 플라보노이드 함량은

100.52 mg RE/g이다. 또한 동결건조한 오크라 추출물의 총 폴리페놀 함량은 30.11 mg TAE/g이며 총 플라보노이드 함량은 33.13 mg RE/g이다. 폴리페놀은 광합성에 의해 생성된 식물의 쓴맛과 색소의 성분으로, 포도처럼 떫은맛이나 쓴맛이 나고 색이 선명한 식품에 많다. 관련된 작용으로는 체내의 유해산소를 무해한 물질로 교체해주는 항산화 효과가 있어 노화를 방지에 효과가 있다고 알려져 있다(Lee et al. 1994). 식물체에 존재하는 플라보노이드류는 노란색 계열을 띠는 항산화 물질로 대표적인 항산화 물질로 항균·항암·항바이러스 등의 효과를 나타낸다(Rice-Evans & Miller 1996).

Kyung et al.(2019)의 연구에 따르면 오크라와 같은 아욱과 식물인 목화의 잎, 다래겉질, 종자를 사용하여 이들 추출물에 함유된 총 폴리페놀과 총 플라보노이드 함량을 측정해본 결과, 목화 잎의 총 폴리페놀 함량은 72.62 mg TAE/g, 총 플라보노이드 함량은 34.51 mg QEA/g이고 목화 다래겉질에서는 총 폴리페놀은 39.40 mg TAE/g이며 총 플라보노이드 함량은 4.48 mg QEA/g을 함유한 것으로 나타났다. 또한 종자의 총 폴리페놀의 함량은 23.56 mg TAE/g, 총 플라보노이드 함량

**Table 5.** Content of minerals of *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench extract by different drying methods

Minerals	(mg/100g)	
	Hot air drying	Freeze-drying
Ca	743.31 ± 2.77	713.93 ± 3.52*
K	2,650.43 ± 5.06	2,636.98 ± 6.07*
Mg	434.89 ± 8.57	428.69 ± 3.24*
Fe	5.29 ± 0.26	6.23 ± 0.25*
Mn	5.88 ± 0.34	6.46 ± 0.41*
Cu	0.28 ± 0.03*	0.25 ± 0.05
Zn	6.63 ± 0.14	6.45 ± 0.39*
Total	3,846.71	3,799.00

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

\*p<0.05; Significant differences by Student *t*-test between hot air drying and freeze-drying methods.

**Table 6.** Total polyphenol and total flavonoid content of *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench extract by different drying methods

	Hot air drying	Freeze-drying
Total polyphenol (mg TAE <sup>1)</sup> /g)	24.95 ± 0.47	30.11 ± 0.15*
Total flavonoid (mg RE <sup>2)</sup> /g)	100.52 ± 3.15	33.13 ± 0.17**

<sup>1)</sup>TAE: Tannic acid equivalent.

<sup>2)</sup>RE: Rutin equivalent.

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

\*p<0.05, \*\*p<0.001; Significant differences by Student *t*-test between hot air drying and freeze-drying methods.



은 3.65 mg QEA/g을 함유하고 있는 것으로 분석되어 본 실험의 결과와 다소 차이를 나타내었다.

#### 7. DPPH 라디칼 소거능

건조 방법에 따른 오크라 추출물의 DPPH 라디칼 소거능은 Table 7과 같다. 열풍건조에 의한 오크라 추출물의 DPPH 라디칼 소거능은 0.125 mg/mL 농도에서 4.66%, 0.25 mg/mL에서 15.68%, 0.5 mg/mL 농도에서 42.37%, 1 mg/mL 농도에서는 58.90%로 나타났고 50% 라디칼 소거능인 IC<sub>50</sub> 값은 0.78 mg/mL로 나타났다. 또한 동결건조에 의한

오크라 추출물은 0.125 mg/mL, 0.25 mg/mL, 0.5 mg/mL, 1 mg/mL 농도에서 각각 15.25%, 27.03%, 55.08%, 65.38%로 나타났으며 IC<sub>50</sub> 값은 0.69 mg/mL로 나타났다. 활성산소는 에너지 생성을 위한 산화 과정 등에서 나타나게 되나 과도한 발생 시 압 및 노화 등의 원인이 된다(Hong et al. 2019). Kyung et al.(2019)의 연구에 따르면 목화 잎과 종자(1 mg/mL)에서 DPPH 라디칼 소거능이 각각 92.69%와 86.04%의 활성을 나타낸다고 하여 본 연구와 다소 차이를 나타내었다. 본 실험 결과, 오크라 추출물의 DPPH radical 소거능은 열풍건조보다 동결건조한 오크라 추출물에서 보다 효과적인 것으로 나타났다.

**Table 7.** DPPH radical-scavenging activity of *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench extract by different drying methods

	Concentration (mg/mL)	DPPH radical scavenging activity (%)	IC <sub>50</sub> <sup>4)</sup> (mg/mL)
Hot air drying <sup>1)</sup>	0.125	4.66 ± 1.27 <sup>a</sup>	0.78
	0.250	15.68 ± 0.73 <sup>b</sup>	
	0.500	42.37 ± 0.73 <sup>d</sup>	
	1.000	58.90 ± 3.20 <sup>e</sup>	
Freeze drying <sup>2)</sup>	0.125	15.25 ± 1.94 <sup>b</sup>	0.69
	0.250	27.03 ± 2.50 <sup>c</sup>	
	0.500	55.08 ± 2.94 <sup>e</sup>	
	1.000	65.38 ± 0.32 <sup>f</sup>	
BHA <sup>3)</sup>	1.000	87.06	
Positive control (ascorbic acid)	1.000	90.16	

<sup>1)</sup>Hot air drying, 80% ethanol extract of *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench.

<sup>2)</sup>Freeze-drying, 80% ethanol extract of *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench.

<sup>3)</sup>BHA: Butylated hydroxyanisole.

<sup>4)</sup>IC<sub>50</sub>: Half maximal inhibitory concentration.

All values are expressed as the mean ± SD of triplicate determinations (n=3).

Means with the different letters (a-g) within the same row are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

#### 8. ABTS<sup>+</sup> 라디칼 소거능

열풍 및 동결 건조한 오크라 추출물의 ABTS<sup>+</sup> 라디칼 소거능은 Table 8과 같다. ABTS<sup>+</sup> 라디칼 소거능은 potassium persulfate를 암소에서 24시간 반응시켜 생성된 ABTS<sup>+</sup> 유리 라디칼이 항산화력 물질에 의해 환원되고 색이 변화되는 것을 이용하여 측정하였다(Hong 2019). 열풍건조한 오크라 추출물의 ABTS<sup>+</sup> 라디칼 소거능은 0.125 mg/mL 농도에서 6.45%, 0.25 mg/mL 농도에서 13.85%, 0.5 mg/mL 농도에서 29.18%, 1 mg/mL 농도에서 58.25%로 나타났고, 동결건조의 ABTS<sup>+</sup> 라디칼 소거능은 0.125 mg/mL 농도에서는 11.15%, 0.25 mg/mL 농도에서 20.24%, 0.5 mg/mL 농도에서 37.37%, 1 mg/mL 농도에서 68.39%로 나타났다. IC<sub>50</sub> 값은 열풍건조 및 동결건조한 오크라 추출물에서 각각 0.85 mg/mL와 0.71 mg/mL로 나타나 열풍건조한 오크라 추출물보다 동결건조한 오크라 추출물에서 ABTS<sup>+</sup> 라디칼 소거능이 우수함을 보였다.

**Table 8.** ABTS<sup>+</sup> radical-scavenging activity of *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench extract by different drying methods

	Concentration (mg/mL)	ABTS <sup>+</sup> radical scavenging activity (%)	IC <sub>50</sub> <sup>3)</sup> (mg/mL)
Hot air drying <sup>1)</sup>	0.125	6.45 ± 0.63 <sup>a</sup>	0.85
	0.250	13.85 ± 0.92 <sup>b</sup>	
	0.500	29.18 ± 2.42 <sup>d</sup>	
	1.000	58.25 ± 4.58 <sup>f</sup>	
Freeze-drying <sup>2)</sup>	0.125	11.15 ± 0.60 <sup>b</sup>	0.71
	0.250	20.24 ± 1.14 <sup>c</sup>	
	0.500	37.37 ± 0.63 <sup>e</sup>	
	1.000	68.39 ± 0.18 <sup>g</sup>	

<sup>1)</sup>Hot air drying, 80% ethanol extract of *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench.

<sup>2)</sup>Freeze-drying, 80% ethanol extract of *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench.

<sup>3)</sup>IC<sub>50</sub>: Half maximal inhibitory concentration.

All values are expressed as the mean ± SD of triplicate determinations (n=3).

Means with the different letters (a-g) within the same row are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

### 9. Reducing power 분석

건조 방법에 따른 오크라 추출물의 reducing power 측정 결과는 Table 9와 같다. 환원력은 시료가 Fe<sup>3+</sup>에 수소를 공여하여 라디칼을 안정화시킴으로써 Fe<sup>2+</sup>로 환원되는 것을 이용한 방법으로 널리 이용된다(Lee 2018). 열풍건조에 의한 오크라 추출물을 이용하여 측정된 환원력은 0.125, 0.25, 0.5, 1 mg/mL 농도에서 각각 0.11, 0.22, 0.39, 0.47의 흡광도를 나타냈다. 또한 동결건조한 오크라 추출물에서는 0.125, 0.25, 0.5, 1 mg/mL 농도에서 각각 0.13, 0.27, 0.42, 0.56의 흡광도를 나타냈다.

### 10. FRAP 분석

FRAP는 철이온의 산화 상태 변화를 이용하여 항산화력을 측정하는 방법으로 널리 쓰이고 있다.

**Table 9.** Reducing power of *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench extract by different drying methods

(Absorbance at 700nm)		
Reducing power		
Concentration (mg/mL)	Hot air drying <sup>1)</sup>	Freeze-drying <sup>2)</sup>
0.125	0.11 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.13 ± 0.01 <sup>a</sup>
0.250	0.22 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.27 ± 0.01 <sup>c</sup>
0.500	0.39 ± 0.03 <sup>d</sup>	0.42 ± 0.01 <sup>e</sup>
1.000	0.47 ± 0.00 <sup>f</sup>	0.56 ± 0.01 <sup>g</sup>
IC <sub>50</sub> <sup>3)</sup> (mg/mL)	0.95	0.80

<sup>1)</sup>Hot air drying, 80% ethanol extract of *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench.

<sup>2)</sup>Freeze-drying, 80% ethanol extract of *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench.

<sup>3)</sup>IC<sub>50</sub>: Half maximal inhibitory concentration.

All values are expressed as the mean ± SD of triplicate determinations (n=3).

Means with the different letters (a-g) within the same row are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

건조 방법에 따른 오크라 추출물의 FRAP 활성은 Table 10과 같다. 열풍건조에 의한 오크라 추출물은 1.0 mg/mL 농도에서 6.03 μM을 나타내었고 동결건조에 의한 오크라 추출물은 10.42 μM로 나타나 동결건조에 의한 오크라 추출물의

**Table 10.** Ferric reducing antioxidant power of *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench extract by different drying methods

(FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O eq μM)	
Ferric reducing antioxidant power	
Hot air drying <sup>1)</sup>	6.03 ± 0.10*
Freeze-drying <sup>2)</sup>	10.42 ± 0.13

<sup>1)</sup>Hot air drying, 80% ethanol extract of *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench.

<sup>2)</sup>Freeze-drying, 80% ethanol extract of *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench.

All values are expressed as the mean ± SD of triplicate determinations (n=3).

\*p<0.05; Significantly different by Student t-test between hot air drying and freeze-drying method

FRAP 활성이 유의적으로 더 높은 것을 확인하였다.

#### IV. 요약 및 결론

본 연구는 열풍 및 동결 건조한 오크라 추출물을 이용하여 영양학적 성분 및 항산화 활성에 대해 비교 연구하고자 하였다. 오크라 추출물을 이용하여 열풍 및 동결건조법에 의한 일반성분을 분석한 결과, 두 건조 방법 모두에서 탄수화물이 가장 높게 나타났으며 조단백질, 조회분 순으로 높게 나타났다. 포화지방산 중에서 palmitic acid 함량이, 불포화지방산에서는 oleic acid 함량이 두 건조법 모두에서 가장 높게 나타났다. 유기산의 경우는 두 건조 방법을 통해 malic acid 함량이 가장 높게 나타났다. 필수 아미노산은 건조 방법에 관계없이 leucine 함량이 가장 높게 나타났으며, 비필수 아미노산은 glutamic acid 함량이 가장 높게 나타났다. 오크라 추출물의 전체 아미노산에 대한 필수 아미노산 함량 비율은 동결건조(36.91%)보다 열풍건조한 오크라 추출물(41.51%)에서 더 높게 나타났다. 오크라 추출물은 총 7종의 무기질이 검출되었으며, 두 가지 건조 방법을 통해 K, Ca, Mg 함량 순으로 높게 나타났다.

오크라 추출물의 총 폴리페놀 함량은 동결건조한 오크라 추출물에서 열풍건조한 오크라 추출물에 비해 유의적으로 높았으며 총 플라보노이드 함량은 열풍 건조한 오크라 추출물이 동결건조한 오크라 추출물에 비해 유의적으로 높게 나타났다. 오크라 추출물의 DPPH 및 ABTS<sup>+</sup> 라디칼 소거능의 IC<sub>50</sub> 값을 비교한 결과, 열풍건조한 오크라 추출물에 비해 동결건조한 오크라 추출물이 보다 우수한 것으로 나타났다. 오크라 추출물을 이용한 reducing power와 FRAP 활성을 분석한 결과는 열풍건조보다 동결건조한 오크라 추출물이 더 우수함을 나타내었다. 위와 같은 결과를 통해 향후 오크라 추

출물 연구를 위한 기초자료 및 기능성식품 소재로서의 가능성을 기대한다.

#### References

- AOAC(2005) Official methods of analysis. 18th ed. Association of official analytical chemists, Washington, DC, USA
- Benzie IFF, Strain JJ(1996) The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Anal Biochem* 239(1), 70-76. doi:10.1006/abio.1996.0292
- Blois MS(1958) Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nat* 181, 1199-1200. doi:10.1038/1811199a0
- Chae SK, Kang GS, Ma SJ, Bang KW, Oh MW, Oh SH(2002) Standard good analysis. 381-382. Paju: Jigu-Moonwha Sa, pp381-382
- Calisir S, Ozcan M, Haciseferogullari H, Yildiz MU(2005) A study on some physico-chemical properties of Turkey okra (*Hibiscus esculenta* L.) seeds. *J Food Eng* 68(1), 73-78. doi:10.1016/j.jfoodeng.2004.05.023
- Dubey P, Mishra S(2017) Effect of okra seed in reduction of cholesterol. *J Entomol Zool Stud* 5(4), 94-97
- Ellong EN, Billard C, Adenet S, Rochefort K(2015) Polyphenols, carotenoids, vitamin C content in tropical fruits and vegetables and impact of processing methods. *Food Sci Nutr* 6, 299-313. doi:10.4236/fns.2015.63030
- Folin O, Denis W(1912) On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J Biol Chem* 12(2), 239-249
- Hong SW, Kim HA, Lee JM(2019) Nutritional compositions of *Lysimachia Christinae* Hance and *Mentha Canadensis* and effect of *Lysimachia Christinae* Hance on antioxidant properties *Korean J Community Living Sci* 8, 351-361. doi:10.7856/kjcls.2019.30.3.351
- Kim HS(2018) Effect of *Abelmoschus esculentus* extract on anti-melanogenesis and skin barrier function. *Korean J Food Sci Technol* 50(3), 344-348. doi:10.9721/KJFST.2018.50.3.344
- Kyung KT, Lee YS, Kim NW, Seo SJ(2019) Antioxidant activities of ethanolic extracts

- from *Gossypium arboreum* L. J Invest Cosmetol 15(2), 137-146. doi:10.15810/jic.2019.15.2.003
- Lamont W(1999) Okra a versatile vegetable crop. HortTechnology 9, 179-184. doi:10.21273/HORTTECH.9.2.179
- Lee JH, Lee SR(1994) Some physiological activity of phenolic substances in plant foods. Korean J Food Sci Technol 26(3), 310-316
- Lee JM(2018) Comparison of nutritional components and antioxidant activities of *Eclipta prostrata* (L.) L. using different drying methods. Korean J Community Living Sci 29(1), 59-68. doi:10.7856/kjcls.2018.29.1.59
- Morris RC Jr, Schmidlin O, Frassetto LA, Sebastian A(2006) Relationship and interaction between sodium and potassium. J Am Coll Nutr 25(3 Suppl), 262S-270S. doi:10.1080/07315724.2006.10719576
- Oyaizu M(1986) Studies on products of browning reaction: antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. Jpn J Nutr 44, 307-315
- Quarles LD(2008) Endocrine functions of bone in mineral metabolism regulation. J Clin Invest 118(12), 3820-3828. doi:10.1172/JCI36479
- 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. doi:10.1016/S0891-5849(98)00315-3
- Rice-Evans CA, Miller NJ, Paganga G(1996) Structure antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. Free Radic Biol Med 20(7), 933-956. doi:10.1016/0891-5849(95)02227-9
- Sarker U, Hossain MM, Oba S(2020) Nutritional and antioxidant components and antioxidant capacity in green morph *Amaranthus* leafy vegetable. Sci Rep 10(1), 1336. doi:10.1038/s41598-020-57687-3
- Tindall HD(1983) Vegetables in the tropics. Palgrave: McMillan AVI. pp325-327
- Venskutonis PR, Kraujalis P(2013) Nutritional components of amaranth seeds and vegetables: a review on composition, properties, and uses. Compr Rev Food Sci Food Saf 12(4), 381-412. doi:10.1111/1541-4337.12021
- Wungaarden DV(1967) Modified rapid preparation of fatty acid esters from lipids for gas chromatographic analysis. Anal Chem 39(7), 848-849