



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

2021년 2월

교육학석사(영양교육)학위논문

# 건조 방법에 따른 부지깅이 나물의 영양성분 및 항산화 활성 비교

조선대학교 교육대학원

영양교육전공

안 인 선

# 건조 방법에 따른 부지깽이 나물의 영양성분 및 항산화 활성 비교

Comparison of Nutritional components and  
Antioxidant Activities of *Erysimum amurense* Kitag  
using Different Drying Methods

2021년 2월

조선대학교 교육대학원

영양교육전공

안 인 선

# 건조 방법에 따른 부지깅이 나물의 영양성분 및 항산화 활성 비교

지도교수 이 주 민

이 논문을 교육학석사(영양교육)학위 청구논문으로 제출함

2020년 10월

조선대학교 교육대학원

영양교육전공

안 인 선

안인선의 교육학 석사학위 논문을 인준함.

심사위원장 조선대학교 교수 김복희



심사위원 조선대학교 교수 이재준



심사위원 조선대학교 교수 이주민



2020년 12월

조선대학교 교육대학원

## < 목 차 >

### ABSTRACT

제 1장 서 론 ..... 1

제 2장 연구방법 ..... 4

- 1. 실험재료 ..... 4
- 2. 시료추출 ..... 4
- 3. 일반성분 분석 ..... 5
- 4. 구성 아미노산 분석 ..... 5
- 5. 유기산 분석 ..... 6
- 6. 지방산 분석 ..... 6
- 7. 무기질 분석 ..... 7
- 8. 총 polyphenol 함량 측정 ..... 7
- 9. 총 flavonoid 함량 측정 ..... 8
- 10. DPPH 라디칼 소거능 ..... 8
- 11. ABTS<sup>+</sup> 라디칼 소거능 ..... 9
- 12. Reducing Power ..... 9
- 13. FRAP ..... 10
- 14. 통계처리 ..... 10

|  |    |
|--|----|
| 제 3장 연구결과 및 고찰 .....                   | 11 |
| 1. 일반성분 분석 .....                       | 11 |
| 2. 구성아미노산 분석 .....                     | 13 |
| 3. 유기산 분석 .....                        | 16 |
| 4. 지방산 분석 .....                        | 18 |
| 5. 무기질 분석 .....                        | 20 |
| 6. 총 Polyphenol 및 총 Flavonoid 함량 ..... | 22 |
| 7. DPPH 라디칼 소거능 .....                  | 24 |
| 8. ABTS <sup>+</sup> 라디칼 소거능 .....     | 26 |
| 9. Reducing Power .....                | 28 |
| 10. FRAP .....                         | 30 |
| <br>                                   |    |
| 제 4장 요약 및 결론 .....                     | 32 |
| <br>                                   |    |
| 참 고 문 헌 .....                          | 34 |

## LIST OF TABLES

Table 1. proximate compositions of *Erysimum amurense Kitag* treated with hot air dried or freeze dried methods ..... 12

Table 2. Contents of free amino acids in hot air dried or freeze dried *Erysimum amurense Kitag* ..... 14

Table 3. Contents of organic acids in hot air dried or freeze dried *Erysimum amurense Kitag* ..... 17

Table 4. Contents of fatty acids in hot air dried or freeze dried *Erysimum amurense Kitag* ..... 19

Table 5. Contents of minerals in hot air dried or freeze dried *Erysimum amurense Kitag* ..... 21

Table 6. Total polyphenol and total contents of freeze dried and hot air dried *Erysimum amurense Kitag* ..... 23

Table 7. Ferric reducing antioxidant power of hot air dried and freeze dried *Erysimum amurense Kitag* ..... 31



## LIST OF FIGURES

Figure 1. DPPH radical-scavenging activity of freeze dried and hot air dried *Erysimum amurense Kitag* ..... 25

Figure 2. ABTS<sup>+</sup> radical-scavenging activity of freeze dried and hot air dried *Erysimum amurense Kitag* ..... 27

Figure 3. Reducing power of freeze dried and hot air dried *Erysimum amurense Kitag* ..... 29

## ABSTRACT

### Comparison of Nutritional components and Antioxidant Activities of *Erysimum amurense Kitag* using Different Drying Methods

An In Seon

Advisor : Prof. Joo min Lee PhD.

Major in Nutrition Education

Graduate School of Education Chosun University

This study investigated the effects of drying methods (hot air or freeze drying) on the nutritional components and antioxidant activities of *Erysimum amurense Kitag* (EK). The crude ash and carbohydrate contents of the freeze dried sample were higher than those of the hot air dried sample; but, the content of crude protein in the hot air dried sample was higher than in the freeze dried sample. The contents of essential amino acids and non-essential amino acids were higher in the hot air dried sample than in the freeze dried sample. Total contents of organic acids in the freeze dried sample were higher those in the hot air dried sample. Total saturated fatty acids and Mono unsaturated fatty acids had high hot air drying samples, and Polyunsaturated fatty acids had high frozen dry samples. Total mineral contents in the hot air dried sample were higher than those in the freeze dried sample. The major minerals were K, Ca in the two different drying methods. The total polyphenol contents and total flavonoid contents in the freeze dried sample were higher than those in the hot air dried sample.

The radical scavenging activity of DPPH contents in the freeze dried sample were higher than those in the hot air dried sample. The radical scavenging activity of ABTS<sup>+</sup> contents in the freeze dried sample were higher than those in the hot air dried sample. The reducing power contents in the freeze dried sample were higher than those in the hot air dried sample. The Ferric reducing antioxidant power contents in the hot air dried sample were higher than those in the freeze dried sample. These results showed that the two different drying methods affected the nutrient contents and antioxidant activities of the *Erysimum amurense* Kitag. Therefore, it is expected that extract of in the freeze dried sample will be highly utilized as antioxidant components are shown to be excellent.

Key words : *Erysimum amurense* Kitag, physiological activities, drying method, antioxidant activity

# I. 서론

현대사회는 질병의 예방, 노화의 지연을 원하는 현대인의 식품과 의약품 섭취에 대한 요구가 높아지고 있는 추세이며, 의학이 발전됨에 따라 우리 사회는 고령 사회로 점차 진입하고 있다(1). 또한 현대인의 식생활로 인하여 건강을 해치는 암, 심혈관 질환, 비만, 당뇨 등과 같은 만성 질환이 증가하고 있으며, 이 만성 질환은 체내에서 화학적 반응이 뛰어나는 산소를 포함하는 분자인 활성산소(Reactive Oxygen Species)와 유리라디칼(free radical)이 체내에 증가하면서 생기는 것으로 알려져 있다(2). 산소는 생명을 유지하기 위해 필수적인 요소이지만 산소의 부산물인 활성산소는 반응력이 매우 커서 세포를 손상시켜 지질산화, 단백질분해, 세포막 손상 등 여러 가지 생리적 기능장애와 질환을 초래할 수 있다. 활성산소의 종류는 초과산화물 라디칼(superoxide anion radical,  $\cdot O_2^-$ ), 초과산화 음이온(superoxide anion), 과산화수소( $H_2O_2$ ), 수산화라디칼(hydroxyl radical,  $HO\cdot$ )이 있으며, 이 활성산소들은 세포를 손상시켜 사람의 노화를 일으키는 것으로 보고되었다. 사람은 들이마시는 산소 중 약 3%를 초과산화물로 만들어내며, 이를 사람의 산소 사용량으로 계산하면 체내에서 초과산화물을 1년에 2 kg 정도 만드는 것과 같다(3). 이러한 활성산소로부터 인체는 자신을 보호하기 위해 글루타치온 퍼옥시다아제(glutathione peroxidase), 카탈라아제(catalase), 슈퍼옥사이드 디스무타아제(superoxide dismutase) 등의 방어기전 시스템을 이용하여 활성산소를 제거하며, 항산화 효소들은 산소, 과산화수소, 유기 과산화수소, 그리고 수산기 등을 제거 또는 약화시킴으로써 항산화 기능을 나타낸다. 하지만 사람의 인체 내에서 활성산소는 빠르게 생성되는데 이것을 전부 제거할 수는 없으며, 체내 항산화 작용과 식품 속에 존재하는 생리 활성을 하는 물질에 대한 관심이 증가하고 있는 추세이며 이에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다(4). 우리의 인체 내에 존재하는 항산화 효소의 경우 성인이 되는 시점에서 점차 감소되어 가기 때문에 외부에서 항산화 물질을 공급해 주어야 한다. 항산화제의 종류로는 합성 항산화제와 천연 항산화제가 있으며, 보통 널리 쓰이는 합성 항산화제는 뷰틸레이트 하이드록시아니솔(butylated hydroxyanisole), 뷰틸레이트 하이드록시톨루엔(butylated hydroxytoluene), 갈산 프로필(propyl gallate) 등이 있으며, 천연 항산화제는 폴리페놀(polyphenol), 플라보노이드(flavonoid), 카로티노이드(carotinoid), 아스코르빈산(ascorbic acid), 토코

페롤(tocopherol) 등이 있다(5). 그러나 합성 항산화제인 BHA, BHT, PG 등은 심혈관 및 위장관에 독성과 발암을 나타낸다고 보고되었고, 천연 항산화제인 토코페롤은 비교적 가격이 높아 널리 쓰이는 데에 문제점이 있다. 따라서 좀 더 안정적이고 효과적인 항산화제 개발이 요구되고 있다. 식품산업 분야 또한 활성산소의 생성을 억제하며 노화를 지연시키는 항산화제에 대해 관심이 높아지고 있는 실정이다(6).

한편 현대에 이르러서 생활환경과 서구화된 식생활로 인하여 비만과 여러 암 발생이 증가하고 있으나, 발생 과정 및 치료에 대해서는 명확한 해답을 찾지 못하고 있는 상황이다(7). 이 중에서도 비만은 세계적으로 당뇨병, 골다공증, 심혈관계 질환 등 대사성 질환을 일으키는 원인으로 대두되고 있다(8). 비만 인구가 증가함에 따라 사회경제적인 비용도 과거에 비해 4배 이상 증가하고 있으며, 정부의 국민 건강 증진 종합계획에 따르면 올해 2020년까지 비만 인구수의 증가 억제를 목표로 설정하고 있다(9). 최근에는 성인 및 유아, 청소년의 비만율도 높아지고 있어서 교육부는 비만 학생을 대상으로 대사증후군 선별 검사를 시행하여 각 학교에 비만 예방 프로그램을 지원한다고 하였다. 비만은 뇌졸중, 고혈압, 고지혈증 등 각종 질병을 유발하거나 발생할 확률이 높은 것으로 나타났다(10). 비만으로 인해 나타나는 여러 질병의 부담을 감소시키기 위해 항비만 연구가 활발하게 진행되고 있다. 임상 연구를 통하여 항비만 약물 중에서 FDA의 승인을 받아 사용하고 있는 약물에는 페터민(phentermine), 시부트라민(sibutramine) 등이 있으며, 향정신성 비만 치료제는 복용 기간을 제한하고, 판매가 중지된 제품도 있다. 또한, 우리나라에서는 비만을 개선하기 위해 향정신성 의약품인 식욕이 억제되는 효과를 나타내는 약물 관련 시장이 크게 확대되고 있으며, 약물에 대한 의존성 및 오남용에 따른 안전성에 대한 문제가 제기되고 있다(11). 따라서 최근에는 천연물을 이용하여 다양한 항비만 효능을 나타내는 카테킨과 같은 페놀산, 플라보노이드, 리놀레산 등의 소재들이 개발되고 있는 추세이다(12,13).

부지깽이(*Erysimum amurense* Kitag)는 십자화과(Cruciferae)에 속한 두 해살이 풀이며 산비탈 메마른 모래자갈땅이나 암석지에 분포하며 여름, 가을철에 채취하여 그늘에 말려 이용한다. 부지깽이의 잎은 어긋나기하고 엽병이 거의 없고, 선형피침형이나 선상 피침형이다. 또 잎의 가장자리는 밋밋하지만 끝은 뾰족하고 잎의 밑부분은 얇은 물결 모양의 톱니가 있으며 길이 4 cm, 폭 5 mm로서 양면에

갈라진 털이 있다.

부지깽이의 꽃은 5-6월에 피고 색은 황색으로 지름 1 cm 의 십자 모양 꽃부리로 줄기 끝에서 총상꽃차례로 달려있고 꽃자루의 길이는 3 mm 정도로 능선이 있다. (14). 본 실험에 사용된 부지깽이는 한의학에서 강심(强心), 이뇨(利尿), 건비(健脾), 소식(消食), 화위(和胃)의 효능을 가지고 부종과 소화불량을 치료한다고 보고되어 있다. 현재까지 부지깽이의 항산화 성분에 관한 연구는 아직 부족한 실정이다. 본 연구에서는 건조방법에 따른 부지깽이 추출물의 식품으로의 이용가능성에 대한 연구의 일환으로서 일반 성분과 항산화활성에 대해 알아보고자 하였다.

## II. 연구방법

### 1. 실험재료

본 연구를 위해 사용한 십자화과 식물인 부지깽이는 2020년 6월 경남 경주에서 구입하여 사용하였다. 세척한 부지깽이를 실온에서 1차 건조한 후, 열풍건조(hot air drying) 및 동결건조(freeze drying)로 나누어 2차 건조하였다. hot air drying을 위해서 부지깽이를 농산물 열풍건조기(GNO12, Hanil GNCO, Jangseong, Korea)를 이용해 60℃에서 40시간 동안 건조시켰다. freeze drying을 위해서 -70℃ 동결건조기(deep freezer)에 부지깽이를 냉동시킨 다음, 동결건조기(ED 8512, Ilshin, Yangju, Korea)를 이용해 72시간 동안 건조시켰다. hot air drying 및 freeze drying 된 시료는 분쇄기(HR1378, Phillips, Karner, Slovenia)를 이용해 100 mesh로 분쇄하였으며, 분말상태가 된 시료를 -70℃ 초저온 냉장고(MDFU52V, Sanyo, Osaka, Japan)에 보관하며 사용하였다.

### 2. 시료추출

hot air drying 및 freeze drying 된 부지깽이 100 g에 80% 에탄올(ethanol) 1.5 L를 첨가하고, 환류 냉각관을 부착한 65℃의 가열용 맨틀(Mtops ms-265, Seoul, Korea)에서 3시간씩 총 3회 반복하여 추출한다. 이후 부지깽이 추출액을 와트만 거름종이(Whatman No.2)를 사용하여 여과하였다. 추출된 여액은 40℃ 수욕 상에서 회전진공농축기 (EYELA VACUUM NVC-1100, Tokyo, Japan)를 이용하여 용매를 제거하였고, 감압·농축하여 동결 건조시켰다. 시료는 산화 방지를 위해서 -70℃에 냉동 보관하며 본 실험을 위해 사용하였다.

### 3. 일반성분 분석

부지깽이 Hot air drying 추출물과 부지깽이 Freeze drying 추출물의 일반성분은 Association of Official Analytical Chemists 법(15)을 이용하였다. 수분 함량은 상압가열(105℃) 건조법, 조지방은 Soxhlet 추출법, 조회분은 550~600℃ 직접 회화법으로 분석하였다. 조단백질의 분석은 원소분석기(Thermo Quest, Flash 2000, Milan, Italy)를 이용하였다. 조단백질은 원소분석기를 이용하여 전질소량을 정량하였고, 정량한 값에 6.25(질소계수)를 곱하여 조단백질로 하였다. 탄수화물은 100에서 수분, 조지방, 조회분, 조단백질의 값을 제외한 값으로 표시하였다.

### 4. 구성 아미노산 분석

부지깽이 Hot air drying 추출물과 부지깽이 Freeze drying 추출물의 구성 아미노산의 분석방법은 단백질 분해관에 건조한 시료 0.5 g과 6N HCl 3 mL를 혼합하고 탈기한 후, 121℃에서 24시간 동안 가수분해하였다. glass filter로 여액을 여과한 후에 회전진공농축기(rotary vacuum evaporator)로 감압 후 농축하고 나트륨 인산염 완충액 (pH 7.0)을 이용하여 10 mL로 정용하였다. 이 중 용액 1 mL를 정용하여 membrane filter (0.2 μm)로 여과하고 amino acid autoanalyzer(S433-H, SYKAM, Eresing, Germany)를 이용해 분석하였다.



## 5. 유기산 분석

부지깽이 Hot air drying 추출물과 부지깽이 Freeze drying 추출물의 유기산 분석 방법은 유기산 시료를 0.5 g 취해 cap이 달린 삼각플라스크에 넣은 후, 증류수 20 mL을 가하고 80°C 이상의 수욕 상에서 4시간 동안 가열시킨다. 그 후 와트만 여과지(1  $\mu\text{m}$ )를 이용하여 여과하고 30 mL로 정용한 후, 이를 와트만 여과지(0.45  $\mu\text{m}$ )로 여과하였다. Prominence HPLC(Shimadzu, Kyoto, Japan)를 사용하여 유기산을 분석하였다.

## 6. 지방산 분석

부지깽이 Hot air drying 추출물과 부지깽이 Freeze drying 추출물의 지방산 조성 분석은 Wungaarden(16)의 방법에 따라 분석하였다. 시료 2 g을 원통 여과지에 넣고 클로로포름(chloroform)-메탄올(methanol)로 추출·여과한 후, 감압·농축시키고 중량법으로 함량을 측정하였다. 추출한 시료를 약 100 mg을 정용하여 가지형 플라스크에 취하고 1N-수산화칼륨·에탄올 용액 4 mL를 섞어서 교반하였다. 유지 방울이 없어질 때 14% 삼불화붕소-메탄올 5 mL를 가한 뒤 환류냉각기(reflux condenser)를 부착하여 5분간 80°C에서 가열하여 메틸에스테르(methylester)화 하였다. 용액에 NaCl 포화용액 3 mL를 첨가하고, 다시 hexane 1 mL를 첨가하고 흔들어 섞은 뒤 시험관에 옮겨 방치하였고, 상층을 분리하여 채취한 뒤 무수  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 를 넣어 탈수하여 0.5 mL를 유리병에 채취하였다. 이것을 시험 용액으로 하였고, 가스 크로마토그래피(GC-17A, Shimadzu, Kyoto, Japan)로 분석하였다.

## 7. 무기질 분석

부지깻이 Hot air drying 추출물과 부지깻이 Freeze drying 추출물의 구성 무기질 분석 방법은 A.O.A.C.방법(14)에 준하여 실시하였다. 시료 0.5 g에 20% 질산(HNO<sub>3</sub>) 10 mL와 60% HClO<sub>4</sub> 3 mL 가하여 이 시료가 투명하게 변할 때까지 가열하였다. 그 후 0.5 M 질산(HNO<sub>3</sub>)을 이용하여 50 mL를 취하여 각 항목별로 나눠진 표준 용액을 혼합하였고, 유리병에 8 mL씩 취하여 표준용액으로 하였다. 그 후 0.5 M 질산(HNO<sub>3</sub>)을 대조군으로 하였고, 유도결합플라즈마 분광분석기(ICP-OES, Perkin Elmer, Massachusetts, USA)를 이용하여 측정하였다.

## 8. 총 polyphenol 함량 측정

부지깻이 Hot air drying 추출물과 부지깻이 Freeze drying 추출물의 총 폴리페놀(polyphenol) 함량은 Folin-Denis법(17)에 따라서 측정하였고, 추출물의 농도는 10 mg/mL 농도로 하여 사용하였다. 부지깻이 Hot air drying 추출물과 부지깻이 Freeze drying 추출물에 각각 0.2 mL와 Folin reagent 0.2 mL를 혼합하여 실온에서 3분간 정착한 다음 10% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 0.4 mL을 첨가한 후 암소에서 40분간 정착하고, 96 well plate에 0.2 mL 씩 넣은 후 자외선분광기(Bio-rad, Hercules, CA, USA)를 이용하여 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질은 tannic acid를 이용하여 표준 검량곡선을 적용하여 추출물의 총 polyphenol 함량을 산출하였다.

## 9. 총 flavonoid 함량 측정

부지깽이 Hot air drying 추출물과 부지깽이 Freeze drying 추출물의 총 flavonoid 함량 측정은 Davis법을 변형하여 Chae et al.의 방법(18)에 따라 측정하였고, 추출물의 농도는 10 mg/mL 농도로 하여 사용하였다. 부지깽이 Hot air drying 추출물과 부지깽이 Freeze drying 추출물에 각각 0.5 mL와 디에틸렌글리콜(diethylene glycol)을 0.5 mL를 첨가한 후, 1 N 수산화나트륨 10  $\mu$ L을 넣고 37°C 가열블록(heating block)에서 1시간 동안을 반응시켰다. 그 후 96 well plate에 0.2 mL 씩 넣은 후 자외선분광기(Bio-rad, Hercules, CA, USA)를 사용하여 415 nm로 흡광도를 측정하였다. 표준물질은 rutin을 이용하여 표준 검량곡선을 적용하여 추출물의 총 flavonoid 함량을 산출하였다.

## 10. DPPH 라디칼 소거능

부지깽이 Hot air drying 추출물과 부지깽이 Freeze drying 추출물의 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl(DPPH) 라디칼 소거능 측정방법은 Blois 방법(19)에 따라 다음과 같이 측정하였고, 추출물은 농도별로 0.125mg/mL, 0.25mg/mL, 0.5mg/mL, 1.0mg/mL로 하여 사용하였다. 0.2 mM DPPH 시약(Sigma, St. Louis, MO, USA)을 450  $\mu$ L 취하에 농도별 시료를 각 50  $\mu$ L를 첨가하였고, 시료 무첨가 군은 0.2 mM DPPH 시약(Sigma, St. Louis, MO, USA) 450  $\mu$ L에 ethanol 50  $\mu$ L를 첨가하여 사용하였다. 대조군으로는 1000ppm BHA와 Ascorbic acid를 사용하였다. 만들어진 각 시료는 37°C 가열 블록에 30분간 반응시켰다. 96 well plate에 200  $\mu$ L씩 분주하여 자외선 분광기(Bio-Rad, Hercules, CA, USA)를 사용해 595 nm로 흡광도를 분석하였다.

## 11. ABTS<sup>+</sup> 라디칼 소거능

부지깽이 Hot air drying 추출물과 부지깽이 Freeze drying 추출물의 2,2'-Azinobis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid(ABTS) radical 소거능 측정방법은 Re의 방법(20)을 변형하여 다음과 같이 측정하였다. 추출물은 농도별로 0.125mg/mL, 0.25mg/mL, 0.5mg/mL 로 하였고, 7 mM ABTS와 2.4 mM potassium persulfate를 각각 1 : 1로 혼합한 다음, 실온의 암소에서 24시간 동안 방치하고 라디칼의 생성을 유도하였다. 반응이 끝난 ABTS<sup>+</sup> 라디칼 용액을 750 nm에서 측정한 흡광도 값이 0.7~1.0 ± 0.02 정도가 되도록 희석하여 사용하였다. 희석한 ABTS<sup>+</sup> 라디칼 용액 450 µL와 부지깽이 Hot air drying 추출물과 부지깽이 Freeze drying 추출물을 각각 50 µL을 혼합하여 사용하였고, 시료 무첨가 군은 ABTS<sup>+</sup> 라디칼 용액 450 µL에 methanol 50 µL을 혼합하여 사용하였다. 만들어진 각 시료는 heating block 37°C에서 30분간 반응시킨 UV-spectrophotometer(Bio-rad, Hercules, CA, USA)를 사용하여 750 nm로 흡광도를 측정하여 ABTS 라디칼 소거능을 분석하였다.

## 12. Reducing Power

Reducing Power는 Oyaizu(21)의 방법을 변형하여 다음과 같이 측정하였고, 추출물은 농도별로 0.125mg/mL, 0.25mg/mL, 0.5mg/mL, 1.0mg/mL로 하여 사용하였다. 부지깽이 Hot air drying 추출물과 부지깽이 Freeze drying 추출물 각각 200 µL에 0.2M 인산 완충액(pH 6.6) 200 µL와 1% potassium ferricyanide 200 µL를 첨가하여 50°C에서 20분 동안 방치하였다. 10% 트라이클로로아세트산(trichloroacetic acid) 200 µL를 첨가하고 5분 동안 14,000 rpm에서 원심 분리하였다. 원심 분리한 상층액 300 µL, 증류수 300 µL와 0.1% ferric chloride 40 µL를 혼합하여 실온에서 10분 동안 반응시키고 655 nm에서 흡광도를 측정하였다.

## 13. FRAP

FRAP assay는 변형한 Benzie&Strain(22)의 방법을 사용하여 다음과 같이 측정하였다. 300mM 나트륨 아세테이트 완충액(ph 3.6)(Sigma-Aldrich, Louis, MO, USA), 10mM 2,4,6-tris(2-pyridyl)-s-triazine(TPTZ)(Sigma-Aldrich, Louis, MO, USA), 20 mM 염화제2철(Sigma-Aldrich, Louis, MO, USA)의 각 시약을 10:1:1 비율로 혼합하였고 추출물을 10 mg/mL 농도로 하여 FRAP reagent로 사용하였다. 농도별 시료 10  $\mu$ L과 증류수 90  $\mu$ L, FRAP reagent 200  $\mu$ L 모두를 혼합하여 암소에서 30분 동안 반응시킨 후 595 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준 물질은 Iron sulfate hexahydrate(Sigma-Aldrich, Louis, MO, USA)로 하였고, 표준 검량곡선을 적용하여 추출물 1 mg에 함유되어있는 iron sulfate hexahydrate의  $\mu$ M 함량으로 나타내었다.

## 14. 통계처리

본 연구에서 실시한 모든 실험은 3회 반복하여 독립적으로 시행하였다. 각 실험의 측정을 통한 결과는 평균(mean)과 값에 따른 표준 편차(SD)로 나타내었고, 각 실험군에 따른 유의성 검증에 사용한 방법은 GraphPad Prism 5 program (GraphPad Software, Inc., La Jolla, CA, USA)의 방법을 사용하였다. 실험에 사용한 각 시료들 간의 통계적인 유의성은  $p < 0.05$  수준으로 Student *t*-test를 사용하여 유의성을 검정하였다.

### Ⅲ. 연구결과 및 고찰

#### 1. 일반성분 분석

부지깽이 Hot air drying 추출물과 부지깽이 Freeze drying 추출물의 일반성분을 분석한 결과는 Table 1과 같다. 부지깽이 Hot air drying 추출물의 일반성분 함량은 수분 4.34%, 조회분 10.19%, 조단백질 22.26%, 조지방 0.83%, 탄수화물 52.24%로 나타났고, 부지깽이 Freeze drying 추출물의 일반성분 함량은 수분 4.33%, 조회분 11.23%, 조단백질 16.90%, 조지방 1.78%, 탄수화물 59.54%로 나타났다. 부지깽이와 같은 십자화과 식물인 적겨자잎의 일반성분 분석은 적겨자잎의 Hot air drying 추출물은 수분 4.19%이고, 조회분 21.30%, 조단백질 37.06%, 조지방 3.57%, 탄수화물 31.78%로 나타났고, 적겨자잎의 Freeze drying 추출물은 수분 4.23%, 조회분 20.66%, 조단백질 43.09%, 조지방 3.25%, 탄수화물 27.00%로 나타났다. 부지깽이와 같은 십자화과 식물인 적겨자잎의 탄수화물은 각각 31.78%, 27.00%로 부지깽이의 탄수화물 함량이 더 높은 것으로 나타났으며, 적겨자잎의 조회분, 조단백질, 조지방의 함량은 본 연구와 차이를 보였다(23).

Table 1. Proximate compositions of *Erysimum amurense* Kitag treated with hot air dried or freeze dried methods

(Dry Matter Basis, %)

| Composition   | Hot air drying | Freeze drying |
|---------------|----------------|---------------|
| Moisture      | 4.34 ± 0.09    | 4.33 ± 0.15   |
| Crude ash     | 10.19 ± 0.16   | 11.23 ± 1.06  |
| Crude protein | 22.26 ± 0.67   | 16.90 ± 0.36* |
| Crude fat     | 0.83 ± 0.07*   | 1.78 ± 0.20   |
| Carbohydrate  | 52.24 ± 0.97*  | 59.54 ± 1.32  |

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

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

## 2. 구성 아미노산 분석

부지깽이 Hot air drying 추출물과 부지깽이 Freeze drying 추출물의 구성 아미노산 함량은 Table 2와 같다. 부지깽이 Hot air drying 추출물과 부지깽이 Freeze drying 추출물의 구성 아미노산 검출은 8종의 필수아미노산과 8종의 비필수아미노산이 검출되어 총 아미노산 16종이 검출되었다. 부지깽이 Hot air drying 추출물의 필수아미노산 비율은 52.24%이며, 부지깽이 Freeze drying 추출물의 필수아미노산 비율은 48.44%로 나타났다. 필수아미노산의 총 함량은 부지깽이 Hot air drying 추출물은 5244.31 mg/100g이며, 부지깽이 Freeze drying 추출물은 4695.08 mg/100g 으로 나타났다. 필수아미노산의 함량은 Lysine을 제외하고 부지깽이 Freeze drying 추출물에 비해 부지깽이 Hot air drying 추출물이 높게 나타났다. 또한 부지깽이 Hot air drying 추출물과 부지깽이 Freeze drying 추출물에서는 Leucine의 함량이 각각 1051.25 mg/100g, 928.52 mg/100g 으로 가장 많이 검출되었으며, Methionine이 각각 182.68 mg/100g, 139.32 mg/100g 으로 가장 적게 검출되었다. 비필수 아미노산의 총 함량은 부지깽이 Hot air drying 추출물은 10038.47 mg/100g이며, 부지깽이 Freeze drying 추출물은 9691.82 mg/100g 으로 나타났다. 비필수 아미노산의 함량은 Glutamic acid, Proline을 제외하고 부지깽이 Freeze drying 추출물에 비해 부지깽이 Hot air drying 추출물이 높게 나타났다. 또한 부지깽이 Hot air drying 추출물과 부지깽이 Freeze drying 추출물에서는 Proline의 함량이 각각 2333.83 mg/100g, 2655.56 mg/100g 으로 가장 많이 검출되었으며, Tryosine이 각각 428.01 mg/100g, 379.91 mg/100g 으로 가장 적게 검출되었다. 부지깽이와 같은 십자화과인 적겨자잎은 Hot air drying 및 Freeze drying 한 필수아미노산 함량이 각각 8317.47 mg/100g과 6123.27 mg/100g 이었다. 구성 아미노산을 분석한 결과, Freeze drying, Hot air drying 모두에서 적겨자잎은 glutamic acid, aspartic acid 순으로 높은 함량을 보였다(23). 또한 갓김치의 구성 아미노산의 결과는 필수아미노산인 류신, 발린, 리신과 비필수 아미노산인 글루탐산, 아스파르트산, 알라닌 순으로 많이 검출되어 본 연구결과와 차이를 보였다(24).



Table 2. Contents of free amino acids in hot air dried or freeze dried *Erysimum amurense* Kitag

(mg/100g)

| Amino acid              | Hot air drying  | Freeze drying    |
|-------------------------|-----------------|------------------|
| Essential               |                 |                  |
| Threonine               | 722.58 ± 4.47   | 669.59 ± 16.97*  |
| Valine                  | 826.07 ± 5.33   | 730.74 ± 6.14*   |
| Methionine              | 182.68 ± 5.53   | 139.32 ± 3.77*   |
| Isoleucine              | 604.41 ± 4.15   | 546.37 ± 5.53*   |
| Leucine                 | 1051.25 ± 5.98  | 928.52 ± 7.71*   |
| Phenylalanine           | 818.45 ± 7.68   | 675.44 ± 13.73*  |
| Histidine               | 349.92 ± 1.88   | 311.60 ± 3.08*   |
| Lysine                  | 688.95 ± 8.48   | 693.50 ± 1.32    |
| Total EAA <sup>1)</sup> | 5244.31         | 4695.08          |
| Non-essential           |                 |                  |
| Aspartic acid           | 2204.40 ± 12.57 | 2011.00 ± 11.84* |
| Serine                  | 674.81 ± 5.01   | 654.38 ± 8.18*   |
| Glutamic acid           | 1609.82 ± 9.72  | 1662.14 ± 13.34* |
| Proline                 | 2333.83 ± 29.30 | 2655.56 ± 18.95* |
| Glycine                 | 747.23 ± 6.27   | 658.80 ± 8.27*   |
| Alanine                 | 791.58 ± 2.74   | 608.27 ± 2.84*   |
| Tryosine                | 428.01 ± 2.65   | 379.91 ± 4.87*   |

|                        |                |                 |
|------------------------|----------------|-----------------|
| Arginine               | 1248.79 ± 7.83 | 1061.76 ± 7.12* |
| Total AA <sup>2)</sup> | 10038.47       | 9691.82         |
| EAA/AA(%)              | 52.24          | 48.44           |

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

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

<sup>3)</sup>N.D.: Not detected.

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

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

### 3. 유기산 분석

부지깽이 Hot air drying 추출물과 부지깽이 Freeze drying 추출물의 유기산 함량을 분석한 결과는 Table 3과 같다. 부지깽이 Hot air drying 추출물과 부지깽이 Freeze drying 추출물 모두 citric acid, malic acid, succinic acid, formic acid, acetic acid, tartaric acid의 총 6가지 유기산이 검출되었다. 총 유기산의 함량은 부지깽이 Hot air drying 추출물은 27984.76 ppm, 부지깽이 Freeze drying 추출물은 32038.07 ppm 이었다. 부지깽이 Hot air drying 추출물에서 검출된 주요 유기산은 malic acid 13019.41 ppm, citric acid 8753.67 ppm, tartaric acid 4728.80 ppm 이었으며, acetic acid, succinic acid, formic acid 순으로 검출되었다. 부지깽이 Freeze drying 추출물에서 검출된 주요 유기산은 malic acid 15973.34 ppm, citric acid 10040.61 ppm, tartaric acid 4659.98 ppm 이었으며, succinic acid, formic acid, acetic acid 순으로 검출되었다. 이는 Seon et al. (25)의 Freeze drying법에 의한 결구배추의 유기산 함량과 유사하다. 본 연구에서는 부지깽이 Hot air drying 추출물의 유기산 함량에 비해 부지깽이 Freeze drying 추출물의 유기산 함량이 유의적으로 높게 나타났으며, 부지깽이를 비롯하여 다른 십자화과 식물들의 주요 유기산이 malic acid이라는 점을 확인할 수 있었다.

Table 3. Contents of organic acids in hot air dried or freeze dried *Erysimum amurense* Kitag

(ppm)

| Organic acids | Hot air drying  | Freeze drying    |
|---------------|-----------------|------------------|
| Citric acid   | 8753.67 ± 4.04  | 10040.61 ± 4.11* |
| Malic acid    | 13019.41 ± 5.10 | 15973.34 ± 8.50* |
| Succinic acid | 971.98 ± 1.97   | 846.65 ± 6.10*   |
| Formic acid   | 374.34 ± 6.65   | 436.69 ± 5.79*   |
| Acetic acid   | 136.55 ± 2.69   | 80.80 ± 1.31*    |
| Tartaric acid | 4728.80 ± 8.38  | 4659.98 ± 9.98*  |
| Total         | 27984.76        | 32038.07         |

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

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

## 4. 지방산 분석

부지깽이 Hot air drying 추출물과 부지깽이 Freeze drying 추출물의 지방산 조성은 Table 4와 같다. 부지깽이 Hot air drying 추출물과 부지깽이 Freeze drying 추출물 모두에서 지방산 조성은 포화지방산 7종, 단일불포화지방산 2종, 다가불포화지방산 3종으로 총 11종의 지방산이 검출되었다. 부지깽이 Hot air drying 추출물과 부지깽이 Freeze drying 추출물의 포화지방산은 palmitic acid의 함량이 각각 25.78 g/100g, 21.54 g/100g 로 가장 높았고, stearic acid, heptadecanoic acid 순으로 많이 검출되었다. 또한 myristic acid, arachidic acid, lignoceric acid는 부지깽이 Freeze drying 추출물에 비해 부지깽이 Hot air drying 추출물에서 유의적으로 높은 함량을 나타내었다. 단일불포화지방산의 함량은 oleic acid, cis-11-eicosenoic acid 가 부지깽이 Freeze drying 추출물에 비해 부지깽이 Hot air drying 추출물에서 유의적으로 높은 함량을 나타내었다. 다가불포화지방산 함량은 부지깽이 Hot air drying 추출물과 부지깽이 Freeze drying 추출물에서 모두 linolenic acid, linoleic acid 순으로 검출되었고, 부지깽이 Hot air drying 추출물보다 부지깽이 Freeze drying 추출물에서 유의적으로 높은 함량을 보였다. 유채박의 지방산 함량은 본 연구결과와 함량의 차이를 보였으나, palmitic acid (3.1 g/100g), oleic acid (36.7 g/100g), linoleic acid (16.2 g/100g) 등이 검출되었다고 보고되었다(26). 본 연구결과, 부지깽이 Hot air drying 추출물과 부지깽이 Freeze drying 추출물 모두에서 총 지방산의 비율 중 불포화지방산의 비율이 60% 이상을 차지하므로, 건조법에 상관없이 부지깽이가 영양학적으로 우수함을 보여주었다고 할 수 있겠다.

Table 4. Contents of fatty acids in hot air dried or freeze dried *Erysimum amurense* Kitag

(g/100g total fatty acids)

| Fatty acids                    | Hot air drying | Freeze drying |
|--------------------------------|----------------|---------------|
| Myristic acid (C14:0)          | 0.69 ± 0.03    | 0.33 ± 0.01*  |
| Pentadecanoic acid (C15:0)     | 0.28 ± 0.04    | 0.35 ± 0.05   |
| Palmitic acid (C16:0)          | 25.78 ± 0.47   | 21.54 ± 0.50* |
| Heptadecanoic acid (C17:0)     | 3.60 ± 0.10    | 3.13 ± 0.11*  |
| Stearic acid (C18:0)           | 4.76 ± 0.24    | 4.59 ± 0.09   |
| Arachidic acid (C20:0)         | 1.11 ± 0.12    | 0.92 ± 0.08   |
| Lignoceric acid (C24:0)        | 0.84 ± 0.03    | 0.83 ± 0.03   |
| <b>Saturated</b>               | <b>36.16</b>   | <b>32.07</b>  |
| Oleic acid (C18:1n9c)          | 4.08 ± 0.07    | 3.67 ± 0.06*  |
| cis-11-Eicosenoic acid (C20:1) | 0.85 ± 0.05    | 0.71 ± 0.02*  |
| <b>Monounsaturated</b>         | <b>5.02</b>    | <b>4.46</b>   |
| Linoleic acid (C18:2n6c)       | 20.55 ± 0.48   | 21.02 ± 0.14  |
| Linolenic acid (C18:3n3)       | 37.82 ± 0.28   | 42.43 ± 0.51* |
| <b>Polyunsaturated</b>         | <b>58.82</b>   | <b>63.48</b>  |
| <b>Total</b>                   | <b>100.00</b>  | <b>100.01</b> |

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

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

## 5. 무기질 분석

무기질은 체내 여러 생리 기능의 조절 및 유지하는데 필수적이다. 또 무기질은 식품을 통하여 섭취하는 것이 매우 중요한 영양소다(27). 부지깽이 Hot air drying 추출물과 부지깽이 Freeze drying 추출물의 무기질 함량은 Table 5와 같다. 총 8종의 무기질이 검출되었고, 총 무기질의 함량은 부지깽이 Hot air drying 추출물은 5763.90 mg/100g, 부지깽이 Freeze drying 추출물은 5220.98 mg/100g 으로 부지깽이 Hot air drying 추출물에서 높은 함량을 나타내었다. 부지깽이 Hot air drying 추출물의 경우, K(칼륨) 함량이 4586.79 mg/100g으로 가장 많이 검출되었다. 그 밖의 무기질은 Ca(칼슘), Na(나트륨), Mg(마그네슘), Fe(철), Zn(아연), Mn(망간), Cu(구리) 순으로 검출되었다. 부지깽이 Freeze drying 추출물의 경우도 K 함량이 4308.90 mg/100g으로 가장 많이 검출되었다. 그 밖의 무기질은 Ca, Na 순으로 검출되었다. 순무 싹(28)의 무기질 조성 및 함량을 측정한 결과, K 882.50 mg/100g, Mg 342.85 mg/100g, Ca 274.30 mg/100g, Na 188.45 mg/100g, Fe 7.52 mg/100g, Zn 7.22 mg/100g, Mn 2.75 mg/100g, Cu 0.98 mg/100g의 함량을 나타내어 부지깽이의 건조 방법에 따른 무기질 조성차이가 있음을 알 수 있다. 브로콜리 싹(29)의 경우는 K 794.16 mg/100g, Mg 369.96 mg/100g, Na 16.24 mg/100g, Fe 6.61 mg/100g, Zn 5.43 mg/100g, Mn 2.36 mg/100g, Cu 0.34 mg/100g으로 보고하였다. 고추냉이 잎(30)의 무기질 함량을 분석한 결과, K 5.96 mg/100g, Ca 1.79 mg/100g으로 본 연구결과와 다소 차이를 보였다. 이상의 결과들로 볼 때, 부지깽이 Hot air drying 추출물과 부지깽이 Freeze drying 추출물은 다른 십자화과 무기질 함량보다 K와 Ca의 함량이 높은 것을 알 수 있다.

Table 5. Contents of minerals in hot air dried or freeze dried *Erysimum amurense* Kitag

(mg/100g)

| Minerals | Hot air drying | Freeze drying    |
|----------|----------------|------------------|
| Ca       | 844.67 ± 4.05  | 892.46 ± 2.13*   |
| K        | 4586.79 ± 5.88 | 4308.90 ± 16.37* |
| Mg       | 158.35 ± 2.90  | 146.18 ± 5.35*   |
| Fe       | 5.96 ± 0.08    | 6.11 ± 0.09      |
| Na       | 163.62 ± 3.14  | 163.56 ± 5.68    |
| Mn       | 1.09 ± 0.08    | 1.06 ± 0.14      |
| Cu       | 0.75 ± 0.06    | 0.44 ± 0.03*     |
| Zn       | 2.67 ± 0.21    | 2.27 ± 0.24      |
| Total    | 5763.90        | 5520.98          |

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

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



## 6. 총 Polyphenol 및 총 Flavonoid 함량

식물에서 발견되는 대표적인 항산화성 물질인 Polyphenol과 flavonoid는 항암과 항균과 같은 다양한 생리 활성 기능을 한다고 알려져 있다(31). Polyphenol은 페놀 화합물의 벤젠고리에 phenolic hydroxyl기를 가지고 있으며, hydroxy기(-OH)가 자유라디칼과 결합하여 공명 구조의 페녹시 라디칼(phenoxy radical)을 형성하여 직접 자유라디칼을 제거하거나 항산화 효소와 함께 간접적으로 자유라디칼을 소거한다(32). flavonoid는 식물성 Polyphenol의 가장 큰 화합물 부류이며 약 4000개의 화합물로 이루어진 노란색 계열의 항산화 물질 화합물이다. 천연에 존재하며, 화학적 구조 차이에 의해 flavonol, flavanone, flavone, isoflavone, anthocyanidin 등으로 분류되며, 생리 활성, 분포, 대사에 차이가 있으며 효능에도 차이가 있다(33).

본 연구에서는 부지깽이 Hot air drying 추출물과 부지깽이 Freeze drying 추출물의 총 폴리페놀(polyphenol)과 총 플라보노이드(flavonoid)의 함량 측정을 위해 기준물질로 각각 타닌산(tannic acid)와 루틴(rutin)을 사용하였으며, 그 결과를 Table 6에 나타내었다. 총 polyphenol의 함량은 부지깽이 Hot air drying 추출물은 143.74 mg TAE/g, 부지깽이 Freeze drying 추출물은 159.07 mg TAE/g으로 나타났으며, 총 flavonoid의 함량은 부지깽이 Hot air drying 추출물은 120.50 mg RE/g, 부지깽이 Freeze drying 추출물은 190.82 mg RE/g으로 부지깽이 Hot air drying 추출물에 대비하여 부지깽이 Freeze drying 추출물에서 총 폴리페놀(polyphenol)과 총 플라보노이드(flavonoid)의 함량이 유의적으로 높게 나타났다( $p < 0.05$ ). 부지깽이와 같은 십자화과인 다른 식물들의 Freeze Drying 추출물에 따른 함량은 무순은 총 polyphenol의 함량이 24.40 TAE/g, 총 flavonoid의 함량은 15.30 RE/g인 것을 알 수 있다(34). 또 콜라비는 polyphenol의 함량이 23.97 TAE/g, 총 flavonoid의 함량은 13.08 RE/g인 것을 알 수 있다(34).

폴리페놀(polyphenol) 화합물은 식물계에 널리 분포되어 있으며 다수의 phenolic hydroxyl(-OH)를 포함하여 여러 화합물과 쉽게 결합하여 항산화 효과와 항암 및 항균 효과 등을 나타낸다(35,36). 플라보노이드(flavonoid)는 polyphenol에 속하는 성분으로 C6-C3-C6를 기본 구조로 하는 페놀계 화합물의 총칭이며, 활성산소종을 제거하는 역할이 효과적이라고 알려져 있다(37). 본 연구를 통해 부지깽이의 총 polyphenol 함량과 총 flavonoid 함량이 같은 십자화과 다른 식물들에 비해 높은 것을 알 수 있었다.

Table 6. Total polyphenol and total contents of freeze dried and hot air dried *Erysimum amurense* Kitag

|                             | Hot air drying              | Freeze drying |
|-----------------------------|-----------------------------|---------------|
| Total polyphenol (mg TAE/g) | 143.74 ± 2.35 <sup>*</sup>  | 159.07 ± 2.45 |
| Total flavonoid (mg RE/g)   | 120.50 ± 4.67 <sup>**</sup> | 190.82 ± 4.33 |

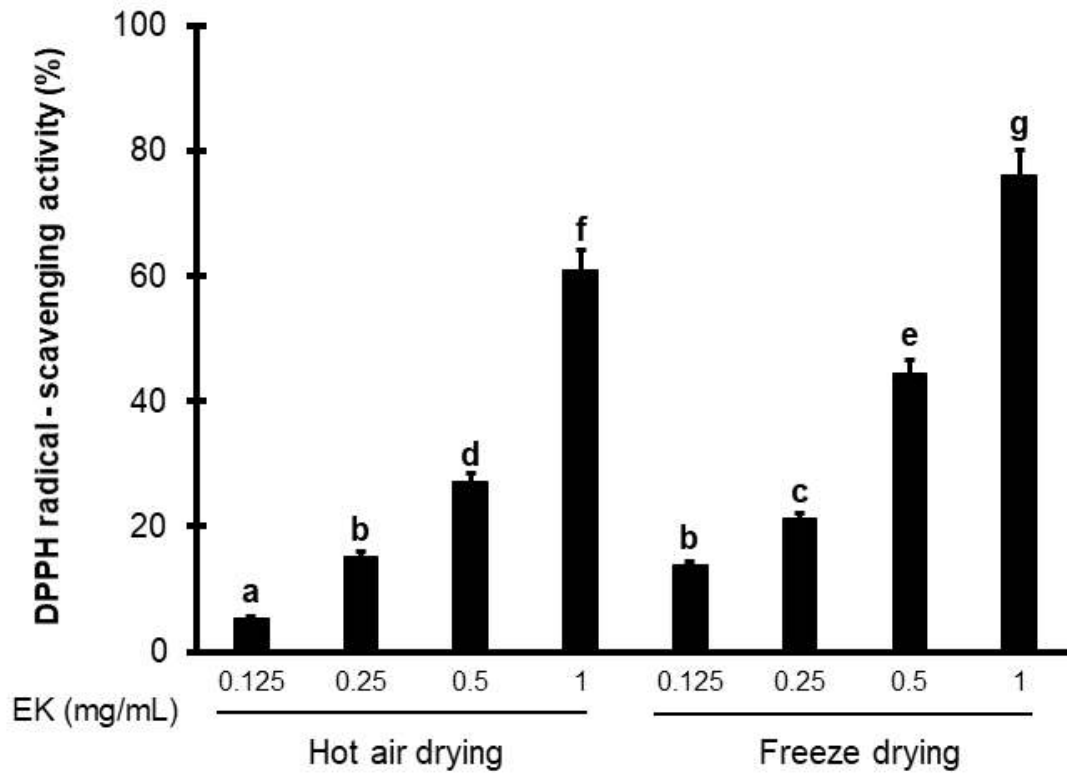
All values are expressed as the mean ± SD of triplicate determinations.

<sup>\*</sup>p<0.05; Significantly different by Student's *t*-test between hot air drying and freeze drying method

## 7. DPPH 라디칼 소거능

에너지 생성을 위해 산화되는 과정에서 발생하게 되는 활성산소가 체내에서 과하게 증가하게 되면 체내의 방어 기전에 의해 노화와 암과 같은 질병의 원인이 된다(38). 그러므로 이러한 질병의 예방을 위해서는 항산화능을 가지고 있는 생리적인 활성을 하는 물질을 확인하는 것이 중요하다. 이 물질이 유리기와 반응하는 것이 가장 대표적인 기전이다. 항산화 효과의 척도나 인체의 노화를 억제하는 척도는 자유 라디칼을 소거하는 작용이며, 이를 측정하기 위해서는 항산화 능력을 측정하는데 가장 대표적인 반응 물질이며 매우 안정한 자유 라디칼인 DPPH 라디칼 소거능을 이용하였다. 본 연구 결과, 부지깽이 Freeze drying 추출물과 부지깽이 Hot air drying 추출물을 이용한 DPPH 라디칼 소거능은 Figure 1과 같다. 부지깽이 Freeze drying 추출물은 0.125 mg/mL, 0.25 mg/mL, 0.5 mg/mL, 1 mg/mL 농도에서 각각 13.83%, 21.2%, 44.47%, 76.27%로 나타났고 50% 라디칼 소거능인 IC<sub>50</sub>을 구한 결과, 부지깽이 Freeze drying 추출물의 DPPH의 IC<sub>50</sub>은 0.63 mg/mL로 나타났다. 부지깽이 Hot air drying 추출물은 0.125 mg/mL, 0.25 mg/mL, 0.5 mg/mL, 1 mg/mL 농도에서 각각 5.3%, 15.21%, 27.19%, 61.06%로 나타났고 50% 라디칼 소거능인 IC<sub>50</sub>을 구한 결과, 부지깽이 Hot air drying 추출물의 DPPH의 IC<sub>50</sub>은 0.84 mg/mL로 나타났다. 본 연구를 통해 부지깽이 Freeze drying 추출물과 부지깽이 Hot air drying 추출물의 IC<sub>50</sub> 값이 부지깽이 Freeze drying 추출물이 부지깽이 Hot air drying 추출물보다 낮으므로 DPPH 라디칼 소거능이 유의하게 높은 것을 알 수 있었다. 대조군으로 사용한 BHA와 Ascorbic acid의 값은 각각 87.06%, 90.16%로 나타나므로 부지깽이와 비교하였을 때 차이를 보였다. 본 실험의 결과에서 부지깽이 Freeze drying 추출물과 부지깽이 Hot air drying 추출물 모두 DPPH 라디칼 소거 활성이 농도 의존적으로 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 십자화과 채소 중 청경채 및 경수채의 항산화 활성을 측정한 Kwon 등(39), 보라색 콜라비를 추출물로 이용하여 항산화 활성도를 측정한 Yang 등(40)의 연구에 따르면 십자화과 채소의 DPPH 라디칼 소거 활성이 농도 의존적으로 증가하는 것을 확인할 수 있었고, 본 연구와의 결과가 유사하다는 것을 확인할 수 있다.

Figure 1. DPPH radical-scavenging activity of freeze dried and hot air dried *Erysimum amurense* Kitag

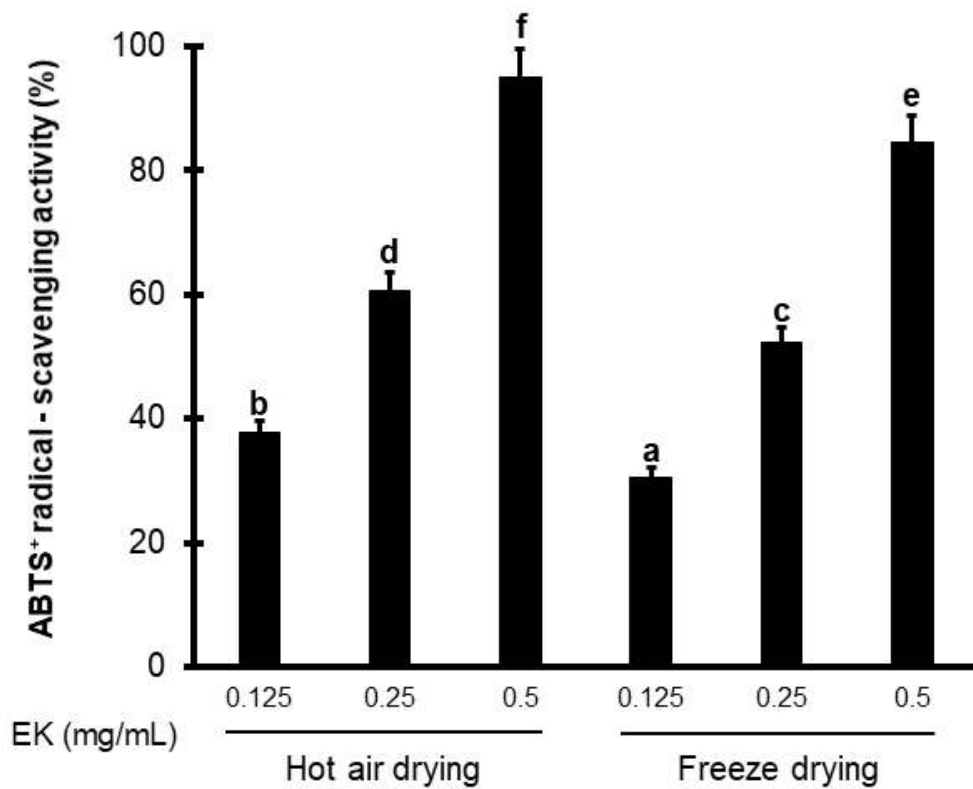


Data are the mean  $\pm$  SD of triplicate experiments. Means with the different letters (a-f) within the same row are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

## 8. ABTS<sup>+</sup> 라디칼 소거능

ABTS<sup>+</sup> 라디칼 소거능은 과황산칼륨(potassium persulfate)를 암소에서 24시간 동안 반응시킴으로써 생성된 ABTS<sup>+</sup> 유리 라디칼이 부지깽이 추출물 내의 항산화력 물질에 의해 환원되고 청록색으로 변화되는 것을 이용하여 측정하였다(41). 본 연구 결과, 부지깽이 Freeze drying 추출물과 부지깽이 Hot air drying 추출물을 이용한 ABTS 라디칼 소거능은 Figure 2와 같다. 부지깽이 Freeze drying 추출물의 ABTS<sup>+</sup> 라디칼 소거능은 0.125 mg/mL, 0.25 mg/mL, 0.5 mg/mL 농도에서 각각 30.49%, 52.16%, 84.57%로 나타났다. 50%의 라디칼 소거능 값인 IC<sub>50</sub>을 구한 결과, 부지깽이 Freeze drying 추출물의 ABTS<sup>+</sup>의 IC<sub>50</sub>은 0.27 mg/mL로 나타났다. 부지깽이 Hot air drying 추출물의 ABTS<sup>+</sup> 라디칼 소거능은 0.125 mg/mL, 0.25 mg/mL, 0.5 mg/mL 농도에서 각각 37.65%, 60.65%, 94.90%로 나타났다. 50%의 라디칼 소거능 값인 IC<sub>50</sub>을 구한 결과, 부지깽이 Hot air drying 추출물의 ABTS<sup>+</sup>의 IC<sub>50</sub>은 0.23 mg/mL로 나타났다. 본 연구를 통해 부지깽이 Freeze drying 추출물과 부지깽이 Hot air drying 추출물의 IC<sub>50</sub> 값이 부지깽이 Hot air drying 추출물이 부지깽이 Freeze drying 추출물보다 낮으므로 ABTS<sup>+</sup> 라디칼 소거능이 유의하게 높은 것을 알 수 있었다. 본 실험의 결과에서 부지깽이 Freeze drying 추출물과 부지깽이 Hot air drying 추출물 모두 추출물 내의 항산화 물질에 의해서 ABTS free 라디칼이 제거됨으로써 농도 의존적으로 항산화의 활성이 증가되는 것을 확인할 수 있다. 부지깽이와 같은 십자화과 채소인 배추의 ABTS<sup>+</sup> 라디칼 소거능을 측정한 Hwang과 Kim (42)의 연구 결과와, 청경채 및 경수채의 항산화 활성을 측정한 Kwon 등(39)에서 보고된 결과가 본 실험 결과와 유사함을 확인할 수 있었다.

Figure 2. ABTS<sup>+</sup> radical-scavenging activity of freeze dried and hot air dried *Erysimum amurense* Kitag



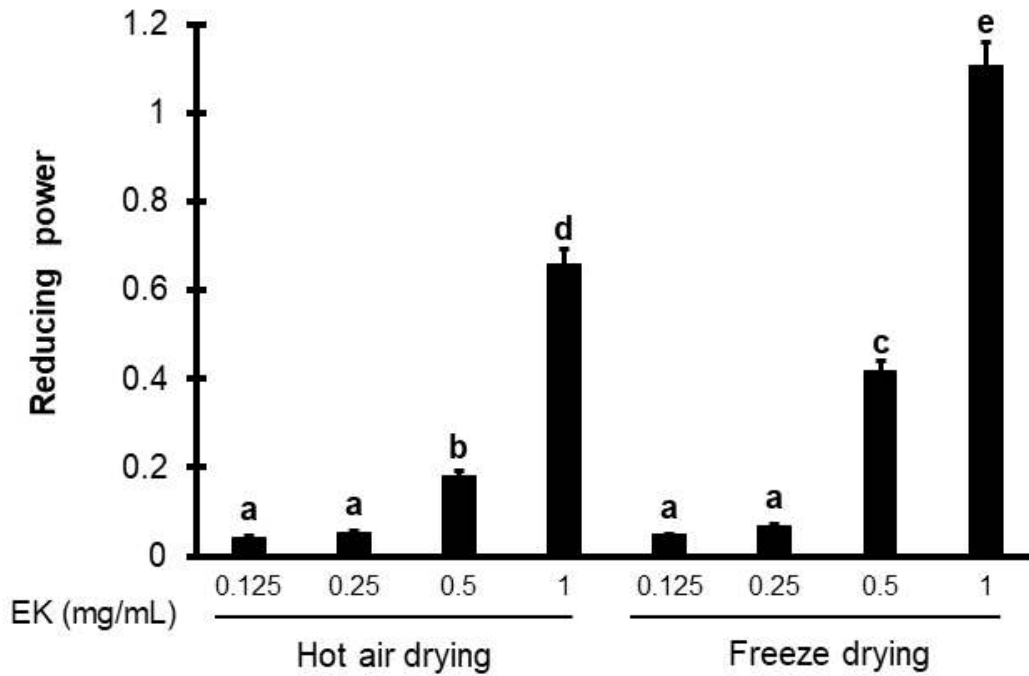
Data are the mean  $\pm$  SD of triplicate experiments. Means with the different letters (a-f) within the same row are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

## 9. Reducing Power

환원력을 측정하는 방법은 항산화 물질이 electron 또는 hydrogen을 제공하는 능력을 측정하기 위하여 이용되고 있다. 환원력은 리덕톤(reductone)이 배출하는 수소 원자가 라디칼 사슬을 분해하여 시작되고 흡광도 수치가 시료의 환원력을 나타낸다(43). 부지깽이 Freeze drying 추출물과 부지깽이 Hot air drying 추출물의 reducing power 측정 결과는 Figure 3과 같다. 부지깽이 Freeze drying 추출물을 이용한 655nm에서 측정한 환원력은 0.125 mg/mL, 0.25 mg/mL, 0.5 mg/mL, 1 mg/mL 농도에서 각각 0.05, 0.07, 0.42, 1.1 나타났다. 50%의 라디칼 소거능 값인 IC<sub>50</sub>을 구한 결과, 부지깽이 Freeze drying 추출물의 Reducing power의 IC<sub>50</sub>은 0.52 mg/mL로 나타났다. 부지깽이 Hot air drying 추출물의 환원력은 0.125 mg/mL, 0.25 mg/mL, 0.5 mg/mL, 1 mg/mL 농도에서 각각 0.04, 0.05, 0.18, 0.66 나타났고, 50%의 라디칼 소거능의 값인 IC<sub>50</sub>을 구한 결과, 부지깽이 Hot air drying 추출물의 Reducing power의 IC<sub>50</sub>은 0.85 mg/mL로 나타났다.

본 연구를 통해 부지깽이 Freeze drying 추출물과 부지깽이 Hot air drying 추출물 환원력은 농도 의존적으로 증가하였으며, 부지깽이 Freeze drying 추출물과 부지깽이 Hot air drying 추출물의 IC<sub>50</sub> 값이 부지깽이 Freeze drying 추출물이 부지깽이 Hot air drying 추출물보다 낮으므로 reducing power가 유의하게 높은 것을 알 수 있었다.

Figure 3. Reducing power of freeze dried and hot air dried *Erysimum amurense* Kitag



Data are the mean  $\pm$  SD of triplicate experiments. Means with the different letters (a-f) within the same row are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.



## 10. FRAP

FRAP은 항산화물질에 의해 ferric 2,4,6-tripyridyl-strizazine[Fe(III)-TRIZ]를 ferrous 2,4,6-tripyridyls-triazine[Fe(II)-TRIZ] 혼합물로 환원되는 원리로 고안된 방법으로 항산화력을 측정하는 방법으로 널리 이용되고 있다(44). FRAP의 흡광도 수치는 그 자체로서 시료의 환원력을 나타낸다. 항산화 활성을 높을수록 흡광도의 수치가 높게 나타나게 된다(39). 부지깽이 Freeze drying 추출물과 부지깽이 Hot air drying 추출물의 reducing power 측정 결과는 Table 7과 같다. 부지깽이 Freeze drying 추출물과 부지깽이 Hot air drying 추출물을 1.0mg/mL 농도에서 FRAP의 활성을 측정한 결과 부지깽이 Freeze drying 추출물은 54.08  $\mu\text{M}$ , 부지깽이 Hot air drying 추출물은 30.69  $\mu\text{M}$ 으로 부지깽이 Freeze drying 추출물의 FRAP의 활성이 더 높음을 알 수 있다. 부지깽이와 같은 십자화과 채소 중 녹색 및 자색 콜라비의 착즙액을 이용하여 항산화 활성을 측정한 Kim 등(45)의 연구와, 청경채 및 경수채의 항산화 활성을 측정한 Kwon 등(39)의 연구에 따르면 FRAP의 활성이 유의적으로 높아지므로 본 연구와의 실험 결과가 유사함을 확인할 수 있었다.

Table 7. Ferric reducing antioxidant power of hot air dried and freeze dried *Erysimum amurense* Kitag

(FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O eq uM)

| Ferric reducing antioxidant power |               |
|-----------------------------------|---------------|
| Hot air drying                    | 30.69 ± 0.01* |
| freeze drying                     | 54.08 ± 0.01  |

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

\**p*<0.05; Significantly different by Student's *t*-test between SM 80%EtOH and SM H<sub>2</sub>O

## IV. 요약 및 결론

본 연구는 부지깽이를 이용하여 Hot air drying 과 Freeze drying의 건조법에 따른 이화학적 성분과 총 polyphenol함량, 총 flavonoid 함량과 항산화력을 비교하고 분석하였다. 건조 방법에 따른 부지깽이의 일반성분을 분석한 결과, 조회분, 조단백질, 탄수화물은 부지깽이 Hot air drying 추출물에서, 조지방 함량은 부지깽이 Freeze drying 추출물에서 유의적으로 높게 나타났다. 그러나 수분은 열풍건조와 동결건조 방법에 따른 차이를 보이지 않았다. 부지깽이의 구성 아미노산 중, 부지깽이 Hot air drying 추출물과 부지깽이 Freeze drying 추출물에서 필수아미노산 중 가장 높은 함량을 나타낸 것은 (leucine이었으며, 비필수 아미노산에서도 부지깽이 Hot air drying 추출물과 부지깽이 Freeze drying 추출물 모두 proline이 가장 높았다. 또한, 필수아미노산과 비필수 아미노산의 함량 모두 부지깽이 Hot air drying 추출물에서 높게 나타났다. 유기산은 총 6가지가 검출되었으며, 총 유기산의 함량은 부지깽이 Hot air drying 추출물(27984.76 ppm)보다 부지깽이 Freeze drying 추출물(32038.07 ppm)에서 높은 함량을 보였다. 부지깽이 Hot air drying 추출물 및 부지깽이 Freeze drying 추출물의 주된 유기산은 malic acid였다. 부지깽이 추출물의 지방산은 건조 방법에 상관없이 palmitic acid, stearic acid, heptadecanoic acid였으며, 단일불포화지방산의 총 함량은 부지깽이 Hot air drying 추출물(5.02 g/100g)에서 높게 나타났으며, 다가불포화지방산의 총 함량은 부지깽이 Freeze drying 추출물(63.48 g/100g)에서 높게 나타났다. 건조 방법에 따른 부지깽이 추출물의 주요 무기질은 칼륨, 칼슘, 나트륨 순으로 높은 함량을 나타내었으며, 무기질의 총 함량은 부지깽이 Hot air drying 추출물 5763.90 mg/100g, 부지깽이 Freeze drying 추출물 5520.98 mg/100g로 부지깽이 Hot air drying 추출물에서 높은 함량을 나타냈다.

총 polyphenol 함량은 부지깽이 Hot air drying 추출물(143.74 mg TAE/g) 보다 부지깽이 Freeze drying 추출물(159.07 mg TAE/g)에서 높게 나타났으며, 총 flavonoid 함량도 부지깽이 Hot air drying 추출물(120.50 mg RE/g) 보다 부지깽이 Freeze drying 추출물(190.82 mg RE/g)에서 높게 나타났다. 건조 방법에 따른 부지깽이의 DPPH 라디칼 소거능은 IC<sub>50</sub> 값이 부지깽이 Freeze drying 추출물(0.63 mg/mL)이 부지깽이 Hot air drying 추출물(0.84 mg/mL)보다 낮으므로 부지깽이 Freeze drying 추출물의 DPPH 라디칼 소거능이 유의하게 높은 것을 알 수 있었다. ABTS<sup>+</sup> 라디칼 소거능은 IC<sub>50</sub> 값이 부지깽이 Hot air drying 추출물(0.23 mg/mL)이 부지깽이 Freeze drying 추출물(0.27 mg/mL)보다 낮으므로 부지깽이 Hot air drying 추출물의 ABTS<sup>+</sup> 라디칼 소거능이 유의하게 높은 것을 알 수 있었다. reducing power 측정 결과는 부지깽이 Freeze drying 추출물과 부지깽이 Hot air drying 추출물 환원력이 농도 의존적으로 증가하였고, IC<sub>50</sub> 값이 부지깽이 Freeze drying 추출물(0.52 mg/mL)이 부지깽이 Hot air drying 추출물(0.85 mg/mL)보다 낮으므로 부지깽이 Freeze drying 추출물의 reducing power 가 유의하게 높은 것을 알 수 있었다. 부지깽이 Freeze drying 추출물과 부지깽이 Hot air drying 추출물을 1.0mg/mL 농도에서 FRAP의 활성을 측정한 결과 부지깽이 Freeze drying 추출물은 54.08 μM, 부지깽이 Hot air drying 추출물은 30.69 μM으로 부지깽이 Freeze drying 추출물의 FRAP의 활성이 유의적으로 더 높음을 알 수 있었다. 이상의 결과로부터 부지깽이의 건조방법에 따른 이화학적 성분과 영양성분의 변화를 확인한 결과, 유기산, 지방산, 항산화 성분 등 부지깽이 Freeze drying 추출물이 부지깽이 Hot air drying 추출물보다 우수적으로 나타나므로 부지깽이 Freeze drying 추출물의 활용 가능성이 높은 것으로 기대된다.

## 참 고 문 헌

1. Hue GB. 1990. Pathology of obesity. *Kor J Nutr* 23: 333-336.
2. Pike J, Chandra RK 1995. Effect of vitamin trace element supplementation on immune indices in healthy elderly, *Int. J Vitam Nutr Res* 65(2): 117-121.
3. Magnani L, Gaydou EM, Hubaud, JC. 2000. Spectrophotometric measurement of antioxidant properties of flavones and flavonols against superoxide anion. *Analytica Chimica Acta*. 411: 209-216.
4. Simic MG. 1988. Mechanisms of inhibition of free radical processes in mutagenesis and carcinogenesis. *Mutat Res* 202(2): 386-399. doi:10.1016/0027-5107(88)90199-6.
5. Huang MT, Ho CT, Lee CY. 1992. Phenolic compounds in food. In *Phenolic compounds in food and their effects on health II*. Maple Press, New York, USA. 99: 2-7.
6. Jeong CH, Bae YI, Park SJ, Lee SK, Hur SJ. 2012. Antioxidant activities of aqueous extracts from three cultivars of guava leaf. *Food Sci Biotechnol*. 21(6): 1557-1563.
7. Paik NS. 2014. Current status of breast cancer in Korea. *Ewha Med J* 37(2): 69-74.
8. Bessesen DH. 2018. Van Gaal LF. Progress and challenges in anti-obesity pharmacotherapy. *Lancet Diabetes Endocrinol*. 6(3): 237-248.
9. Ministry of Health and Welfare (KR). 2016-2020. Korea Health Promotion Institution. The 4th National Health Promotion Plan. Sejong. 2015. Ministry of Health and Welfare.

10. World Health Organization. Obesity. 2000. preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation (WHO technical report series 894). Geneva: World Health Organization.
11. Yoo SJ. 2008. Pharmacological treatment of obesity. *J Korean Endocr Soc.* 23(4): 223-233.
12. Hsu CL, Yen GC. 2007. Effects of flavonoids and phenolic acids on the inhibition of adipogenesis in 3T3-L1 adipocytes. *J Agric Food Chem.* 55(21): 8404-8410.
13. Yang B, Chen H, Stanton C, Ross RP, Zhang H, Chen YQ, et al. 2015. Review of the roles of conjugated linoleic acid in health and disease. *J Funct Foods.* 15: 314-325.
14. Korea National Arboretum. 2020. [www.nature.go.kr/](http://www.nature.go.kr/)
15. AOAC. 2005. Official methods of analysis. 18th ed. Association of official analytical chemists, Washington, DC, USA.
16. Wungaarden DV. 1967. Modified rapid preparation of fatty acid esters from lipids for gas chromatographic analysis. *Anal Chem* 39(7): 848-849. doi:10.1016/0021-9673(85)80015-7.
17. Folin O, Denis W. 1912. On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J Biol Chem* 12(2): 239-249.
18. Chae SK, Kang GS, Ma SJ, Bang KW, Oh MW, Oh SH. 2002. Standard good analysis. 381-382.
19. Blois MS. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature.* 181: 1199-1200. doi:10.1038/1811199a0.
20. 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/S0891-5879(98)00315-3.
21. 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.

22. Benzie IF, 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.
23. Lee JM. 2017. Physicochemical Characteristics and Antioxidant Effects of Red Mustard(*Brassica juncea* L.) Leaf Using Different Drying Methods. *Korean J Community Living Sci.* 28(4): 515-524. doi.org/10.7586/kjcls.2017.28.4.515
24. Jang HL, Park SY, Lee JH, Hwang MJ, Choi YM, Kim HR, Hwang JB, Seo DW, Kim SH, Nam JS. 2016. Changes in nutritional composition and physicochemical properties of mustard leaf (*Brassica juncea*) kimchi during fermentation. *Korean J Food Nutr.* 29(5), 706-715.
25. Seon GU, Hwang IW, Chung SK. 2016. Physicochemical composition of head-type kimchi cabbage leaves. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 45(6), 923-928.
26. Kim SM, Na MS. 2013. Physicochemical properties and antioxidative activities of rapeseed meal. *KSBB J* 28(2), 92-98.
27. Lee SJ, Shin SR, Yoon KY. 2013. Physicochemical Characteristics of Black Doragi (*Platycodon grandiflorum*). *Korean J Food Sci Technol.* 45(4): 422-427.
28. Ha JO, Ha TM, Lee JJ, Kim AR, Lee MY. 2009. Chemical components and physiological functionalities of *Brassica campestris* ssp rapa sprouts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38(10), 1302-1309.
29. Lee JJ, Lee YM, Kim AR, Lee MY. 2009. Physicochemical composition of broccoli sprouts. *J Life Sci* 19(2), 192-197.
30. Park SJ, Lee HY. 2015. Component analysis and antioxidant activity of Wasabi japonica Matsum leaves. *Korean J Medi Crop Sci* 23(3), 207-213.
31. Ames BN, Saul RL. 1987. Oxidative DNA damage, cancer and aging. *Ann Inter Med* 107: 536-539. doi:10.1056/NEJMra0804615.

32. Lee JH, Lee SR. 1994. Some physiological activity of phenolic substances in plant foods. *Korean J Food Sci Technol* 26(3): 310-316.
33. 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.
34. Shin GH, Lee YJ, Kim JH, Kim YH, Kim DB, Lee JS, Lim JH, Lee OH. Antioxidant activities of commonly used Brassica spp. sprout vegetables in Korea. *Korea J Food Preserv.* 21(4), 587-592. dx.doi.org/10.11002/kjfp.2014.21.4.587.
35. Cha JY, Kim HJ, Chung CH, Cho YS. 1999. Antioxidative activities and contents of polyphenolic compound of *Cudrania tricuspidata*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28(6), 1310-1315.
36. Lu Y, Foo LY. 2000. Antioxidant and radical scavenging activities of polyphenols from apple pomace. *Food Chem* 68(1), 81-85.
37. Kim EJ, Choi JY, Yu MY, Kim YK, Lee SH, Lee BH. 2012. Total polyphenols, total flavonoid contents, and antioxidant activity of Korean natural and medicinal plants. *Korean J Food Sci Technol* 44(3) 337-342.
38. 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.
39. Kwon HY, Lee SM, Choi SI, Cho BY, Choi SH, Sim WS, Han X, Jang GW, Lee OK, Park DH. 2019. Antioxidant activities of *B. campestris* var. *chinensis* and *B. juncea* L. Czern var. *Laciniata* Makino baby leaf extracts. *Korean J. Food. Preserv.* 26(3), 336-342. doi.org/10.1102/kjfp.2019026.3.336.
40. Yang MJ, Cha SS, Lee JJ. 2015. Effects of purple kohlrabi (*brassica oleracea* var. *gongylodes*) flesh and peel ethanol extracts on the antioxidant activity and antiproliferation of human cancer cells. *Korean J Community Living Sci.* 26, 405-414.



41. Wursch P. 1979. Influence of tannin-rich Carob pod fiber on the cholesterol metabolism in the rat. *J Nutr* 109: 685.
42. Hwang ES, Kim GH. 2011. Different cooking methods for Korean cabbage and their effect on antioxidant activity and carotenoid and tocopherol contents. *Korean J Food Cookery Sci.* 27, 713-721.
43. Lee SJ, Lee JM. 2020. Comparative Study of Litsea Japonica Fruyt and Leaf Extant on the Antioxidant and Anti-proliferation Effects in Breast Cancer Cells. *Korean J Community Living Sci.* 31(3): 365-373. doi.org/10.7856/kjcls.2020.31.3.365
44. Benzie IFF, Strain JJ. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxdant power”: the FRAP assay. *Anal Biochem* 239(1), 70-76. doi:10.1006/abio.1996.0292.
45. Kim DB, Oh JW, Lee JS, Kim YH, Park LJ, Cho JH, Lee OH. 2014. Antioxidant Activites of Green and Purple Kohlrabi Juices. *Korean J Food Sci Technil.* 46, 601-608.