



## 저작자표시 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.
- 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

- 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](#) 

2024년 2월

교육학석사(영양교육) 학위논문

# 한국산과 중국산 짚신나물의 영양성분 및 항산화효과 비교

조선대학교 교육대학원

영양교육전공

양다현

한국산과 중국산 짚신나물의  
영양성분 및 항산화효과 비교

Comparisons of Nutritional Components and  
Antioxidative Effects of Korean and Chinese  
*Agrimonia pilosa Ledeb.*

2024년 2월

조선대학교 교육대학원

영양교육전공

양다현

# 한국산과 중국산 짚신나물의 영양성분 및 항산화효과 비교

지도교수 : 이 재 준

이 논문을 교육학석사(영양교육) 학위 청구논문으로  
제출함

2023년 10 월

조선대학교 교육대학원

영 양 교 육 전 공

양 다 현

양다현의 교육학 석사학위 논문을  
인준함

위원장      김복희 (인)

위원      이주민 (인)

위원      이재준 (인)

2023년 12월

조선대학교 교육대학원

# 목 차

LIST OF TABLE .....	iv
ABSTRACT .....	v
<b>제 1장 서 론 .....</b>	<b>1</b>
<b>제 2장 재료 및 방법 .....</b>	<b>4</b>
<b>제 1절 한국산과 중국산의 짚신나물 분말의 영양성분 측정</b>	
1. 실험재료 .....	4
2. 일반성분 분석 .....	4
3. 유리 아미노산 분석 .....	5
4. 지방산 분석 .....	5
5. 유기산 분석 .....	6
6. 무기질 분석 .....	6
7. 통계분석 .....	6
<b>제 2절 한국산과 중국산의 짚신나물 에탄올 추출물의 항산화     효과 측정</b>	
1. 시료의 에탄올 추출 .....	7
2. 총 polyphenol 함량 측정 .....	7
3. 총 flavonoid 함량 측정 .....	8
4. DPPH radical 소거능 측정 .....	8

5. ABTS radical 소거능 측정 .....	9
6. FRAP 활성 측정 .....	9
7. 통계분석 .....	10

## 제 3장 실험결과 및 고찰 ..... 11

### 제 1절 한국산과 중국산의 짚신나물 분말의 영양성분 비교

1. 일반성분 함량 .....	11
2. 유리 아미노산 함량 .....	13
3. 지방산 함량 .....	16
4. 유기산 함량 .....	19
5. 무기질 함량 .....	21

### 제 2 절 한국산과 중국산의 짚신나물 에탄올 추출물의 항산화 효과 비교

1. 추출 수율 .....	24
2. 총 polyphenol 함량 측정 .....	25
3. 총 flavonoid 함량 측정 .....	26
4. DPPH radical 소거능 측정 .....	28
5. ABTS radical 소거능 측정 .....	30
6. FRAP 활성 측정 .....	32

## 제 4장 요약 및 결론 ..... 33

참고문헌 ..... 36



# LIST OF TABLES

Table 1. Proximate compositions of Korean and Chinese origins of <i>Agrimonia pilosa</i> Ledeb. powder .....	12
Table 2. Free amino acids contents of Korean and Chinese origins of <i>Agrimonia pilosa</i> Ledeb. powder .....	15
Table 3. Compositions of fatty acids in Korean and Chinese origins of <i>Agrimonia pilosa</i> Ledeb. powder .....	17
Table 4. Contents of organic acids in Korean and Chinese origins of <i>Agrimonia pilosa</i> Ledeb. powder .....	20
Table 5. Contents of minerals in Korean and Chinese origins of <i>Agrimonia pilosa</i> Ledeb. powder .....	23
Table 6. Extraction yield of Korean and Chinese origins of <i>Agrimonia pilosa</i> Ledeb. powder .....	24
Table 7. Total polyphenol contents of Korean and Chinese origins of <i>Agrimonia pilosa</i> Ledeb. powder .....	25
Table 8. Total flavonoid contents of Korean and Chinese origins of <i>Agrimonia pilosa</i> Ledeb. powder .....	27
Table 9. DPPH radical scavenging activity of Korean and Chinese origins of <i>Agrimonia pilosa</i> Ledeb. extract .....	29
Table 10. ABTS radical scavenging activity of Korean and Chinese origins of <i>Agrimonia pilosa</i> Ledeb. extract .....	31
Table 11. FRAP values of Korean and Chinese origins of <i>Agrimonia pilosa</i> Ledeb. extract .....	32

# ABSTRACT

## Comparisons of Nutritional Components and Antioxidative Effects of Korean and Chinese *Agrimonia pilosa Ledeb.*

Yang Da-Hyun

Advisor : Prof. Lee, Jae-Joon, Ph. D.

Major in Nutrition Education Graduate School of  
Education, Chosun University

This study compared the effects of Korean *Agrimonia pilosa* Ledeb.(L.) powder and Chinese *Agrimonia pilosa* L. powder on their nutritional components and antioxidative effects.

The crude fat contents of Korean *Agrimonia pilosa* powder L. were higher than those of Chinese *Agrimonia pilosa* L. powder. There were no significant differences in the contents of moisture, crude protein, crude ash, and carbohydrates between Korean *Agrimonia pilosa* L. powder and Chinese *Agrimonia pilosa* L. powder. The total amino acid contents were in the order of aspartic acid, glutamic acid, and leucine for both Korean and Chinese products. The total saturated fatty acid contents of Chinese *Agrimonia pilosa* powder L. were higher than those of Korean *Agrimonia pilosa* L. powder, while the contents of monosaturated fatty acid polyunsaturated fatty acid were higher in Korean *Agrimonia pilosa* L. powder. In the case of organic acids, Korean *Agrimonia pilosa* L. powder were detected in the order of

malic acid, tartatic acid, citric acid, acetic acid, and formic acid, while Chinese *Agrimonia pilosa* L. powder were detected in the order of tartaric acid, malic acid, citric acid, formic acid, lactic acid, and acetic acid. As a result of analyzing the mineral content of Korean *Agrimonia pilosa* L. and Chinese *Agrimonia pilosa* L., both were found to have a high potassium content.

The total polyphenol content of ethanol extracts of Korean and Chinese *Agrimonia pilosa* L. powders was found to contain 190.48 mg GAE/g and 182.44 mg GAE/g, respectively. The total flavonoid was also found to contain 445.33 mg QE/g of Korean *Agrimonia pilosa* L. and 242.90 mg QE/g of Chinese *Agrimonia pilosa* L. When comparing the DPPH radical erasing ability and the ABTS radical erasing ability, Korean *Agrimonia pilosa* were measured higher than Chinese *Agrimonia pilosa* L. at all concentrations.

In conclusion, these results indicate that Korean *Agrimonia pilosa* L. powder are slightly better at preserving nutritional and antioxidant activity compared to Chinese *Agrimonia pilosa* L. powder. Furthermore, these results may provide basic data for future studies for a better understanding of the functional activity of *Agrimonia pilosa* L. powder.

# 제 1장 서 론

오늘날 국민들의 소득이 높아지고 삶의 질이 향상되면서 다양한 연령층에서 건강에 관한 관심이 증가되고 있다. 건강하고 안전한 삶을 영위하기 위한 필수 불가결한 요소 중의 하나가 안전한 먹거리의 확보다. 이에 따른 소비자 식생활 패턴이 안전하고 건강에 유익한 식품을 선호하는 추세로 변하고 있다. 또한 고령사회로 접어들면서 노령 인구의 증가에 따라 퇴행성 질환 예방 등 건강을 유지하기 위한 건강 기능성 식품의 섭취가 증가되어 가고 있는 중이다. 또한 근래 천연 재료에 관한 생리 활성에도 관심이 높아짐에 따라서 유용한 생리활성을 갖아가지면서 부작용이 거의 없는 천연 유래의 활성물질 탐색과 개발 연구가 지속적으로 이루어지고 있다(Choi et al. 2002).

산이나 들에서 자생하고 있는 야생초들은 일반적인 채소류가 가지고 있는 풍미 성분 이외에도 독특한 맛과 향기 성분을 지니고 있어서 식욕을 돋아 줄 수 있는 식품이다(Lee et al. 1995). 그 중 짚신나물(*Agrimonia pilosa* L.)은 색다른 영양성분과 항산화 효과 식물로 알려져 있다. 짚신나물은 생육지역에 따라 형태, 생리 및 생태적 특성 등에서 차이를 보이기 때문에 수집 지역에 따라 유전적 계통의 분석이 필요하다. 또한 국내 자생 약용식물 자원의 보호차원에서도 무분별하게 반입되고 있는 중국산 약재와의 구분을 위한 계통 확립에 대한 연구가 요구되고 있다.

짚신나물은 한국과 일본, 중국, 인도 등에 분포하는 여러해살이풀로 장미과에 속하며 용아, 황야초, 지선초, 용아초, 황용초, 선학초 등으로 부르기도 한다. 짚신나물의 분포 지역은 유럽에서 기원이 되어 미국의 남부 California와 Arizona 북부에 분포되어 있고, 동양에서는 한국, 중국 및 일본에서 자생하고 있다. 우리나라에서는 전국각지의 산야에서 자생하고 있으며 특히 오대산, 태백산, 지리산

및 덕유산 등지에 많이 자생하고 있다. 주로 해발 1000 m 이하의 산 정상에서부터 초원지, 구룡지 및 늪지대까지 분포되어 있다. 현재 우리 나라 쩔신나물의 재배 면적은 약 117 ha 정도에 불과하나 앞으로 계속 증가되리라고 본다. 생육 환경은 토양의 비옥도에 상관없이 양지나 반그늘에서 자란다. 쩔신나물의 형태는 키가 30~100 cm 정도이다. 잎의 모양은 긴 타원형으로 길이가 3~6 cm, 폭이 1.5~3.5 cm 로 표면은 녹색으로 양면에 털이 있다. 꽃은 황색으로 길이가 10~20 cm이며 원줄기 끝과 가지 끝에 달린다. 열매는 8~9월경에 달리고 윗부분에 갈고리와 같은 가시들이 많이 나 있다. 어린잎은 식용, 전초는 약용으로 사용되고 있다(Zhu et al. 2009).

쩔신나물은 예로부터 한의학에서는 수렴작용이 강하여 지사제나 혈열로 인한 각혈, 토혈, 뇨혈, 자궁출혈 등의 지혈제로 사용되고 있다. 민간요법에서는 간압, 폐압, 식도압, 통증 제거, 종양, 지혈, 지사, 토혈, 자궁출혈, 혈뇨 등의 약용으로 널리 이용되어져 왔으며, 특히 녹즙 등의 식용으로 활용되고 있다.(Song 2007) (Lee et al. 2009) 여름철에 나물로 무쳐 먹으면 배탈과 식중독을 예방할 수 있고 설사와 소화불량을 멈추게 해주며 음주로 술을 과하게 먹었을 때도 국으로 끓여 먹으면 술독을 빠르게 풀어주기도 한다. 최근에는 제약원료와 건강식품, 산채, 식물성 영양제 및 농약 등에 많이 이용되어 해마다 수요량이 증가되는 추세이며 선학초에 대한 중요성이 인식되고 있다(Chun et al 2006).

쩔신나물의 맛은 약간 쓰면서 떼고 무독하거나 평하며 영양성분은 배추나 상추와 비교해보면 섬유질은 15배, 단백질은 4배이고 회분은 6배, 그리고 지질은 5배로 알려져 있다. 상추보다 비타민C의 함유량이 무려 13배 이상이 넘고 철분은 10배, 당질은 4배에 달해서 암 치료 뿐만 아니라 건강식으로도 제격이라고 할 수 있다(Jang et al. 2007).

쩔신나물의 주요 성분은 전초에 agrimonin, agrimonolide, tormentic acid, ellagic acid 등이 있다. 잎과 줄기에는 luteolin-7-glucocide가 함유되어 있다고

알려져 있으며, 최근 연구에서는 당뇨치료 효과와 항바이러스 효과, 혈관이완 효과, 항균 효과 등이 보고되었다(Kim et al. 2010).

짚신나물 추출액은 흰쥐의 생리활성에 효과가 있다는 보고 된 바 있으며 (Cao et al. 2006), 간 손상 지표인 AST 및 ALT 수치를 회복시킴으로써 간 기능 보호효과를 나타낸다고 하였다(Kang et al. 2006). 또한 짚신나물 부탄올 추출물이 혈관이완에 효과가 있다고 보고 된 바 있다(Kang et al. 2010).

짚신나물을 다양한 식품소재로 활용하기 위해서 많은 분석 결과가 있음에도 불구하고 한국산과 중국산의 비교분석 연구와 그에 따른 이화학적 성분 비교는 전무한 편이다. 따라서 본 연구의 목적은 한국산과 중국산 짚신나물이 가지고 있는 이화학적 특성인 영양성분과 항산화 효과를 비교 및 분석함으로써 기능성 식품소재로 활용할 수 있는 자료 제공과 소비자들에게 올바른 기능성 식품을 선택할 수 있는 기초자료를 제공하고자 함에 있다.

## 제 2장 재료 및 방법

### 제 1절 한국산과 중국산의 짚신나물 분말의 영양성분 측정

#### 1. 실험재료

본 논문의 연구를 위하여 2023년 8월 광주광역시 소재 양동시장에 위치한 한약 재료상에서 짚신나물을 구매하였다. 짚신나물을 한국산과 중국산을 분류하여 미물질을 제거하면서 깨끗하게 수세하여 물기 제거한 후 분쇄 시켜 분말화 하였고, 각각 소분화 시켜 나누어서 실험의 시료로 사용한 후 분석을 실시하였다.

#### 2. 일반 성분 분석

한국산과 중국산 짚신나물 분말의 일반성분의 분석은 Association of Official Analytical Chemists (A.O.A.C.)을 이용하였다(AOAC. 1997). 분석 조건은 105℃ 상압가열건조법으로 수분, soxhlet 추출법으로 조지방, micro-kjeldahl 법으로 조단백질, 회화법으로 조회분 함량을 각각 실시하였다. 탄수화물 함량은 수분, 조회분, 조지방, 조단백질 함량을 100에서 제외한 값으로 계산하였다.

### 3. 유리 아미노산 분석

한국산과 중국산 짚신나물 분말의 유리 아미노산을 분석하기 위하여 분해관에서 시료 0.5 g과 6 N HCl 3mL를 칭량한 후 탈기하고 121°C에서 24시간 정도 가수분해하였다. 이때 남아 있는 여액들을 rotary vacuum evaporator (EYELA VACUUM NVC-110, Tokyo, Japan)로 감압하고 농축하여 pH 7.0 sodium phosphate buffer) 10 mL 가지로 정용했다. 그 후 용액 1 mL membrane filter(0.2  $\mu$ m)로 여과한 후 아미노산 자동분석기(S430, SYKAM Co, Gewerbering, Germany)로 분석을 실시하였다.

### 4. 지방산 분석

Wungaarden방법(Van Wungaarden 1967)을 사용하여 지방산을 분석하였다. 각각의 짚신나물 분말 시료 약 2 g을 클로로포름-메탄올로 추출하고 여과하였다. 그 후 감압하여 농축한 100 mg 전도의 지방을 플라스크에 넣은 다음 1N-KOH·ethanol 용액 3 mL와 혼합하여 유지 방울이 사라질 때까지 휘저어 섞으면서 14% BF<sub>3</sub>-Methanol 3 mL 를 추가로 첨가 하였다. 이후 환류냉각기에 부착해서 80°C에서 5분 동안 가열한 후 methylester화 하였다. 이를 통해 얻어진 용액에 NaCl 포화용액(3 mL)을 첨가하여 vortexing 후에 시험관에 옮겨 담아 방치하였다. 상층액을 분리하여 취한 후 무수 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>를 넣어 수분을 없앤 다음 vial에 이중 0.5 mL를 채취하였다. 분석하기 전 5배 희석한 뒤 Gas Chromatography(GC-17A, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 통하여 분석하였다.



## 5. 유기산 분석

유기산 분석 방법은 Kim et al.(1997)에 준하여 시행하였다, 증류수 50 mL를 각각의 짚신나물 분말 시료 1 g에 넣어 4시간 동안 80℃ 수조에서 가열하였다. 가열한 시료는 Qualitative Filter paper No.2(Advantec, Toyo, Japan)를 사용하여 여과하였다. 여과액은 rotary vacuum evaporator(Rotary vacuum evaporator, EYELA, Tokyo, Japan)로 감압하면서 농축하였다. 그 후 증류수로 10 mL로 첨가한 다음 Ion chromatography (DX-600, Dionex, CA, USA)로 분석하였다.

## 6. 무기질 분석

무기질도 일반성분 분석과 같은 A.O.A.C. 방법(AOAC. 1997)에 따라 분석을 실시하였다. 시료 0.5 g에 20% HNO<sub>3</sub> 10 mL 와 60% HClO<sub>4</sub> 3 mL 를 첨가하여 혼합한 후에 색이 투명하게 만들어 질 때까지 가열하였다. 그 후 0.5 M HNO<sub>3</sub> 50 mL로 적용하였다. 분석항목별로 표준 용액을 혼합한 후 8 mL씩 다른 vial에 취해서 표준용액으로 사용하였으며, 0.5 M HNO<sub>3</sub>을 대조구로 해서 원자흡수분광광도계(AA-6501GS, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 분석하였다

## 7. 통계분석

본 실험에서의 분석 결과는 SPSS 17.0 P/C package (Statistical Package for Social Science, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 통계 분석하였고 3회 반복하여 측정된 결과는 평균값±표준오차로 표시하였으며 통계적 유의성 검정은 Student's *t*-test를 실시하여 유의성을 검정하였다.

## 제 2절 한국산과 중국산의 짚신나물 에탄올 추출물의 항산화 효과 측정

### 1. 시료의 에탄올 추출

한국산 혹은 중국산의 짚신나물 분말 100 g당 80% 에탄올 1,500 mL을 첨가한 후 환류냉각관을 부착한 65°C Heating mantle(Mtops ms-265, Seoul, Korea)에 3시간씩 3회 추출하여 Whatman filter paper(No. 2)로 여과하였다. 여액을 40°C 수욕 상에서 rotary vacuum evaporator(EYELA VACCUM NVC 1100, Tokyo, Japan)로 용매를 제거한 다음 감압·농축하여 시료의 수율을 구하였다. 시료의 산화를 방지하기 위하여 -70°C에 냉동 보관하였다.

### 2. 총 폴리페놀(Polyphenol) 함량 측정

한국산과 중국산 짚신나물 분말의 에탄올 추출물의 총 polyphenol 함량은 Folin-Denis법(Folin & Denis 1912)에 따라 측정하였다. 튜브에 한국산과 중국산의 짚신나물 분말의 에탄올 추출물을 각각 1 g과 Folin reagent 2 mL을 넣어 섞은 다음 실내에서 3분간 정치하였다. 그 후 10%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  2 mL을 가하여 잘 섞은 다음 40분 동안 30°C에서 다시 정치하였다. UV-spectrophotometer(Shimadzu UV-1601PC, Kyoto, Japan)를 이용해 760 nm에서 흡광도를 잰다. 표준곡선은 gallic acid를 사용해 최종 농도가 0.0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0 mg/mL가 되도록 하였고, 검량곡선으로부터 시료 중 총 polyphenol 함량 값을 구하였다.

### 3. 총 flavonoid 함량 측정

한국산과 중국산 짚신나물 분말로 추출한 에탄올 추출물의 총 flavonoid 함량은 Davis법 변형법(Chae et al. 2002)으로 측정하였다. 각각의 짚신나물 에탄올 추출물 1 g에 diethylene glycol 2 mL을 더한 다음 잘 섞어주었다. 1N NaOH 20  $\mu$ L을 다시 넣어 섞은 다음에 37°C water bath에서 1시간 반응시켰다. 그 후 혼합물은 UV-spectrophotometer(Shimadzu UV-1601PC, Kyoto, Japan)로 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이 때 표준곡선은 quercetin을 사용하였으며, 최종 농도가 0.0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 및 1.0 mg/mL가 되도록 조제했으며, 이 검량곡선을 통해 시료 중의 총 flavonoid 함량을 구하였다.

### 4. DPPH radical 소거능 측정

한국산과 중국산 짚신나물 분말의 에탄올 추출물의 DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) radical에 대한 소거능 측정 방법은 Blois의 방법(Blois 1958)을 이용하여 측정했다. 짚신나물 에탄올 추출물 1ml와 0.2mM DPPH 1mL를 각각 유리 시험관에 혼합하여 30분 동안 37°C에서 방치한 후에 UV-spectrophotometer(UV-1601PC, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 사용해 617nm에서 흡광도를 측정하였다. 한국산 짚신나물 분말과 중국산 짚신나물 분말의 에탄올 추출물의 DPPH radical 소거능은 (1-시료첨가구의 흡광도/무첨가구의 흡광도) X 100의 방식으로 산출하였다.

## 5. ABTS radical 소거능 측정

한국산과 중국산의 짚신나물 추출물의 2,2-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid(ABTS) radical 소거능은 Re 등의 방법(Re et al. 1999)을 응용하여 측정하였다. 2.6 mM potassium persulfate 용액과 7.4 mM ABTS 용액을 제조한 다음 동일한 비율로 혼합시켰다. 그 후 ABTS radical 양이온(ABTS<sup>+</sup>)의 생성을 위해 하루 동안 암소에서 반응시켰다. 그 다음에 ABTS<sup>+</sup> 용액을 0.7~1.0±0.02의 흡광도가 나올 때까지 734 nm에서 에탄올을 이용하여 희석했다. 각각의 짚신나물 분말 에탄올 추출물 0.1 mL와 ABTS<sup>+</sup> 용액 0.9 mL를 섞은 후 37°C에서 30분 동안 반응시켰다. ABTS radical 소거능은 (%) =  $[1 - (\text{Abs sample} / \text{Abs blank})] \times 100$  계산법을 사용하여 백분율로 나타내었다.

## 6. FRAP 활성 측정

FRAP 활성 측정은 Benzie & Strain(1996) 방법을 사용하였다. 먼저 3종류 시약을 제조하였다. 첫 번째 시약으로 10 mM 2,4,6-tripyridyl-triazine(TPTZ) 용액을 40 mM HCl로 용해하였다. 두 번째 시약은 20 mM FeCl<sub>3</sub> 용액을 사용하였다. 세 번째 시약은 0.3M sodium acetate buffer에 acetic acid를 넣어 pH 3.6으로 제조하였다. 그 후 시약 세 개를 1:1:10 비율로 섞어서 Thermo-block(NB-305TB, Thermo Fisher Scientific, MA, USA) 37°C에서 10분간 반응시켰다. 실험군은 시료 5 µL에 working solution 145 µL를 넣어서 혼합하였다. 대조군은 working solution 대신 sodium acetate buffer 145 µL를 넣은 후 혼합하였으며, 표준군으로는 증류수 5 µL를 넣어 혼합하였다. 암실에

서 15분간 반응한 후 Microplate spectrophotometer(Epoch 2, Bio Tek Inc., Winooski, USA)로 593 nm에서 흡광도를 측정하였다. 분석은 실험군당 3반복 측정하였다.

## 7. 통계분석

본 실험에서의 분석 결과는 SPSS 17.0 P/C package (Statistical Package for Social Science, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 통계 분석하였고 3회 반복하여 측정한 평균값±표준오차로 표시하였다. 두 그룹간의 통계적 유의성은 Student's t-test 검정을 실시하였다. 세 그룹 이상은 각 처리군 간은 ANOVA 분석을 실시하여 유의성을 확인한 후, 유의적인 차이가 있는 항목에 대해서는 Duncan's multiple range test를 실시하여  $p < 0.05$  수준에서 유의성을 검증하였다. 통계분석 결과치는 모두 독립적으로 3회 이상 반복 측정하였다.

## 제 3장 실험결과 및 고찰

### 제 1절 한국산과 중국산의 짚신나물 분말의 영양성분 비교

#### 1. 일반성분 함량

한국산과 중국산 짚신나물의 분말을 비교 분석한 결과 일반성분 함량은 Table 1과 같다. 한국산 짚신나물 분말의 일반성분 함량은 Moisture(수분) 2.47%, Carbohydrate(탄수화물) 80.69%, Crude protein(조단백질) 8.97%, Crude fat(조지방) 1.54%, Crude ash(조회분) 6.4%로 나타났다. 중국산 짚신나물 분말의 일반성분 함량은 Moisture(수분) 1.64%, Carbohydrate(탄수화물) 80.81%, Crude protein(조단백질) 9.16%, Crude fat(조지방) 1.15%, Crude ash(조회분) 7.34로 분석되었다.

Table 1에서 보이는 것과 같이 중국산 짚신나물 분말이 한국산 짚신나물 분말보다 조지방 함량이 유의하게 높게 나타났다. 수분, 회분, 조단백질 및 탄수화물 함량은 유의차가 없었다. 그러나 일반적으로 한국산 짚신나물 분말은 중국산 짚신나물 분말보다 조회분, 조단백, 탄수화물 함량이 낮은 반면, 수분과 조지방 함량이 상당히 높다는 것을 알 수 있었다. 이는 Lee & Lee(2012)의 한국산과 중국산 산사 분말 일반성분 분석 결과를 비교한 연구와도 본 연구 결과와 유사한 경향을 나타내었다. 즉 한국산 산사 분말은 수분 5.03%, 탄수화물 86.83%, 조지방 2.39%, 조단백 3.70%, 조회분 2.05% 함량을 보유하고 있다. 중국산 산사의 경우 수분 4.05%, 탄수화물 85.86%, 조지방 5.22%, 조단백 3.14%, 조회분 2.03% 성분을 함유하고 있다고 제시하고 있다. 이를 통해 산사와 장미과 식물인 짚신나물의 주요한 성분은 많은 식물체의 구성 성분인 탄수화물로 구성되어 있

으며 산사 분말과도 유사함을 알 수 있다.

**Table 1. Proximate compositions of Korean and Chinese origins of *Agrimonia pilosa* Ledeb. powder**

(%, dry basis)

Composition	<i>Agrimonia pilosa</i> Ledeb. powder	
	Korean	Chinese
Moisture	2.47±0.24 <sup>2)</sup>	1.64±0.05
Crude ash	6.40±0.29	7.34±0.03
Crude fat	1.54±0.04 <sup>*3)</sup>	1.15±0.03
Crude protein	8.97±0.03	9.16±0.04
Carbohydrate <sup>1)</sup>	80.69±0.96	80.81±0.87

<sup>1)</sup>Carbohydrate = 100 - (moisture + crude protein + crude fat + crude ash).

<sup>2)</sup>All values are expressed as mean ± SE of triplicate determinations.

<sup>3)</sup>Significantly different between carrot and parsnip by Student's t-test at \* $P < 0.05$ .

## 2. 유리 아미노산 함량

한국산과 중국산의 짚신나물 분말에 함유된 유리 아미노산 조성 및 함량 분석 결과는 Table 2와 같다. 한국산과 중국산 짚신나물 분말 모두 17종의 유리 아미노산이 검출되었다. 한국산 짚신나물 분말에서는 Aspartic acid이 842.62 mg%로 가장 높았고, 다음으로는 Glutamic acid이 815.64 mg%, Leucine이 607.78 mg% 순으로 나타났다. 중국산 짚신나물 분말에서도 똑같이 Aspartic acid이 950.81 mg%로 가장 높았고, Glutamic acid이 889.68 mg%, Leucine이 640.90 mg% 순으로 나타났다. 아미노산 중 한국산과 중국산의 짚신나물 분말간에 유의한 차이가 나타난 것은 Aspartic acid, Glutamic acid, Proline, Alanine, Tyrosine이었으며, 그 외 아미노산은 한국산과 중국산간에 차이가 없었다. Alanine을 제외하고는 중국산 분말에 더 많이 함유하는 것으로 나타났다. 특히 한국산 짚신나물 분말의 Alanine 함량은 중국산 짚신나물의 분말에 비해 약 2배 정도의 높은 값을 보였다. 한국산 짚신나물 분말과 중국산 짚신나물 분말의 각각의 유리 아미노산 조성 및 함량에 차이가 있음을 알 수 있었다. 총 아미노산 함량은 한국산과 중국산의 짚신나물 분말 간에는 차이가 없었다.

아미노산은 아미노산 자체의 다양한 기능을 가지고 있다. 그중에서도 맛에 관여하는 성분인 Glutamic acid과 Aspartic acid이 있다. Glutamic acid는 감칠맛이 있으며 면역 체계와 소화기, 뇌에 중요한 역할을 하는 중추신경계에서 흥분성 신경전달물질로 작용해 뇌 기능을 활성화하고 스트레스에 대한 저항력을 강화해준다. Aspartic acid는 신맛이 있어 아미노산이 가지고 있는 역가 중에 가장 낮은 3~5 mg/dL 농도에서도 맛을 느낄 수 있는 것으로 알려져 있다(Kato et al. 1989).

실험 결과에서 보는 바와 같이 짚신나물 분말에서 다량의 아미노산이 검출되고 있어, 건강 기능성 식품 소재로서 사용 가능성이 클 것으로 생각된다. 뿐만



아니라 한국산과 중국산 짚신나물 분말에서 다량의 Lysine이 검출되었는데 이는 우리의 주식인 쌀에 부족한 Lysine의 부족함을 보충할 수 있을 것으로 생각된다.

Han & Gu (1993)의 연구에 의하면. 아미노산은 죽순, 연근 및 우엉 등에도 포함되어 있다. 죽순의 경우 Tyrosine이 12.2%로 가장 많이 함유되어 있고, Aspartic acid, Glutamic acid, Lysine의 함량 순으로 검출된다. 연근의 아미노산 조성은 Aspartic acid가 28.8%, 우엉의 아미노산 조성은 Arginine이 33.6%로 가장 높은 함량을 나타내었다. Serine, Glutamic acid, Alanine, Threonine, Valine, Lysine 등과 같이 단맛을 내는 아미노산 함량이 죽순, 연근 및 우엉에 각각 51.6%, 42.0% 및 31.9%고, Phenylalanine, Arginine, Leucine과 같이 쓴맛을 내는 아미노산 인의 함량은 죽순, 연근 및 우엉에 각각 17.0%, 15.4% 및 39.4%로 우엉에서 가장 높았다고 제시하고 있다.

짚신나물에서는 중국산과 한국산 분말 둘 다 높은 Arginine 함량이 나타났으며, 이로 인해서 쓴맛이 느껴지는 것이라 생각된다. 죽순, 연근 및 우엉의 아미노산 조성과 마찬가지로 짚신나물의 분말도 Aspartic acid, Glutamic acid 함량이 높게 나타났다.

Table 2. Free amino acids contents of Korean and Chinese organs of *Agrimonia pilosa* Ledeb. powder

(mg%, dry basis)

Amino acids	<i>Agrimonia pilosa</i> Ledeb. powder	
	Korean	Chinese
Aspartic acid	842.62±29.22 <sup>1)*2)</sup>	950.81±17.17
Threonine	364.00±12.43	383.78±7.41
Serine	355.74±12.73	393.78±6.27
Glutamic acid	815.64±10.69 <sup>**</sup>	889.68±5.79
Proline	584.73±5.43 <sup>**</sup>	631.94±7.33
Glycine	418.00±7.36	447.17±7.59
Alanine	409.88±8.39 <sup>***</sup>	258.58±11.74
Cystine	110.41±6.23	111.00±6.77
Valine	367.46±11.74	350.81±4.72
Methionine	174.33±5.00	196.68±6.85
Isoleucine	358.9±5.23	372.43±3.72
Leucine	607.78±12.73	640.90±6.69
Tyrosine	287.71±5.61 <sup>*</sup>	317.37±6.07
Phenylalanine	418.04±8.52	450.16±10.41
Histidine	365.10±5.52	364.89±5.80
Lysine	386.88±6.76	446.69±21.50
Arginine	312.47±7.56	336.48±17.79
Total	7275.41±137.72	7414.95±145.70

<sup>1)</sup>All values are expressed as mean±SE of triplicate determinations.

<sup>2)</sup>Significantly different between carrot and parsnip by Student's t-test at \* $P<0.05$ , \*\* $P<0.01$ , \*\*\* $P<0.001$ .

### 3. 지방산

한국산과 중국산 짚신나물 분말에 포함된 지방산 조성 및 함량 분석 결과는 Table 3과 같다.

한국산 짚신나물 분말은 9종의 포화지방산과 11종의 불포화지방산의 총 20종 지방산이 검출되었다. 중국산 짚신나물 분말은 포화지방산 9종, 불포화지방산 10종으로 총 18종의 지방산이 검출되었다. 한국산 짚신나물은 cis-10-Heptadecenoic acid(C17:1)이 23.59%로 가장 높았고, 다음으로 Stearic acid (C18:0), Palmitoleic acid (C16:1), Linolelaidic acid (C18:2n6t)순으로 검출되었다. 중국산 짚신나물 분말의 경우에도 cis-10-Heptadecenoic acid (C17:1)가 20.84%로 가장 높게 나타났고, 다음으로는 Palmitoleic acid (C16:1), Stearic acid (C18:0), Myristoleic acid (C14:1) 순으로 나타났다.

한국산 짚신나물과 중국산 짚신나물의 지방산 조성은 약간의 차이는 있었으나, 두 짚신나물의 주요 지방산은 cis,-10-Heptadecenoic acid(C17:1), Palmitoleic acid (C16:1), Stearic acid (C18:0)인 것으로 보인다. 한국산 짚신나물과 중국산 짚신나물이 함유하고 있는 포화지방산 함량은 차이가 없었으나, 단일불포화지방산 함량은 중국산이 한국산 보다 높았으며, 다가불포화지방산은 한국산이 중국산에 비하여 높게 나타났다. 연구 결과에 따르면 짚신나물의 주요 지방산은 항암 효과(Joo & Kim 2002)가 있다고 보고된 바 있다. 따라서 짚신나물은 불포화지방산인 Linoleic acid의 함량이 높아 기능성 식품 소재로 활용 가능성이 높다는 것을 시사하고 있다.

**Table 3. Compositions of fatty acids in Korean and Chinese organs of *Agrimonia pilosa* Ledeb. powder**

(g/100 g total fatty acids, dry basis)

Fatty acids	<i>Agrimonia pilosa</i> Ledeb. powder	
	Korean	Chinese
Caproic acid (C6:0)	0.00±0.00 <sup>1)***2)</sup>	1.68±0.00
Caprylic acid (C8:0)	0.83±0.00***	0.94±0.00
Capric acid (C10:0)	0.15±0.00	0.46±0.25
Luric acid (C12:0)	0.35±0.00***	0.21±0.01
Myristic acid (C14:0)	0.47±0.00	0.47±0.00
Palmitic acid (C16:0)	0.11±0.00***	0.18±0.00
Stearic acid (C18:0)	21.93±1.10	18.56±0.72
Heneicosanoic acid (C21:0)	0.80±0.00	0.79±0.00
Behenic acid (C22:0)	0.05±0.00**	0.00±0.00
Tricosanoic acid (C23:0)	6.03±0.04***	7.16±0.04
<b>Saturated</b>	30.75±1.14	30.46±0.58
Myristoleic acid (C14:1)	8.17±0.03*	12.44±0.45
Palmitoleic acid (C16:1)	15.83±0.59**	19.94±0.57
cis-10-Heptadecenoic acid (C17:1)	23.59±0.65	20.84±1.15
cis-11-Eicosenoic acid (C20:1)	1.41±0.05***	0.61±0.05
Nervonic acid (C24:1)	0.22±0.00**	0.44±0.02
<b>Monounsaturated</b>	49.23±0.31	54.29±2.24
Linolelaidic acid (C18:2n6t)	12.96±0.69	11.78±0.12
γ-Linolenic acid (C18:3n6)	3.41±3.29	0.00±0.00
cis-8, 11, 14-Eicosatrienoic acid (C20:3n6)	6.10±0.06***	2.12±0.04
Arachidonic acid (C20:4n6)	0.13±0.00***	0.54±0.02
cis-13,16-Docosadienoic acid (C22:2)	0.56±0.03*	0.39±0.01
cis-5,8,11,14,17-Eicosapentaenoic acid (C20:5n3)	0.24±0.00**	1.65±0.06
<b>Polyunsaturated</b>	23.41±4.02	16.49±0.27

<sup>1)</sup>All values are expressed as mean±SE of triplicate determinations.

<sup>2)</sup>Significantly different between carrot and parsnip by Student's t-test at

\* $P < 0.05$ , \*\* $P < 0.01$ , \*\*\* $P < 0.001$ .

#### 4. 유기산 함량

유기산은 일반적으로 산성을 띠는 유기화합물의 총칭하는 것으로 카복시기와 설펜기가 들어 있는 유기화합물을 일컫는다. 팔미트산, 옥살산, 아세트산, 뷰티르산, 타타르산 등이 포함되며, 그 중 많은 부분은 카복실산이므로 협의적인 의미로는 카복실산을 가리킨다. 그러나 요산(uric acid)이나 아스코르브산(ascorbic acid)을 포함해 카복실산이 아닌 산성 물질도 굉장히 많이 있고, 넓게는 설펜산, 페놀, 설펜산 등도 포함하여 말하는 경우가 대부분이다(Choi 2011).

유기산은 돼지감자에도 함유되어 있는데 Wichrowska et al.(2009)의 연구에 따르면 Citric acid, Malic acid, Succinic acid였으며, 함량은 Malic acid가 가장 높았고, Citric acid의 순으로 나타났으며, 이들 유기산은 품종과 저장 기간 및 온도 등에 따라 차이가 있다고 제시하고 있다

한국산과 중국산 짚신나물 분말의 유기산 조성 및 함량은 Table 4에서 보는 바와 같이 Citric acid, Tartatic acid, Malic acid, Lactic acid, Formic acid 및 Acetic acid 총 6종의 유기산을 분석하였는데 한국산은 Lactic acid를 제외한 총 5종, 중국산은 총 6종이 검출되었다. 한국산 짚신나물에서 검출된 유기산 성분은 Malic acid, Tartatic acid, Citric acid, Acetic acid, Formic acid 순으로 많이 검출 되었으나, Lactic acid는 포함되어 있지 않은 것으로 나타났다. 중국산 짚신나물은 Tartaric acid, Malic acid, Citric acid, Formic acid, Lactic acid, Acetic acid 순으로 많이 검출 되었다. Citric acid, Tartatic acid, Lactic acid, Formic acid 및 Acetic acid 함량은 중국산 짚신나물이 한국산 짚신나물에 비하여 유의하게 높았으나, Malic acid 함량은 한국산 짚신나물에 높게 검출되었다.

본 연구에서도 한국산 짚신나물과 중국산 짚신나물의 주된 유기산은 돼지감자의 주된 유기산과 비슷하게 Malic acid, Citric acid, Tartaric acid, Acetic acid의 순으로 나타나 유사한 경향을 보였다. 특히, Citric acid는 하이드록시기(-OH)를 가지는 다염기 카복실산의 하나로 구연산이라고도 하며 과즙이나 다량

한 식물의 씨 안에 유리 상태의 산으로 함유되어 있다(Jung & Shin 2017).

**Table 4. Contents of organic acids in Korean and Chinese origins of *Agrimonia pilosa* Ledeb. powder**

(mg%, dry basis)

Organic acids	<i>Agrimonia pilosa</i> Ledeb. powder	
	Korean	Chinese
Citric acid	7256.04±27.40 <sup>1)***</sup>	11948.96±30.72
Tartaric acid	9367.88±31.12 <sup>**</sup>	17340.92±311.60
Malic acid	27340.38±311.97 <sup>***</sup>	16488.92±274.58
Lactic acid	0.00±0.00 <sup>***</sup>	1255.10±24.63
Formic acid	456.24±8.69 <sup>***</sup>	1652.24±29.17
Acetic acid	842.62±29.22 <sup>*</sup>	950.81±17.17
Total	45263.18±289.77 <sup>***</sup>	49636.97±163.12

<sup>1)</sup>All values are expressed as mean ± SE of triplicate determinations.

<sup>2)</sup>Significantly different between carrot and parsnip by Student's t-test at \* $P < 0.05$ , \*\* $P < 0.01$ , \*\*\* $P < 0.001$ .

## 5. 무기질 함량

한국산과 중국산의 짚신나물의 총 8가지 종류의 무기질 조성 및 함량을 분석한 결과는 Table 5와 같다. 한국산 짚신나물의 무기질 함량은 칼륨(K)이 가장 높았으며, 칼슘(Ca), 마그네슘(Mg), 철(Fe)의 순으로 함량이 나타났다. 나트륨(Na), 망간(Mn), 아연(Zn), 구리(Cu)의 함량은 적은 양만 포함하고 있었다. 중국산 짚신나물의 무기질 함량은 칼륨(K)을 가장 많이 포함하고 있었고, 칼슘(Ca), 마그네슘(Mg), 철(Fe)의 순으로 나타났다. 망간(Mn), 아연(Zn), 나트륨(Na), 구리(Cu) 순으로 함량은 미량 함유되어 있다. 가장 많은 성분인 칼륨(K)의 함량은 한국산 짚신나물에는 19327.52%, 중국산 짚신나물에는 18907.62%로 높은 함량을 나타내었으나 유의차는 없었다. 무기질 중 마그네슘(Mg), 철(Fe), 망간(Mn), 구리(Cu), 아연(Zn)은 한국산과 중국산 간에 유의한 차이가 보였다. 마그네슘(Mg)은 한국산이 중국산에 비해 높게 검출되었으나 나머지는 중국산이 한국산에 비하여 높게 검출되었다,

무기질 성분 중 하나인 칼륨(K)은 근육에서 에너지를 생성에 촉매 역할을 하여준다. 부족할 경우 손발 저림, 경련, 뇌졸중, 신부전증, 변비 등을 발생시킨다. 체액의 전해질 균형에 중요한 역할을 함으로써 정상적인 삼투압 유지, 산과 알칼리 균형 유지에 관한다. 나트륨(Na)과의 균형을 통해 신경계 자극이나 골격근 수축 또는 이완 등의 다양한 생리적인 기능을 담당한다(Song et al. 2016). 마그네슘(Mg) 및 철(Fe)은 ATP의 합성, 아미노산의 활성화, 단백질 합성 및 에너지 대사에도 중요한 역할을 수행하고 있다(Lee et al. 2020). 우리 몸의 세포의 재생이나 성장에 도움을 주는 무기질 성분 중 칼슘(Ca)은 골 손실을 적게 하고, 골격 성장기에 최대 골 질량 형성을 도와 골다공증 예방 효과가 좋은 무기질로 알려져 있다(Choi 2011). 천연 진정제인 무기질 성분 중 칼슘(Ca)과 마그네슘



(Mg)은 2가 양이온으로 길항작용을 통해 스트레스를 흥분, 억제 시키는 기능이 있다. 특히 마그네슘(Mg)은 항 스트레스 무기질로 정신적인 흥분을 가라앉히고 침착하게 하며, 생리적과 생화학적 과정에서 증대한 기능을 수행하고 있다. 마그네슘(Mg)은 신경과 근육의 세포막 전위의 유지 및 신경근 연결부에서 충격 전도에도 중요한 역할을 한다(Choi 2011). Lee et al.(2020)의 의하면 생강 분말의 경우 무기질 함량은 칼륨(K) 함량이 가장 높았으며, 철(Fe), 칼슘(Ca), 마그네슘(Mg) 순으로 많은 함량을 차지한 다는 연구 결과와 유사한 결과를 보였다

따라서 짚신나물은 칼륨(K)의 함량이 높아서 체내의 나트륨(Na) 배출에 도움을 줄 수 있고 칼슘(Ca)과 마그네슘(Mg)도 높아 기능성 식품으로의 역할을 수행할 수 있다고 판단된다.

Table 5. Contents of minerals in Korean and Chinese origins of *Agrimonia pilosa* Ledeb. powder

(mg%, dry basis)

Minerals	<i>Agrimonia pilosa</i> Ledeb. powder	
	Korean	Chinese
Ca	8324.06±119.47 <sup>1)</sup>	14625.03±199.09
K	19327.52±469.73	18907.62±487.80
Mg	2564.31±36.11 <sup>***2)</sup>	1065.69±73.51
Fe	113.83±8.46	554.00±22.13
Na	28.40±2.03	23.12±1.31
Mn	27.39±1.27 <sup>***</sup>	57.47±0.99
Cu	0.25±0.02 <sup>***</sup>	2.66±0.06
Zn	16.56±0.92 <sup>**</sup>	24.60±1.10

<sup>1)</sup>All values are expressed as mean ± SE of triplicate determinations.

<sup>2)</sup>Significantly different between carrot and parsnip by Student's t-test at \*\*  $P < 0.01$ , \*\*\*  $P < 0.01$ .

## 제 2 절 한국산과 중국산의 쑤신나물 에탄올 추출물의 항산화 효과 비교

### 1. 추출 수율

한국산 쑤신나물과 중국산 쑤신나물의 에탄올 추출물의 추출 수율을 측정 한 결과는 Table 6과 같다. 한국산 쑤신나물의 에탄올 추출물의 추출 수율은  $25.23 \pm 0.05\%$ 였고, 국산 쑤신나물의 에탄올 추출물의 추출 수율  $25.16 \pm 0.02\%$ 로 추출 수율은 차이가 없었다.

Table 6. Extraction yield of Korean and Chinese orgins of *Agrimonia pilosa* Ledeb. powder

	<i>Agrimonia pilosa</i> Ledeb. powder	
	Korean	Chinese
Extraction yield (%, dry basis)	$25.23 \pm 0.05^{1)}$	$25.16 \pm 0.02$

<sup>1)</sup>All values are expressed as means  $\pm$  standard deviation (n=3).

## 2. 총 polyphenol 함량

식물계에 널리 분포 되어있는 항산화물질로 알려진 polyphenol은 체내 활성산소종(Reactive oxygen species, ROS)의 발생을 억제하여(Park et al. 2008) 대사 증후군 예방(Yoo et al. 2005), 노화의 방지(Lee et al. 2009) 및 지연효과가 있는 것(Kim et al. 2004)으로 알려져 있다. 따라서 최근에는 폴리페놀의 기능성과 연관된 연구 보고가 다양하게 보고되었다(Nicoli et al. 1999).

본 실험에서 측정된 짚신나물 에탄올 추출물의 총 polyphenol 함량은 Table 7과 같다. 한국산 짚신나물과 중국산 짚신나물의 총 polyphenol 함량은 각각 190.48 mg GAE/g, 182.44 mg GAE/g을 함유하고 있는 것으로 나타나 한국산 짚신나물의 총 polyphenol 함량이 더 높은 것으로 확인되었다.

한국산과 중국산 울무의 총 polyphenol 함량을 분석한 결과, 한국산 울무는 966.3 mg%, 중국산 울무는 770 mg%로 본 연구와 동일하게 polyphenol 함량이 한국산이 더 높은 것으로 확인 되었다(Lee et al. 2011).

**Table 7. Total polyphenol contents of Korean and Chinese organs of *Agrimonia pilosa* Ledeb. powder**

	<i>Agrimonia pilosa</i> Ledeb. powder	
	Korean	Chinese
Total polyphenol (mg GAE/g) <sup>1)</sup>	190.48±11.31 <sup>2)***3)</sup>	182.44±5.29

<sup>1)</sup>GAE: Gallic acid equivalent.

<sup>2)</sup>All values are expressed as means ± standard deviation (n=3).

<sup>3)</sup>Significantly different between Korean and Chinese organs of *Agrimonia pilosa* Ledeb. powder by Student's t-test at \*\*\* $P < 0.001$ .

### 3. 총 flavonoid 함량

Flavonoid는 다양한 식물에 포함되어 있으며 polyphenol 화합물의 한 종류로 알려져 있다(Kim et al. 2012). 다양한 생리활성 기능과 함께 항산화 효과가 우수한 것으로 알려져 있다(Heim et al. 2002). Flavonoid는 C6-C3-C6를 기본 골격으로 이루어진 물질로 노란색 또는 담황색을 나타내며, 화학 구조에 따라 catechins, isoflavones, flavonols, flavones 등으로 분류되어 진다. 광합성을 하는 식물세포에서는 Flavonoid가 합성이 되어지나, 동물은 체내에서 합성할 수 없다고 한다(Cha & Cho 2001). 따라서 사람에게서는 주로 차나 과일, 적포도주, 채소 등으로부터 flavonoid를 섭취해야 한다고 알려져 있다(Kawaguchi et al. 1997).

또한 Lee et al.(2008)은 플라보노이드는 암세포의 DNA, RNA 또는 protein의 합성을 억제하거나 cAMP의 함량을 증가시켜 종양세포의 분열을 억제시키거나, apoptosis를 유도하는 다양한 기전을 통하여 항암효과가 있는 것으로 알려져 있다. 따라서 짚신나물 분말의 라디칼 소거활성을 검토하여 flavonoid 함량을 알아보았고 향후 이를 이용한 기능성 식품 개발을 위한 기초자료를 제시하고자 분석을 하였다. 한국산 짚신나물과 중국산 짚신나물의 총 flavonoid 함량은 Table 8에 나타내었다. 총 Flavonoid는 한국산 짚신나물은 445.33 mg QE/g이고, 중국산 짚신나물은 242.90 mg QE/g로 한국산 짚신나물의 분말이 2배 정도 많이 함유하는 것으로 나타났다.

Table 8. Total flavonoid contents of Korean and Chinese origins of *Agrimonia pilosa* Ledeb. powder

	<i>Agrimonia pilosa</i> Ledeb. powder	
	Korean	Chinese
Total flavonoid (mg QE/g ) <sup>1)</sup>	445.33±15.33 <sup>2)***3)</sup>	242.90±19.91

<sup>1)</sup>QE: Quercetin equivalent.

<sup>2)</sup>All values are expressed as means ± standard deviation (n=3).

<sup>3)</sup>Significantly different between Korean and Chinese origins of *Agrimonia pilosa* Ledeb. powder by Student's t-test at \*\*\* $P < 0.001$ .

#### 4. DPPH radical 소거능

DPPH radical 소거능의 측정법은 실제 항산화 활성과 관련이 있는 측정 방법으로 항산화 물질이 free radical에 전자를 공여함으로 지질의 산화 억제 척도 방법으로 널리 사용되어 지고 있으며, 체내에서 free radical에 의한 노화 억제 작용의 척도로 이용되고 있다(Kim 2010). 많은 연구에서 폴리페놀과 플라보노이드 성분의 함량이 많을수록 DPPH 라디칼 소거능도 비례하여 높게 나타난다고 하였다(Paik et al. 2010).

본 실험에서 측정한 짚신나물 에탄올 추출물의 항산화효과를 알아보고자 짚신나물 에탄올 추출물을 농도를 달리하여 DPPH radical 소거 활성을 측정한 결과는 바로 Table 9와 같다. 한국산과 중국산 짚신나물 추출물의 DPPH radical 소거능은 125  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 에서 각각 27.27%, 13.14%를 나타내었으며, 추출물의 첨가 농도가 증가될수록 DPPH radical 소거능도 함께 증가하여 250  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 에서 각각 35.04%, 22.64%를 나타냈고, 500  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 에서 각각 46.86%, 27.45%를 나타내었다. 1000  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 에서는 각각 50.80%, 45.01%를 10000  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 에서는 각각 99.33%, 99.39%를 나타냈다.

각각의 농도별로 비교해 보았을 때 모든 농도에서 DPPH radical 소거능 수치가 한국산 짚신나물이 중국산 짚신나물보다 높게 측정되었다. 이러한 수치 비교를 통해 한국산 짚신나물이 중국산 짚신나물보다 항산화 활성이 높은 것을 알 수 있었다.

Table 9. DPPH radical scavenging activity of Korean and Chinese origins of *Agrimonia pilosa* Ledeb. extract

	Concentration ( $\mu\text{g/mL}$ )	DPPH radical scavenging activity (%)	IC <sub>50</sub> <sup>1)</sup>
Korean	125	27.27 $\pm$ 1.56 <sup>2)***3)</sup>	990.1
	250	35.04 $\pm$ 1.91 <sup>***</sup>	
	500	46.86 $\pm$ 1.74 <sup>***</sup>	
	1000	50.80 $\pm$ 0.77 <sup>**</sup>	
	10000	99.33 $\pm$ 0.15	
Chinese	125	13.14 $\pm$ 1.44	1336.0
	250	22.64 $\pm$ 0.51	
	500	27.45 $\pm$ 0.02	
	1000	45.01 $\pm$ 2.79	
	10000	99.39 $\pm$ 0.74	
Ascorbic acid	1000	100.68 $\pm$ 0.00	

<sup>1)</sup>IC<sub>50</sub>: Concentration required to reduce 50% of DPPH radical activity.

<sup>2)</sup>All values are expressed as means  $\pm$  standard deviation (n=3).

<sup>3)</sup>Significantly different between Korean and Chinese origins of *Agrimonia pilosa* Ledeb. powder by Student's t-test at <sup>\*\*</sup><0.01, <sup>\*\*\*</sup>P<0.001.



## 5. ABTS radical 소거능

한국산 짚신나물과 중국산 짚신나물의 ABTS radical 소거활성을 분석한 결과는 Table 9에 나타내었다. 한국산 짚신나물 추출물은 각각 125 $\mu$ g/mL에서 59.39%, 21.93%, 250 $\mu$ g/mL에서 77.55%, 44.29%, 500 $\mu$ g/mL에서 91.75%, 57.61% 1000 $\mu$ g/mL에서 92.84%, 86.34%, 10000  $\mu$ g/mL에서 92.62%, 92.96%로 차이를 보였으며 추출물의 농도 함량이 증가할수록 radical 소거능이 높아짐이 나타났다.

항산화효과를 측정하는 또 다른 방법인 ABTS+ radical 소거능도 색 반응을 이용한 편리하고 효율적인 항산화효과 측정 방법으로 식품뿐만 아니라 약학, 농업 분야 등에서 널리 이용되고 있다. ABTS+가 734 nm에서 최고의 흡광도를 나타내며, 1분 이상이면 시료의 반응시간이 충분하며, 항산화 물질의 농도가 증가할수록 ABTS+ 라디칼 소거능도 증가한다고 하였다. ABTS+ 라디칼 소거능은 친수성뿐만 아니라 소수성 화합물의 항산화력 측정에도 사용이 가능하고, 추출물 자체가 가지고 있는 고유의 색소에 의한 영향도 최소한으로 작용하기 때문에 DPPH radical 소거능 측정방법보다 보다 정확하게 항산화력을 측정할 수 있다고 하였다(Arnao 2001).

Lee(2016)에 따르면 삼채 각 부위별 ABTS radical 소거능을 측정한 결과는 잎, 인경 및 뿌리의 경우 각각 78.7-103.4 mg VCE/100 g FW, 35.8-51.1 mg VCE/100 g FW, 42.0-55.9 mg VCE/100 g FW의 항산화 능을 나타나 잎이 가장 높게 분석되었다. 이 결과, 하우스 재배 삼채의 항산화 능이 잎에서 가장 높게 나타났다(Re et al. 1999). 또한 용매에 따른 결과는 삼채의 모든 부위에서 물 또는 무수 메탄올 추출물보다는 20-80% (v/v) 메탄올-물 혼합용매 추출물에서 항산화능이 가장 높게 나타났다.

Table 10. ABTS radical scavenging activity of Korean and Chinese origins of *Agrimonia pilosa* Ledeb. extract

	Concentration ( $\mu\text{g/mL}$ )	DPPH radical scavenging activity (%)	IC <sub>50</sub> <sup>1)</sup>
Korean	125	59.39 $\pm$ 0.62 <sup>2)***3)</sup>	126.9
	250	77.55 $\pm$ 0.29 <sup>***</sup>	
	500	91.75 $\pm$ 1.32 <sup>***</sup>	
	1000	92.84 $\pm$ 0.63 <sup>***</sup>	
	10000	92.62 $\pm$ 0.25	
Chinese	125	21.93 $\pm$ 0.37	436.2
	250	44.29 $\pm$ 1.30	
	500	57.61 $\pm$ 0.65	
	1000	86.34 $\pm$ 1.67	
	10000	92.96 $\pm$ 0.01	
Ascorbic acid	1000	95.72 $\pm$ 0.06	

<sup>1)</sup>IC<sub>50</sub>: Concentration required to reduce 50% of DPPH radical activity.

<sup>2)</sup>All values are expressed as means  $\pm$  standard deviation (n=3).

<sup>3)</sup>Significantly different between Korean and Chinese origins of *Agrimonia pilosa* Ledeb. powderby Student's t-test at <sup>\*\*\*</sup> $P < 0.001$ .

## 6. FRAP 활성

한국산 짚신나물과 중국산 짚신나물 에탄올 추출물의 FRAP 값의 측정 결과는 Table 11에 나타내었다. 한국산 짚신나물 에탄올 추출물의 FRAP 값은  $489.04 \pm 13.94$  mM FeSO/g이었고, 중국산 짚신나물 에탄올 추출물의 FRAP 값은  $445.85 \pm 16.96$  mM FeSO/g은 한국산 짚신나물의 FRAP 값이 유의하게 높게 측정되었다.

**Table 11. FRAP activity of Korean and Chinese origins of *Agrimonia pilosa* Ledeb. extract**

	<i>Agrimonia pilosa</i> Ledeb. powder	
	Korean	Chinese
FRAP (mM FeSO <sub>4</sub> /g)	$489.04 \pm 13.94^{1)***2)}$	$445.85 \pm 16.96$

<sup>1)</sup>All values are expressed as means  $\pm$  standard deviation (n=3).

<sup>2)</sup>Significantly different between Korean and Chinese origins of *Agrimonia pilosa* Ledeb. powder by Student's t-test at \*\*\* $P < 0.001$ .

## 제4장 요약 및 결론

본 연구는 다양한 생리활성 성분을 함유하고 있는 짚신나물의 식재료로서의 활용 가능성을 알아보고자 한국산과 중국산의 짚신나물 분말의 이화학적 성분을 비교 분석하였으며, 짚신나물 분말 추출물을 이용하여 항산화 활성을 비교 분석하였다.

한국산과 중국산 짚신나물 분말의 일반성분 결과는 다음과 같다. 한국산 짚신나물 분말의 일반성분 함량은 수분 2.47%, 탄수화물 81.65%, 조단백질 9%, 조지방 1.58%, 조회분 6.69%로 나타났으며, 중국산 짚신나물 분말의 일반성분 함량은 수분 1.64%, 탄수화물 81.68%, 조단백질 9.20%, 조지방 1.18%, 조회분 7.37%이었다. 조회분, 조단백, 탄수화물 함량은 중국산 짚신나물이 한국산 짚신나물보다 조금 더 높은 함량이었으나 유의차는 없었다. 조지방 함량은 한국산이 중국산에 비하여 유의하게 높았다. 한국산과 중국산 짚신나물 분말의 유리 아미노산을 분석한 결과, 둘 다 17종의 유리아미노산이 검출되었다. 한국산 짚신나물 분말에서는 Aspartic acid 842.62 mg%, Glutamic acid이 815.64 mg%, Leucine이 607.78 mg% 순으로 높게 나왔고, 중국산 짚신나물 분말에서도 똑같이 Aspartic acid 950.81 mg%, Glutamic acid이 889.68 mg%, Leucine이 607.78 mg% 순으로 검출되었다. 그 중 특히 Alanine 함량은 한국산 짚신나물 분말이 중국산 짚신나물 분말에 비해 약 2배 높은 값을 보였다. 따라서 이러한 수치를 통해 한국산 짚신나물과 중국산 짚신나물의 유리 아미노산의 조성과 함량에 차이가 있음을 알 수 있었다. 지방산 분석 결과, 한국산 짚신나물 분말은 9종의 포화지방산과 11종의 불포화지방산의 총 20종 지방산이 검출되었다. 중국산 짚신나물 분말은 포화지방산 9종, 불포화지방산 10종으로 총 18종의 지방산이 검출되었다.

한국산 짚신나물의 지방산 함량은 구성 지방산 중 cis-10-Heptadecenoic acid(C17:1)이 23.59%로 가장 높았고, 다음으로 Stearic acid (C18:0)가 21.93%, Palmitoleic acid (C16:1)가 15.83% 순으로 나타났다. 중국산 짚신나물 또한 cis-10-Heptadecenoic acid (C17:1)가 20.84%로 가장 높게 나왔고, 다음으로는 Palmitoleic acid (C16:1)가 19.94%, Stearic acid (C18:0)가 18.56% 순으로 나타났다. 결과적으로 한국산과 중국산 짚신나물의 지방산 조성은 약간의 차이는 보였으나, 두 짚신나물의 주요 지방산은 비슷한 것으로 나타났다. 총 포화지방산 함량은 한국산과 중국산간에 차이가 없었으나, 단일불포화지방산과 다다불포화 지방산은 한국산이 중국산에 비하여 높게 나타났다. 유기산은 한국산 짚신나물 분말의 경우 총 5종의 유기산이 검출되었으며, 중국산 짚신나물 분말은 총 6종의 유기산이 검출되었다. 한국산 짚신나물은 Malic acid(말산), Tartaric acid(타르산), Citric acid(시트르산), Acetic acid(아세트산), Formic acid(포름산) 순으로 검출되었으며, 중국산 짚신나물은 Tartaric acid, Malic acid, Citric acid, Formic acid, Lactic acid, Acetic acid 순으로 검출되었다. 무기질 함량의 경우 한국산과 중국산 짚신나물 둘 다 칼륨(K)의 함량이 가장 높게 나타났으며, 칼슘(Ca), 마그네슘(Mg), 철(Fe) 순으로 함량이 나타났다. 가장 많은 성분인 칼륨(K) 함량은 한국산의 경우 19327.52 mg% 중국산의 경우 18907.62 mg%로 한국산 짚신나물의 칼륨(K) 함량이 더 높은 것으로 확인되었다.

한국산과 중국산의 짚신나물 분말의 항산화 효과를 측정된 결과는 다음과 같다. 총 polyphenol 함량은 한국산과 중국산 짚신나물 분말 에탄올 추출물에 각각 190.48 mg GAE/g와 182.44 mg GAE/g 함유하고 있는 것으로 나타나 한국산 짚신나물이 높았다. 총 flavonoid 함량도 총 polyphenol 함량과 유사하게 한국산 짚신나물이 445.33 mg GAE/g, 중국산 짚신나물이 242.90mg GAE/g로 한국산 짚신나물이 2배 높게 나타났다. 한국산과 중국산 짚신나물 추출물의 DPPH radical 소거능은 125 µg/mL에서 각각 27.27%와 13.14%를 나타냈고, 추출물의 농도가 증

가될수록 DPPH radical 소거능도 함께 증가하여 250 µg/mL에서 각각 35.04%와 22.64%를 나타냈고 500 µg/mL에서는 각각 46.86%와 27.45%를 나타냈고, 1,000 µg/mL에서 각각 50.80%와 45.01%를 나타냈다. 10,000 µg/mL에서 각각 99.33%와 99.39%를 나타냈다. 한국산과 중국산 짚신나물 분말의 에탄올 추출물의 ABTS radical 소거능은 각각 125 µg/mL에서 59.39%와 21.93, 250 µg/mL에서 77.55%와 44.29%, 500 µg/mL에서 91.75%와 57.61%, 1000 µg/mL에서 92.84%와 86.34%, 10,000 µg/mL에서 92.62%와 92.96%로 나타났으며, 농도가 증가할수록 ABTS radical 소거능도 증가하는 경향이였다. 한국산 짚신나물 추출물이 중국산 짚신나물 추출물에 비하여 DPPH radical 소거능과 ABTS radical 소거능이 우수하였다.

이상의 연구 결과를 종합해 보면 한국산과 중국산 짚신나물의 영양성분의 조성과 함량 및 항산화 활성에 차이가 있음을 알 수 있었다. 영양성분은 한국산과 중국산 간에 크게 차이가 나타나지 않았으나 영양성분 중 불포화지방산이 한국산이 중국산에 비하여 높았으며, 항산화 효과도 한국산이 중국산에 비하여 우수한 것으로 나타났다.

## 참 고 문 헌

- AOAC. 1997. Official methods of analysis. 16<sup>th</sup> ed. Association of Official Analytical Chemists(NO. 934. 06), Arlington, VA, USA.
- Arnao MB, Cano A, Acosta M. 2001. The hydrophilic and lipophilic contribution to total antioxidant activity. Food Chem 73: 239-244.
- Blois MS. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. Nature 181: 1199-1200.
- Cao LH, Lee JK, Cho KH, Kang DG, Kwon TO, Kwon JW, Kim JS, Sohn EJ, Lee HS(2006) Mechanism for the vascular relaxation induced by butanol extract of *Agrimonia pilosa*. Kor.J Pharmacogn. 37: 67-73
- Cha JY, Cho YS. 2001. Biofunctional activities of citrus flavonoids. J Korean Agri Chem Biotechnol 44: 122-128.
- Chae SK, Kang GS, Ma SJ, Bang KW, Oh MW, Oh SH. 2002. Standard good analysis. Paju, Jigu-Moonwha Sa, Korea. pp. 381-382.
- Choi HM. 2011. 21th nutrition(4th edition), kyomunsa, paju, Korea: 276.
- Choi OK, Kim Y, Cho GS, Sung CK. 2002 Screening for antimicrobial activity from Korean plants. Kor J Food Nutr, 15: 300-306
- Chun SB, Yang B, Choi CW, Kim IS, Park KS. 2006. Antibacterial activities against plant pathogens and identification of *Agrimol* B from *Agrimonia Pilosa* Ledeb. Korean J Pestic Sci 10: 230-6
- Folin O. Denis W. 1912. On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. J Biol Chem 12: 239-249.
- Han SJ, Gu SJ. 1993. Study on the chemical composition in bamboo shoot

- lotus root and burdock-free sugar, fatty acid, amino acid and dietary fiber contents. *Korean J Soc Food Sci* 9: 82-87.
- Heim KE, Tagliaferro AR, Bobilya DJ. 2002. Flavonoid antioxidants: Chemistry, metabolism, and structure-activity relationships. *J Nutr Biochem* 13: 572-584.
- Jang SW, Lee EH, Kim WB. 2007. Analysis of research and development papers of lettuce in Korea. *Kor J Hort Sci Technol* 25: 295-303.
- Joo LJ, Kim JJ. 2002. Oxidative stability and flavor compounds of sesame oils blended with vegetable oils. *Korean J Food Sci & Technol* 34: 499-502.
- Jung BM, Shin TS. 2017. Organic acids, free sugars, and volatile flavor compounds by type of Jerusalem artichoke. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 46: 824-825.
- Kang MA, Kim MB, Kim JH, Ko YH, Lim SB. 2010. Integral antioxidative capacity and antimicrobial activity of pressurized liquid extracts from 40 selected plant species. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 1249-1256
- Kang SC, Lee CM, Koo HJ, Ahn DH, Choi H, Lee JH, Bak JP, Lee MH, Chung ES, Kawk JH, Lee MK. 2006. Hepatoprotective effects of aqueous extract from medicinal plants. *J Korean Med Ophthalmol Dermatol* 18: 37-43.
- Kato H, Rhue MR, Nishimura T. 1989. Role of amino acids and peptides food taste. ACS Symposium series-American Chemical Society. USA.
- Kawaguchi K, Mizuno T, Aida K, Uchino K. 1997. Hesperidin as an inhibitor of lipases from porcine pancreas and pseudomonas. *Biosci Biotechnol Biochem* 61: 102-104.
- Kim DS, Kim YM, Woo WH, and Mun YJ. 2010 Study of inhibitory effect



- of melanogenesis and antioxidant activity of *Agrimonia Pilosa* Ledeb. Korean J Oriental Physiol & Pathol 24: 236-241
- Kim EJ, Choi JY, Yu MR, Kim MY, 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: 337-342.
- Kim JP, Chon IJ, Cho HK, Ham IH, Whang WK. 2004. The antioxidant and the antidiabetic effects of ethanol extract from biofunctional foods prescriptions. Korean J Pharmacogn 35: 98-103.
- Kim OS. 2010. Physiological and quality characteristics of bakery products added with mosi leaf powder. Ph.D. Thesis, Sejong University, Korea.
- Lee HJ, Lee KH, Ku SJ. 1995. Changes volatile flavor components of Korean *Agrimonia Japonica* by cooking. Korean J Food Cook Sci 11: 122-125
- Lee JJ, Lee HJ. 2012. Comparisons of physicochemical composition of Korean and Chinese *Crataegi fructus*. Korean J Food Preserv 19: 569-576.
- Lee JM. 2016. Physicochemical and antioxidant properties in *Allium hookeri* by hot air-and freeze-drying methods. Korean J Food Preserv 23: 57-62
- Lee KH, Shin ES, Sim EJ, Bae YJ. 2020. Comparison of antioxidant and antimicrobial activities of ginger. Korean J Food & Nutr 33: 105-106.
- Lee MJ, Kom SE, Lee SW, Yeum DM, Lee mj. 2011. Quality characteristics of Korean and Chinese Job's tears(*Coicis lachryma-jobi*) Food Industry & Nutr 16: 49-53.
- Lee SG, Yu MH, Lee SP, Lee IS. 2008. Antioxidant activities and induction of apoptosis by methanol extracts from avocado. J Korean Soc Food Sci Nutr 37: 269-275.

- Lee SH, Jing H, LEE JA, Choi YK, Park JH, Kim JH, Ko sk, and Jun CY. 2009. The anticancer effects and drug metabolic enzyme change by oral intake of *Agrimonia Pilosa* Ledeb. Korean J Oriental Preventive Medical Society 13: 51-64.
- Lee SJ, Park JH, Lee C, Moon BK. 2013. Quality characteristics of jook prepared with *Hericium erinaceum* powder. J Korean Food Cult 30: 227-232.
- Lee YS, Ahn DS, Joo EY, Kim NW. 2009. Antioxidative activities of *Syneilesis palmata* extracts. J Korean Soc Food Sci Nutr 38: 1471-1477.
- Na JH, Lee SE, Jeong CY, Park SS, Ahn KY. 2001. Morphological adaptive responses of intercalated cell of renal collecting duct to chronic changes of potassium diet. Korean J Nephrol 20: 802-814.
- Nicoli MC, Anese M, Parpinel M. 1999. Influence of processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. J Agric Food Chem 50: 3010-3014.
- Paik JE, Bae HJ, Joo NM, Lee SJ, Jung HA, Ahn EM. 2010. The quality characteristics of cookies with added *Boehmeria nivea*. Korean J Food & Nutr 23: 446-452.
- Park BH, Ko GM, Jeon ER. 2015. Quality characteristics of jook prepared with *Hericium erinaceus* powder. J East Asian Soc Dietary Life 24: 631-640
- Park SJ, Joung YM, Choi MK, Kim YK, Kim JG, Kim KH, Kang MH. 2008. Chemical properties of barley leaf using different drying methods. J Korean Soc Food Sci Nutr 37: 60-65.
- 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: 1231-1237.
- Song GH, Kim JH, Lee JH, Kim CI. 2016. 21<sup>st</sup> Century Nutrition. Gyomunsa, Paju, Korea. p357.
- Song JW (2007) Antioxidative and antitumor activities of extracts from *Saussurea Iappa*, *Agrimonia pilosa* and *Prunella vulgaris*. MS Thesis, Kemyung University, Daegu, Korea
- Van Wunngaarden D. 1967. Modified rapid preparation fatty acid esters from liquid for gas chromatographic analysis. *Anal Chem* 39: 848-850
- Wichrowska D, Rogozińska I, Pawelzik E. 2009. Concentrations of some organic acids in potato tubers depending on weed control method, cultivar and storage conditions. *Polish J Environ Stud* 18: 487-491.
- Yoo KM, Kim SH, Chang JH, Hwang IK, Kim KI, Kim SS, Kim YC. 2005. Quality characteristics of sulgidduk containing different levels of dandelion(*Taraxacum officinale*) leaves and roots powder. *Korean J Food Cookery Sci* 21: 110-116.
- Zhu L, Tan J, Wang B, He R, Liu Y, Zheng C (2009) Antioxidant activities of aqueous extract from *Agrimonia pilosa* Ledeb and its fractions. *Chem Biodivers* 6: 1716-1726.