

# 메밀화분의 성분 특성 및 항산화 활성

홍인표\* · 우순옥 · 한상미 · 이미경<sup>1</sup>

국립농업과학원 농업생물부, <sup>1</sup>충북대학교

## Chemical Composition and Antioxidant Activity of Korean Buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) Pollen Grain Collected by Honey Bee, *Apis mellifera*

In-Pyo Hong\*, Soon-Ok Woo, Sang-Mi Han and Mi-Kyoung Lee<sup>1</sup>

National Institute of Agricultural Science, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea

<sup>1</sup>College of Pharmacy, Chungbuk National University, Cheongju, Chungbuk 28644, Korea

(Received 13 September 2017; Revised 26 September 2017; Accepted 26 September 2017)

### Abstract

We evaluated the nutritional composition including proximate, amino acid, vitamin, minerals, and the antioxidant activity of buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) pollen grains collected by *Apis mellifera* bees, to be used as a species of forage plant with *Quercus acutissima* (acorn) and *Actinidia arguta* pollen grains. The content of crude protein and fat were found 14.43% and 5.67%, respectively. Eighteen amino acids from buckwheat pollen were found, including 8 essential amino acids. The predominant amino acids were glutamic acid, aspartic acid and lysine, accounting for about 42.7% of total free amino acids. The concentration of vitamin C was the highest value of 13.7 mg/100g, followed by B<sub>3</sub> (niacin) and B<sub>1</sub> among the detected vitamins. The predominant minerals were potassium (1197.95mg/100g), followed by phosphorus (962.77mg/100g) and magnesium (535.42mg/100g), whereas copper, zinc and manganese were detected as minor elements. Antioxidant activity and total phenolic content accounted for 8.1% at 500µg/ml extract and 2.25µg/mg, respectively.

Key words: Antioxidant activity, Amino acid, *Apis mellifera*, Mineral, Buckwheat Pollen, Vitamin

### 서론

국내의 양봉산업은 2015년 기준으로 약 2만 농가에 서 180만개의 봉군을 사육하여 연간 4,000억원의 소득을 올리며, 이중 약 60% 이상을 꿀 생산에 의존하고 있다(농림축산식품부, 2016). 양봉산물 중 화분은 탄

수화물, 지방, 비타민, 무기질 등의 영양성분이 풍부하여 꿀벌의 유충과 성충의 단백질원으로 이용되며 또한 로열젤리(royal jelly)의 원료이다. 동의보감에는 송화분 등 31종의 화분에 대한 소개와 심장, 혈관 및 순환계, 소화기계, 비뇨생식기계, 피부과계 등 다양한 질병에 대한 효과가 기록되어 있다(유, 1988). 최근에

\*Corresponding author. E-mail: iphong20@korea.kr

는 산림출입이 어렵고 인건비가 비싸서 예전처럼 꽃에서 화분을 직접 수집하지 못하고 벌이 모아오는 꿀벌화분을 이용한다. 벌화분(bee pollen)은 일벌이 어린 벌에게 먹이기 위해서 다리에 묻혀오는 화분에 꿀과 효소가 혼합되어 경단처럼 뭉쳐진 덩어리로 일반 화분보다 오래전부터 자연 건강식품으로 이용되어 왔다(Todd and Bretherick, 1942; 정 등, 1984).

생활환경과 식생활 등의 변화로 심혈관계 질환과 내분비계 질환인 당뇨병 등 성인병이 증가하는 추세이다(Zhang *et al.*, 2008). 노화와 질병의 원인은 다양하지만 일반적으로 생체내의 산화적 스트레스에 의해 생성되는 활성산소(reactive oxygen species, ROS)의 축적이 세포를 손상시켜 노화가 촉진된다. 활성 산소는 반응성이 매우 높은 물질로 세포를 손상시켜 동맥경화, 당뇨병, 암, 노화 등을 유발하는 것으로 알려져 있다(Wiseman and Halliwell, 1996; Yhe *et al.*, 2003). 항산화 물질은 동, 식물계에 널리 분포하고 있으며, 페놀성 화합물과 플라보노이드, 아스코르빈산, 토코페롤 등의 물질은 성인병을 예방하고 노화를 지연시킨다고 알려져 있다(Block and Langseth, 1994). 화분은 페놀성 화합물이 함유된 항산화 활성이 높은 항산화제이다(Andrade *et al.*, 1997; Sabatier *et al.*, 1992). 최근에는 화분은 항균 및 면역증강 효과, 전립선 비대증 및 전립선염 치료 효과 등이 보고되었다(최 등, 2007; Fang *et al.*, 2008; Li *et al.*, 2009; Abouda *et al.*, 2011). 벌화분은 생리활성 물질이 풍부한 완전식품으로 알려져 수요가 급증하고 있으나 국내에서는 도토리화분과 다래화분 등 몇 종 화분만 수집되어 부족한 화분을 외국에서 수입하고 있다. 2016년 스페인에서만 317톤이 수입되었으며 2017년 전반기에 372톤이 수입되었다(관세청, 2017). 메밀은 기호음료뿐만 아니라 건강 웰빙 음료와 건강식품으로 소비자에 인식되면서 재배 면적과 생산량이 꾸준히 증가하고 있다. 메밀은 제주, 경북, 강원도 등 전국에서 재배되고 있으며, 재배면적은 2010년 2100 ha에서 2015년 2,700 ha로 꾸준히 증가하고 있다(농림축산식품부, 2016).

본 연구에서는 메밀벌화분의 영양성분을 평가하고 기능성을 분석하여 가을 화분원 식물로 개발하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 시험재료

본 실험에 사용된 메밀벌화분(메밀화분)은 2016년 전북 김제시 새만금간척지 메밀밭에서 꿀벌 벌통 입구에 화분 채집기를 설치하여 약 2주간 수집하였으며, 수집된 시료는 현미경 관찰 하에서 95% 이상 순도를 유지하는 시료를 선별한 다음  $-20^{\circ}\text{C}$ 에서 냉동보관하면서 분석에 이용하였다.

### 일반성분 분석

화분의 수분 함량은 AOAC법(2010)으로 무게를 잰 후 Dry oven (Wiseven WOF-105, Daihanscientific, Korea)에서  $105^{\circ}\text{C}$ 로 건조하여 정량하는 상압가열건조법으로 반복 측정하였다. 조지방은 Soxhlet 추출기(2050 SOXTEC, FOSS, Sweden)를 사용하여 diethyl ether로 추출하여 정량하였으며, 단백질은 semimicro-Kjeldahl법으로 자동 단백질 분석기(Kjeltec 8400, Foss, Sweden)로 측정하였고 여기에 화분의 질소계수 6.25를 곱하여 단백질 함량으로 환산하였다. 조회분은  $600^{\circ}\text{C}$  회화로(JSMF-270T, JSR, Korea)에서 건식회화법으로 측정하였다(한국식품공전, 2016).

### 아미노산 분석

메밀화분의 아미노산 분석을 위하여 건식분해법을 사용하여 전 처리하였다. 화분 약 5~20g을 취해  $80^{\circ}\text{C}$ 에서 예비 건조한 후  $450\sim 550^{\circ}\text{C}$ 에서 회화하였다. 얻어진 회분에 염산(1+1) 10mL를 가하여 상온에서 3~5시간 반응시킨 후 반응액을 여과지(Whatman NO. 5A)로 여과 후 50mL Volumetric flask에 정확히 정용하여 시험용액으로 사용하였으며, 표준품은 accu standard를 사용하였다. 시스테인, 메치오닌, 트립토판 이외의 아미노산 정량용 시험용액 단백질로서 약 10mg을 함유하는 검체를 가수분해 시험관에 정밀히 달아 넣는다. 0.05%(w/v) 2-mercaptoethanol을 함유한 6N 염산을 단백질양에 대하여 약 1,000배량 즉, 10mL를 가하였다. 드라이아이스·에탄올로 동결한 후 탈기장치에 장착하여 용해, 동결을 수회 반복하며 충분히 탈기 하

**Table 1.** HPLC conditions for the measurement of free amino acid in bee pollen

Classification	Condition
Instrument	HITACHI, L-8900(JAPAN)
Detector	VIS 570nm / 440nm
Analytical column	#2622SC PF column (4.6°ø60mm)
Mobile phase	Na buffer set(pH-1, pH-2, pH-3, pH-4, pH-RG)
Reaction buffer	Ninhydrin
Injection volume	20µl
Flow rate	0.40mL/min
Reaction flow rate	0.35mL/min
Column oven Temp.	57°C
Reaction Temp.	135°C

였다. 봉관하여, 정온가열로에서  $110 \pm 1^\circ\text{C}$ , 22~24시간 가수 분해하고, 종료 후 봉관을 절단하여 즉시 감압하여  $40^\circ\text{C}$ 에서 농축 건조하여 염산을 제거하였다. 염산을 최대한 제거하기 위하여 잔사에 물을 가해 다시 농축 건조한 후 0.2 N 구연산나트륨 완충액(pH 2.2) 또는 0.02 N 염산용액으로 일정량으로 만들어 시험용액으로 하였다. 침전이 있는 경우에는 멤브레인 필터를 사용하여 여과하였다. 시스테인, 메치오닌 아미노산 정량용 시험용액은 단백질 약 10mg 함유하는 검체를 정밀히 달아 미리  $0^\circ\text{C}$ 로 냉각시켜 놓은 과개미산 용액 10mL를 가하여 단백질이 가용성인 경우  $0^\circ\text{C}$ 에서 4시간, 불용성인 경우  $0^\circ\text{C}$ 에서 하루 밤 방치하였다. 방치 후 공기를 흡입하고 소량의 물을 가해 동결 건조하였다. 잔사를 0.05%(v/v) 2-mercaptoethanol 함유의 6 N 염산 10mL를 사용하여 가수분해 시험관으로 옮겼다. 동결한 후, 탈기장치에 장착하여 충분히 탈기한 후 봉관하여  $110 \pm 1^\circ\text{C}$ 에서 18시간 분해하였다. 시스테인, 메치오닌, 트립토판 이외의 아미노산 정량용 시험용액 따라 시험용액을 조제하였다. 트립토판 정량용 시험용액은 단백질 10mg을 함유하는 검체를 가수분해 시험관에 정밀히 달아 넣고, 가용성 전분 100mg을 가한 다음 4.2 N 수산화나트륨용액 3 mL를 가하였다. 동결시킨 후, 탈기장치에 장착하여 충분히 탈기하고 밀봉하여  $135 \pm 1^\circ\text{C}$ 에서 22시간 가수분해하였다. 가수분해 후 봉관을 잘라 열고 6 N 염산으로 중화하여 0.2 N 구연산나트륨완충액(pH 4.25)으로 일정량을 만들어 시험용액으로 하였다. 용액이 탁한 경우 30,000~40,000 rpm에서 30분간 원심 분리하여 상등

액을 취하였으며, Table 1과와 같은 조건으로 분석하였다(AOAC 2010).

### 비타민 분석

화분의 비타민 분석은 B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, C에 대하여 실시하였다. 표준품은 모두 Sigma사(St. Louis, Mo, USA)로부터 구입하여 사용하였으며, 시약은 HPLC 등급을 사용하였다. 비타민 B<sub>1</sub> 분석을 위하여 화분 시료는 mg 단위로 정확하게 측정하였고, 5mM sodium hexanesulfonate 용액 50 ml를 가하여 30분간 초음파진탕기로 추출한 후 50ml로 정용하고, 3,000 rpm에서 원심분리하여 상등액을 0.45µm 멤브레인 필터로 여과하여 시험용액으로 사용하였다. 비타민 B<sub>2</sub> 분석은 화분 시료를 mg 단위로 정밀히 달아 적당량의 3차 증류수를 가한 다음  $75 \sim 80^\circ\text{C}$  온탕에서 20분간 추출하여 50mL로 정용 후 멤브레인필터로 여과후 시험용액으로 사용하였다. 비타민 B<sub>3</sub> 분석은 화분 시료를 mg 단위로 측정하여 5mM sodium hexanesulfonate 용액을 적당히 가하여 30분간 초음파진탕기로 추출한 후 50mL로 정용하고, 3,000 rpm에서 원심분리하여 상등액을 0.45µm 멤브레인 필터로 여과하여 시험용액으로 사용하였다. 비타민 C의 분석은 화분을 5% metaphosphoric acid (Wako) 20mL로 시료를 균질화(Ultra-Turrax T25, IKA Labo, Germany)하여 총량 50mL까지 정용 후, 초음파추출기로 30분간 추출후 refrigerated centrifuge (5804R, Eppendorf, Germany) 12,500×g로 10분간 원심분리한 뒤 상등액을 취하여 0.45µm 필터로 여과하여 시험용액으로 하였다. 비타민 분석은 HPLC(NA-

**Table 2.** HPLC conditions for the measurement of vitamin B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> and C in buckwheat pollen

Classification	Condition			
	Vitamin B <sub>1</sub>	Vitamin B <sub>2</sub>	Vitamin B <sub>3</sub>	Vitamin C
Instrument	NANOSPACE SI-2, SHISEIDO, JAPAN	NANOSPACE SI-2, SHISEIDO, JAPAN	NANOSPACE SI-2, SHISEIDO, JAPAN	NANOSPACE SI-2, SHISEIDO, JAPAN
Detector	PDA detector (Thermo Fisher, USA)	SHISEIDO Fluorescence Detector	PDA detector (Thermo Fisher, USA)	PDA detector (Thermo Fisher, USA)
Analytical column	SHESEIDO C18 4.6 * 250mm	SHISEIDO UG120 C18 4.6 * 250mm	SHESEIDO C18 4.6 * 250mm	SHESEIDO MG120 C18 4.6 * 250mm
Column oven Temp.	40°C	40°C	40°C	40°C
Mobile phase	5mM Sodium hexanesulfonate : MeOH 35 : 65	10mM NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> : MeOH 75 : 25	5mM Sodium hexanesulfonate : MeOH 35 : 65	0.05M KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> : ACN 98 : 2
Flow rate	1ml/min	0.8ml/min	1ml/min	0.5ml/min
Wave length (nm)	270nm	EX 445nm, EM 530nm	270nm	254nm

**Table 3.** ICP\_OES conditions for the measurement of minerals in bee pollen

Classification	Condition
Instrument	Optima 8300, Perkin elmyer, USA
RF Power	1300 W
Gas flow rate	Plasma flow 10L/min (Argon) Auxiliary flow 0.2L/min (Argon) Nebulizer flow 0.65L/min (Argon)
Nebulizer	Concentric nebulizer
Viewing type	Radial, Axial
Wave length	Ca 393.366 nm, Cr 267.716, Cu 327.393, Fe 238.204, K 766.490, Mg 208.271, Mn 257.610, Na 589.592, P 213.617, Zn 206.200, As 188.979, Cd 228.804, Pb 214.423, S 180.669

NOSPACE SI-2, SHISEIDO, Japan)와 PDA Detector를 사용하였다(Table 2).

### 미량원소 분석

미량원소 함량은 한국식품공전 분석방법(2016)에 따라 분석하였다. 시료를 105°C에서 16시간 건조하여 마쇄한 다음 0.5g을 취하여 600°C 회화로에서 2시간 회화시킨 후 냉각하였다. 회화된 시료는 microwave (Mars5, Mars6, CEM, USA) 분해용기에 넣고 질산용액 (HNO<sub>3</sub>:H<sub>2</sub>O=1:1) 7 mL을 첨가하여 24시간 분해시킨 후 염산용액(HCl:H<sub>2</sub>O=1:1)을 가하여 24시간 용해시킨 다음 여과지(Whatman No. 6, Maidstone, England)로 여과하여 분석시료로 이용하였다. 분석조건은 Table 3과 같으며 유도결합플라즈마 (Inductively Coupled Plasma, PerkinElmer Optima 8300, USA)을 이용하여 정

량하였다.

### 항산화 활성

메밀 화분의 항산화 활성은 2,2-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH)를 사용하여 자유라디칼소거능으로 측정하였다(Liangli *et al.*, 2002). 96 well plate에 화분 추출물 10μl와 0.2mM DPPH 190μl를 균일하게 혼합하여 실온에서 30분간 정치한 후 517nm에서 흡광도를 측정하였다. 전자공여능을 구하는 식은 다음과 같다.

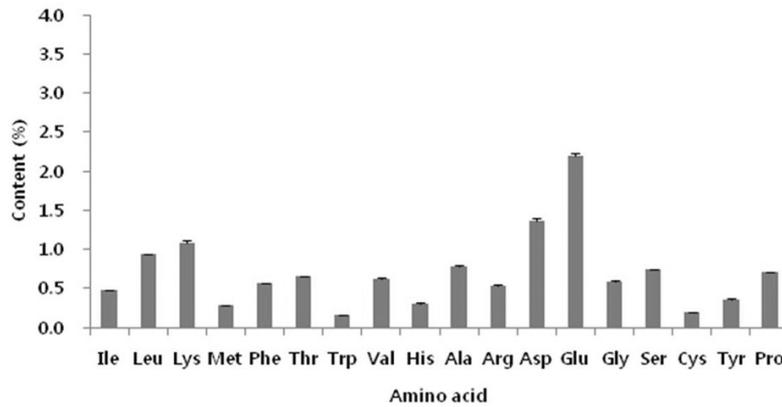
전자공여능(%)=(1-시료첨가군의 흡광도/무첨가군의 흡광도)×100

### 총페놀 함량

메밀화분의 총페놀함량은 Folin-Ciocalteu 방법을 사

**Table 4.** Proximate chemical composition of buckwheat bee pollen grains

Crude component (unit: % dry basis)			
Moisture	Total protein	Total lipid	Ash
9.75 ± 0.11	14.43 ± 0.14	5.67 ± 0.16	5.18 ± 0.01



**Fig. 1.** Content of amino acid composition in buckwheat pollen grains. Ile; isoleucine, Leu; leucine, Lys; lysine, Met; methionine, Phe; Phenylalanine, Thr; Threonine, Trp; tryptophan, Val; valine, His; histidine, Ala; alanine, Arg; Arginine, Asp; aspartic acid, Glu; glutamic acid, Gly; glycine, Ser; serine, Cys; cysteine, Tyr; tyrosine, Pro; proline.

용하여 측정하였다(Beretta *et al.*, 2005). 화분 추출물 1mL과 1N Folin-Ciocalteu reagent 1mL를 첨가하고 증류수 5mL를 넣은 후 5분 동안 상온에 방치한 다음 7% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 1mL를 넣고 혼합한 후 실온에서 30분간 방치한 후 UV/Vis spectrophotometer (Molecular device spectramax M2e, Sunnyvale, CA, USA)를 이용하여 630nm에서 흡광도를 측정하였다.

## 결과 및 고찰

### 일반성분 분석

메밀화분의 일반성분을 분석한 결과는 Table 4와 같다. 조단백질 함량은 14.43%로 다래화분 35.8%와 도토리화분 22.3%보다 낮았으나 송화분 14.0%와 벼화분 15.66%와 유사하였다(홍 등, 2013a; 최와 정, 2004; 이 등, 1997; 홍 등, 2016). 메밀화분의 조지방 함량은 5.67%로 도토리화분 11.8%와 다래화분 8.7%보다 낮았으나 족제비싸리화분 3.12%, 송화분 3.0%와 유채화분 3.2%보다 높았다(홍 등, 2013a; Hong *et al.*, 2016; 이 등, 1997; 김과 손, 1990). 화분의 일반 성분은 밀원

과 지역의 외적 환경요인에 따라 차이가 있다. 탄수화물 함량의 비중이 높으면 밀원 분포상 초본류식물의 화분 유입이 많은 것으로 판단되며 이는 화분 함유량 중 glucose 량과의 관계로 해석된다(김, 1986).

### 아미노산 조성

메밀화분의 아미노산 조성을 분석한 결과는 Fig. 1에서와 같이 glutamic acid 등 18종의 아미노산이 존재하며, 특히 phenylalanine, leucine, threonine, lysine, valine, tryptophan, isoleucine, methionine 등 필수아미노산 8종을 모두 함유하고 있다. 함량은 glutamic acid 2.196%, aspartic acid 1.370%, lysine 1.091% 순이었으며, tryptophan, cystine, tyrosine, methionine, histidine 등은 소량 존재하였다. 도토리화분과 다래화분의 아미노산 조성은 aspartic acid, glutamic acid, leucine, lysine 순으로 분포하며(이 등, 1997; 홍 등, 2013b), 송화분은 aspartic acid, glutamic acid, arginine(한 등, 2004), 족제비싸리화분과 해바라기화분은 glutamic acid, aspartic acid, proline 순으로 분포하였다(Hong *et al.*, 2016; 윤 등, 1985). 벌화분에는 glutamic acid와 aspartic acid 아미노산이 공통적으로 많이 존재하며, 메밀화분에는 lysine, 도토리화

**Table 5.** Vitamin content of buckwheat bee pollen grains

Vitamin content (mg/100g)			
B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	C
1.26 ± 0.10	0.53 ± 0.04	6.62 ± 0.43	13.74 ± 2.11

**Table 6.** Mineral content of buckwheat bee pollen grains

Element (mg/100g)									
Ca	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	P	Zn	S
261.30	0.46	8.77	1197.95	535.42	1.88	9.71	962.77	1.59	146.62

**Table 7.** Antioxidant activity and phenolic content of buckwheat pollen grains

Antioxidant activity (500µg/ml extract)	Polyphenol content (µg/mg extract)
8.1 ± 0.74%	2.25 ± 0.16

분과 다래화분에는 leucine, 송화분에는 arginine, 족제비싸리화분과 해바라기화분, 벼화분에는 proline이 많이 함유되어 있다. 또한 cystine, histidine, methionine 등의 아미노산은 모든 화분에 소량 존재하였다. 메밀화분에는 glutamic acid, aspartic acid, lysine, leucine, arginine, proline 등 6종의 아미노산이 총 아미노산 함량의 56%로 Solberg and Remedios(1980) 등이 보고한 60%와 유사한 결과이다. 일반적으로 화분에는 모든 필수아미노산을 함유하고 있으며 함량은 식물의 종에 따라 차이가 있다(Leblanc *et al.*, 2009).

### 비타민 함량

메밀화분의 비타민 함량은 Table 5에서와 같이 비타민 C, B<sub>3</sub>, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> 순으로 분포하였다. 메밀화분의 비타민 C의 함량 13.74mg/100g은 송화분(2.25mg/100g)과 벼화분(0.6mg/100g)보다 많았으나 족제비싸리화분(57.81mg/100g)과 다래화분(48.44mg/100g)보다 적었다. 메밀화분의 비타민 B<sub>3</sub> 함량 6.62mg/100g은 벼화분(4.28mg/100g) 보다 많았으나 다래화분(21.0mg/100g) 보다 적었다. 메밀화분의 비타민 B<sub>2</sub> 함량 0.53mg/100g은 송화분(7.93mg/100g)보다 적었으나 족제비싸리화분(0.87mg/100g)과 유사하였으며 벼화분(0.69mg/100g)보다 많았다(한 등, 2004; 홍 등, 2016; Hong *et al.*, 2016; Hong *et al.*, 2015). 즉 별화분의 비타민 함량은 메밀화분과 도토리화분, 다래화분에는 비타민 C, 벼화분에는 비타민 B<sub>3</sub>, 송화분은 B<sub>2</sub> 함량이 가

장 많이 분포하였다.

### 미량원소 함량

메밀화분의 대표적인 10종 미량원소 함량을 분석한 결과는 Table 6과 같다. 분석한 10종의 미량원소 중 칼륨(K) 1197.95mg/100g과 인(P) 962.77mg/100g, 마그네슘(Mg) 535.42mg/100g 순으로 가장 많이 함유되어 있으며, 구리(Cu)와 아연(Zn)이 각각 0.46mg/100g, 1.59mg/100g으로 적게 함유되어 있었다. 족제비싸리화분과 송화분, 벼화분에서는 칼륨(K) 함량이 가장 많았으며 철분(Fe) 가장 적게 함유되어 있었다(Hong *et al.*, 2016; 한 등, 2004; 홍 등, 2016). 즉 별화분의 미량원소 함량은 메밀화분과 송화분에는 칼륨, 인, 마그네슘 순으로, 벼화분과 족제비싸리화분은 칼륨, 인, 칼슘 순으로 많이 분포하였다. 화분의 미량원소는 밀원의 식생에 따라 다양하게 분포하며(Stanley and Linskens, 1974). 메밀화분의 K/Na 비는 123.3으로 도토리화분 12.59과 벼화분 31.93, 족제비싸리화분 44.03보다 높았다(이 등, 1997; 홍 등, 2016; Hong *et al.*, 2016). 화분의 K/Na 비는 벌 먹이의 주요한 요인으로 작용한다(Wesh & Marston, 1983).

### 항산화 활성 및 총페놀 함량

메밀화분의 항산화 활성과 총페놀함량을 분석한 결과는 Table 7과와 같다. 메밀화분의 자유라디칼소

거능에 대한 항산화 활성은 추출물 500 $\mu$ g/ml에서 8.1%이었으며, 총페놀함량은 mg당 2.25 $\mu$ g이었다. 이는 베타화분의 항산화 활성과 총페놀함량 보다 낮은 결과이다(홍 등, 2016). DPPH radical 소거능은 산화작용에 의하여 발생하는 hydroxyl radical, superoxide radical 등을 제거하는 항산화 능력을 평가할 때 가장 널리 이용되는 지표이다(김 등, 2000; 이 등, 2011). 항산화 효과는 페놀 또는 플라보노이드 함량이 많을수록 높은 것으로 알려져 있으며(Kim *et al.*, 2015), 항산화 활성은 폴리페놀성 물질의 수산기를 통한 수소 공여와 페놀 고리구조의 공명구조 안정화로 인하여 나타낸다고 알려져 있다(이 등, 2009).

## 적 요

벌화분은 생리활성 물질이 풍부한 완전식품으로 알려져 수요가 급증하고 있으나 봄철에 도토리화분과 다래화분 등 몇 종의 화분만 수집되어 생산량이 부족한 실정이다. 본 연구에서는 건강 및 기호식품으로 재배면적이 계속 증가하는 메밀 화분을 가을 화분원으로 개발하고자 영양성분, 비타민, 미량원소, 항산화 활성, 유리 아미노산 등을 평가하였다. 메밀화분의 일반성분은 수분 9.75%, 회분 5.18%, 조단백질 14.43%, 조지방 5.67%였다. 메밀화분에는 glutamic acid, aspartic acid, lysine 등의 아미노산의 함량이 주로 분포하였으며, tryptophan, cystine, tyrosine 등은 소량 존재하였다. 비타민 함량은 C 13.74mg/100g, B<sub>3</sub> 6.62mg/100g, B<sub>1</sub> 1.26mg/100g, B<sub>2</sub> 0.53mg/100g 순으로 존재하였다. 미량원소 함량은 칼륨(K) 119.95mg/100g과 인(P)962.77mg/100g으로 많이 함유되어 있으며, 구리(Cu)와 아연(Zn)은 각각 0.46mg/100g, 1.59mg/100g으로 소량 존재하였다. 메밀화분의 DPPH에 대한 항산화 활성은 500 $\mu$ g/ml 에서 8.1%이었으며, 총페놀함량은 mg당 2.25 $\mu$ g이었다. 메밀화분은 조단백질, 조지방 등 영양성분이 모두 존재하였으며, 아미노산도 필수 아미노산 8종을 포함하여 18종의 아미노산이 풍부하게 존재하였다. 또한 비타민도 C, B<sub>3</sub>, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> 분포하였으며, 항산화 활성도 우수하여 가을 화분원으로 활용이

가능할 것으로 기대된다.

## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 공동연구국 책기술개발사업(과제번호: PJ 010837)의 지원에 의해 수행된 결과입니다.

## 인용 문헌

- 김재길. 1986. 화분하 화학적 조성 및 아미노산 함량. 한국양봉학회지 1: 91-96.
- 김재길, 손재형. 1990. 화분립 파쇄에 따른 이화학적 성분 조성의 변화. 한국양봉학회지 5: 23-30.
- 김현구, 권영주, 김공환, 정윤화. 2000. 마이크로웨이브 추출 조건에 따른 섬썩부쟁이 추출물의 총 폴리페놀 함량 및 전자공여 작용 변화. 한국식품과학회지 153: 1022-1028.
- 관세청. 2017. 수출입통계. 대전. 한국.
- 농림축산식품 통계연보. 2016. 농림축산식품부. 서울. 한국.
- 이나현, 홍정일, 김진영, 장매희. 2009. 금불초 추출물의 항산화 효과 및 산화 스트레스에 대한 신경세포 보호 작용. 한국식품과학회지 41: 87-92.
- 이부용, 최희돈, 황진봉. 1997. 국내산 화분 및 화분 추출물의 성분 분석. 한국식품과학회지 29: 869-875.
- 이진하, 박애리, 최대운, 김종대, 김진철, 안주희, 이현용, 최면, 최근표, 신인철, 박희준. 2011. 산나물류의 식품 화학적 성분과 전자 공여능. 한국약용작물학회지 19: 111-116.
- 유영수. 1988. 동의보감에 나타나는 꽃가루의 효능에 관한 연구. 한국양봉학회지 3: 26-47.
- 윤수홍, 안정임, 권정숙. 1985. 해바라기 화분립의 아미노산 조성과 rat 간 alcoholhydrogenase 활성에 미치는 영향. 한국영양과학회지 14: 27-32.
- 정영건, 윤수홍, 권정숙, 배만중. 1984. 화분립의 영양생화학 적 연구(I). 한국영양과학회지 13: 169.
- 최수정, 정윤화. 2004. 화분에서의 조단백질 및 환원당 추출 시 단백질 분해 효소가 미치는 영향. 한국영양과학회지 33: 1353-1358.
- 최승윤. 1995. 신제양봉학. 집현사. 서울.
- 최준혁, 임기영, 장세영, 정용진. 2007. 도토리 화분의 발아 조건에 따른 식품유해균 억제 효과. 한국식품저장유통학회지 14: 87-93.
- 한명륜, 이수정, 김명환. 2004. High impact planetary mill 공정을 이용한 송화분의 세포벽 파쇄 기술. 단국대학교 신소재 연구논문집 12: 43-54.
- 홍인표, 이만영, 우순옥, 심하식, 최용수, 한상미, 김혜경, 변규호, 이명렬, 김정봉. 2013a. 도토리 화분과 다래화분의 일반성분, 지방산 분석 및 형태 관찰, 한국잡사

- 학회지 51: 119-122.
- 홍인표, 이만영, 우순옥, 심하식, 최용수, 한상미, 김혜경, 변규호, 이명렬, 하남규. 2013b. 도토리 화분(꽃가루)의 물리적 처리에 의한 성분 변화. 한국양봉학회지 28: 217-221.
- 홍인표, 우순옥, 한상미, 김세건, 장혜리, 이만영, 최용수, 김혜경, 이명렬. 2016. 벼화분의 영양학적 가치 및 항산화 활성. 한국양봉학회지 31: 219-225.
- 한국식품공전. 2016. 한국식품의약품안전처. 오송, 한국.
- Abouda, Z., I. Zerdani, I. Kalalou, M. Faid and M. T. Ahami. 2011. The Antibacterial activity of Moroccan bee bread and bee-pollen (fresh and dried) against pathogenic bacteria. Res. J. Microbiol. 6: 376-384.
- Andrade, P., F. Ferreres, M. I. Gil and F. A. Tomás-Barberán. 1997. Determination of phenolic compounds in honeys with different floral origin by capillary zone electrophoresis. Food Chemistry 60: 79-84.
- AOAC. 2010. The Association Official methods of Analysis. Chapter 44. pp. 33-36
- Beretta, G., P. Granata, M. Ferrero, M. Orioli and R.M. Facino. 2005. Standardization of antioxidant properties of honey by a combination of spectrophotometric /fluorimetric assays and chemometrics. Analytica Chimica Acta. 533: 185-191.
- Block, G. and L. Langseth. 1994. Antioxidant vitamins and disease prevention. Food Technol. 48: 80-84.
- Fang, K. F., Y. N. Wang, T. Q. Yu, L. Y. Zhang, F. Baluska, J. Samaj and J. X. Lin. 2008. Isolation of de-exined pollen and cytological studies of the pollen intines of *Pinus bungeana* Zucc. Ex Endl. and *Picea wilsonii* Mast. Flora 203: 332-340.
- Hong, I. P., S. O. Woo, S. M. Han, M. Y. Lee, Y. S. Choi, H. K. Kim and M. L. Lee. 2015. Evaluation of total polyphenol, flavonoid and vitamin content from the crushed pollens of acorn and actinidia. Korean J. Apiculture 30: 225-229.
- Hong, I. P., S. O. Woo, S. M. Han, S. G. Kim, H. R. Jang, M. Y. Lee, Y. S. Choi, H. K. Kim and M. L. Lee. 2016. Evaluation of nutritional potential of *Amorpha fruticosa* pollen collected by honey bees. Korean J. Apiculture 31: 73-77.
- Kim, S. B., Y. H. Jo, Q. Liu, J. H. Ahn, I. P. Hong, S. M. Han, B. Y. Hwang and M. K. Lee. 2015. Optimization of extraction condition of bee pollen using response surface methodology: Correlation between anti-melanogenesis, antioxidant activity and phenolic Content. Molecules. 20: 1-13.
- LeBlanc, B. W., O. K. Davis, S. Boue, A. Delucca and T. Deeby. 2009. Antioxidant activity of Sonoran Desert bee pollen. Food Chem. 115: 1299-1305.
- Li, F., Q. P. Yuan and F. Rashid. 2009. Isolation, purification and immunobiological activity of a new water-soluble bee pollen polysaccharide from *Crataegus pinnatifida* Bge. Carbohydrate Polymers 78: 80-88.
- Liangli, Y., A. Scott, P. Jonathan, H. Mary, W. John and Q. Ming. 2002. Antioxidant properties of hard winter wheat extracts. J. Agric. Food Chem. 60: 1619-1624.
- Sabatier, S., M. J. Amiot, M. Tacchini and S. Aubert. 1992. Identification of flavonoids in sunflower honey. J. Food Sci. 57: 773-777.
- Solberg, Y. and G. Remedios. 1980. Chemical composition of pure and bee collected pollen, Meld. Norg. Landbruk. 59: 1-12.
- Stanley, R. G. and H. F. Linskens. 1974. Pollen Biology, Chemistry and Management, Springer Verlag, New York.
- Todd, F. E. and O. Bretherick. 1942. The composition of pollens. J. Econ. Entomol. 35: 312-317.
- Wesh, S. O. and R. M. Marston. 1983. Nutritional Bioavailability of Zin. Washington, D.C.: American Chemical Society.
- Wiseman, H and B. Halliwell. 1996. Damage to DNA by reactive oxygen and nitrogen species: role in inflammatory disease and progression to cancer. Biochem J. 313: 17-329.
- Yeh, G. Y., D. M. Eisenberg, T. J. Kaptchuk and R. S. Phillips. 2003. Systematic review of herbs and dietary supplements for glycemic control in diabetes. Diabetes Care 26: 1277-1294.
- Zhang, W., Y. C. Xu, F. J. Guo, Y. Meng and M. L. Li. 2008. Antidiabetic effects of cinnamaldehyde and berberine and their impacts on retinol-binding protein 4 expression in rats with type 2 diabetes mellitus. Chin Med J (Engl) 121: 2124-2128.