Journal of Apiculture
2021.36(1) : 31-34
DOI: 10.17519/apiculture.2021.04.36.1.31

Short scientific report

서양종꿀벌이 수집한 밤화분의 아미노산 및 무기질 분석

김세건, 우순옥, 김효영, 최홍민, 문효정, 한상미*

농촌진흥청 국립농업과학원 농업생물부

Quantitative Analysis of Amino Acids and Minerals in Bee Pollen Collected from *Castanea crenata* by *Apis mellifera*

Se Gun Kim, Soon Ok Woo, Hyo Young Kim, Hong Min Choi, Hyo Jung Moon and Sang Mi Han*

Department of Agricultural Biology, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Wanju 55365, Republic of Korea

Abstract In the present study, 18 amino acids and 10 minerals known as essential nutrients were quantitatively analyzed to confirm the nutritional value of bee pollen collected from flowers of *Castanea crenata* by *Apis mellifera*. As a result, *Castanea crenata*-derived bee pollen (CCBP) contained 18 amino acids including 8 essential amino acids, and glutamic acid (2421.4±8.5 mg/100 g) showed the highest content among 18 amino acids, followed by aspartic acid (2051.2±9.6 mg/100 g) and proline (1929.6±6.8 mg/100 g). 9 minerals were detected in the CCBP, and K (596.6±3.5 mg/100 g) and P (575.1±4.3 mg/100 g) were identified as major components, but Cr was not detected. In conclusion, it is considered that CCBP can be used as various food ingredients for health because CCBP contains abundant amino acids and minerals.

Keywords Bee pollen, *Castanea crenata*, Nutritional components

서 론

꿀벌(Honey bees)에 의하여 생산되는 벌꿀, 벌화분, 프로폴리스, 로열젤리 등의 양봉산물은 인체에 유익한 건강식품으로 널리 알려져 있으며 다양한 식품소재로 활용될 뿐만 아니라 향장품의 원료로 사용되고 있다(Viuda-Martos *et al*., 2008; Fratellone *et al*., 2016; Bujang *et al*., 2021). 이 중 벌화분은 다래나무, 메밀, 벚나무 등 화분원 식물의 꽃에서 꿀벌이 수집하는 단백질 먹이원이며 꿀벌의 유충 및 여왕벌의 영양원으로 사용되는 로열젤리의 원료 물질이다(홍 등, 2015, 2016). 벌화분은 국내 양봉산업에서 2017년도 기준으로 생산액이 57억 원에 달하는 국내 양봉농가의 부가 소득원이다(김, 2019). 벌화분은 화분원 식물에 따라 다양한 색상을 가지고 있으며 탄수화물, 지방, 단백질의 필수 3대 영양소를 비롯한 비타민, 아미노산, 무기질이 포함된 천연 영양제로 알려져 있다(Węglińska *et al*., 2020). 벌화분에는 영양성분 이외에도 식물의 생장에 관여하지 않는 저분자 물질인 2차 대사산물이(secondary metabolite) 포함되어 있다. 벌화분에 포함된 식물 유래 2차 대사산물은 플라보노이드를 포함한 페놀성화합물, 안토시아닌, 터페노이드, 탄닌, 폴리아민류가 있으며 항산화, 항균, 항염, 혈관신생 억제 효과와 같은 생리활성을 나타내는 것으로 알려져 있다(Almeida-Muradian *et al*., 2005; Pascoal *et al*., 2014; Bang and Ahn, 2019; Naseri *et al*., 2021). 특히, 신갈나무(*Quercus mongolica*) 유래 벌화분에 포함된 스퍼미딘 계열 폴리아민류는 강력한 미백효과를 나타낸다(Kim *et al*., 2018).

밤나무(*Castanea crenata*)는 참나무과(Fagaceae)의 낙

Received 31 March 2021; Revised 19 April 2021; Accepted 25 April 2021
*Corresponding author. E-mail: sangmih@korea.kr

엽교목이며 6월에 꽃을 피우는 꿀벌의 밀원식물 및 화분원 식물로 알려져 있다. 김 등(2020)에 따르면 밤나무 꽃 유래 벌화분에는 탄수화물, 조단백질, 조지방이 각각 65.04%, 24.81%, 1.85% 함유되어 있다고 보고한 바 있지만 이외의 성분 연구는 보고된 바가 없다.

본 연구에서는 서양종꿀벌(*Apis mellifera*)이 수집한 밤나무 화분의 아미노산, 무기질 분석을 통하여 영양학적 가치를 확인하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

밤나무(*Castanea crenata*) 군락이 형성된 충청남도 부여군의 서양종꿀벌(*Apis mellifera*)을 사육하는 한 양봉농가에서 2019년도 여름에 수집한 밤화분을 구입하여 분석에 사용하였다(김 등, 2020).

2. 아미노산 분석

밤화분의 아미노산 분석은 식품공전(식품의약품안전처, 2019)의 아미노산 분석법에 따라 실시하였다. Methionine을 포함한 16종의 아미노산 분석은 밤화분에 2-머캅토에탄올(C_2H_6OS)을 함유한 염산 용액에 넣고 하루 동안 단백질을 가수분해한 다음 염산을 감압농축기를 이용하여 휘발시킨 후 pH 2.2 구연산나트륨 완충액을 넣어 분석시료로 사용하였다. 아미노산 16종의 정성 및 정량분석은 아미노산 자동분석기(Hitachi L-8900, Tokyo, Japan)를 이용하였다. Cysteine 분석은 밤화분에 과개미산을 넣어 냉동고에서 하루 동안 방치한 후 염산을 추가하여 밤화분에 포함된 단백질을 가수분해한 다음 유도체화하여 RP-HPLC (Shiseido Nanospace SI-2, Tokyo, Japan)를 이용하여 분석하였다. HPLC의 이동상은 (A) 40 mM NaH_2PO_4와 (B) MeCN : MeOH : H_2O = 45 : 45 : 10를 사용하였고 용출조건은 (A) 95~44%; 0~31분, (A) 44%; 31~33분이었으며 컬럼온도와 흐름속도는 각각 40°C, 1.5 mL/min이었다. Cysteine의 검출은 형광검출기(Ex 262 nm, Em 338 nm)를 이용하였다. Tryptophan 분석은 밤화분에 가용성 전분과 수산화나트륨을 넣고 동결시킨 후 22시간 동안 가수분해한 다음 염산으로 중화하고 pH 4.2 구연산나트륨 완충액을 넣어 분석시료로 사용하였다. Tryptophan의 정성 및 정량 분석은 16종의 아미노산 동시분석에 사용한 아미노산 자동분석기를 이용하였다.

3. 무기질 분석

칼슘(Ca)을 포함한 10종의 무기질 분석은 AOAC (AOAC, 2005)의 무기질 분석법에 따라 실시하였다. 즉, 밤화분을 건조하여 탄화시키고 500°C의 회화로에서 회화시킨 다음 염산을 넣고 여과액을 분석시료로 사용하였다. 밤화분에 포함된 10종의 무기질 정량분석은 유도 결합 플라즈마 발광분석기(ICAP 7400 Duo, Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA)를 이용하였다.

결과 및 고찰

1. 아미노산 분석

아미노산은 단백질을 구성하는 기본단위로 체내 다양한 생리적 기능을 유지하는 역할을 한다. 본 연구에서는 서양종꿀벌의 화분원 식물인 밤나무로부터 수집한 밤화분에 대하여 18종의 아미노산을 분석하였으며 그 결과를 Table 1에 나타내었다. 밤화분의 총 아미노산 함량은 19354.1 mg/100 g으로 확인되었으며, 체내 합성이 거의 되지 않아 외부로부터 공급이 필요한 필수 아미노산 8종(methionine, threonine, valine, isoleucine, leucine, phenylalanine, lysine, tryptophan)의 존재가 확인되었다. 밤화분에는 뇌 기능 향상(Gollnitz and Wiechert, 1967)에 도움을 주는 glutamic acid가 2421.4±8.5 mg/100 g으로 18종의 아미노산 중 가장 높은 함유량을 나타냈으며, 그다음으로 간 보호효과와 피로회복에 도움(Sakami and Harrington, 1963)을 주는 aspartic acid가 2051.2±9.6 mg/100 g으로 측정되었다. 밤화분의 아미노산 중 proline은 세 번째로 높은 함유량을 나타내는 식물 유래 비필수 아미노산으로 상처치유 효과를 가지며 벌꿀에서도 높은 함유량을 나타내는 물질로 알려져 있다(김 등, 1994). 이와 안(2019)은 국내 지역별로 수집한 12종의 벌화분에서 proline이 가장 많이 함유된 아미노산으로 보고하였고, 홍 등(2015)의 국내산 다래화분 아미노산 연구에서 aspartic acid가 가장 많은 함유량을 나타내었다. 이는 꿀벌이 수집하는 화분의 종류, 화분원 식물의 서식환경에 따라 함량 차이를 보이는 것으로 사료된다. Glutamic acid, aspartic acid, proline 이외에도 밤화분에는 serine, alanine, valine, leucine, lysine, arginine 등 6종이 1014.1~1511.2 mg/100 g 범위의 함유량을 나타냈으

Table 1. Amino acids contents in bee pollen collected from *Castanea crenata* by *Apis mellifera*

Amino acid	Content (mg/100 g)
Cysteine	300.1 ± 1.9
Methionine*	386.3 ± 1.2
Aspartic acid	2051.2 ± 9.6
Threonine*	958.5 ± 8.3
Serine	1120.5 ± 3.2
Glutamic acid	2421.4 ± 8.5
Glycine	975.3 ± 6.4
Alanine	1130.8 ± 9.8
Valine*	1021.3 ± 11.6
Isoleucine*	770.1 ± 1.1
Leucine*	1504.3 ± 3.5
Tyrosine	621.1 ± 5.5
Phenylalanine*	889.6 ± 6.3
Lysine*	1511.2 ± 6.4
Histidine	527.4 ± 5.6
Arginine	1014.1 ± 10.2
Proline	1929.6 ± 6.8
Tryptophan*	221.3 ± 3.2
Total amino acids	19354.1

*Essential amino acid; Values presented in the table were expressed as mean ± standard deviation for three replications.

며 1% (1000 mg/100 g) 미만의 아미노산으로는 cysteine, methionine, threonine, glycine, isoleucine, tyrosine, phenylalanine, histidine, tryptophan 등 9종이 확인되었다. 특히, 밤화분에 포함된 histidine은 성인에게는 비필수 아미노산이지만 영유아에게는 필수 아미노산으로 분류된다. 이처럼 밤화분에는 성인 및 영유아에게 필요한 다양한 아미노산을 함유하고 있는 천연 건강식품으로 사료되며 인간에게 유익한 건강기능식품 소재로 활용될 가치가 높다고 생각된다.

2. 무기질 분석

인체를 구성하는 무기질은 필수 미량 영양소로 아미노산처럼 체내에서 다양한 생리적 기능을 가지며 체내 합성이 되지 않기 때문에 식품을 통하여 섭취하여야 하는 물질로 알려져 있다(Blumfield *et al*., 2013). 본 연구에서는 서양종꿀벌이 밤나무로부터 수집한 밤화분에 대하여 10종의 무기질을 분석하였으며, 그 결과를 Table 2에 나타내었다. 밤화분에 포함된 무기질은 크롬(Cr)을 제외한 영양상 중요한 칼슘(Ca), 구리(Cu), 철(Fe), 칼륨(K), 마그네슘(Mg), 나트륨(Na), 인(P), 황(S), 아연(Zn) 등 9종이 무기

Table 2. Minerals contents in bee pollen collected from *Castanea crenata* by *Apis mellifera*

Mineral	Content (mg/100 g)
Ca	141.6 ± 2.3
Cu	0.3 ± 0.0
Fe	25.3 ± 0.5
K	596.6 ± 3.5
Mg	91.8 ± 1.2
Na	14.5 ± 0.2
P	575.1 ± 4.3
S	4.1 ± 0.2
Zn	5.4 ± 0.1
Cr	ND

ND: not detected; Values presented in the table were expressed as mean ± standard deviation for three replications.

질이 검출되었다. 밤화분에는 칼륨(596.6 ± 3.5 mg/100 g)과 인(575.1 ± 4.3 mg/100 g)이 8종의 무기질보다 5배 이상 높은 함유량을 나타내었으며 그다음으로 칼슘이 141.6 ± 2.3 mg/100 g으로 측정되었다. 가장 높은 함량을 나타낸 칼륨은 세포의 성장에 관여하며 나트륨 배출을 도와 혈압을 유지하고 골다공증의 예방에 도움을 주는 것으로 보고된 바 있으며 인과 칼슘 뼈와 치아의 구성성분으로 알려져 있다(Ophir *et al*., 1983; Anderson *et al*., 2006). 국내 유통 국산 및 수입산 벌화분의 무기질 함량에서도 칼륨(594.08 mg/100 g)과 인(470.51 mg/100 g)이 다른 무기질보다 높은 함량을 나타낸다고 보고된 바 있는데 이는 밤화분의 무기질 분석 결과와 동일하였으나 함량 차이를 보이는 것으로 확인되었다. 칼륨, 칼슘, 인 이외에도 밤화분에는 뼈의 구성성분인 마그네슘, 산소 전달 헤모글로빈의 구성성분인 철, 체내 수분 조절 및 신경 자극 물질로 작용하는 나트륨이 14.5~91.8 mg/100 g으로 함유되어 있다(Forbes, 1984; Anderson *et al*., 2006; Baek *et al*., 2017). 체내 면역시스템을 강화 및 각종 효소의 원료로 사용되는 아연, 뼈와 적혈구를 생성하는 물질인 구리와 연조직의 구성성분인 황은 각각 5.4 ± 0.1, 4.1 ± 0.2, 0.3 ± 0.0 mg/100 g으로 미량 존재하였다. 따라서, 밤화분에는 다양한 무기질이 존재하는 것으로 본 실험을 통하여 확인되었고 다양한 식품 소재로 활용될 수 있을 것이라 생각된다.

적 요

벌화분은 천연 영양제로 알려져 있으며 국내 양봉산업

에서 벌꿀, 프로폴리스 다음으로 생산량이 많은 양봉농가의 부가 소득원이다. 국내 유통 벌화분은 다양한 화분원 식물의 꽃에서 꿀벌이 수집하여 생산되고 있다. 현재까지 서양종꿀벌이 밤나무 꽃으로부터 수집한 화분에 대한 성분 연구는 미비한 실정이다. 본 연구에서는 밤화분의 영약학적 가치를 평가하기 위하여 필수영양소로 알려진 아미노산과 무기질을 분석하였다. 밤화분의 아미노산은 필수아미노산 8종을 포함하여 18종이 확인되었다. 18종의 아미노산 중 glutamic acid가 가장 많은 함유량을 나타냈으며 그다음으로 aspartic acid, proline 순이었다. 밤화분의 무기질은 9종이 검출되었다. 밤화분에는 칼륨(K)과 인(P)이 500 mg/100 g 이상으로 주요 무기질로 확인되었으며 그다음으로 칼슘이 141.6 mg/100 g으로 측정되었다. 본 연구 결과를 통하여 서양종꿀벌이 수집한 밤화분에는 인체에 유익한 18종의 아미노산과 9종의 무기질이 존재하는 천연 건강식품으로 건강기능식품의 소재로 충분히 활용될 수 있을 것이라 생각된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 어젠다연구사업(과제번호: PJ01512903)의 지원에 의해 수행된 결과입니다.

인 용 문 헌

김복남, 김택제, 최홍식. 1994. 강원도산 잡화 벌꿀의 아미노산 당류 및 효소활성. 한국영양식량학회지 24: 680-685.

김세건, 우순옥, 김효영, 최홍민, 문효정, 한상미. 2020. 서양종꿀벌이 채집한 밤화분의 일반성분 분석. 한국양봉학회지 35: 195-197.

김홍상. 2019. 양봉산업 실태조사 연구. 한국농촌경제연구원. p. 12. 나주.

식품의약품안전처. 2019. 식품공전-제8. 일반시험법. pp. 29-31. 청주.

이길란, 안목련. 2019. 국내산 화분의 특성 및 영양성분 분석에 관한 연구. 한국양봉학회지 34: 73-86.

홍인표, 우순옥, 한상미, 김세건, 장혜리, 최용수, 김혜경, 이명렬, 이만영. 2015. 동결건조를 이용한 다래화분의 영양성분 추출 효과. 한국양봉학회지 30: 87-94.

홍인표, 우순옥, 한상미, 김세건, 장혜리, 이만영, 최용수, 김혜경, 이명렬. 2016. 벼화분의 영양학적 가치 및 항산화 활성. 한국양봉학회지 31: 219-225.

Almeida-Muradian, L., L. C. Pamplona, S. L. Coimbra and O. M. Barth. 2005. Chemical composition and botanical evaluation of dried bee pollen pellets. J. Food Compost. Anal. 18: 105-111.

Anderson, J. J. B., P. J. Klemmer, M. L. S. Watts, S. C. Garner and M. S. Calvo. 2006. Present knowledge in nutrition, pp. 383-399, Wiley-Blackwell, Washington DC, USA.

AOAC. 2005. Official Methods of Analysis of AOAC International(18th ed.)-9. Metals and other Elements at Trace Levels in Foods. pp. 1-40. Washington, D.C., U.S.A.

Baek, M. H., J. S. Hwang, M. A. Kim, S. H. Kim, T. W. Goo and E. Y. Yun. 2017. Comparative analysis of nutritional components of edible insects registered as novel foods. J. Life Sci. 27: 334-338.

Bang, H. J. and M. R. Ahn. 2019. Antioxidant and antiangiogenic activities of bee pollen collected in various regions of Korea. J. Apiculture 34: 87-97.

Blumfield, M. L., A. J. Hure, L. Macdonald-Wicks, R. Smith and C. E. Collins. 2013. A systematic review and meta-analysis of micronutrient intakes during pregnancy in developed countries. Nutr. Rev. 71(2): 118-132.

Bujang, J. S., M. H. Zakaria and S. D. Ramaiya. 2021. Chemical constituents and phytochemical properties of floral maize pollen. Plos One 16: e0247327.

Forbes, R. M. 1984. Use of laboratory animals to define physiological functions and bioavailability of zinc. Fed. Proc. 43: 2832-2839.

Fratellone, P. M., F. Tsimis and G. Fratellone. 2016. Apitherapy Products for Medicinal Use. J. Altern. Complement. Med. 22: 1020-1022.

Gollnitz, G. and P. Wiechert. 1967. Brain metabolism and glutamic acid. Padiatr. Grenzgeb. 6(5): 307-328.

Kim, S. B., Q. Liu, J. H. Ahn, Y. H. Jo, A. Turk, I. P. Hong, S. M. Han, B. Y. Hwang and M. K. Lee. 2018. Polyamine derivatives from the bee pollen of *Quercus mongolica* with tyrosinase inhibitory activity. Bioorg. Chem. 81: 127-133.

Naseri, L., M. R. Khazaei and M. Khazaei. 2021. Potential Therapeutic Effect of Bee Pollen and Metformin Combination on Testosterone and Estradiol Levels, Apoptotic Markers and Total Antioxidant Capacity in A Rat Model of Polycystic Ovary Syndrome. Int. J. Fertil. Steril. 15: 101-107.

Ophir, O., G. Peer, J. Gilad, M. Blum and A. Aviram. 1983. Low blood pressure in vegetarians: the possible role of pottassium. Am. J. Clin. Nutr. 37: 755-762.

Pascoal, A., S. Rodrigues, A. Teixeira, X. Feás and L. M. Estevinho. 2014. Biological activities of commercial bee pollens: antimicrobial, antimutagenic, antioxidant and anti-inflammatory. Food Chem. Toxicol. 63: 233-239.

Sakami, W. and H. Harrington. 1963. Amino acid metabolism. Annu. Rev. Biochem. 32: 355-398.

Viuda-Martos, M., Y. Ruiz-Navajas, J. Fernández-López and J. A. Pérez-Alvarez. 2008. Functional properties of honey, propolis, and royal jelly. J. Food Sci. 73: R117-124.

Węglińska, M., R. Szostak, A. Kita, A. Nemś and S. Mazurek. 2020. Determination of nutritional parameters of bee pollen by Raman and infrared spectroscopy. Talanta 212: 120790.