pISSN 1229-1153 / eISSN 2465-9223 *J. Food Hyg. Saf.*
Vol. 40, No. 1, pp. 39~52 (2025)
https://doi.org/10.13103/JFHS.2025.40.1.39

Journal of Food Hygiene and Safety
Available online at http://www.foodhygiene.or.kr

국내산과 중국산 댕댕이나무 열매 추출물의 주요성분 및 항염증 활성 비교

박성환 · 최예은 · 양정모 · 정채원 · 유희원 · 조현덕 · 조주현*
(주)하람 중앙연구소

Comparison of Major Components and Anti-inflammatory Activities of *Lonicera caerulea* Fruit Extracts from Korea and China

Sung-Hwan Park, Ye-Eun Choi, Jung-Mo Yang, Chae-Won Jeong, Hee-Won Yoo, Hyeon-Deok Jo, Ju-Hyun Cho*
Haram Central Research Institute, Cheongju, Korea

(Received October 10, 2024/Revised November 8, 2024/Accepted December 5, 2024)

ABSTRACT - This study aimed to compare the major components and anti-inflammatory activities of *Lonicera caerulea* fruit extracts sourced from Korea and China. The analysis of major components included the total flavonoid content, polyphenols (chlorogenic acid, caffeic acid, and rutin), amino acids, and fatty acids. As revealed by the polyphenol component analysis, the content of chlorogenic acid was the highest at 1.95±0.03 mg/g in the Korean 30% ethanol extract and the lowest at 0.23±0.00 mg/g in the Chinese hot water extract. In contrast, caffeic acid and rutin were present in trace amounts or showed low content across all extracts. Regarding amino acid composition, 17 amino acids were identified in the Korean hot water and 30% ethanol extracts, while 16 amino acids were identified in the Chinese hot water and 30% ethanol extracts. Glutamic acid is a major amino acid. The total amino acid content was highest at 2.02±0.03 g/100 g in the Korean hot water extract. Regarding the fatty acid composition, 13 fatty acids were identified in the Korean hot water extract and 30% ethanol extract. Meanwhile, 12 and 13 fatty acids were detected in the Chinese hot water extract and 30% ethanol extract, respectively. Palmitic acid (C16:0) was identified as the major fatty acid, and the total fatty acid content was highest at 1.12±0.03 mg/g in the Korean 30% ethanol extract. To determine the optimal concentrations of *L. caerulea* fruit extracts sourced from Korea and China, cell viability was measured using a 3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyltetrazolium bromide (MTT) assay. As a result, treatment with all extracts at concentrations ranging from 500-2,000 μg/mL exhibited no toxicity in RAW 264.7 cells. Nitric oxide (NO) production was significantly reduced in a concentration-dependent manner by all the extracts. Furthermore, treatment with the 30% ethanol extracts from Korea and China significantly inhibited the production of tumor necrosis factor-alpha (TNF-α) and interleukin-6 (IL-6).

Key words: *Lonicera caerulea*, Polyphenol, Amino acid, Fatty acid, Anti-inflammatory activity

현대 사회의 발달과 더불어 식생활의 변화, 유전적 영향, 환경오염 등으로 화학적, 생물학적 유해인자들에 의한 면역조절 이상으로 유발된 염증반응과 알러지(allergy), 아토피피부염(atopic dermatitis) 같은 염증성 피부질환 발병이 꾸준하게 증가하고 있다[1]. 염증반응은 외부의 물리적 자극이나 미생물의 감염 등으로 발생하는 손상을 복구시키기 위한 방어 기작으로 손상된 조직을 재생시키기 위한 수복반응을 말한다. 염증반응이 일어나면 nitric oxide (NO), prostaglandin E2 (PGE2), interleukin-6 (IL-6), tumor necrosis factor-α (TNF-α), leukotriene B4 (LTB4) 등의 염증 매개물질들이 분비되는데, 자극에 의한 대식세포의 염증반응에서 TNF-α와 IL-6 같은 전염증성 cytokine의 발현이 유도되면서 이들은 inducible nitric oxide synthase (iNOS) 및 cyclooxygenase-2 (COX-2) 같은 유전자의 발현을 자극시켜 NO 및 PGE2 등의 염증성 인자들을 생성시킨다. 이로 인해 NO가 과도하게 발현되면 그 요인으로 인한 혈관확장, 염증반응에 의한 조직손상 유발, mutagenesis, 신경조

*Correspondence to: Ju-Hyun Cho, Haram Central Research Institute, Cheongju 28160, Korea
Tel: +82-10-8840-7972, Fax: +82-43-233-7234
E-mail: dusvnd608@hanmail.net

Copyright © The Korean Society of Food Hygiene and Safety. All rights reserved. The Journal of Food Hygiene and Safety is an Open-Access journal distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution,and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

직의 손상 등을 일으킨다[2]. 이에 따라, 현대인의 질병 예방에 대한 관심과 항염증 및 항산화 산업의 발전에 따라 천연 항산화제 및 항염증제에 대한 요구가 증가하고 있으며, 특히 천연 식물 자원의 활성에 대한 연구가 많이 이루지고 있다[3].

댕댕이나무(*Lonicera caerulea*)는 인동과(Caprifoliaceae) 인동덩굴속에 속하는 낙엽관목으로 북유럽, 북아메리카, 북동아시아 등에 분포하고 있다고 알려져 있고, 국내에서는 강원도와 함경도, 그리고 한라산 능선에서 볼 수 있으며, 댕댕이나무는 중국, 일본, 러시아에서 약용식물로 사용되어져 왔다[4]. 열매는 식품의약품안전처의 식품원료목록에서 섭취가 가능한 식품원료로 등록되어 있고[5], 댕댕이라는 단어는 "댕댕하다"에서 유래되어 열매가 꽉 차있는 모양이라 댕댕이라 부르게 되었으며, 댕댕이나무의 영명은 통상적으로 bluehoneysuckle, honeyberry, sweetberry, honeysuckle, edible honeysuckle로 불리고, 일본에서는 japanhaskap 또는 haskappu로 불린다[6].

댕댕이나무 열매의 효능으로는 항산화 및 항염활성[7], 간 보호 및 항비만[8], 항당뇨효과[9], 지질 및 포도당 대사 개선 효과[10], 갑상선 기능 항진증활성[11], 항암활성[12] 등이 있는 것으로 보고되고 있다. 댕댕이나무 열매의 주요성분에는 anthocyanins (cyanidin-3-glucoside, cyanidin-3-rutinoside, peonidin–3-glucoside, peonidin-3,5-diglucoside, pelargonidin dihexoside, pelargonidin-3-glucoside), phenolic acids (chlorogenic acid, neochlorogenic acid, gentisic acid, caffeic acid, ferulic acid)와 flavonoids (quercetin-3-rutinoside, quercetin-3-glucoside, catechin, epicatechin) 등이 있으며, 이외에 vitamins, amino acids, esters와 같은 다양한 성분이 함유되어 있다고 보고되어 있으나, 국내에 자생하는 댕댕이나무 열매에 함유한 cyanidin-3-glucoside를 제외하면 주요성분과 영양성분 등에 대한 연구가 부족한 실정으로 기능성 식품소재로 활용하기 위해서는 기초연구가 반드시 필요하다[13,14].

따라서, 본 연구에서 국내산 및 중국산 댕댕이나무 열매를 열수 추출물과 30% 에탄올 추출물로 제조 후 polyphenol, amino acid 및 fatty acid를 분석하고, 항염증 활성을 측정하여 원산지에 따른 차이를 비교하였다.

Materials and Methods

추출물 제조

본 연구에 사용된 국내산과 중국산 댕댕이나무(*Lonicera caerulea*) 열매는 동양허브(Seoul, Korea)에서 구입하여 사용하였고, 댕댕이나무 열매 추출은 Park 등[15]의 추출방법을 참고하여 수행하였다. 열수 추출물은 국내산 및 중국산 댕댕이나무 열매 무게 대비 20배의 추출용매를 넣어 무압력추출기(HD-A110, HABDONG, Anyang, Korea)로 120°C에서 4시간 동안 각각 추출하고, 30% 에탄올 추출물은 국내산 및 중국산 댕댕이나무 열매 무게 대비 20배의 추출용매를 넣어 95°C에서 4시간 동안 각각 환류추출 후 여과하였다. 국내산 및 중국산 열수 추출액과 30% 에탄올 추출액을 감압농축기(N-1300, Eyela, Tokyo, Japan)로 각각 10 brix로 농축하고, 동량의 덱스트린(Samyang, Incheon, Korea)을 넣어 동결건조(7751041, Labconco, Kansas, MO, USA)하였다.

표준품 및 시약

총 플라보노이드 함량 측정에 사용된 sodium nitrite, aluminium chloride는 Tokyo Chemical Industry (Tokyo, Japan)에서 구입하였고, sodium hydroxide, quercetin는 Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA)에서 구입하였다. Polyphenol 분석에 사용한 chlorogenic acid, caffeic acid, rutin standard는 Sigma-Aldrich 에서 구입하였고, trifluoroacetic acid, acetonitrile, methanol, water는 Thermo Fisher Scientific (Waltham, MA, USA)에서 구입하였다. 아미노산 분석에 사용된 amino acid standard, triethylamine (TEA), phenylisothiocyanate (PITC), phosphoric acid는 Sigma-Aldrich에서 구입하였고, sodium acetate와 6 N HCl은 Daejung Chemicals & Metals (Siheung, Korea)에서 구입하였다. 지방산 분석에 사용된 fatty acid methyl esters (FAMEs) mix C8-C24 standard는 Supelco (St Louis, MO, USA)에서 구입하였고, glyceryl triundecanoate standard, methyl undecanoate standard, Boron trifluoride (BF_3)-methanol은 Sigma-Aldrich에서 구입하였으며, isooctane과 chloroform은 Samchun Chemical (Seoul, Korea)에서 구입하였다. 항염증 활성 측정에 사용된 trypsin-EDTA, penicillin/streptomycin (P/S), phosphate buffered saline (PBS, pH 7.4), Dulbecco's modified Eagle's medium (DMEM), fetal bovine serum (FBS)은 Gibco (Waltham, MA, USA)에서 구입하였고, MTT assay kit와 nitric oxide (NO) assay kit는 각각 DoGenBio (Seoul, Korea)와 IntronBio (Seoul, Korea)에서 구입하였으며, ELISA cytokine kit는 R&D system (St. Louis, MO, USA)에서 구입하였다.

총 플라보노이드 함량 측정

총 플라보노이드 함량은 Zhishen 등[16]의 방법을 참고하여 측정하였다. 시료 100 μL에 water 400 μL, 5% sodium nitrite 30 μL를 각각 첨가하고, 5분 동안 상온에서 반응시켜 10% aluminium chloride 30 μL를 첨가 후 6분간 상온에서 반응시켰다. 1 M sodium hydroxide 200 μL를 첨가하여 반응을 종료하고, water 240 μL를 추가하였다. Microplate reader (Epoch, Biotek Instruments Inc., Winooski, VT, USA)로 410 nm에서 흡광도를 측정하였고, quercetin을 사용하여 검량선 작성 후 총 플라보노이드 함량을 mg quercetin equivalent (QE)/g으로 표시하였다.

Chlorogenic acid, caffeic acid 및 rutin 분석

댕댕이나무 열매의 대표적인 성분으로 알려진 phenolic acid 성분인 chlorogenic acid, caffeic acid와 flavonoid 성분인 rutin을 선정하였고[17], Zhang 등[18]의 방법을 참고하여 Dionex UltiMate 3000 high performance liquid chromatography-photodiode array (HPLC-PDA) system (Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA)으로 측정하였다. 추출물 100 mg을 정밀히 달아 70% methanol 10 mL를 가하여 30분간 초음파(POWER SONIC 505, Hwashintech, Daegu, Korea) 추출하고, 0.45 μm PTFE syringe filter로 여과 후 시험용액으로 사용하였다. 표준용액은 chlorogenic acid, caffeic acid 및 rutin을 각각 1 mg/mL 농도로 methanol에 녹여 표준원액(stock solution)을 제조하고, methanol로 희석시킨 후 12.5-200 μg/mL (5 point) 농도로 표준용액(standard solution)을 제조하였으며, 표준곡선(calibration curve)를 통해 함량(mg/g)을 계산하였다. 분석조건은 Table 1에 나타내었다.

아미노산 분석

댕댕이나무 열매 추출물의 아미노산 분석은 Yang 등[19]의 방법에 따라 가수분해 후 유도체화하여 Dionex UltiMate 3000 HPLC-PDA system으로 측정하였다. 추출물 300 mg을 정밀히 달아 6 N HCl 5 mL를 가하고 heating block (LHB_S, Huvetec, Namyangju, Korea)에서 110°C로 24시간 동안 가수분해하였다. 가수분해된 추출물과 아미노산 표준용액을 진공건조(FD8508, iIShinBioBase, Dongducheon, Korea) 후 재건조 시약인 methanol:water:TEA (2:2:1, v/v) 혼합액을 넣고 재건조하였다. 이어 유도체 시약인 methanol:water:TEA:PITC (7:1:1:1, v/v) 혼합액을 넣고 20분간 실온에서 반응 후 건조하였고, 여기에 이동상 A 용매로 희석하여 시험용액으로 사용하였다. 이동상 용매 A는 sodium acetae 20 g과 triethylamine 600 μL를 water에 넣어 1,000 mL가 되도록 제조하고, 이 용액 940 mL와 acetonitrile 60 mL를 혼합한 뒤 phosphoric acid를 소량씩 가하여 pH 6.3-6.4로 제조하였으며, 이동상 B는 water 400 mL와 acetnitrile 600 mL를 혼합하여 1,000 mL가 되도록 제조하였다. 분석조건은 Table 2에 나타내었고, 함량(g/100 g)은 아미노산 표준용액의 농도와 분자량, 시료의 peak 면적을 각각 곱한 뒤 아미노산 표준용액의 peak 면적으로 나누어 계산하였다.

지방산 분석

댕댕이나무 열매 추출물의 조지방 추출은 Jeong 등[20]의 방법에 따라 지방을 추출하고, methylation시켜 gas chromatography–flame ionization detector (GC–FID, Nexis GC–2030, Shimadzu, Kyoto, Japan)로 측정하였다. 추출물 0.8 g을 정밀히 달아 chloroform:methanol (2:1, v/v) 혼합액을 가하여 2시간 동안 초음파추출(POWER SONIC 505, Hwashintech, Daegu, Korea)하고, 여과 및 감압농축 후 조지방을 얻었다. 추출된 조지방 시료에 glyceryl triundecanoate (1 mg/mL) 1 mL와 0.5 N methanolic sodium hydroxide 5

Table 1. Conditions for HPLC analysis of chlorogenic acid, caffeic acid, and rutin

Parameters	Conditions		
Instrument	Dionex Ultimate 3000 HPLC system		
Detector	Dionex Ultimate 3000 Photodiode Array (PDA-3000)		
Wavelength	320, 354 nm		
Column	Kromasil C18, 30°C (4.6 mm×250 mm, 5.0 μm, Akzonobel, Nouryon, Netherlands)		
Flow rate	1 mL/min		
Injection volume	10 μL		
Mobile phase	A : Water (0.2% trifluoroacetic acid) B : Acetonitrile		
	Time (min)	A (%)	B (%)
	0.0	90.0	10.0
	3.0	90.0	10.0
	23.0	75.0	25.0
	35.0	65.0	35.0
	37.0	40.0	60.0
	40.0	40.0	60.0
	41.0	90.0	10.0
	45.0	90.0	10.0

Table 2. Conditions for HPLC analysis of amino acids

Parameters	Conditions		
Instrument	Dionex Ultimate 3000 HPLC system		
Detector	Dionex Ultimate 3000 Photodiode Array (PDA-3000)		
Wavelength	254 nm		
Column	Kromasil C18, 45°C (4.6 mm×250 mm, 5.0 μm, Akzonobel, Nouryon, Netherlands)		
Flow rate	1 mL/min		
Injection volume	20 μL		
Mobile phase	Time (min)	A (%)	B (%)
	0.0	100.0	0.0
	14.0	70.0	30.0
	25.0	0.0	100.0
	26.0	0.0	100.0
	28.0	100.0	100.0
	32.0	100.0	100.0

Table 3. Conditions for GC-FID analysis of fatty acids

Parameters	Conditions		
Instrument	Nexis GC-2030		
Column	DB-Wax (30 m×0.250 mm, 0.25 μm, Agilent, Santa Clara, CA, USA)		
Injector temperature	250°C		
Detector temperature	280°C		
Flow rate	1 mL/min		
Carrier gas	He		
Split ratio	40:1		
Injection volume	1 μL		
Oven temperature	Rate (°C/min)	Temp	Hold time (min)
	0.0	130.0	3.0
	20.0	230.0	0.0
	3.0	250.0	10.0
	Post run	250.0	

mL를 각각 넣고 혼합하여 100°C에서 5분간 가열하였고, 이어 14% BF_3-methanol 2 mL를 넣어 100°C에서 30분간 가열하였다. 가열이 끝나면 30°C로 냉각시켜 isooctane 1 mL와 포화 sodium chloride 5 mL를 넣어 혼합하였다. 층 분리를 위해 20분간 방치 후 isooctane 층을 회수하고, sodium sulfate로 탈수시켜 시험용액을 제조하였다. 지방산 표준용액은 FAMEs mix C8-C24 standard와 methyl undecanoate를 1 mg/mL 농도로 isooctane에 각각 녹여 제조하고, 1:1로 혼합하여 표준용액으로 사용하였다[21]. 분석조건은 Table 3에 나타내었고, 측정된 결과는 지방산 표준용액 크로마토그램과 머무름시간(retention time)을 비교 후 확인하였으며, 측정된 지방산은 각 지방산의 메틸에스테르에 대한 결과이므로 해당 지방산으로 전환하기 위해 FID 전환계수(FID conversion factor, Ri)를 이용하여 산출 후 지방산 함량(mg/g)을 계산하였다.

세포배양

RAW 264.7 대식세포는 American Type Culture Collection (ATCC, TIB-71, Manassas, VA, USA)에서 분양받아 10% Fetal Bovin Serum, 100 units/mL penicillin/streptoycin이 함유된 DMEM 배지를 사용하였고, 37°C, 5% CO_2 incubator (Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA)에서 배양하였다.

세포독성 측정

세포에 대한 독성평가는 EZ-cytox cell viability kit (DoGenBio, Seoul, Korea)를 이용하여 측정하였다. RAW 264.7 대식세포를 5×10^4 cells/mL로 96 well plate에 분주한 뒤 37°C, 5% CO_2 incuabator에서 24시간 동안 배양하였다. 시료를 농도별로 처리 후 24시간 동안 배양하고, MTT 시약을 첨가하여 CO_2 incubator (MCO-20AIC, Sanyo, Osaka, Japan)에서 4시간 반응시켰다. 반응이 종료 후 microplate reader를 사용하여 450 nm에서 측정하였다.

NO 생성억제 활성 측정

RAW 264.7 대식세포에서 NO의 생성량 측정을 위해 NO assay kit를 이용하여 측정하였다. RAW 264.7 대식세포를 5×10^4 cells/mL로 48 well plate에 분주하고, 37°C, 5% CO_2 incuabator에서 24시간 배양시킨 후 시료를 농도별로 처리하여 24시간 동안 CO_2 incuabator에서 배양하였다. 이후 세포배양 상등액 50 μL를 취하여 N_1 buffer 50 μL를 넣어 혼합하고, 10분간 상온에서 반응 후 N_2 buffer 50 μL를 넣어 혼합하여 10분간 반응시킨 뒤 microplate reader를 사용하여 540 nm에서 흡광도를 측정하였다.

Cytokine 생성억제 활성 측정

염증 유발 cytokine인 TNF-α와 IL-6 생성량은 ELISA cytokine kit를 이용하여 측정하였다. RAW 264.7 대식세포를 5×10^4 cells/mL로 48 well plate에 분주하고 37°C, 5% CO_2 incuabator에서 24시간 배양하였다. 시료를 농도별로 처리하고, 24시간 동안 CO_2 incuabator에서 배양 후 세포 부유액을 원심분리하여 상등액을 회수하였다. 양성대조군으로서 LPS 1 μg/mL을 사용하였고, 상등액 내 TNF-α와 IL-6 생성량을 microplate reader를 사용하여 450 nm에서 흡광도를 측정하였다.

통계분석

본 실험에서 분석결과의 통계처리는 SPSS version 27.0 (IBM, Chicago, IL, USA) 소프트웨어를 사용하여 분산분석(one-way ANOVA)을 실시하였고, Duncan's multiple test를 이용하여 $P<0.05$ 수준에서 사후검정하였다. 항염증 활성 결과의 통계처리는 GraphPad Prism 8.0 (Graph Pad Software, San Diego, CA, USA) 소프트웨어를 사용하여 student's t-test와 분산분석(one-way ANOVA)을 실시하였고, $P<0.05$, $P<0.01$ 및 $P<0.001$ 수준에서 검정하였다.

Results and Discussion

총 플라보노이드 함량 측정결과

국내산 및 중국산 댕댕이나무 열매 열수 추출물과 30% 에탄올 추출물의 총 플라보노이드 함량은 국내산 열수 추출물과 30% 에탄올 추출물에서 각각 8.58±0.11 mg QE/g과 11.83±0.25 mg QE/g의 결과를 보였고, 중국산 열수 추

출물과 30% 에탄올 추출물에서 각각 3.49±0.09 mg QE/g과 4.46±0.10 mg QE/g의 결과를 보였으며, 국내산 열수 추출물과 30% 에탄올 추출물이 중국산 열수 추출물과 30% 에탄올 추출물보다 2배 이상 높았다(Table 4). Rupasinghe 등[22]의 연구결과에서 4개 품종(berry blue, borealis, tundra, indigo gem)에 대한 댕댕이나무 열매의 총 플라보노이드 함량이 9.01-15.83 mg QE/g으로 다양했으며, 평균 함량이 11.54 mg (QE)/g으로 본 연구에서 국내산 열수 추출물 및 30% 에탄올 추출물의 함량과 비슷한 결과를 보였다.

Chlorogenic acid, caffeic acid 및 rutin 함량 분석결과

국내산 및 중국산 열수 추출물과 30% 에탄올 추출물에 함유한 chlorogenic acid, caffeic acid 및 rutin의 분석결과는 Fig. 1과 Table 4에 나타내었다. 국내산 열수 추출물과

Table 4. Contents of total flavonoid and polyphenols (chlorogenic acid, caffeic acid, and rutin) in *L. caerulea* fruit extracts

Origin	Solvents	mg/g			mg QE/g
		Chlorogenic acid	Caffeic acid	Rutin	TFC[3)]
Korea	Hot water	1.51±0.02[b1)2)]	-	0.07±0.01[b]	8.58±0.11[b]
	30% Ethanol	1.94±0.03[a]	-	0.34±0.02[a]	11.83±0.25[a]
China	Hot water	0.23±0.00[c]	-	-	3.49±0.09[d]
	30% Ethanol	0.25±0.01[c]	-	-	4.46±0.10[c]

[1)]All values are means±standard deviation (n=3).
[2)]Means with different letters (a-d) in the same column are significantly different (P<0.05).
[3)]TFC : total flavonoid content.

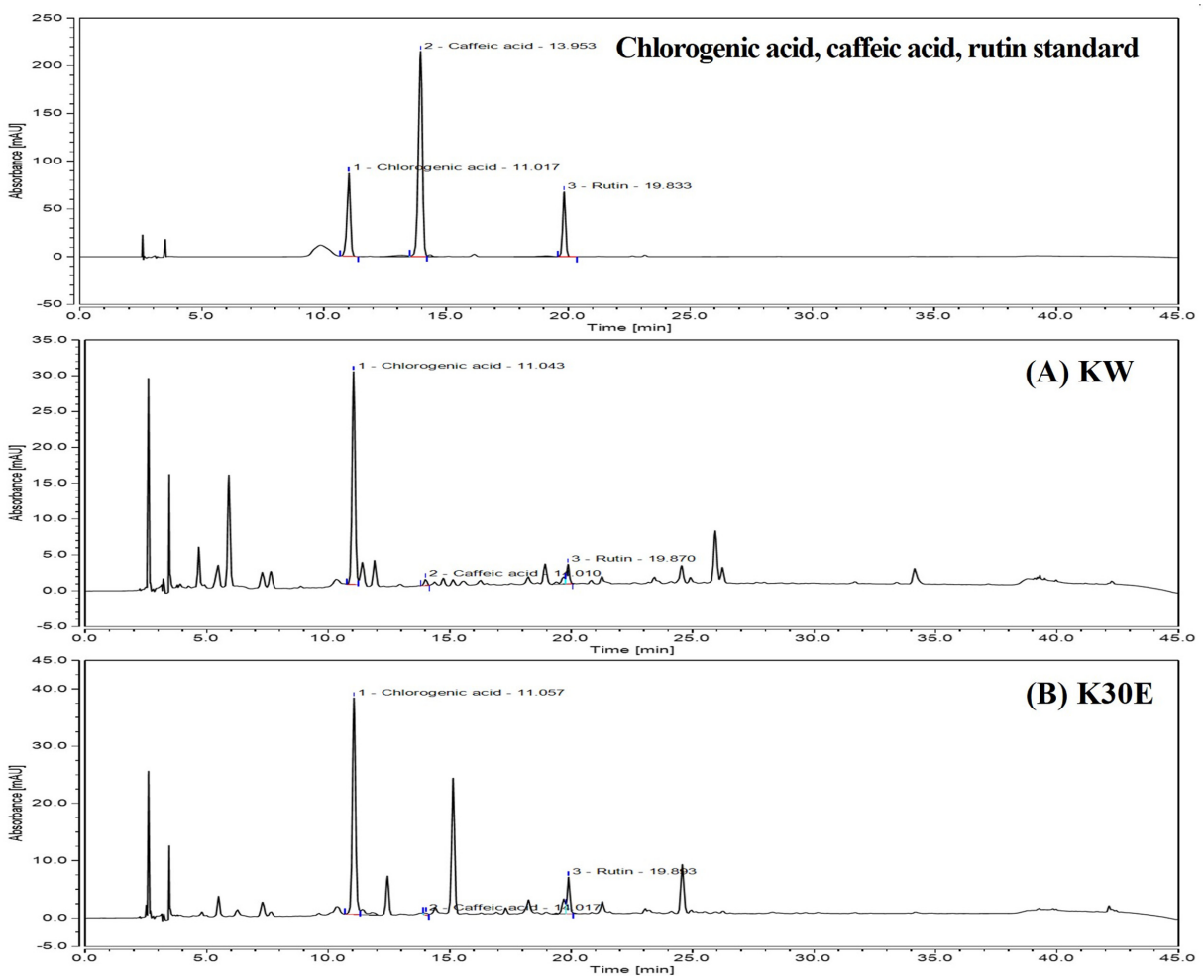

Fig. 1. HPLC chromatograms of standard (chlorogenic acid, caffeic acid, and rutin) and *L. caerulea* fruit extracts. (A) KW: Korea hot water extract, (B) K30E: Korea 30% ethanol extract, (C) CW: China hot water extract, (D) C30E: China 30% ethanol extract.

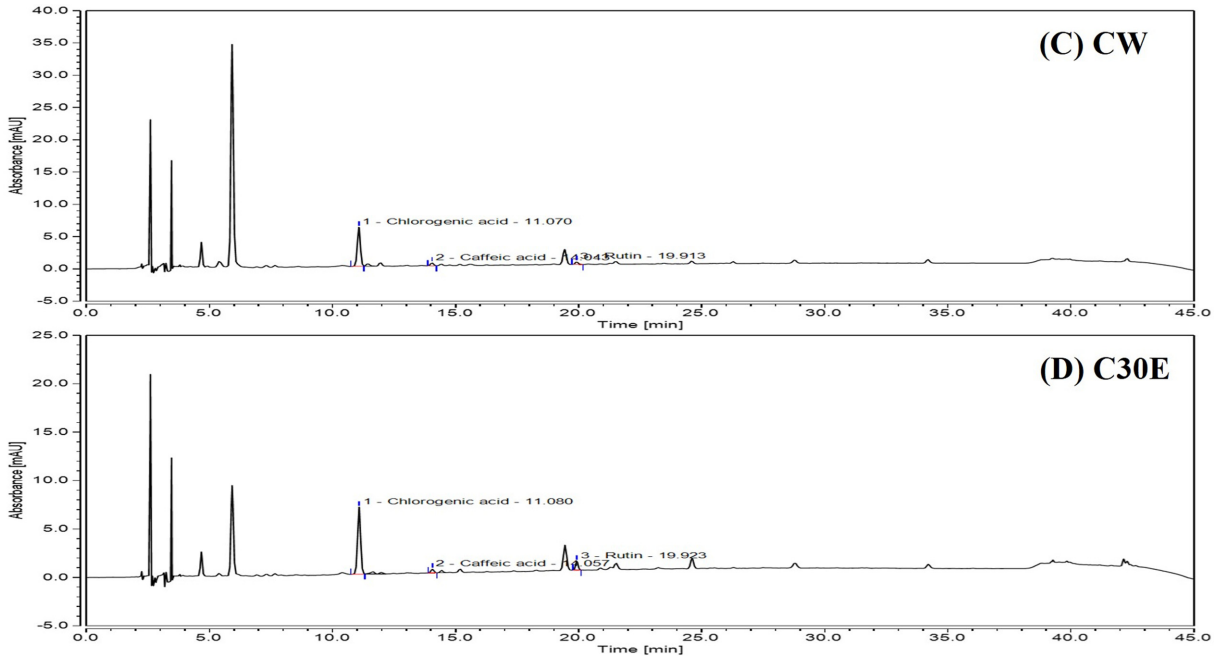

Fig. 1. (Continued) HPLC chromatograms of standard (chlorogenic acid, caffeic acid, and rutin) and *L. caerulea* fruit extracts. (A) KW: Korea hot water extract, (B) K30E: Korea 30% ethanol extract, (C) CW: China hot water extract, (D) C30E: China 30% ethanol extract.

30% 에탄올 추출물에서 chlorogenic acid 함량은 각각 1.51±0.02 mg/g과 1.94±0.03 mg/g의 결과를 보였고, rutin 함량은 각각 0.07±0.01 mg/g과 0.34±0.02 mg/g의 결과를 보였으며, caffeic acid은 미량 함유한 것으로 확인되었다. 중국산 열수 추출물과 30% 에탄올 추출물에서 chlorogenic acid 함량은 각각 0.23±0.00 mg/g과 0.25±0.01 mg/g의 결과를 보였고, caffeic acid와 rutin은 미량 함유한 것으로 확인되었다. Chlorogenic acid의 경우 국내산 열수 추출물과 30% 에탄올 추출물이 중국산 열수 추출물과 30% 에탄올 추출물의 함량보다 약 7배 이상 높은 결과를 보였다. Khattab[23]의 연구에 따르면 3개 품종 댕댕이나무 열매(tundra, berry blue, indigo gem) 원물을 80% 메탄올로 추출하여 chlorogenic acid와 rutin을 측정한 결과, 함량이 각각 0.35-0.42 mg/g과 0.22-0.34 mg/g으로 보고하였고, Ponder[24]등의 연구에서 3개 품종 댕댕이나무 열매(Nr 30, jlanta, indygo) 건조물을 80% 메탄올로 추출하여 chlorogenic acid, caffeic acid 및 rutin을 측정한 결과, 함량이 24.47-46.58 mg/g, 6.36-8.10 mg/g 및 100.62-154.40 mg/g으로 보고하여 본 연구의 결과와 다소 차이를 보이는데, 이러한 결과는 품종과 추출조건에 따라 차이를 보이는 것으로 사료되며, 추가적인 연구가 필요하다.

아미노산 조성 및 함량 분석결과

Fig. 2의 결과와 같이 국내산 열수 추출물과 30% 에탄올 추출물에서 17종의 아미노산이 확인되었고, 중국산 열수 추출물과 30% 에탄올 추출물에서 cystine을 제외한 16종의 아미노산이 확인되었으며, 아미노산 함량은 추출용매와 원산지에 따라 차이를 보이나 주요 아미노산은 동일한 결과를 보였다. 국내산 열수 추출물과 30% 에탄올 추출물의 총 아미노산 함량은 2.02±0.03 g/100 g과 0.81±0.03 g/100 g의 결과를 보였고, 주요 아미노산은 aspartic acid, glutamic acid, histidine으로, 이 성분들 중 glutamic acid의 함량이 국내산 열수 추출물과 30% 에탄올 추출물에서 각각 0.75±0.01 g/100 g과 0.41±0.02 g/100 g으로 가장 높은 결과를 보였으며, 총 아미노산 함량대비 각각 37.1%와 50.6%를 차지하였다. 필수아미노산은 국내산 열수 추출물과 30% 에탄올 추출물에서 함량이 각각 0.59±0.02 g/100 g과 0.19±0.00 g/100 g으로 총 아미노산 함량대비 각각 29.2%와 23.5%를 차지하였다. 중국산 열수 추출물과 30% 에탄올 추출물의 총 아미노산 함량은 0.15±0.01 g/100 g과 0.05±0.00 g/100 g의 결과를 보였고, 주요 아미노산은 aspartic acid, glutamic acid, histidine으로 확인되었으며, 중국산 30% 에탄올 추출물에서는 거의 추출되지 않아 국내산 열수 추출물과 30% 에탄올 추출물에서 총 아미노산 함량과 많은 차이를 보였다(Table 5). Sochor 등[25]의 댕댕이나무 열매에 대한 연구결과에서 총 아미노산 함량은 465.6 mg/kg을 보였고, 주요 아미노산 성분은 aspartic acid, serine, valine으로 함량이 각각 102.8 mg/kg, 68.9 mg/kg, 55.9 mg/kg으로 본 연구에서 댕댕이나무 열매 추출물의 아미노산 조성 및 함량과 차이를 보였다.

지방산 조성 및 함량 분석결과

국내산 및 중국산 열수 추출물과 30% 에탄올 추출물의 지방산 분석결과는 Fig. 3과 Table 6, Table 7에 나타내었다. 국내산 열수 추출물과 30% 에탄올 추출물, 중국산 30% 에탄올 추출물에서 caprylic acid (C8:0)를 제외한 13종 지방산이 확인되었고, 중국산 열수 추출물에서 caprylic acid (C8:0)와 lignoceric acid (C24:0)를 제외한 12종 지방산이 확인되었다. 지방산 조성은 국내산 열수 추출물과 30%

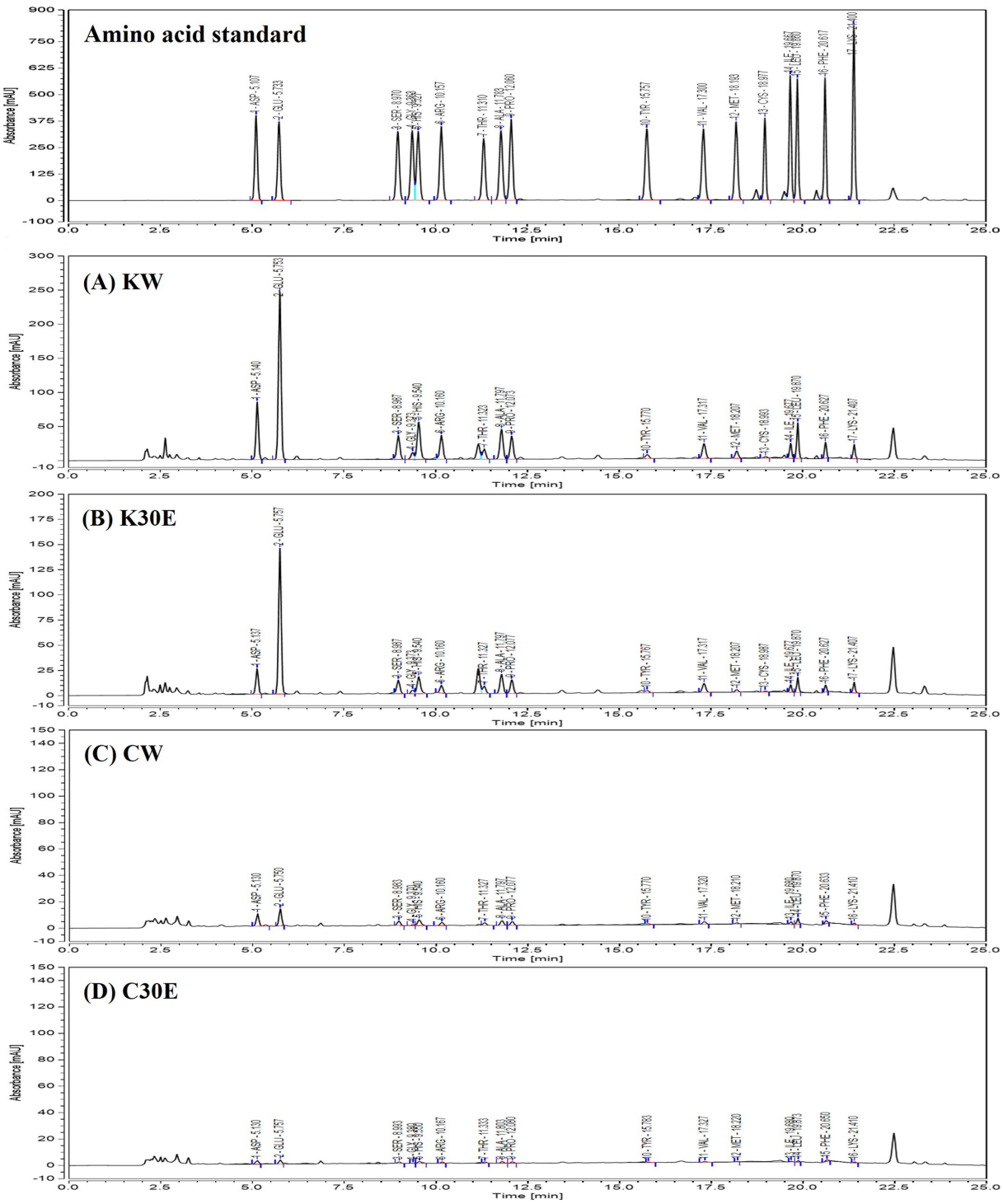

Fig. 2. HPLC chromatograms of amino acid standard and *L. caerulea* fruit extracts. (A) KW: Korea hot water extract, (B) K30E: Korea 30% ethanol extract, (C) CW: China hot water extract, (D) C30E: China 30% ethanol extract.

Table 5. Contents of amino acids in *L. caerulea* fruit extracts

Amino acid	Korea		China	
	Hot water	30% Ethanol	Hot water	30% Ethanol
Asp (Aspartic acid)	0.21±0.00$^{b\,1)2)3)}$	0.06±0.00^{b}	0.02±0.00^{b}	0.01±0.00^{a}
Glu (Glutamic acid)	0.75±0.01^{a}	0.41±0.02^{a}	0.04±0.00^{a}	0.01±0.00^{a}
Ser (Serine)	0.09±0.00^{d}	0.03±0.00^{d}	0.01±0.00^{e}	0.00±0.00^{e}
Gly (Glycine)	0.02±0.00^{j}	0.01±0.00^{f}	0.00±0.00^{d}	0.00±0.00^{e}
His (Histidine)	0.22±0.00^{b}	0.06±0.00^{b}	0.02±0.00^{b}	0.01±0.00^{a}
Arg (Arginine)	0.14±0.00^{e}	0.03±0.00^{d}	0.01±0.00^{e}	0.00±0.00^{e}
Thr (Threonine)	0.05±0.00^{g}	0.02±0.00^{e}	0.01±0.00^{e}	0.00±0.00^{e}
Ala (Alanine)	0.09±0.00^{d}	0.04±0.00^{c}	0.01±0.00^{e}	0.00±0.00^{e}
Pro (Proline)	0.08±0.00^{e}	0.03±0.00^{d}	0.01±0.00^{e}	0.00±0.00^{e}
Tyr (Tyrosine)	0.03±0.00^{i}	0.01±0.00^{f}	0.00±0.00^{d}	0.00±0.00^{e}
Val (Valine)	0.06±0.00^{f}	0.02±0.00^{e}	0.01±0.00^{e}	0.00±0.00^{e}
Met (Methionine)	0.03±0.00^{i}	0.01±0.00^{f}	0.00±0.00^{d}	0.00±0.00^{e}
Cys (Cystine)	0.01±0.00^{k}	0.00±0.00^{g}	N.D$^{4)}$	N.D
Ile (Isoleucine)	0.04±0.00^{h}	0.01±0.00^{f}	0.00±0.00^{d}	0.00±0.00^{e}
Leu (Leucine)	0.10±0.00^{d}	0.03±0.00^{d}	0.01±0.00^{e}	0.00±0.00^{e}
Phe (Phenylalanine)	0.06±0.00^{f}	0.02±0.00^{e}	0.01±0.00^{e}	0.00±0.00^{b}
Lys (Lysine)	0.03±0.00^{hi}	0.02±0.00$^{e\,f}$	0.00±0.00^{d}	0.00±0.00^{e}
Total amino acid (g/100 g)	2.02±0.03^{A}	0.81±0.03^{B}	0.15±0.01^{C}	0.05±0.00^{D}
Essential amino acid (g/100 g)	0.59±0.02^{A}	0.19±0.00^{B}	0.05±0.00^{C}	0.02±0.00^{D}

[1)]All values are means±standard deviation (n=3).
[2)]Means with different letters (a-i) in the same column are significantly different (P<0.05).
[3)]Means with different letters (A-D) in the same row are significantly different (P<0.05).
[4)]N.D : not detected.

Table 6. Compositons of fatty acids in *L. caerulea* fruit extracts

Fatty acid		Korea		China	
		Hot water	30% Ethanol	Hot water	30% Ethanol
C8:0	Caprylic acid	N.D$^{1)}$	N.D	N.D	N.D
C10:0	Capric acid	1.08±0.01$^{hi\,2)3)4)}$	0.33±0.02^{jk}	0.60±0.06^{i}	0.18±0.03^{ij}
C12:0	Lauric acid	1.18±0.45^{h}	0.64±0.14^{ij}	2.28±0.51^{fg}	0.97±0.07^{h}
C14:0	Myristic acid	2.35±0.30^{f}	1.69±0.13^{h}	2.94±0.42$^{e\,f}$	2.02±0.12^{g}
C16:0	Palmitic acid	31.99±0.05^{b}	26.61±0.62^{a}	30.55±0.71^{b}	29.74±0.56^{a}
C18:0	Stearic acid	32.30±0.49^{a}	15.29±0.32^{d}	36.42±1.20^{a}	22.45±0.37^{b}
C20:0	Arachidic acid	1.55±0.04^{g}	0.91±0.07^{i}	1.88±0.27^{g}	1.01±0.06^{h}
C22:0	Behenic acid	7.49±0.31^{e}	4.03±0.61^{e}	9.50±0.34^{c}	3.30±0.35^{f}
C24:0	Lignoceric acid	0.83±0.08^{ij}	2.52±0.11^{g}	N.D	0.60±0.05^{hi}
Saturated fatty acid		78.77±1.74^{B}	52.02±2.00^{D}	84.17±3.51^{A}	60.26±1.61^{C}
C16:1	Palmitoleic acid	0.74±0.12^{j}	0.65±0.09^{ij}	0.85±0.05^{hi}	0.57±0.18^{hi}
C18:1	Oleic acid	1.61±0.07^{g}	2.29±0.16^{g}	1.55±0.20^{gh}	3.91±0.10^{e}
C22:1	Erucic acid	6.69±0.05^{d}	3.42±0.42^{f}	7.22±0.43^{d}	3.51±0.38$^{e\,f}$
Monounsaturated fatty acid		9.05±0.25^{A}	6.36±0.68^{C}	9.62±0.68^{A}	7.99±0.67^{B}
C18:2	Linoleic acid	6.93±0.15^{d}	22.96±0.21^{b}	3.41±0.56^{e}	20.00±0.22^{c}
C18:3	Linolenic acid	5.26±0.22^{e}	18.66±0.26^{c}	2.80±0.62$^{e\,f}$	11.75±0.16^{d}
Polyunsaturated fatty acid		12.18±0.37^{C}	41.62±0.47^{A}	6.21±1.18^{D}	31.75±0.38^{B}
Total (%)		100.00±2.36	100.00±3.15	100.00±5.37	100.00±2.66

[1)]N.D : not detected.
[2)]All values are means±standard deviation (n=3).
[3)]Means with different letters (a-i) in the same column are significantly different (P<0.05).
[4)]Means with different letters (A-D) in the same row are significantly different (P<0.05).

에탄올 추출물, 중국산 열수 추출물과 30% 에탄올 추출물에서 포화지방산(saturated fatty acid)은 각각 78.77±1.74%와 52.02±2.00%, 84.17±3.51%와 60.26±1.61%로 대부분의 조성비를 차지하였고, 단일불포화지방산(monounsaturated fatty

Table 7. Contents of fatty acids in *L. caerulea* fruit extracts

Fatty acid		Korea		China	
		Hot water	30% Ethanol	Hot water	30% Ethanol
C8:0	Caprylic acid	N.D[1)]	N.D	N.D	N.D
C10:0	Capric acid	0.01±0.00^{ef}[2)3)4)]	0.00±0.00^{i}	0.00±0.00^{f}	0.00±0.00^{h}
C12:0	Lauric acid	0.01±0.00^{ef}	0.01±0.00^{h}	0.01±0.00^{e}	0.01±0.00^{fg}
C14:0	Myristic acid	0.01±0.01^{def}	0.02±0.00^{g}	0.01±0.00^{e}	0.01±0.00^{f}
C16:0	Palmitic acid	0.15±0.01^{a}	0.29±0.01^{a}	0.13±0.00^{b}	0.22±0.00^{a}
C18:0	Stearic acid	0.15±0.01^{a}	0.17±0.00^{d}	0.16±0.00^{a}	0.17±0.00^{b}
C20:0	Arachidic acid	0.01±0.00^{cde}	0.01±0.00^{h}	0.01±0.00^{e}	0.01±0.00^{fg}
C22:0	Behenic acid	0.03±0.01^{bc}	0.05±0.01^{e}	0.04±0.00^{c}	0.03±0.00^{e}
C24:0	Lignoceric acid	0.00±0.00^{f}	0.03±0.00^{f}	N.D	0.00±0.00^{fgh}
Saturated fatty acid		0.37±0.04^{C}	0.57±0.02^{A}	0.38±0.02^{C}	0.45±0.01^{B}
C16:1	Palmitoleic acid	0.01±0.00^{ef}	0.01±0.00^{h}	0.00±0.00^{f}	0.00±0.00^{gh}
C18:1	Oleic acid	0.01±0.00^{def}	0.03±0.00^{f}	0.01±0.00^{e}	0.03±0.00^{e}
C22:1	Erucic acid	0.03±0.00^{bc}	0.04±0.01^{e}	0.03±0.00^{d}	0.03±0.00^{e}
Monounsaturated fatty acid		0.05±0.01^{B}	0.07±0.01^{A}	0.05±0.00^{B}	0.06±0.01^{A}
C18:2	Linoleic acid	0.03±0.00^{b}	0.26±0.00^{b}	0.02±0.00^{e}	0.16±0.00^{c}
C18:3	Linolenic acid	0.03±0.00^{bcd}	0.21±0.00^{c}	0.01±0.00^{e}	0.09±0.00^{d}
Polyunsaturated fatty acid		0.06±0.00^{C}	0.47±0.00^{A}	0.03±0.01^{D}	0.25±0.00^{B}
Total (mg/g)		0.49±0.06^{C}	1.12±0.03^{A}	0.45±0.03^{C}	0.76±0.02^{B}

[1)]N.D : not detected.
[2)]All values are means±standard deviation (n=3).
[3)]Means with different letters (a-i) in the same column are significantly different (P<0.05).
[4)]Means with different letters (A-D) in the same row are significantly different (P<0.05).

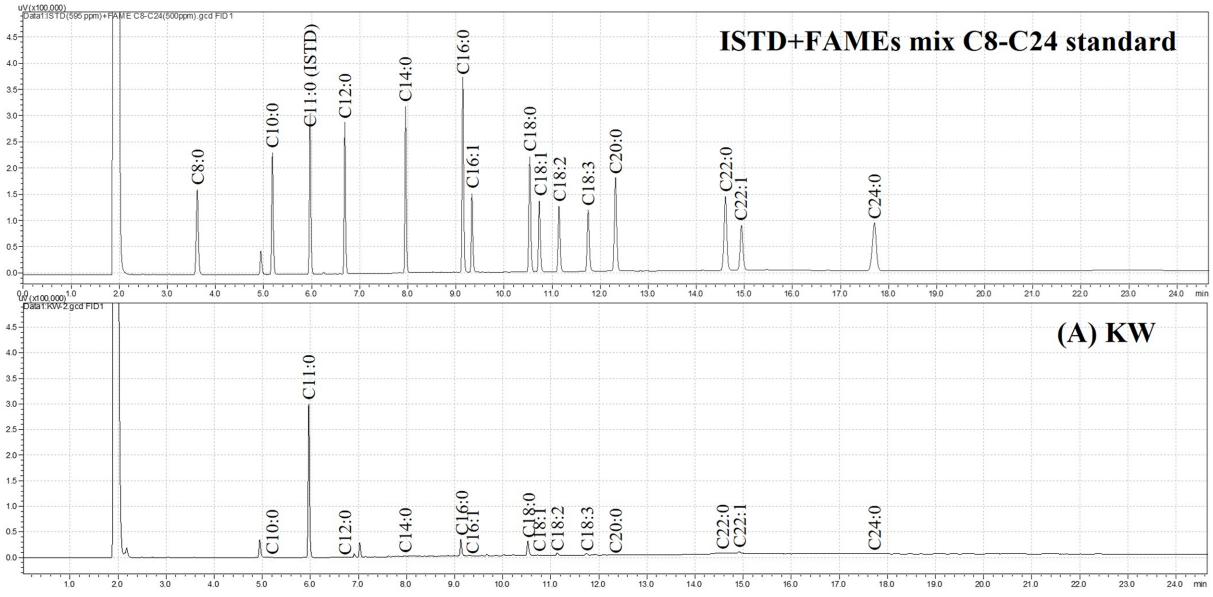

Fig. 3. GC-FID chromatograms of FAMEs mix C8-C24 standard and *L. caerulea* fruit extracts. (A) KW: Korea hot water extract, (B) K30E: Korea 30% ethanol extract, (C) CW: China hot water extract, (D) C30E: China 30% ethanol extract.

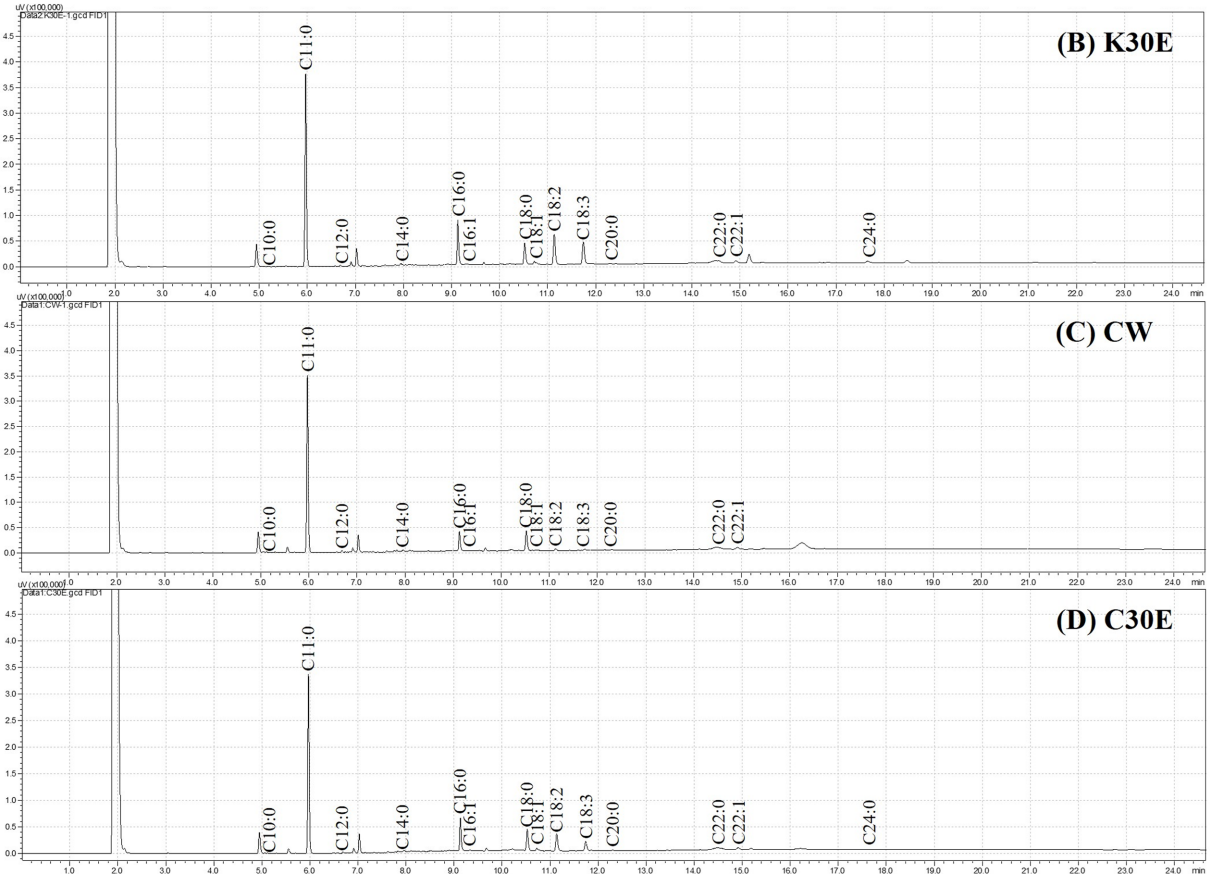

Fig. 3. (Continued) GC-FID chromatograms of FAMEs mix C8-C24 standard and *L. caerulea* fruit extracts. (A) KW: Korea hot water extract, (B) K30E: Korea 30% ethanol extract, (C) CW: China hot water extract, (D) C30E: China 30% ethanol extract.

acid)은 국내산 및 중국산 열수 추출물과 30% 에탄올 추출물에서 10% 이하의 조성비를 차지하였으며, 다가불포화지방산(polyunsaturated fatty acid)은 국내산 및 중국산 30% 에탄올 추출물에서 각각 41.62±0.47%와 31.75±0.38%로 열수 추출물 보다 약 3-5배 높은 조성비를 보였다. Caprioli 등[26]과 Molina 등[27]의 연구에서 다가불포화지방산의 조성비가 각각 69.8%와 77.7%를 차지하고, 주요 지방산이 palmitic acid (C16:0), oleic acid (C18:1), linoleic acid (C18:2)로 각각의 조성비가 5.3%, 22.8%, 66.8%와 5.4%, 14.2%, 71.8%를 보인다고 한 결과와 큰 차이를 보이는데, 본 연구에서는 추출물 제조 후 지방산 분석을 하였기 때문에 원재료에서 직접 지방산을 추출한 결과와 차이를 보이는 것으로 사료된다. 국내산 및 중국산 열수 추출물에서 총 지방산 함량이 각각 0.49±0.06 mg/g과 0.45±0.03 mg/g으로 비슷한 결과를 보였고, 주요 아미노산은 palmitic acid (C16:0)와 stearic acid (C18:0)로 확인되었으며, 이 성분들의 함량이 0.13±0.00-0.16±0.00 mg/g으로 비슷한 결과를 보였다. 국내산 30% 에탄올 추출물은 총 지방산 함량이 1.12±0.03 mg/g의 결과를 보였고, 주요 지방산은 palmitic acid (C16:0), linoleic acid (C18:2), linolenic acid (C18:3)로 확인되었으며, 이 성분들 중 palmitic acid (C16:0)의 함량이 0.29±0.01 mg/g으로 가장 높은 결과를 보였다. 중국산 30% 에탄올 추출물은 총 지방산 함량이 0.76±0.02 mg/g의 결과를 보였고, 주요 지방산은 palmitic acid (C16:0), stearic acid (C18:0), linoleic acid (C18:2)로 이 성분들 중 palmitic acid (C16:0)의 함량이 0.22±0.01 mg/g으로 가장 높은 결과를 보였다. 하지만, 지방산 함량은 모든 추출물에서 대체로 낮은 결과를 나타내었다.

세포독성 측정결과

국내산 및 중국산 댕댕이나무 열매 열수 추출물과 30% 에탄올 추출물의 세포독성을 알아보기 위하여 RAW 264.7 대식세포 생존율을 측정하였다. Fig. 4의 결과와 같이 국내산 및 중국산 댕댕이나무 열매 열수 추출물과 30% 에탄올 추출물을 각각 500, 1,000, 2,000 μg/mL 농도로 처리했을때 RAW 264.7 대식세포에 대한 독성이 없는 것을 확인하였다. 따라서 위의 결과와 동일한 농도로 NO 생성억제 활성과 cytokine 생성억제 활성 실험을 진행하였다.

NO 생성억제 활성 측정결과

대식세포는 염증반응 시 활성산소종과 NO와 같은 활성 질소종은 염증성 cytokine을 대량으로 생산하고, 과도한 NO의 생성은 조직의 손상, 유전자 변이 및 신경 손상 등을 유발하여 염증반응을 촉진시킨다[28]. 따라서, 염증을 유발하는 NO 생성에 대하여 국내산 및 중국산 댕댕이나무 열매 열수 추출물과 30% 에탄올 추출물이 미치는 영향을 알아보기 위해 억제 활성을 측정하였다. 국내산 댕댕이나무 열매 열수 추출물과 30% 에탄올 추출물을 500 μg/mL, 1,000 μg/mL, 2,000 μg/mL로 각각 처리한 농도에서 89.94±0.22%, 85.45±0.00%, 70.28±1.31%와 94.12±0.00%, 78.95±5.25%, 41.80±0.88%의 억제 활성을 보였고, 중국산 댕댕이나무 열매 열수 추출물과 30% 에탄올 추출물을 500 μg/mL, 1,000 μg/mL, 2,000 μg/mL로 각각 처리한 농도에서 93.96±1.97%, 88.54±0.00%, 73.37±0.44%와 91.18±1.53%, 83.59±0.44%, 57.89±0.44%의 억제 활성을 보여 농도 유의적으로 NO의 생성량을 감소시키는 것으로 확인되었으며(Fig. 5), Kim 등[6]의 연구에서 댕댕이나무 열매 추출물을 RAW 264.7 대식세포에 500 μg/mL와 1,000 μg/mL 농도로 처리 시 NO 생성이 감소하였다고 보고한 결과와 유사하였다. 반면에, 본 연구 결과에서 제시한 바와 같이 국내산 및 중국산 댕댕이나무 열매 추출물의 총플라보노이드 함량 차이가 있음에도 국내산 및 중국산 시료 간 NO 생성억제 활성이 큰 차이를 보이지 않았다. 이는 Rupasinghe 등[22]의 연구에서 anthocyanins, phenolic acid 및 flavonoid와 같은 다양한 성분이 자유 라디칼 안정화와 제거 효과로 NO 생성억

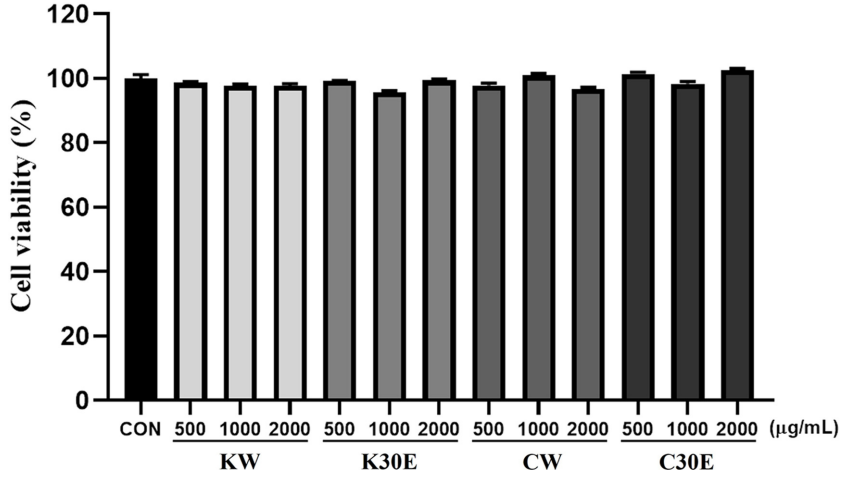

Fig. 4. Effects of *L. caerulea* fruit extracts on cell viability of RAW 264.7 cells. Cell viability was measured by MTT assay. RAW 264.7 cells were treated with *L. caerulea* fruit extracts for 24 h. All values are expressed as the mean±standard deviation. KW: Korea hot water extract, K30E: Korea 30% ethanol extract, CW: China hot water extract, C30E: China 30% ethanol extract.

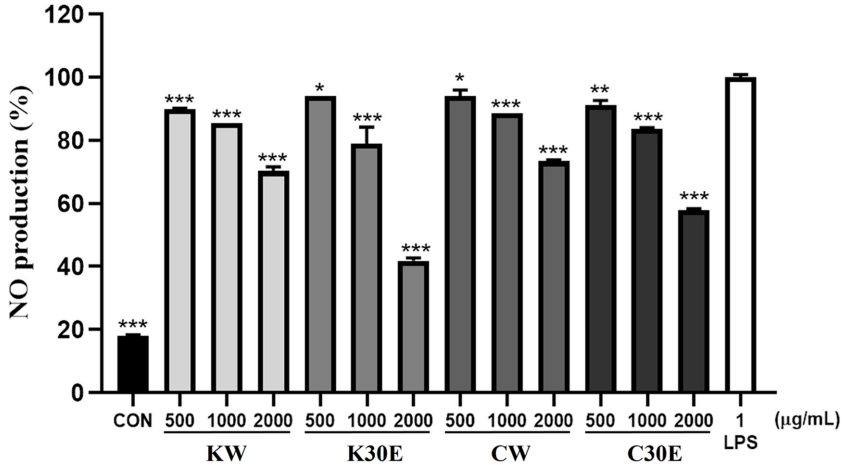

Fig. 5. Effects of *L. caerulea* fruit extracts on NO production in RAW 264.7 cells. RAW 264.7 cells were treated with *L. caerulea* fruit extracts for 24 h. NO production was measured by Griess reagent assay. All values are expressed as the mean±standard deviation. **P*<0.05, ***P*<0.01, and ****P*<0.001 when compared with the control. KW: Korea hot water extract, K30E: Korea 30% ethanol extract, CW: China hot water extract, C30E: China 30% ethanol extract.

제 활성을 보고한 연구 결과를 고려하면, 국내산 및 중국산 댕댕이나무 추출물에 함유한 다양한 활성 성분에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

Cytokine 생성억제 활성 측정결과

염증반응에서 활성화된 대식세포는 TNF-α, IL-6 및 IL-1β 등의 염증성 cytokine을 다량으로 분비하여 다양한 질병을 유발시키는데, TNF-α는 면역 세포의 성장과 분화에 주로 작용하고, 대식세포의 활성화, apoptosis 및 necrosis 등의 세포 사멸, 염증반응의 개시와 전개에 있어서 매우 중요한 역할을 수행하는 대표적인 cytokine으로 알려져 있으며, IL-6는 단핵세포와 대식세포에 의해 분비되고, B cell 활성화에 관여 및 항체 분화를 촉진시키며, T cell의 증식과 분화를 유도한다[29]. 이에 염증성 cytokine의 생성억제에 미치는 영향을 알아보기 위하여 국내산 및 중국산 댕댕이나무 열매 열수 추출물과 30% 에탄올 추출물을 RAW 264.7 대식세포에 농도별(500, 1,000, 2,000 μg/mL)로 처리하여 cytokine 생성량을 측정하였다(Fig. 6). TNF-α 생성량이 음성대조군에서 36.27±6.56 pg/mL로 나타났고, 2,000 μg/mL 농도로 처리한 국내산 열수 추출물과 30% 에탄올 추출물, 중국산 열수 추출물과 30% 에탄올 추출물에서 각각 330.42±1.09 pg/mL와 281.83±2.41 pg/mL, 336.61±1.09 pg/mL와 351.77±4.60 pg/mL로 유의적인 감소를 나타내었다. IL-6 생성량은 음성대조군에서 20.00±0.28 pg/mL로 나타났고, 국내산 및 중국산 댕댕이나무 열매 30% 에탄올 추출물에서 각각 277.02±2.79 pg/mL와 322.00±13.95 pg/mL로 유의적인 감소를 나타내었다. 다만, Hwang 등[30]과 Karlsen 등[31]의 연구 결과에서 chlorogenic acid와 anthocyanin이 TNF-α와 IL-6의 염증성 cytokine의 생성을 감소시켜 억제 활성을 나타낸다고 보고하였는데, 본 연구에서 국내산 및 중국산 댕댕이나무 열매 추출물의 총플라보노이드 함량의 차이가 있음에도 항염증 활성의 유사한 결과를 얻었다. 이에 국내산 및 중국산 댕댕이나무 추출물에 cytokine의 생성을 감소시키는 다양한 활성 성분에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

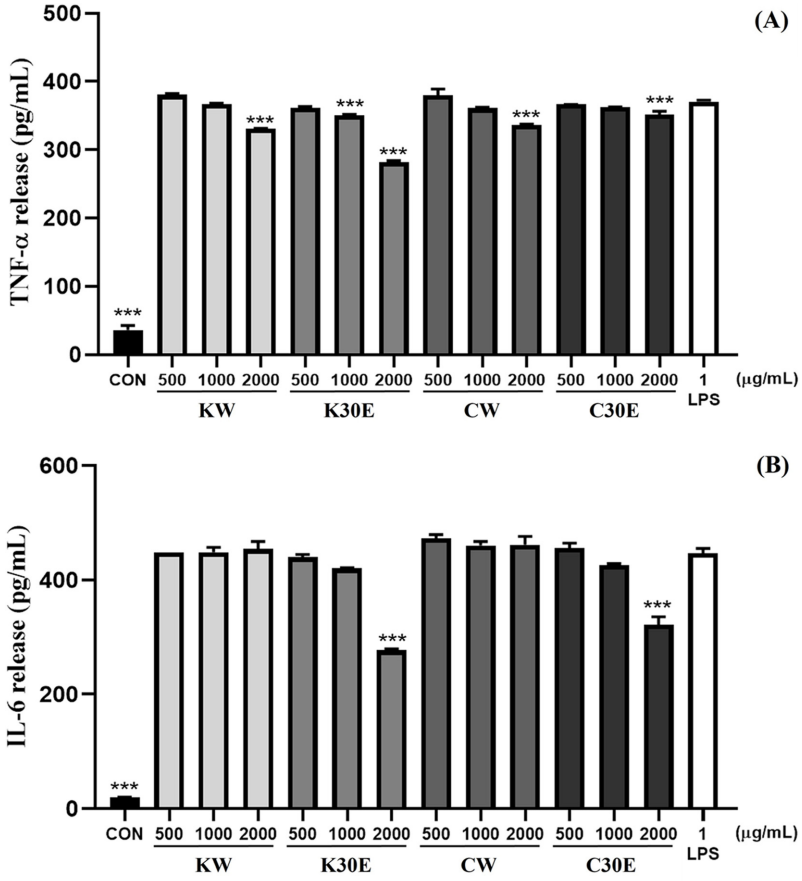

Fig. 6. Effects of *L. caerulea* fruit extracts on cytokine (TNF-α, IL-6) in RAW 264.7 cells. RAW 264.7 cells were treated with *L. caerulea* fruit extracts for 24 h. (A) TNF-α, (B) IL-6 and secretion in RAW 264.7 cell culture supernatant was determined using an ELISA kit. All values are expressed as the mean±standard deviation. ***P<0.001 when compared with the control. KW: Korea hot water extract, K30E: Korea 30% ethanol extract, CW: China hot water extract, C30E: China 30% ethanol extract.

Acknowledgment

본 과제(결과물)는 2024년도 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 지자체-대학 협력기반 지역혁신 사업의 결과입니다(2021RIS-001).

국문요약

본 연구에서 사용된 국내산과 중국산 댕댕이나무 열매는 평균 길이가 약 2.2 cm이고, 자흑색의 타원형으로 육안상 국내산과 중국산 댕댕이나무 열매는 비슷한 외형을 보인다. 국내산과 중국산 댕댕이나무 열매를 기능성 식품소재로 활용하기 위하여 polyphenol, amino acid 및 fatty acid를 분석하고, 항염증 활성을 측정하여 원산지에 따른 차이를 비교하였다. 총 플라보노이드 함량은 국내산 열수 추출물과 30% 에탄올 추출물에서 각각 8.58±0.11 mg QE/g과 11.83±0.25 mg QE/g의 결과를 보였고, 중국산 열수 추출물과 30% 에탄올 추출물에서 각각 3.49±0.09 mg QE/g과 4.46±0.10 mg QE/g의 결과를 보여 국내산이 중국산 열수 추출물과 30% 에탄올 추출보다 2배 이상 높았다. Chlorogenic acid, caffeic acid 및 rutin을 분석한 결과, chlorogenic acid 함량이 국내산 열수 추출물과 30% 에탄올 추출물에서 각각 1.51±0.02 mg/g과 1.94±0.03 mg/g으로 중국산 열수 추출물과 30% 에탄올 추출물에서 각각 0.23±0.00 mg/g과 0.25±0.01 mg/g을 보인 결과보다 7배 이상 높았으며, caffeic acid와 rutin은 모든 추출물에서 미량 또는 낮은 함량을 보였다. 아미노산 분석결과, 국내산 열수 추출물과 30% 에탄올 추출물에서 17종의 아미노산이 확인되었고, 중국산 열수 추출물과 30% 에탄올 추출물에서 cystine을 제외한 16종의 아미노산이 확인되었으며, 주요 아미노산은 glutamic acid로 확인되었다. 총 아미노산 함량은 국내산 열수 추출물과 30% 에탄올 추출물, 중국산 열수 추출물과 30% 에탄올 추출물에서 각각 2.02±0.03 g/100 g과 0.81±0.03 g/100 g, 0.15±0.01 g/100 g과 0.05±0.00 g/100 g의 결과를 보였다. 지방산 분석결과, 국내산 열수 추출물과 30% 에탄올 추출물 및 중국산 30% 에탄올 추출물에서 caprylic acid (C8:0)를 제외한 13종 지방산이 확인되었고, 중국산 열수 추출물에서 caprylic acid (C8:0)와 lignoceric acid (C24:0)를 제외한 12종 지방산이 확인되었으며, 모든 추출물에서 주요 지방산은 palmitic acid (C16:0)로 확인되었다. 지방산 조성은 포화지방산이 국내산 및 중국산 열수 추출물과 30% 에탄올 추출물에서 52.02±2.00-84.17±3.51%로 대부분을 차지하였고, 총 지방산 함량은 국내산 열수 추출물과 30% 에탄올 추출물, 중국산 열수 추출물과 30% 에탄올 추출물에서 각각 0.49±0.06 mg/g과 1.12±0.03 mg/g, 0.45±0.03 mg/g과 0.76±0.02 mg/g을 보였으며, 모든 추출물에서 지방산 함유량이 대체로 낮은 결과를 보였다. 세포독성 측정결과, 국내산 및 중국산 열수 추출물과 30% 에탄올 추출물은 500-2,000 μg/mL 농도에서 RAW 264.7 대식세포에 대한 독성이 나타내지 않았다. NO 생성억제 활성은 국내산 및 중국산 열수 추출물과 30% 에탄올 추출물의 농도에 따라 유의적으로 NO의 생성량을 감소시키는 것으로 확인되었고, cytokine 생성억제 활성 또한 TNF-α와 IL-6의 생성량이 유의적인 감소를 보여 항염증 활성을 나타내는 것으로 확인되었다. 이러한 연구결과를 통하여 댕댕이나무 열매를 활용한 기능성 식품소재 연구에 이용될 수 있을 것으로 사료된다.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflict of interest.

ORCID

Sung-Hwan Park https://orcid.org/0009-0007-2892-1521
Ye-Eun Choi https://orcid.org/0000-0001-8298-248X
Jung-Mo Yang https://orcid.org/0000-0002-1984-7311
Chae-Won Jeong https://orcid.org/0009-0004-5776-2150
Hee-Won Yoo https://orcid.org/0000-0003-2683-0638
Hyeon-Deok Jo https://orcid.org/0000-0003-1867-4049
Ju-Hyun Cho https://orcid.org/0000-0003-2901-2489

References

1. Lee, J.Y., Yoo, D.H., Joo, D.H., Kim, S.R., Jo, H.S., Joo, S.H., Cha, J.W., Anti-inflammatory effects of *Amelanchier asiatica* fruits ethanol extract. *J. Soc. Cosmet. Sci. Korea*, **43**, 19-26 (2017).
2. Yoo, D.H., Lee, I.C., A comparative study on antioxidant and anti-inflammatory effects of green coffea arabica beans by country of origin. *J. Korea Soc. Beauty Art*, **21**, 281-293 (2020).
3. Masaki, H., Sakaki, S., Atsumi, T., Sakurai, H., Active-oxygen scavenging activity of plant extracts. *Biol. Pharm. Bull.*, **18**, 162-166 (1995).
4. An, M.Y., Eo, H.J., Son, H.J., Park, G.H., Jeong, J.B., Inhibitory activity of *Lonicera caerulea* against cell proliferation in human colorectal cancer cell. *Korean J. Plant Res.*, **33**, 263-270 (2020).
5. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), (2024, November 7). Edible deepblue honeysuckle. Retrieved from https://foodsafetykorea.go.kr/portal/safefoodlife/foodMeterial/foodMeterialDB.do
6. Kim, J.H., Jo, M.N., Han, J.H., Pyo, S.H., Kim, T.S., Kim, E.H., Lee, J.K., Anti-inflammatory activity of the fruits of blue honeysuckle. *Yakhak Hoeji*, **60**, 235-242 (2016).
7. Lee, Y.S., Cho, I.J., Kim, J.W., Lee, S.K., Ku, S.K. Lee, H.J., Evaluation of in vitro anti-oxidant and anti-inflammatory activities of Korean and Chinese *Lonicera caerulea. Nutr.*

Res. Pract., **12**, 486-493 (2018).
8. Chun, Y.S., Ku, S.K., Kim, J.K., Park, S., Cho, I.H., Lee, N.J., Hepatoprotective and anti-obesity effects of Korean blue honeysuckle extracts in high fat diet-fed mice. *J. Exerc. Nutrition Biochem.*, **22**, 39-54 (2018).
9. Sharma, A., Kim, J.W., Ku, S.K., Choi, J.S., Lee, H.J., Anti-diabetic effects of blue honeyberry on high-fed-diet-induced type II diabetic mouse. *Nutr. Res. Pract.*, **13**, 367-376 (2019).
10. Jurgoński, A., Juśkiewicz, J., Zduńczyk, Z., An anthocyanin-rich extract from Kamchatka honeysuckle increases enzymatic activity within the gut and ameliorates abnormal lipid and glucose metabolism in rats. *Nutrition,* **29**, 898-902 (2013).
11. Park, S.I., Lee, Y.J., Choi, S.H., Park, S.J., Song, C.H., Ku, S.K., Therapeutic effects of blue honeysuckle on lesions of hyperthyroidism in rats. *Am. J. Chin. Med.,* **44**, 1441-1456 (2016).
12. Zhou, L., Wang, H., Yi, J., Yang, B., Li, M., He, D., Yang, W., Zhang, Y., Ni, H., Anti-tumor properties of anthocyanins from *Lonicera caerulea* 'Beilei' fruit on human hepatocellular carcinoma: *in vitro* and *in vivo* study. *Biomed. Pharmacother.*, **104**, 520-529 (2018).
13. Svarcova, I., Heinrich, J., Valentova, K., Berry fruits as a source of biologically active compounds: the case of *Lonicera caerulea*. *Biomed. Pap. Med. Fac. Univ. Palacky Olomouc Czech. Repub.*, **151**, 163-174 (2007).
14. Cheng, Z., Bao, Y., Li, Z., Wang, J., Wang, M., Wang, S., Wang, Y., Wang, Y., Li, B., *Lonicera caerulea* (Haskap berries): a review of development traceability, functional value, product development status, future opportunities, and challenges. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, **63**, 8992-9016 (2023).
15. Park, S.H., Choi, Y.E., Yang, J.M., Jeong, C.W., Jo, H.D., Cho, J.H., Analysis of amino acids, fatty acids, and antioxidant activities of *Prunus yedoensis* Matsum. bark extracts. *J. Food Hyg. Saf.*, **39**, 288-298 (2024).
16. Zhishen, J., Mengcheng, T., Jianming, W., The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chem.*, **64**, 555-559 (1999).
17. Jurikova, T., Rop, O., Mlcek, J., Sochor, J., Balla, S., Szekeres, L., Hegedusova, A., Hubalek, J., Adam, V., Kizek, R., Phenolic profile of edible honeysuckle berries (genus *Lonicera*) and their biological effects. *Molecules,* **17**, 61-79 (2011).
18. Zhang, X., Zhou, X., Liu, X., Li, X., Whang, W., Development and application of an HPLC–UV procedure to determine multiple flavonoids and phenolics in *Acanthopanax* leaf extracts. *J. Chromatogr. Sci.*, **54**, 574-582 (2016).
19. Yang, H.C., Jung, K.M., Gang, K.S., Song, B.J., Lim, H.C., Na, H.S., Mun, H., Heo, N.C., Physicochemical composition of seaweed fulvescens (*Capsosiphon fulvescens*). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **37**, 912-917 (2005).
20. Jeong, S.H., Shin, J.A., Kim, I.H., Kim, B.H., Lee, J.S., Lee, K.T., Comparison of fatty acid composition by fat extraction method: different parts of chicken by cooking method. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **43**, 1257-1263 (2014).
21. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), 2022. Food code of Korea, MFDS, Cheongju, Korea.
22. Rupasinghe, H.P., Boehm, M.M., Sekhon-Loodu, S., Parmar, I., Bors, B., Jamieson, A.R., Anti-Inflammatory activity of haskap cultivars is polyphenols-dependent. *Biomolecules*, **5**, 1079-1098 (2015).
23. Khattab, R., Brooks, M.S., Ghanem, A., Phenolic analyses of haskap berries (*Lonicera caerulea* L.): spectrophotometry versus high performance liquid chromatography. *Int. J. Food Prop.,* **19**, 1708-1725 (2016).
24. Ponder, A., Najman, K., Aninowski, M., Leszczyńska, J., Głowacka, A., Bielarska, A.M., Lasinskas, M., Hallmann, E., Polyphenols content, antioxidant properties and allergenic potency of organic and conventional blue honeysuckle berries. *Molecules,* **27**, 6083 (2022).
25. Sochor, J., Jurikova, T., Pohanka, M., Skutkova, H., Baron, M., Tomaskova, L., Balla, S., Klejdus, B., Pokluda, R., Mlcek, J., Trojakova, Z., Saloun, J., Evaluation of antioxidant activity, polyphenolic compounds, amino acids and mineral elements of representative genotypes of *Lonicera edulis. Molecules*, **19**, 6504-6523 (2014).
26. Caprioli, G., Iannarelli, R., Innocenti, M., Bellumori, M., Fiorini, D., Sagratini, G., Vittori, S., Buccioni, M., Santinelli, C., Bramucci, M., Quassinti, L., Lupidi, G., Vitali, L.A., Petrelli, D., Beghelli, D., Cavallucci, C., Bistoni, O., Trivisonno, A., Maggi, F., Blue honeysuckle fruit (*Lonicera caerulea* L.) from eastern Russia: phenolic composition, nutritional value and biological activities of its polar extracts. *Food Funct*., **7**, 1892-1903 (2016).
27. Molina, A.K., Vega, E.N., Pereira, C., Dias, M.I., Heleno, S.A., Rodrigues, P., Fernandes, I.P., Barreiro, M.F., Kostic, M., Sokovic, M., Barreira, J.C.M., Barros, L., Ferreira, I.C.F.R., Promising antioxidant and antimicrobial food colourants from *Lonicera caerulea* L. var. *Kamtschatica. Antioxidants (Basel)*, **8**, 394 (2019).
28. Jeong, H.R., Sung M.S., Kim, Y.H., Ham, H.M, Choi, Y.M., Lee, J.S., Anti-inflammatory activity of *Salvia plebeia* R. Br. leaf through heme oxygenase-1 induction in LPS-stimulated RAW264.7 macrophages. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **41,** 888-894 (2012).
29. Cho, E.J., Lee, J.H., Sung, N.Y., Byun, E.H., Anti-inflammatory effects of *Annona muricata* leaf ethanol extracts. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **46,** 681-687 (2017).
30. Hwang, S.J., Kim, Y.W., Park, Y.H., Lee, H.J., Kim, K.W., Anti-inflammatory effects of chlorogenic acid in lipopolysaccharide-stimulated RAW 264.7 cells. *Inflamm. Res.*, **63**, 81-90 (2014).
31. Karlsen, A., Retterstøl, L., Laake, P., Paur, I., Bøhn S.K., Sandvik, L., Blomhoff, R., Anthocyanins inhibit nuclear factor-kappaB activation in monocytes and reduce plasma concentrations of pro-inflammatory mediators in healthy adults. *J. Nutr.*, **137**, 1951-1954 (2007).