

ARTICLE

댕댕이나무(*Lonicera caerulea*) 열매 추출물 중
Cyanidin-3-Glucoside 분석법 밸리데이션

김 명 기*

서원대학교 식품공학과

Validation of Analysis Method for Cyanidin-3-Glucoside(C3G)
in *Lonicera caerulea* Fruit Extracts

Myong-Ki Kim*

Department of Food Science & Engineering, Seowon University, Cheongju 28674, Korea

Received: August 14, 2025
Revised: September 02, 2025
Accepted: September 02, 2025

*Corresponding author :
Myong-Ki Kim
Department of Food Science &
Engineering, Seowon University,
Cheongju 28674, Korea
Tel : +82-43-299-8473
E-mail : mkkim1014@naver.com

Copyright © 2025 Resources Science
Research Institute, Kongju National University.
This is an Open Access article distributed
under the terms of the Creative Commons
Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>)
which permits unrestricted non-commercial
use, distribution, and reproduction in any
medium, provided the original work is
properly cited.

ORCID

Myong-Ki Kim
<https://orcid.org/0000-0002-2956-7006>

Abstract

This study was conducted to validate the HPLC-PDA analysis method for cyanidin-3-glucoside (C3G), an effective ingredient in *Lonicera caerulea* fruit extracts. As a result of the calibration curve, the coefficient of determination (R^2) was 0.9999, and the limit of detection (LOD) and limit of quantification (LOQ) were 0.32 and 0.97 $\mu\text{g/mL}$, respectively. Accuracies of C3G recoveries ranged from 99.00 to 100.29%. As a result of measuring repeatability, the relative standard deviation (%RSD) was 0.06~0.89%, and as a result of evaluating reproducibility, the relative standard deviation (%RSD) was 1.36%. The repeatability and reproducibility evaluation results were confirmed to be suitable for the AOAC official method. Through validation of the analytical method, it can be utilized for the analysis of C3G in the development of functional materials using extracts of the *L. caerulea* fruit.

Keywords

Cyanidin-3-glucoside, Validation, HPLC, *Lonicera caerulea* fruit extracts

I. 서론

댕댕이나무(*Lonicera caerulea*)는 인동과(Caprifoliaceae)에 속하는 식물로 중국, 인도, 일본 등의 동아시아지역과 유럽, 북아메리카 등에 분포한다. 국내에서는 강원도 일부 고산 지역과 한라산 등에 분포하며 육종된 댕댕이나무는 과실수로 재배되고 있고 정원수로도 활용되고 있다(Choi *et al.*, 2015). 댕댕이나무는 -45°C 에서도 생존이 가능하며 -8°C 에서도 꽃이 필 수 있는 내한성 식물이다(Malodobry *et al.*, 2010). 나무의 크기는 1.5 m까지 성장하며 5~6월에 연한 노랑색의 꽃이 개화한다. 댕댕이나무 열매는 7~8월경에 흑자색으로 익으면 수확할 수 있으며 blue honeysuckle, honey berry, haskap berries 라고도 한다(Guo *et al.*, 2024; Rupasinghe *et al.*, 2012).

인동과 식물의 열매는 대부분 식용으로 불가능하거나 독성을 지니는 반면, 댕댕이나무 열매는 향기가 좋고 다양한 생리활성이 있어 육종과 기능성 추출물에 대한 연구가 진행되고 있다(Choi *et al.*, 2015). 국내에서 댕댕이나무 열매는 주로 추출하여 분말화 한 제품이 보편적으로 판매되고 있다. 열매는 술로 만들어 먹거나 일본에서는 잼이나 케이크에 원료로도 사용되며 스낵, 건강기능식품 소재, 화장품 원료 등 다양하게 활용되고 있다(Guo *et al.*, 2024). 댕댕이나무 열매의 분말을 첨가한 젤리를 제조하여 기호성을 높이고 항산화 효능을 증가시킨 연구도 진행

되었다(Lee and Chung, 2020).

댕댕이나무 열매의 효능에는 항산화 작용, 대장암세포의 억제 활성화(An *et al.*, 2020), 지방생성 억제제 활성화(Park *et al.*, 2019), 항염증 효과(Kim *et al.*, 2016), 항암(Zhou *et al.*, 2018), 항당뇨(De Silva and Rupasinghe, 2020) 등이 보고되고 있다.

댕댕이나무 열매의 성분은 물과 미네랄, fructose와 glucose의 당류, citric acid 및 malic acid, quinic acid의 유기산, 토코페롤, 안토시아닌 등으로 구성되어 있다. 특히 안토시아닌(anthocyanin)이 많이 함유되어 있다(Cheng *et al.*, 2023). 안토시아닌은 열매, 꽃, 잎, 가지에 존재하는 중요한 색소 중 하나로 pH와 구조적 특성에 따라 적색, 자색, 파란색을 띤다(Cooper-Driver, 2001; Saha *et al.*, 2020). 안토시아니딘(anthocyanidin)은 안토시아닌의 비배당체 부분으로 23종이 있으며 그 중 식용이 가능한 것은 cyanidin, peonidin, petunidin, malvidin, pelargonidin, delphinidin의 유도체이다(Yang *et al.*, 2019). 댕댕이나무 열매에 함유된 안토시아닌에는 가장 많이 함유된 cyanidin-3-glucoside(C3G)를 비롯하여 cyanidin-3-galactoside, cyanidin-3,5-diglucoside, cyanidin-3-rutinoside, pelargonidin-3-glucoside, peonidin-3,5-diglucoside, peonidin-3-glucoside 등이 있다(Cheng *et al.*, 2023). 댕댕이나무 열매의 안토시아닌 중 주요 성분인 C3G는 과일이나 채소에도 존재하는 성분이다. C3G는 항염, 항산화, 항암, 당뇨병, 간과 신장을 보호하는 효과 등의 다양한 효능이 있다고 보고되고 있다(Oumeddour *et al.*, 2024, Yang *et al.*, 2019).

본 연구는 댕댕이나무 열매 추출물 중 주요 성분이며 다양한 효능이 있는 C3G를 HPLC-PDA를 이용하여 식품의약품안전처의 가이드라인(2022) 및 AOAC 기준(2023)에 따라 밸리데이션을 확립함으로써 건강기능식품 소재 개발을 위한 함량 분석 자료로 활용하고자 수행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 시약 및 재료

HPLC 분석에 사용된 아세트니트릴(B&J, Korea), 물(B&J, Korea), 메탄올(B&J, Korea), 에탄올(Merck, Germany)은 HPLC급을 사용하였으며 formic acid는 Junsei사(Japan)로부터 구입하여 사용하였다. C3G의 구조는 Fig. 1과 같으며 PhytoLab(Germany)사에서 구입하였고 순도는 99% 이상이었다.

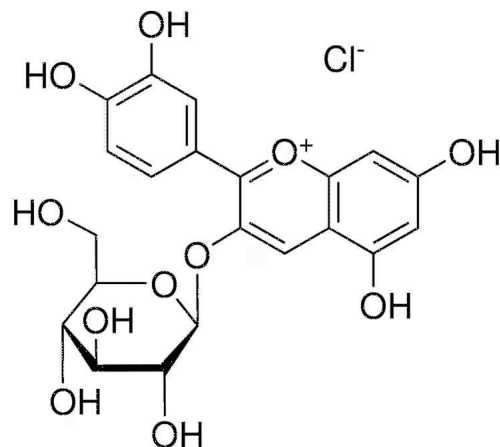


Fig. 1. Chemical structure of C3G.

2. 시험용액의 조제

본 연구에 사용된 땃땃이나무 열매 추출물은 (주)하람에서 제공받아 분석용 시료로 사용하였다. 추출물 100 mg을 10 mL volumetric flask에 취하고 0.1% HCl 메탄올로 정용하였다. 초음파 (Branson, USA)기로 60분간 추출한 후 실린지용 필터(Whatman, 0.2 μ m)로 여과하여 시험용액으로 사용하였다. 추출 용매와 원산지에 따른 C3G 함량분석을 위해 국내산과 중국산 땃땃이나무 열매를 각각 물과 30% 에탄올로 추출한 후 동결건조 된 시료를 위와 동일한 전처리 조건으로 시험 용액을 제조하여 분석하였다.

3. 표준용액 제조 및 표준검정곡선의 작성

C3G 표준물질 10 mg을 정밀히 달아 10 mL 용량의 volumetric flask에 취하고 0.1% HCl 메탄올로 용해시켜 1,000 ug/mL 농도로 표준용액을 제조하였다. 제조된 표준용액을 0.1% HCl 메탄올로 희석하여 10, 20, 50, 100 및 200 ug/mL 농도가 되도록 만든 후 HPLC에 주입하여 검량선을 작성하였다. 각 농도별 3회 반복 측정하여 평균값과 표준편차를 구하였다.

4. HPLC 조건

땃땃이나무 열매 추출물 중 C3G의 밸리데이션은 Table 1과 같은 조건으로 고속액체크로마토그래프(HPLC, Shimadzu, 20A, Japan)를 사용하여 분석하였다. Column은 YMC-Triart C₁₈(4.6 × 250mm, 5 μ m, YMC, Japan)를 사용하였다. 이동상 조성은 A 용매(1% formic acid), B 용매(1% acetonitrile)를 단계적으로 농도 구배를 주었으며(Table 2), 유속은 1.0 mL·min⁻¹, 컬럼 온도는 30℃, 주입량은 10 μ L, 파장은 516 nm에서 분석하였다.

Table 1. HPLC condition for analysis

Parameter	Condition
HPLC	Prominace 20A (Shimadzu, Japan)
Mobile phase	Water (1% formic acid): Acetonitrile (1% formic acid)
Column	YMC-Triart C ₁₈ (4.6 × 250 mm, 5 μ m)
Wavelength	516 nm
Injection volume	10 μ L
Oven temperature	30℃
Flow rate	1.0 mL/min

Table 2. Mobile phase condition of HPLC

Time (min)	A% (1% formic acid in water)	B% (acetonitrile)
0	90	10
20	83	17
21	20	80
26	20	80
27	90	10
35	90	10

5. 분석법 밸리데이션

댕댕이나무 열매 추출물 중 C3G의 분석법 밸리데이션은 식품의약품안전처 시험법 밸리데이션 가이드라인(MFDS, 2022)을 기준으로 특이성(specificity), 직선성(linearity), 검출한계(limit of detection, LOD), 정량한계(limit of quantification, LOQ), 정밀성(precision), 정확성(accuracy)을 평가하였다.

6. 특이성

C3G의 표준물질과 댕댕이나무 열매 추출물을 HPLC PDA(photo diode array)로 분석하여 머무름 시간을 확인하였으며 UV-VIS 스펙트럼의 동일 여부를 판단하였다.

7. 직선성

C3G 시료에서 검출되는 농도의 중간값인 10~200 ug/mL의 범위로 설정하여 6개 농도로 제조한 후 3회 반복 측정하였다. 표준물질 농도 대비 peak area 값으로 검량선을 작성하고 결정계수(coefficient of determination, R^2)를 통해 직선성을 확인하였다.

8. 검출한계(LOD) 및 정량한계(LOQ)

3회 반복 측정한 검량선의 기울기와 y절편 값의 표준편차를 통해 검출한계 및 정량한계를 설정하였다. 검출한계는 표준편차의 3.3배, 검출한계는 표준편차의 10배의 값으로 설정하였다.

9. 정확도

댕댕이나무 열매 추출물 100 mg을 10 mL의 0.1% HCl 메탄올을 넣고 초음파기(Branson, USA)로 60분간 추출한 후 실린지용 필터(Whatman, 0.2 μ m)로 하였다. 제조된 여액에 저농도(30 ug/mL), 중농도(60 ug/mL), 고농도(90 ug/mL)가 되도록 C3G를 spiking한 후 HPLC 분석을 통해 매트릭스 영향에 대한 표준물질의 회수율 정도를 측정하여 분석법에 대한 정확도를 평가하였다.

10. 정밀도

댕댕이나무 열매 추출물의 반복성(repeatability)을 평가하기 위해 추출물 시료에서 500, 1,000, 1,500 mg을 취하여 0.1% HCl 메탄올 10 mL를 넣고 초음파기를 이용하여 추출한 후 여과한 다음 각 시료별 5회씩 반복 측정하였다. 재현성(reproducibility)을 평가하기 위하여 다른 시험일에 전처리부터 분석까지 동일하게 수행하였다. HPLC를 이용하여 C3G 함량을 5회 반복 측정하여 각 측정결과에 대해 상대표준편차 값으로 측정값의 정밀도를 평가하였다.

11. 추출용매 및 원산지별 C3G 함량

댕댕이나무 열매 중 C3G의 추출 용매 및 원산지에 따른 함량 비교를 위해 국내산과 중국산의 원료를 물과 0.1% HCl 메탄올로 각각 추출하였다. 원산지와 추출용매에 따른 각 시료를 3회 반복 측정하여 C3G의 함량을 비교하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 특이성

댕댕이나무 열매 추출물 중 C3G의 특이성을 확인하기 위해 표준물질과 시험용액 중 C3G의

머무름 시간을 확인한 결과 17분대에 동일한 머무름 시간에 검출되었다(Fig. 2). 표준물질과 시험용액 중의 C3G에 대한 피크 최고점에서 PDA로 스펙트럼을 확인한 결과는 Fig. 2과 같이 동일한 패턴을 확인하였다. 안토시아닌의 최대 흡광 파장은 500~535 nm 범위이며 유도체에 따라 pelargonidin은 502~506 nm, cyanidin은 512~520 nm, peonidin은 517~520 nm delphinidin은 525 nm, petunidin은 526~529 nm, malvidin은 530 nm 범위에서 최대 흡광을 보였다(Shipp *et al.*, 2010).

2. 직선성, 검출한계(LOD) 및 정량한계(LOQ)

C3G 표준물질을 정밀성과 정확성을 측정할 수 있도록 농도 범위를 10~100 ug/mL로 설정하였다. 설정된 농도 범위에서 단계적으로 희석하여 5개의 농도(10, 20, 50, 100, 200 ug/mL)로 제조한 후 HPLC로 각 농도별 3회 반복 측정한 후 검량선을 작성한 결과 3개의 측정군에서 결정계수인 R^2 은 0.999 이상이었다(Table 3). 3회 분석 결과의 평균 검량선 값은 $y = 31,442x - 18,935$ 이었으며 R^2 은 0.9999로 높은 직선성을 보였다(Fig. 3). 검출한계는 신호 대 잡음비(signal

Table 3. The standard curves and linearity of C3G

Repetition	Regression equation	R^2
1	$y = 30,181x - 25,941$	0.9996
2	$y = 30,509x - 27,050$	0.9997
3	$y = 30,499x - 29,205$	0.9996

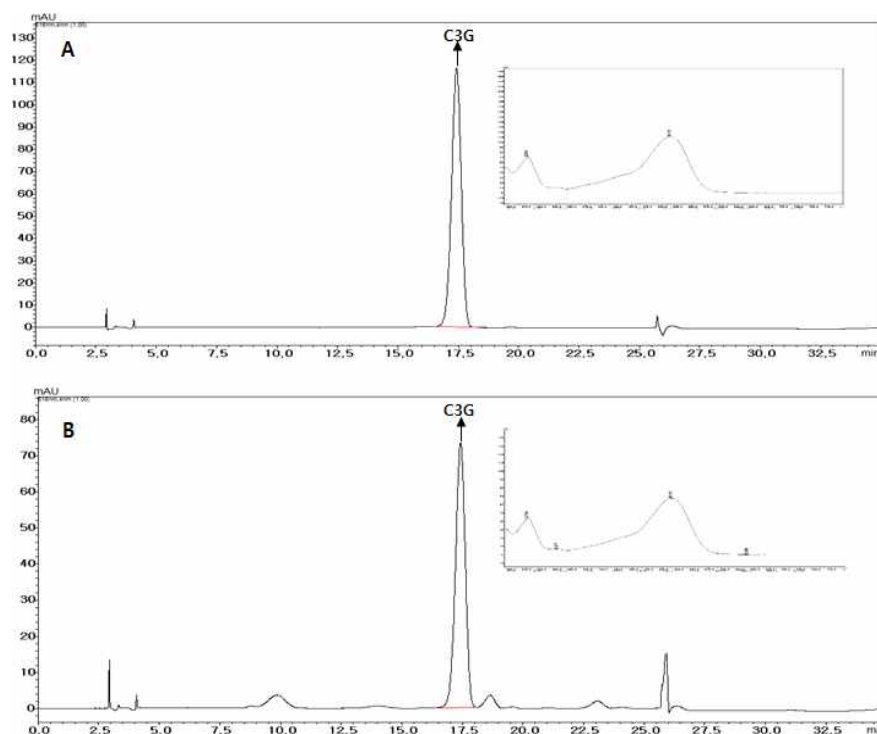


Fig. 2. HPLC chromatograms and spectrums of C3G at 516 nm. (A) standard and (B) *Lonicera caerulea* fruit extracts.

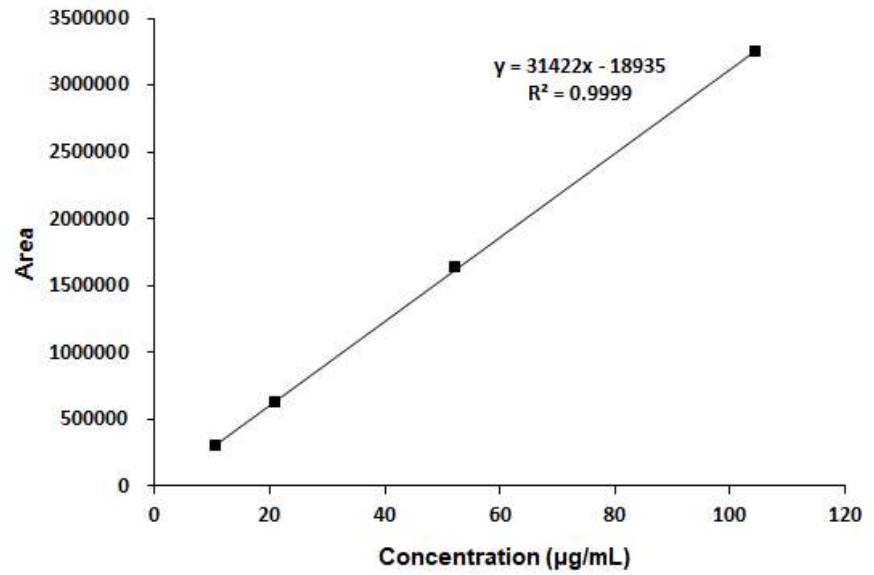


Fig. 3. Calibration curve for five C3G standard solution concentrations (10, 20, 50, 100, and 200 ug/mL).

to noise, S/N) 값이 3.3일 때와 정량한계는 S/N 비율이 10일 때로 계산하였다. 검출한계와 정량 한계를 확인한 결과 각각 0.32, 0.97 ug/mL로 확인되었다.

3. 정확도

C3G 표준물질의 분석 시 매트릭스 영향에 대한 회수율을 평가하기 위해 표준물질이 첨가되지 않은 시료와 표준물질을 저농도(30 ug/mL), 중농도(60 ug/mL), 고농도(90 ug/mL)가 되도록 spiking한 시료를 HPLC를 이용하여 분석한 결과는 Table 4와 같다. 저농도, 중농도, 고농도에서의 회수율은 각각 100.29, 99.00, 100.20%로 3농도에 대한 회수율의 범위는 99.00~100.29%였으며 평균 회수율은 99.83%이었다. 회수율 측정을 통한 정확도 측정 결과는 AOAC 기준(2023)인 90~108%(≥0.1%(1 mg/g)에 적합한 결과를 보였다.

Table 4. Accuracy of analysis data for C3G

Treatment	C3G		
	Spike concentration (ug/mL)		
	30	60	90
1	30.91	60.68	92.48
2	31.55	62.61	94.58
3	32.01	62.76	94.56
Measured mean (ug/mL)	31.49	62.02	93.88
Recovery (%)	100.29	99.00	100.20
%RSD	0.92	1.38	1.07

4. 정밀도

정밀도 평가를 위해 반복성과 재현성을 평가하였다. 동일 시료량에 대해 5회 이상 반복 측정하여 반복성을 측정한 결과 측정값들 사이의 근접한 정도인 %RSD(상대표준편차)는 0.06~0.89로 나타났다(Table 5). 재현성은 다른 시험일에 평가하였으며 측정결과 %RSD는 1.36이었다(Table 6). 반복성과 재현성의 AOAC 기준(2023)은 $\geq 0.1\%$ (1 mg/g)일 때 %RSD가 각각 3, 6으로 본 분석법에 따른 정밀도 평가 결과 기준에 적합함을 확인하였다.

5. 추출용매 및 원산지별 C3G 함량

댕댕이나무 열매를 물과 30% 에탄올로 추출하여 C3G의 함량을 분석한 결과 물 추출 시 국내산과 중국산에서 모두 C3G는 검출되지 않았다(Table 7). 30% 에탄올 추출 시 국내산의 C3G 함량은 6.59 mg/g이었으나 중국산은 정량한계 이하로 분석되어 국내산에서 더 높은 함량을 보였다. Lee 등(2016)은 honeyberry의 추출방법에 따른 폴리페놀, 플라보노이드, 총 안토시아닌의 추출 효율을 평가한 물과 70% 에탄올보다 25% 에탄올에서 추출 효율이 높게 나타났다. 본 연구결과에는 안토시아닌 계열인 C3G가 물보다는 30% 에탄올에서 추출 효율이 좋았다. Park 등(2016)

Table 5. Repeatability of analysis data for C3G (n=5)

Treatment	C3G (mg/g)		
	Sample contents (mg)		
	50	100	150
1	6.54	6.43	6.45
2	6.55	6.44	6.46
3	6.58	6.43	6.47
4	6.68	6.43	6.48
5	6.65	6.43	6.47
Measured mean (mg/g)	6.60	6.43	6.47
%RSD	0.89	0.06	0.15

Table 6. Reproducibility of analysis data for C3G (n=5)

Treatment	C3G (mg/g)		
	Day		
	1	2	3
1	6.62	6.49	6.42
2	6.71	6.52	6.51
3	6.67	6.49	6.51
4	6.61	6.50	6.51
5	6.72	6.51	6.52
Measured mean (mg/g)	6.55		
%RSD	1.36		

Table 7. Contents of C3G of Korean and Chinese origins of *Lonicera caerulea* m as affected by extraction solvents

Extraction solvents	C3G (mg/g) ¹⁾	
	Korean	Chinese
Water	N.D.	N.D.
30% ethanol	6.59±0.11	Tr.

¹⁾ Values are mean±S.D. of three replicates. N.D.: Not detected, Tr: Trace.

은 안토시아닌을 마이크로웨이브 추출법의 최적 추출조건을 표면반응분석법으로 예측한 결과 54.8% 에탄올, 7.4분, 마이크로웨이브 248 W일 때 최대값은 0.45 mg CGE/g으로 예측하였다. 국내산과 중국산 땃땃이나무 열매를 착즙 방법으로 추출 후 항산화 및 항염에 대한 효능평가 결과 중국산에서 효과가 조금 더 좋게 나타났다(Lee *et al.*, 2018). Park 등(2025)의 연구결과에서도 국내산과 중국산 땃땃이나무 열매 추출물에 대해 총플라보노이드와 chlorogenic acid의 함량이 국내산에서 더 높게 나타났으나 항염 효과는 비슷한 결과를 보였다. 항염, 항산화 효과는 안토시아닌인 C3G외에 다른 성분 조성 및 함량이 효능에 영향을 미치며 추출 방법 및 원료에 따른 성분의 차이에도 기인한 것으로 보인다. 본 실험에서는 국내산이 더 많은 C3G의 함량을 보였지만 기후, 토양, 재배 방법, 추출 방법의 차이로 함량이 차이를 보이는 바 지역별 땃땃이나무 열매 시료를 확보하여 추출방법, 추출 용매 비율 등 다양한 추출법이 적용된 전처리 과정을 통한 성분 함량 비교와 C3G의 다양한 기능성 평가 연구를 통해 건강기능식품 소재로서의 활용성을 확대할 필요성이 있다. 땃땃이나무 열매에 C3G의 성분 이외에도 다양한 안토시아닌 성분이 존재하며(Svarcova *et al.*, 2020) 이러한 성분들 또한 기능성이 있으므로 기능성 소재 개발의 활용성을 확대하기 위해 다성분 동시 분석법 땃리데이션을 수행할 필요성이 있는 것으로 생각된다.

IV. 요약

본 연구는 기능성 소재인 땃땃이나무 열매 추출물 중 유효성분인 cyanidin-3-glucoside(C3G)의 HPLC-PDA분석법 검증을 위해 땃리데이션을 수행하였다. 표준물질을 통해 검량선을 작성한 결과 결정계수(R^2)는 0.9999로 나타났으며 검출한계(LOD)와 정량한계(LOQ)는 각각 0.32, 0.97 ug/mL이었다. 정확도를 평가한 결과 회수율은 99.00~100.29%로 나타났다. 반복성을 측정하는 결과 상대표준편차(%RSD)는 0.06~0.89%로 나타났으며 재현성을 평가한 결과 상대표준편차(RSD%)는 1.36%를 보였다. 반복성과 재현성 측정결과 AOAC 기준 범위 이내에 있어 적합함을 확인하였다. 분석법 땃리데이션을 통해 땃땃이나무 열매 추출물을 이용한 기능성 소재 개발 시 C3G의 분석에 활용할 수 있을 것이다.

V. 감사의 글

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

VI. 참고문헌

1. An MY, Eo HJ, Son HJ, Park GH, Jeong JB. 2020. Inhibitory activity of *Lonicera caerulea* against cell proliferation in human colorectal cancer cells. Korean J Plant Res 33(4):263-270.
2. AOAC. 2023. Official methods of analysis of AOAC International. 22th ed. AOAC International, Gaithersburg, MD, USA. pp 2-32.
3. Cheng Z, Bao YW, Li ZY, Wang J, Wang JX, Wang SH, Wang YY, Wang YH, Li B. 2023. *Lonicera caerulea* (Haskap berries): A review of development traceability, functional value, product development status, future opportunities, and challenges. Food Sci Nutr 63:8992-9016.
4. Choi GE, Nam JI, Kim YM, Park JI. 2015. Genetic diversity of *Lonicera caerulea* var. *edulis* in South Korea. Korean J Plant Res 28(4):411-418.
5. Cooper-Driver GA. 2001. Contributions of Jeffrey Harborne and co-workers to the study of anthocyanins. Phytochem 56:229-36.
6. De Silva, ABKH., and Rupasinghe HPV. 2020. Polyphenols composition and anti-diabetic properties *in vitro* of haskap (*Lonicera caerulea* L.) berries in relation to cultivar and harvesting date. J Food Compost Anal 88:103402.
7. Guo LC, Qiao JL, Sorokin A, Li JC, Han DJ, Qin D, Huo JW. 2024. Breeding trends on blue honeysuckle (*Lonicera caerulea* L.). Plant Breed 143(4):552-561.
8. Kim JH, Jo MN, Han JH, Pyo SH, Kim TS, Kim EH, Lee JK. 2016. Anti-inflammatory activity of the fruits of blue honeysuckle. Yakhak Hoeji 60(5):235-242.
9. Lee DH, Chung HJ. 2020. Quality characteristics and antioxidant activities of jelly containing honeyberry powder. Korean J Food Preserv 27(1):111-118.
10. Lee YS, Cho IJ, Kim JW, Lee SK, Ku SK, Lee HJ. 2018. Evaluation of *in vitro* anti-oxidant and anti-inflammatory activities of Korean and Chinese *Lonicera caerulea*. Nutr Res Pract 12(6):486-493.
11. Lee YS, Yoo JH, Lee HJ. 2016. Comparative evaluation of extraction and processing methods on antioxidative contents and radical scavenging activity of honeyberry. FoodService Industry Journal 12(4):35-46.
12. Malodobry M., Bieniasz M, Dziedzic E. 2010. Evaluation of the yield and some components in the fruit of blue honeysuckle (*Lonicera caerulea* var. *edulis* Turcz. Freyn.). Fol Horticulture 22:45-50.
13. MFDS. 2022. Guidelines on analytical method validation for pharmaceuticals, etc. Ministry of Food and Drug Safety. pp 41-53.
14. Oumeddour DZ, Al-Dalali S, Zhao L, Zhao L, Wang C. 2024. Recent advances on cyanidin-3-O-glucoside in preventing obesity-related metabolic disorders: A comprehensive review. Biochem Biophys Res Commun 729:150344.
15. Park DH, Lee JJ, Park JJ, Park SW, Lee WY. 2017. Optimization of microwave-assisted extraction process for blue honeysuckle (*Lonicera caerulea* L.) using response surface methodology. Korean J Food Preserv 24(5):623-630.
16. Park ME, Lee CH, Lee HJ. 2019. Effects of *Lonicera caerulea* extract on adipocyte differentiation and adipogenesis in 3T3-L1 cells and mouse adipose-derived stem cells (MADSCs). J Nutr Health 52(1):17-25.

17. Park SH, Choi YE, Yang JM, Jeong CW, Yoo HW, Jo HD, Cho JH. 2025. Comparison of major components and anti-inflammatory activities of *Lonicera caerulea* fruit extracts from Korea and China. *J Food Hyg Saf* 40(1):39-52.
18. Rupasinghe HP, Yu LJ, Bhullar KS, Bors B. 2012. Short communication: haskap (*Lonicera caerulea*): A new berry crop with high antioxidant capacity. *Can J Plant Sci* 92(7):1311-1317.
19. Saha S, Ganguly S, Sikdar D. 2020. A review on anthocyanin pigments with respect to its nutraceutical properties. *J Mod Trends Sci Technol* 6(12):54-60.
20. Shipp J, Abdel-Aal EM. 2010. Food applications and physiological effects of anthocyanins as functional food ingredients. *Open J Nutr Food Sci* 4:7-22.
21. Svarcova I, Heinrich J, Valentova K. 2007. Berry fruits as a source of biologically active compounds: The case of *Lonicera caerulea*. *Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub* 151(2):163-174.
22. Yang L, Rong GR, Li FJ, Ke Y. 2019. Total anthocyanins and cyanidin-3-O-glucoside contents and antioxidant activities of purified extracts from eight different pigmented plants. *Pharmacogn Mag* 15(60):125-129.
23. Zhou L, Wang H, Yi J, Yang B, Li M, He D, Yang W, Zhang Y, Ni H. 2018. 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.