

국내산 녹차의 카테킨 함량

— 연구노트 —

황병순 · 정윤숙 · 오성민 · 김기창 · 조용식 · 황인국

국립농업과학원 농식품자원부

Catechin Contents of Green Tea Produced in Korea

Byung Soon Hwang, Yun Sook Jeong, Sung Min Oh, Gi-Chang Kim,
Yong Sik Cho, and In Guk Hwang

Department of Agrofood Resources, National Academy of Agricultural Sciences,
Rural Development Administration

ABSTRACT The chemical composition of green tea is complex and includes polyphenols, alkaloids, amino acids, and other unidentified compounds. The contents of catechins and caffeine are considered a standard of green tea quality evaluation. In this study, an ultra performance liquid chromatography (UPLC) method was developed for the quantitative determination of five marker constituents in green tea; epicatechin, epigallocatechin, epicatechin gallate, epigallocatechin gallate, and caffeine. Reversed-phase UPLC analysis was conducted quantitatively to identify individual catechins and caffeine in teas extracted with 25% (v/v) aqueous ethanol. Content (mg/g, dry weight) of tea catechins decreased in the following order: Jeju-do 168.9 mg/g > Gyeongsangnam-do 156.8 mg/g > Jeollanam-do 148.2 mg/g. Based on their dry weights, the green teas contained 7.3 to 26.1 mg/g of caffeine. These results will be valuable as basic data for standardization of Korean green tea.

Key words: green tea, catechin, caffeine, UPLC

서 론

차(*Camellia sinensis*)는 오랜 세월 동안 인류가 가장 보편적으로 즐겨 왔으며 차나무의 잎을 가공하여 만든다. 차의 종류는 발효가공 공정의 차이에 의해 녹차, 우롱차, 홍차로 구분되며, 그 제조공정에 따라 차의 맛, 향, 색, 그리고 성분에도 차이가 나게 된다. 녹차는 현재도 많은 소비가 이루어지는 음료이며, 특히 한국, 중국 및 일본에서 가장 많이 마시는 차이다(1).

녹차는 차잎에 많이 함유한 폴리페놀을 산화시키는 polyphenol oxidase를 고온으로 비활성화시켜 산화를 막으며, 일반적으로는 찌거나 덪는 등의 제조공정으로 만들어지고 있다. 녹차의 중요한 성분 중 폴리페놀은 맛, 향기 및 색에 깊이 관여하며, 온화한 삼미와 고미를 나타낸다(2,3). 녹차의 폴리페놀 함량은 카테킨과 그 유도체로 구성되며, 카테킨 중에서는 (-)-epigallocatechin gallate, (-)-epigallocatechin, (-)-epicatechin gallate, (-)-epicatechin이 주요 화합물로 함유되어 있으며, (+)-gallocatechin, (+)-catechin은 소량으로 함유되어 있다(4).

녹차에 들어있는 카테킨 화합물에 관한 생리활성 연구는 혈중 콜레스테롤을 저하시키고, 항산화, 항염, 항균, 미백 효과 및 항바이러스 등 다양한 생리활성 효과가 보고되고 있다(5-10). 카페인인 methylated-xanthine류 화합물의 일종으로 중추신경 흥분, 강심작용, 말초혈관작용과 심장박동 강화를 통한 에너지대사 증가 및 지방연료 사용 촉진 등의 기능을 한다고 알려져 있다. 또한 녹차는 고시형 및 개별인정형 건강기능식품 기능성 원료로 기억력 개선, 체지방 감소, 항산화 및 혈중 콜레스테롤 개선 등 기능성을 인정받았다(11).

2016년의 건강기능식품 등 총매출액은 2조 1,260억 원으로 전년도 대비 16.6% 증가하였고, 총 매출량은 43,123톤으로 전년도 대비 24.7% 증가했다. 2016년 녹차 추출물의 매출액은 약 157.8억 원으로 고시형 품목 전체 매출액의 0.8%를 차지하고 녹차 추출물을 함유하는 다양한 건강기능식품들은 국내의 여러 제조사에서 제조하여 판매되고 있다. 소비자들은 원산지가 확인된 식품에 강한 관심을 보였고 시장에 지리적 표시가 있는 제품이 많이 생겨났다(12).

현재까지 녹차의 카테킨 분석에 관련된 연구(13-17)는 많이 이루어져 왔으나 재배지역별 녹차카테킨 함량에 대한 연구는 부족한 상태이다. 본 연구는 주생산지인 전라남도, 경상남도, 제주도 지역별 녹차의 카테킨 화합물 및 카페인에 대한 정보를 제공하고, 재현성이 확보된 최적의 ultra per-

formance liquid chromatography(UPLC) 분석조건을 검토하여 국내에서 재배되는 녹차의 품질평가 및 이용성 증진 연구의 기초 자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

실험재료는 시중에서 판매하는 전라남도(JN), 경상남도(GN), 제주도(JJ)가 원산지인 녹차를 구매하였고, 각각의 시료를 분쇄(SMX-6500JS, Shinil Co., Ltd., Seoul, Korea) 및 30 mesh 체를 통과시킨 후 균질화하여 -4°C에서 저장하여 사용하였다.

시약 및 기기

실험에 사용된 시약들은 epigallocatechin(EGC), epicatechin(EC), caffeine(CAF), epigallocatechin gallate(EGCG), epicatechin gallate(ECG)는 Sigma-Aldrich Co. (St. Louis, MO, USA) 제품을 사용하였다. 분석에 사용한 시약들은 HPLC grade acetonitrile과 ethanol, analytical grade 및 그 밖의 시약은 특급을 사용하였다.

시료 제조

실험에 사용한 녹차는 최적의 추출조건을 탐색한 결과 25% 에탄올로 추출하였을 때 카테킨 함량이 가장 높았다. 각각의 녹차 1 g을 conical tube 50 mL에 칭량한 후 25% 에탄올 25 mL를 넣고 실온에서 2회 반복 진탕 추출하였다. 추출액을 원심분리 및 여과하여 50 mL로 정용하고, 0.20 µm syringe filter로 여과한 후 분석 시료로 사용하였다.

UPLC 분석

녹차 추출물에 함유된 카테킨은 표준품을 UPLC로 분석한 retention time과 시료를 표준품과 동일한 조건으로 분석한 결과와 비교하여 동정하였으며, 시료 용액에 일정량의 표준품을 첨가하고 동시에 UPLC에서 분석하여 검출된 피크의 모양과 검출시간을 측정하여 확인하였다. 실험은 3번 반복 측정하였고, 표준시료의 peak 면적에 의해 산출된 값을 기준으로 평균과 표준편차로 나타내었다. 분석조건은 UPLC(Waters ACQUITY UPLC system, Milford, MA, USA)를 이용하였으며, Kinetex XB-C₁₈(2.1×150 mm, 1.7 µm) column을 사용하였다. 이동상 용매는 0.1% acetic acid(용매 A), acetonitrile(용매 B)을 사용하여 gradient를 주어 카테킨과 카페인을 동시에 분석하였다. 이동상 농도 구배 조건은 0분, 용매A : 용매B(95:5); 12분, 용매A : 용매B(20:80); 15분, 용매A : 용매B(20:80); 17분, 용매A : 용매B(5:95); 20분, 용매A : 용매B(5:95)로 하였으며, 용출 속도는 0.3 mL/min, column 온도는 40°C로 유지하였고, 검출기는 PDA (Photo-diode array detector), 검출 파장은 280 nm에서 측정하였다.

분석법 검증

녹차의 카테킨 분석을 위해 분석법에 대한 직선성(linearity), 검출한계(limit of detection, LOD), 정량한계(limit of quantification, LOQ) 및 정확성(accuracy)을 검증하였다. 직선성은 표준물질을 100, 75, 50, 25, 10, 5 및 2.5 µg/mL로 희석한 후 UPLC로 6회 반복 분석하여 표준용액의 피크 면적과 농도를 변수로 작성한 검량선의 상관계수(R²) 값을 이용하여 직선성을 확인하였다.

각 성분에 대한 검출한계와 정량한계는 표준용액의 크로마토그램을 사용하였고, 검출한계 3.3×σ/s(σ: 반응의 표준편차, s: 표준검량선의 기울기), 정량한계 10×σ/s(σ: 반응의 표준편차, s: 표준검량선의 기울기) 식을 이용하여 계산하였다. 정확성은 회수율(recovery) 시험을 통하여 확인하였고, 표준용액은 0.5, 0.75 및 1 mg/mL의 농도로 준비하여 사용하였다. 각각의 표준용액 1 mL를 추출 전 시료에 첨가하고, 카테킨 추출 과정에 따라 추출한 뒤 UPLC 분석을 통하여 얻은 각각의 농도의 비를 이용하여 아래의 공식으로 회수율을 계산하였다.

$$\text{Recovery (\%)} = \frac{C_{\text{spiked sample}} - C_{\text{sample}}}{C_{\text{add}}} \times 100$$

$C_{\text{spiked sample}}$: concentration of test sample added

C_{sample} : concentration of test sample

C_{add} : concentration of standard solution

통계처리

통계분석은 SPSS 통계프로그램(Statistical Package for the Social Science, Ver. 12.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 각 측정군의 평균과 표준편차를 산출하고, 재배지역별 간의 차이 유무를 one-way ANOVA(analysis of variance)로 분석한 후 신뢰구간 $P < 0.05$ 에서 Duncan's multiple range test를 실시하였다.

결과 및 고찰

카테킨의 분석조건 설정

카테킨류와 카페인의 동시 분석법을 확립하고자 다양한 용매조성 및 파장에 대하여 분석조건을 검토한 결과 새로운 분석조건을 확립하였다. 총 분석시간은 25분이며, 표준품을 분석하였을 때 피크의 머무름 시간은 EGC 4.60분, CAF 5.53분, EC 7.05분, EGCG 7.65분, ECG 10.72분이었다. 본 연구의 분석조건에서 표준물질의 분리 상태는 양호하였으며, 전처리한 녹차의 크로마토그램을 비교하여 각각의 카테킨류와 카페인의 피크가 분리되는지를 확인한 결과 Fig. 1과 같이 각 성분들이 다른 피크와 간섭 없이 분리되었으며 표준용액의 피크 유지시간과 녹차의 피크 유지시간이 일치하는 것을 확인하였고, 기존의 HPLC 분석방법에 비해 빠른 분석시간과 높은 감도를 확인할 수 있었다.

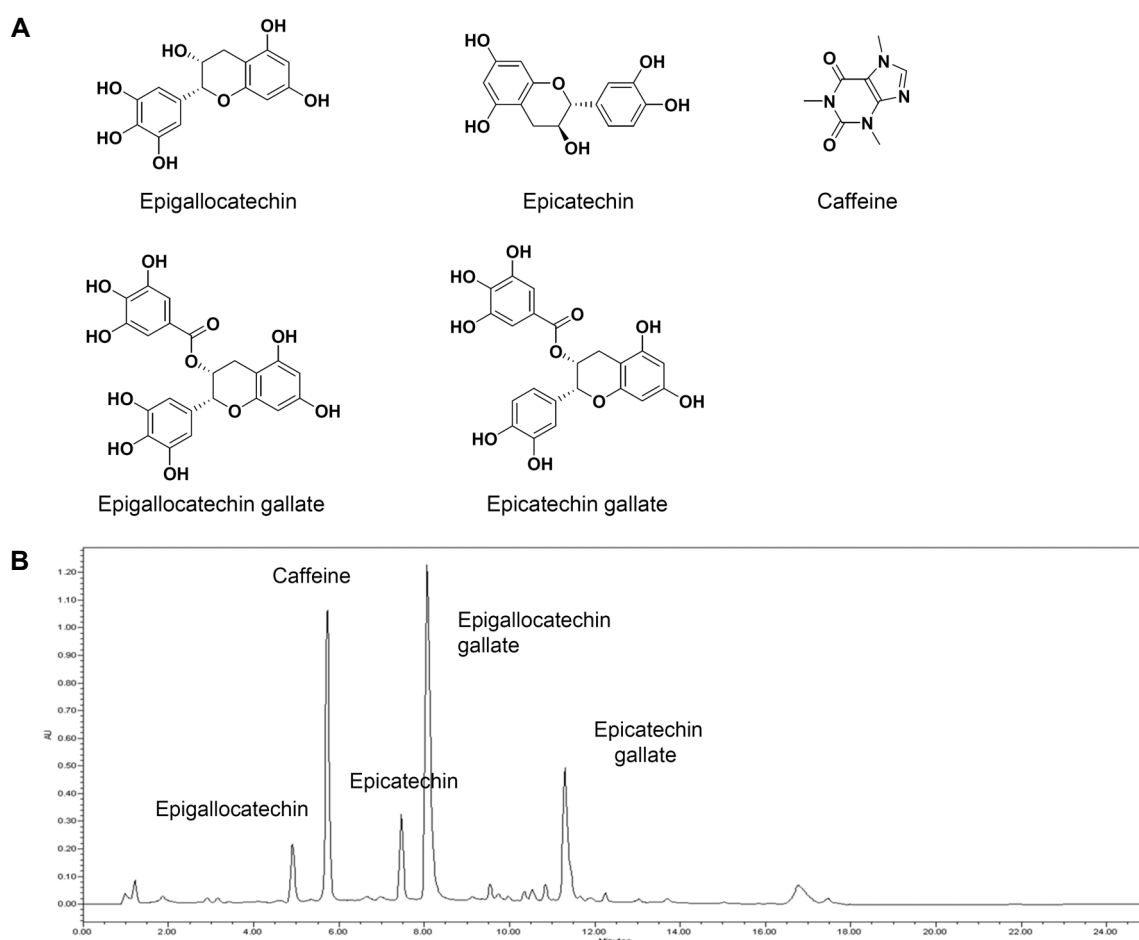


Fig. 1. Chemical structures of compounds (A) and UPLC chromatogram of green tea (B).

분석법 검증

시험법의 유효성 검증을 위해서 카테킨 화합물 4종과 카페인을 직선성, LOD, LOQ, 회수율(%) 실험을 하였다. 직선성을 평가하기 위하여 6단계 농도의 표준품을 분석하였고 얻어진 크로마토그램에서의 peak 면적과 농도 간의 상관관계를 회귀분석을 통해 결정하였다. 그 결과 R^2 값이 0.9961~0.9999로 높은 직선성을 나타내었다. 직선성을 나타내는 범위 내에서 지표성분들의 LOD 값은 1.06~6.40 $\mu\text{g/mL}$ 이며, LOQ 값은 3.20~19.40 $\mu\text{g/mL}$ 였다. 검출한계와 정량한계

를 계산하는 데 이용되는 신호대잡음비는 baseline에 대한 noise와 peak의 상대비로 그 값이 낮을수록 해당 표준물질이 주어진 조건에서 잘 검출된다는 의미를 나타낸다(17). UPLC를 이용한 분석법의 검증 결과 지표성분들의 일내 RSD 값 1.16~3.50%, 일간 RSD 값 0.44~3.90%이고, 회수율을 구해본 결과 100.14~104.89%였다(Table 1). 이러한 연구 결과 본 연구에서 사용한 분석방법은 정량분석이 가능한 재현성(reproducibility)을 가지고 있고, 유효성 검증을 통하여 동시 분석할 수 있는 충분한 감도와 직선성 및 정밀

Table 1. Validation parameters of the developed UPLC

Compounds	Regression equation	Correlation coefficient (R^2)	LOD ¹⁾ ($\mu\text{g/mL}$)	LOQ ²⁾ ($\mu\text{g/mL}$)	Intra-day (n=6)		Inter-day (n=6)	
					Mean \pm SD	Precisions (%RSD ³⁾)	Mean \pm SD	Precisions (%RSD)
Epigallocatechin	$y=1340.6x-5.8459$	0.9999	6.40	19.40	60.01 \pm 0.86	1.43	59.64 \pm 0.31	0.52
Caffeine	$y=37296x+216.26$	0.9997	2.47	7.50	15.25 \pm 0.22	1.16	15.34 \pm 0.12	0.78
Epicatechin	$y=10160x-389.37$	0.9961	6.02	18.24	11.40 \pm 0.40	3.50	11.44 \pm 0.45	3.90
Epigallocatechin gallate	$y=12240x+11.245$	0.9999	1.41	4.29	62.29 \pm 1.09	1.75	61.18 \pm 0.27	0.44
Epicatechin gallate	$y=19205x-71.689$	0.9999	1.06	3.20	14.09 \pm 0.31	2.18	14.06 \pm 0.11	0.76

¹⁾ Limit of detection. ²⁾ Limit of quantification. ³⁾ Relative standard deviation.

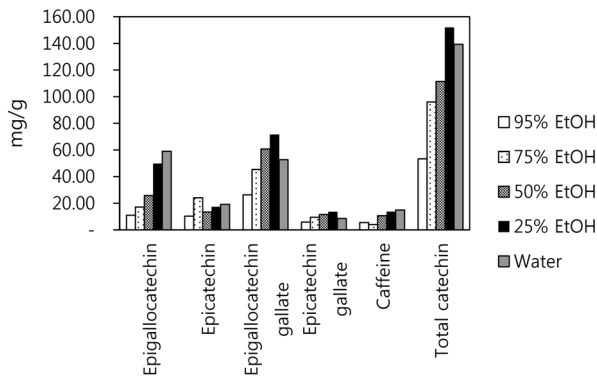


Fig. 2. Total catechin and caffeine content of green tea by solvent extract condition.

도와 정확도를 갖고 있음을 확인할 수 있었다.

본 연구에서 개발된 UPLC 분석방법은 HPLC 분석방법에 비해 빠른 분석시간과 높은 감도를 가지며, 유효성 검증을 통하여 지역별 녹차 중 카테킨 화합물 4종과 카페인을 동시 분석하였다.

UPLC 분석-카테킨 함량

녹차에서 카테킨과 카페인을 추출하기 위해 추출용매 선정으로 추출방법은 진탕추출 1시간으로 고정하여 0, 25, 50, 75 및 95% 에탄올(EtOH) 추출용매에 따른 UPLC 분석 결과, 카테킨 화합물 4종의 함을 기준으로 25% > 0% > 50% > 75% > 95% EtOH 순으로 높았다(Fig. 2). 전처리 방법은 추출방법 진탕추출, 추출시간 1시간, 추출용매 25% EtOH 용매로 추출 시 가장 높은 총 카테킨 양을 보여 최종 전처리 방법으로 선정하여 분석하였다.

재배지역별 녹차에 따른 개별 카테킨 및 카페인을 확인하기 위하여 UPLC 분석을 하여 각각의 함량을 Table 2에 제시하였다. 분석 결과는 각 성분의 peak를 적분하여 넓이를 측정하였고 넓이는 calibration curve의 식을 이용하여 농

도로 환산하였으며 mg/g의 단위로 나타내었다. 지역별 녹차의 카테킨 평균 함량은 각각 EGCG 90.43 ± 25.46 mg/g, EGC 31.80 ± 11.84 mg/g, ECG 18.05 ± 6.43 mg/g, EC 11.23 ± 2.94 mg/g 순으로 양이 존재하였다. 카테킨 화합물 중에서 가장 많은 함량을 보인 EGCG는 녹차 건조 중량당 평균 90.43 mg/g을 보였으며, UPLC 분석을 통해 얻은 총 카테킨 함량 151.55 mg/g 대비 59.6% 이상을 차지하였다. 재배지역별 총 카테킨 함량은 JJ 168.87 mg/g, GN 156.75 mg/g, JN 148.22 mg/g 순으로 양이 존재하였다(Table 3). 재배지역별 녹차의 카페인 함량은 각각 JN 18.40, GN 22.77, JJ 22.49 mg/g으로 차이가 없었으며 평균 21.02 mg/g 정도의 함량을 보였다(Table 4).

차의 채엽 시기에 따라 카테킨류와 alkaloid류, theanine과 총 폴리페놀 물질의 함량 차이가 있다(18). 녹차의 주요 성분은 산지, 품종, 계절, 재배조건, 기후 등 여러 가지 환경에 의해 영향을 받는다(19)는 연구와 비교하였을 때 재배지역별 녹차가 받는 일조량과 토양의 차이에 따라 영향을 주어 카테킨 성분들이 다른 물질로 전환되거나 물질의 함량 차이가 생기는 중요한 요인으로 판단되어 본 연구 결과와 동일함을 알 수 있었다.

본 연구는 지역별 녹차의 카테킨 화합물 및 카페인 성분을 동시에 분석할 수 있고, 재현성 및 검출감도가 증진된 최적의 UPLC 분석법을 확립하였다. 품질관리를 위한 객관적이고 과학적인 근거를 제시하여 국내에서 재배되는 녹차의 품질평가에 대한 하나의 기준이 될 것으로 기대된다.

요 약

녹차의 성분은 폴리페놀, 알칼로이드, 아미노산 및 기타 화합물로 구성되어 있고 카테킨과 카페인의 함량은 녹차의 품질 평가 기준으로 알려져 있다. 본 연구에서는 ultra performance liquid chromatography(UPLC)를 이용하여 녹차의

Table 2. Recovery rates of compounds for the validation of analytical method

Compounds	Original	Added (mg/g)	Found (mg/g)	Recovery rate (%)	RSD ¹⁾ (%)
Epigallocatechin	60.01	0.25	60.27	99.80	0.75
		0.5	60.52	104.84	2.69
		1.0	61.02	99.74	1.84
Caffeine	15.25	0.25	15.49	96.52	2.50
		0.5	15.77	103.06	0.21
		1.0	16.23	98.90	5.09
Epicatechin	10.96	0.125	11.09	107.02	3.22
		0.25	11.21	101.66	0.80
		0.5	11.51	100.59	4.16
Epigallocatechin gallate	62.29	0.5	62.80	105.84	1.62
		1.0	63.31	102.43	0.87
		2.0	65.19	104.67	2.20
Epicatechin gallate	14.09	0.125	14.22	94.27	0.10
		0.25	14.36	101.58	5.69
		0.5	14.62	103.02	1.21

¹⁾ Relative standard deviation.

Table 3. Contents of catechins in green tea

(Unit: mg/g, dry weight)

Cultivars		Epigallocatechin	Epicatechin	Epigallocatechin gallate	Epicatechin gallate	Total catechins
Jeollanam-do	JN1	23.4±1.6 ^{fg(hi)}	6.8±0.5 ^{kl}	123.3±5.8 ^a	19.1±1.2 ^d	172.6±9.0 ^{bcd^{ef}}
	JN2	36.5±1.7 ^{cd}	14.2±0.7 ^{bcd}	113.5±4.0 ^{bcd^e}	25.3±1.2 ^b	189.5±7.5 ^{ab}
	JN3	34.7±3.9 ^d	13.1±0.8 ^{cde}	64.5±4.2 ^{jk}	13.2±0.9 ^{ef}	125.4±9.8 ^{kl}
	JN4	42.9±1.4 ^{bc}	15.4±0.5 ^{ab}	62.4±1.9 ^k	11.4±0.4 ^f	132.1±4.1 ^{jkl}
	JN5	33.0±4.9 ^{de}	13.7±2.0 ^{bcd}	98.9±9.8 ^{gh}	22.3±2.9 ^c	167.9±19.5 ^{cde^f}
	JN6	36.2±1.5 ^{cd}	11.0±0.6 ^{fgh}	73.3±3.0 ^{ij}	13.2±0.6 ^{ef}	133.6±5.6 ^{ijkl}
	JN7	35.5±1.3 ^{cd}	14.1±0.2 ^{bcd}	115.6±3.4 ^{abc}	27.5±1.1 ^a	192.7±6.1 ^a
	JN8	26.6±4.0 ^{efgh}	9.2±1.4 ⁱ	41.2±5.3 ^l	7.7±1.1 ^g	84.8±11.8 ⁿ
	JN9	60.4±5.1 ^a	16.0±1.4 ^a	74.0±5.5 ^{ij}	11.1±0.9 ^f	161.5±12.8 ^{efg}
	JN10	36.2±7.1 ^{cd}	12.4±1.8 ^{def}	65.1±8.0 ^{jk}	13.1±1.7 ^{ef}	126.8±18.7 ^{kl}
	JN11	43.6±0.5 ^{bc}	13.6±1.0 ^{cd}	73.5±0.9 ^{ij}	12.8±0.2 ^{ef}	143.5±1.0 ^{hijk}
Mean±SD ¹⁾		37.18±9.71	12.68±2.73	82.3±26.39	16.06±6.45	148.22±32.15
Gyeongsang-nam-do	GN1	22.7±0.8 ^{ghi}	9.5±0.2 ^{hi}	109.4±2.6 ^{bcd^{ef}}	24.1±0.7 ^{bc}	165.7±3.9 ^{def}
	GN2	15.4±0.9 ^{ij}	6.5±0.2 ^l	95.7±2.8 ^h	22.0±0.7 ^c	139.7±4.5 ^{ijk}
	GN3	25.5±0.3 ^{efgh}	10.5±0.1 ^{gh}	109.4±1.2 ^{bcd^{ef}}	23.9±0.7 ^{bc}	169.3±2.2 ^{cde^f}
	GN4	31.0±0.4 ^{def}	13.0±0.2 ^{cde}	117.1±1.4 ^{ab}	25.4±0.3 ^b	186.6±2.3 ^{abc}
	GN5	19.0±0.6 ^{hij}	7.9±0.3 ^{ijkl}	106.4±2.7 ^{cde^{fg}}	23.1±0.7 ^c	156.4±4.3 ^{fghi}
	GN6	21.5±0.3 ^{ghij}	7.8±0.0 ^{ijkl}	106.3±0.1 ^{cde^{fg}}	22.4±0.0 ^c	158.0±0.1 ^{fghi}
	GN7	28.3±2.1 ^{defg}	11.5±1.1 ^{efg}	103.8±7.2 ^{efgh}	23.8±7.2 ^{bc}	167.3±12.3 ^{def}
	GN8	29.5±0.5 ^{defg}	11.8±0.4 ^{efg}	102.1±1.5 ^{fgh}	22.4±0.3 ^c	165.8±2.5 ^{def}
	GN9	23.3±6.4 ^{fghi}	6.6±2.1 ^l	78.4±17.2 ⁱ	12.3±3.3 ^{ef}	120.6±29.0 ^{lm}
	GN10	31.3±0.4 ^{def}	11.0±0.2 ^{fgh}	104.5±1.0 ^{defgh}	22.0±0.1 ^c	168.8±1.1 ^{cde^f}
	GN11	31.8±4.7 ^{de}	8.3±1.7 ^{ijk}	59.1±8.1 ^k	7.0±1.0 ^g	106.2±15.5 ^m
	GN12	14.1±0.7 ^j	7.0±0.3 ^{ijkl}	114.3±3.1 ^{abcd}	27.5±0.9 ^a	163.0±5.0 ^{efg}
	GN13	21.7±0.6 ^{ghij}	8.6±0.2 ^{ij}	114.7±2.1 ^{abc}	25.3±0.6 ^b	170.4±3.6 ^{cde^f}
Mean±SD		24.24±5.94	9.23±2.14	101.63±16.16	21.63±5.65	156.75±22.07
Jeju-do	JJ1	49.4±0.2 ^b	13.6±0.2 ^{cd}	106.5±0.5 ^{cde^{fg}}	14.4±0.1 ^e	183.8±0.9 ^{abcd}
	JJ2	50.2±0.4 ^b	13.8±0.1 ^{bcd}	99.7±0.9 ^{fgh}	13.1±0.2 ^{ef}	176.7±1.6 ^{abcde}
	JJ3	46.5±0.1 ^{cd}	14.7±0.1 ^{abc}	73.2±0.5 ^{ij}	11.7±0.2 ^f	146.1±0.9 ^{ghij}
	Mean±SD		48.7±1.95	14.03±0.59	93.13±17.59	13.07±1.35
Total mean±SD		31.80±11.84	11.23±2.94	90.43±25.46	18.05±6.43	151.55±32.14

¹⁾ Values are mean±SD (n=3). Any means in the same compound followed by the different letters are significantly ($P<0.05$) different by Duncan's multiple range test.

지표성분 epicatechin, epigallocatechin, epicatechin gallate, epigallocatechin gallate 및 카페인을 동시 분석하였다. 최적 추출조건으로는 25% 에탄올을 이용하여 온도 25 °C, 1시간 추출하였고, UPLC를 이용한 빠르고 간편한 분석 조건을 확립하고 정확성, 정밀성, 직선성, 특이성 등 분석법의 유효성을 검증하였다. 지역별로 녹차 잎을 추출하여 UPLC로 카테킨 화합물 함량을 분석한 결과 총 카테킨의 함량(mg/g, 건조 중량)은 제주도 168.87 mg/g> 경상남도 156.75 mg/g> 전라남도 148.22 mg/g 순으로 존재하였고 약 7.3~26.1 mg/g의 카페인이 함유되어 있다. 지역별 생육환경에 따라 함량 차이가 나타났으며, 지역별 품질관리를 위한 객관적이고 과학적인 근거를 제시하여 국내에서 재배되는 녹차의 품질평가에 대한 하나의 기준이 될 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 2018년도 농촌진흥청 국립농업과학원(과제번호:

PJ012641022018) 전문연구원 과정 지원 사업에 의해 이루어진 것으로 감사드립니다.

REFERENCES

1. Park KR, Lee SG, Nam TG, Kim YJ, Kim YR, Kim DO. 2009. Comparative analysis of catechins and antioxidant capacity in various grades of organic green teas grown in Boseong, Korea. *Korean J Food Sci Technol* 41: 82-86.
2. Lee MH, Lee SU. 2013. Analysis by HPLC of catechins, alkaloids and antioxidant activities in Hadong green tea leaves. *J Korean Oil Chemists' Soc* 30: 761-769.
3. Kim SH, Han D, Park JD. 2004. Changes of some chemical compounds of Korean (Posong) green tea according to harvest periods. *Korean J Food Sci Technol* 36: 542-546.
4. Graham HN. 1992. Green tea composition, consumption, and polyphenol chemistry. *Prev Med* 21: 334-350.
5. Bursill CA, Abbey M, Roach PD. 2007. A green tea extract lowers plasma cholesterol by inhibiting cholesterol synthesis and upregulating the LDL receptor in the cholesterol-fed rabbit. *Atherosclerosis* 193: 86-93.

Table 4. Contents of caffeine in green tea
(Unit: mg/g, dry weight)

Cultivars		Caffeine
Jeollanam-do	JN1	24.55±1.05 ^{abcd1)}
	JN2	23.08±0.46 ^{bcde}
	JN3	20.03±1.10 ^{gh}
	JN4	17.56±0.47 ⁱ
	JN5	20.30±2.04 ^{fg}
	JN6	17.89±0.77 ⁱ
	JN7	23.16±0.50 ^{bcde}
	JN8	7.34±1.22 ^l
	JN9	13.96±1.15 ^k
	JN10	16.62±2.14 ^{ij}
	JN11	17.89±0.22 ⁱ
Mean±SD		18.40±4.85
Gyeongsang-nam-do	GN1	24.96±0.64 ^{ab}
	GN2	24.46±0.51 ^{abcd}
	GN3	24.73±0.07 ^{ab}
	GN4	26.06±0.47 ^a
	GN5	24.57±0.22 ^{abc}
	GN6	24.37±0.28 ^{abcd}
	GN7	23.90±1.01 ^{bcde}
	GN8	23.09±0.36 ^{bcde}
	GN9	15.96±3.90 ^{ijk}
	GN10	24.32±0.10 ^{abcd}
	GN11	15.37±2.11 ^{jk}
	GN12	21.07±0.79 ^{efg}
	GN13	24.70±0.41 ^{ab}
Mean±SD		22.77±3.53
Jeju-do	JJ1	22.40±0.13 ^{cde}
	JJ2	22.27±0.03 ^{def}
	JJ3	22.80±0.11 ^{bcde}
Mean±SD		22.49±0.28
Total mean±SD		21.02±4.40

¹⁾ Values are mean±SD (n=3). Any means in the same compound followed by the different letters are significantly ($P<0.05$) different by Duncan's multiple range test.

6. Lee LS, Kim SH, Kim YB, Kim YC. 2014. Quantitative analysis of major constituents in green tea with different plucking periods and their antioxidant activity. *Molecules* 19: 9173-9186.
7. Kondo K, Kurihara M, Miyata N, Suzuki T, Toyoda M. 1999.

- Scavenging mechanisms of (-)-epigallocatechin gallate and (-)-epicatechin gallate on peroxyl radicals and formation of superoxide during the inhibitory action. *Free Radic Biol Med* 27: 855-863.
8. Hamilton-Miller JMT. 1995. Antimicrobial properties of tea (*Camellia sinensis* L.). *Antimicrob Agents Chemother* 39: 2375-2377.
9. Woo HS, Choi HJ, Han HS, Park JH, Son JH, An BJ, Son GM, Choi C. 2003. Isolation of polyphenol from green tea by HPLC and its physiological activities. *Korean J Food Sci Technol* 35: 1199-1203.
10. Weber JM, Ruzindana-Umunyana A, Imbeault L, Sircar S. 2003. Inhibition of adenovirus infection and adenain by green tea catechins. *Antiviral Res* 58: 167-173.
11. Church RJ, Gatti DM, Urban TJ, Long N, Yang X, Shi Q, Eaddy JS, Mosedale M, Ballard S, Churchill GA, Navarro V, Watkins PB, Threadgill DW, Harrill AH. 2015. Sensitivity to hepatotoxicity due to epigallocatechin gallate is affected by genetic background in diversity outbred mice. *Food Chem Toxicol* 76: 19-26.
12. Luykx DMAM, van Ruth SM. 2008. An overview of analytical methods for determining the geographical origin of food products. *Food Chem* 107: 897-911.
13. Kim SY, Kozukue N, Han JS, Lee KR. 2005. Catechins, theaflavins and methylxanthins contents of commercial teas. *Korean J Food Cook Sci* 21: 346-353.
14. Cheong WJ, Park MH, Kang GW, Ko JH, Seo YJ. 2005. Determination of catechin compounds in Korean green tea infusions under various extraction conditions by high performance liquid chromatography. *Bull Korean Chem Soc* 26: 747-754.
15. Choung MG, Lee MS. 2008. Optimal HPLC condition for simultaneous determination of catechins and caffeine in green tea extracts. *Korean J Crop Sci* 53: 224-232.
16. Lee SU. 2016. The change of catechin and theanine content in green tea during different storage conditions. *Culi Sci & Hos Res* 22: 267-276.
17. He X, Li J, Zhao W, Liu R, Zhang L, Kong X. 2015. Chemical fingerprint analysis for quality control and identification of Ziyang green tea by HPLC. *Food Chem* 171: 405-411.
18. Wang H, Helliwell K. 2000. Epimerisation of catechins in green tea infusions. *Food Chem* 70: 337-344.
19. Lee LS, Kim SH, Park JD, Kim YB, Kim YC. 2015. Physicochemical properties and antioxidant activities of loose-leaf green tea commercially available in Korea. *Korean J Food Sci Technol* 47: 419-424.