

음용 조건으로 추출한 티백 형태 순수 녹차의 카테킨 함량 및 산화방지능

김미선¹ · 라찬수¹ · 김대옥^{1,*}
¹경희대학교 식품생명공학과

Effects of commonly used infusion method on catechin content and antioxidant capacities of pure green tea packaged in tea bags

Mi-Seon Kim¹, Chan-Su Rha¹, and Dae-Ok Kim^{1,*}

¹Department of Food Science and Biotechnology, Kyung Hee University

Abstract To evaluate antioxidant capacities and total phenolic, flavonoid, and catechin contents of pure green tea packaged in tea bags, green tea bags of 10 commercial brands were purchased and analyzed. Considering commonly used infusion methods, green tea bags were extracted using 150 mL of spring water at 70°C for 2 min. Ten brands of green tea showed a wide range of total phenolic content (46.3-93.9 mg gallic acid equivalents/g), total flavonoid content (10.3-21.7 mg catechin equivalents/g), and antioxidant capacities (88.8-175.6 mg and 87.9-183.5 mg vitamin C equivalents/g for DPPH and ABTS assays, respectively). Total catechin content of green tea ranged from 33.8-74.7 mg/g, which corresponded to 43.0-108.3 mg/150 mL of cup. Collectively, these results suggest that daily consumption of 3.8-12.5 cups of green tea packaged in tea bags meets the recommended daily intake of catechins in green tea extract as a health functional foods in Korea.

Keywords: *Camellia sinensis*, green tea bag, high-performance liquid chromatography, total catechin content, vitamin C equivalents

서 론

차는 물 다음으로 세계에서 가장 많이 소비되는 음료로서 차 나무(*Camellia sinensis*)의 잎을 가공하여 만든다. 차 잎의 발효 정도에 따라 녹차, 우롱차, 홍차로 구분한다. 차 소비량의 20-22%를 차지하는 녹차는 잎을 건조하거나 찌서 폴리페놀 산화효소(polyphenol oxidase)를 불활성화시킨 비발효차로서 주로 한국, 중국, 일본 등 아시아 국가에서 많이 소비된다(Cabrera 등, 2006). 녹차의 채엽 시기에 따라 우전(4월 20일 이전), 세작(4월 중하순), 중작(5월 초순), 대작(5월 중순), 엽차(5월 하순 이후)로 구분하고, 채엽 시기가 이른 차일수록 좋은 등급의 것으로 간주된다(Park 등, 2009). 녹차 카테킨(catechins)의 종류와 함량, 그리고 산화방지능은 채엽 시기에 영향을 받는다고 보고되었다(Park 등, 2009).

플라반-3-올(flavan-3-ols)로도 불리는 카테킨과 더불어 퀘세틴(quercetin), 미리세틴(myricetin), 캠페롤(kaempferol), 갈산(gallic acid), 카페인(caffeine) 등이 녹차의 주요한 생리활성성분으로 알려져 있다(Jiang 등, 2015; Wu 등, 2012). 에피갈로카테킨 갈레이트[(-)-epigallocatechin gallate; EGCG], 에피갈로카테킨[(-)-epigallocatechin; EGC], 에피카테킨 갈레이트[(-)-epicatechin gallate; ECG], 에피카테킨[(-)-epicatechin; EC] 등 네 종류가 주요한 녹차

카테킨에 속한다. 녹차 카테킨 중 EGCG는 총 카테킨 함량의 약 50-80%를 차지한다(Khan와 Mukhtar, 2007). 녹차는 항암(Jian 등, 2004), 항염증(Ellis 등, 2011), 콜레스테롤 합성 억제(Bursill 등, 2007), 산화방지능(Rusak 등, 2008) 등과 같은 다양한 생리활성효능이 있다고 밝혀졌다.

과산화수소(H₂O₂), 초과산화물(O₂⁻), 수산화라디칼(·OH)과 같은 활성산소종(reactive oxygen species)은 흡연, 음주, 자외선 등 외부 환경요인뿐 아니라 신체의 정상적인 호흡 및 면역반응의 대사과정에서 생성된다(Van Hung, 2016). 반응성이 높은 산화제로 작용하는 활성산소종은 세포 내 탄수화물, DNA, RNA, 지질 및 단백질의 산화적 손상을 일으키는 산화스트레스(oxidative stress)로 작용하여 세포의 파괴, 암, 퇴행성신경질환 등 여러 질병 및 노화를 유발하는 것으로 알려져 있다(Machu 등, 2015). 식물의 2차 대사산물 중 하나인 카테킨과 같은 플라보노이드(flavonoid)는 산화스트레스를 제거하는 천연 산화방지제로 작용한다.

녹차 카테킨의 효율적인 추출을 위한 용매, 온도, 시간 등의 인자로 최적화된 추출(Ghasemzadeh-mohammadi 등, 2017; Vuong 등, 2011)과 달리, 실생활에서 녹차 음용을 위한 추출법은 다르므로 추출되는 카테킨 함량, 산화방지능에 차이가 있을 것이다. 본 연구에서는 한국, 일본, 대만에서 판매 중인 티백 형태의 순수 녹차를 음용 조건으로 추출 후, 녹차의 총폴리페놀 함량, 총플라보노이드 함량, 카테킨 함량, 산화방지능을 정량적으로 비교 분석하였다. 고성능액체크로마토그래피(high-performance liquid chromatography; HPLC)를 이용하여 4종의 카테킨(EC, ECG, EGC, EGCG)과 카페인을 분석하였다. 그리고 티백 녹차 한 잔(150 mL)을 마셨을 때 섭취하는 카페인과 카테킨 함량을 추산하였다. 이를 바탕으로 건강기능식품의 고시형 기능성 원료인 녹차추출물의 일일섭취량에 해당하는 카테킨 양과 동등한 녹차 티백 추출

*Corresponding author: Dae-Ok Kim, Department of Food Science and Biotechnology, Kyung Hee University, Yongin, Gyeonggi 17104, Korea
Tel.: +82-31-201-3796
Fax: +82-31-204-8116
E-mail: DOKIM05@khu.ac.kr
Received February 28, 2019; revised June 4, 2019;
accepted June 4, 2019

용액의 섭취량을 제시하였다.

재료 및 방법

녹차 티백

실험에 사용된 10종류의 녹차 티백은 대형 마트와 온라인에서 선별해 2018년 4월에 구매하였다. 사용된 티백의 녹차 원산지는 모두 제조국과 일치했으며, 국산 6종, 일본산 3종, 대만산 1종이었다. 국산 녹차 티백 중 4종(brand K1, K2, K3, K5)은 유기농 녹차를 사용하였고, 일본산 녹차 티백 3종(brand J1, J2, J3)은 가루 녹차가 함유되어 있었다. 티백을 제외한 녹차잎의 무게는 각 브랜드 별로 3개의 티백을 무작위로 선정한 다음 평균값으로 나타내었다. 실험에 사용한 녹차 티백 정보와 티백을 제외한 녹차의 무게는 Table 1에 나타내었다.

시약

아세트나이트릴(acetonitrile; HPLC grade)은 Thermo Fisher Scientific (Waltham, MA, USA)에서 구입하였고, 아질산 소듐(sodium nitrite; NaNO₂), 염화 알루미늄(aluminium chloride; AlCl₃), 2,2'-azobis(2-methylpropionamide) dihydrochloride (AAPH), 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt (ABTS), 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), 폴린-시오칼도 페놀 시약(Folin & Ciocalteu's phenol reagent), 폼산(formic acid), 갈산, 카테킨, 바이타민 C (vitamin C), 카페인은 Sigma Aldrich Co., LLC (St. Louis, MO, USA)에서 구입하였다. 수산화 소듐(sodium hydroxide; NaOH)은 Daejung Chemicals & Metals Co., Ltd. (Siheung, Korea)에서, 탄산 소듐(sodium carbonate; Na₂CO₃)은 Yakuri Pure Chemicals Co., Ltd. (Kyoto, Japan)에서 구입하였다. 녹차 카테킨 분석을 위한 표준품 EC, ECG, EGC, EGCG는 Wako Pure Chemicals (Osaka, Japan)에서 구입하였다.

음용 조건 추출

음용 조건은 녹차 티백 포장지에 쓰여있는 열수 추출 조건 중 가장 많이 제시된 방법인 녹차 티백 하나를 70°C의 물 150 mL에 2분 추출하는 것으로 설정하였다. 70°C 항온수조(SB-1000; Eyela Co., Tokyo, Japan)에 시판 생수(칼슘 2.5-4.0 mg/L, 칼륨 1.5-3.4 mg/L, 소듐 4.0-7.2 mg/L, 마그네슘 1.7-3.5 mg/L 함유)

Table 1. Origin and weight of 10 commercial brands of pure green tea packaged in tea bags

Brand	Company	Origin	Weight (g) ¹⁾
K1	A	Korea	1.32±0.03 ^{d2)}
K2	A	Korea	1.55±0.18 ^c
K3	A	Korea	1.52±0.01 ^c
K4	B	Korea	1.03±0.10 ^c
K5	B	Korea	1.27±0.04 ^d
K6	C	Korea	1.17±0.03 ^{de}
J ³⁾ 1	D	Japan	1.92±0.19 ^b
J2	D	Japan	1.89±0.08 ^b
J3	E	Japan	2.05±0.02 ^b
T1	F	Taiwan	2.52±0.12 ^a

¹⁾Weight of green tea in a tea bag

²⁾Data are expressed as means±standard deviations (n=3). Means with different superscripts in the same column indicate significant difference by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

³⁾Brands J1, J2, and J3 are matcha green tea bags.

150 mL가 담긴 비이커를 넣은 뒤 녹차 티백 1개를 넣고, 30초 간격(0, 30, 60, 90초)으로 3번씩 흔들어주면서 2분간 추출하였다. 녹차 추출 용액은 얼음에 10분간 방냉 후 실험에 사용하였다.

총페놀 함량 측정

총페놀 함량은 폴린-시오칼도 페놀 시약을 이용한 발색법 (Singleton과 Rossi, 1965)을 수정하여 다음과 같이 측정하였다. 녹차 추출액 200 µL에 증류수 2.6 mL와 폴린-시오칼도 페놀 시약 200 µL를 혼합하여 6분간 상온에서 반응시킨 후 7% (w/v) 탄산 소듐 용액 2 mL를 첨가하고, 이후 상온에서 84분 정치시킨 후 분광광도계(SPECTRONIC™ 200; Thermo Fisher Scientific)를 이용하여 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 티백 녹차의 총페놀 함량은 mg 갈산 당량(gallic acid equivalents; GAE)/g으로 나타내었다.

총플라보노이드 함량 측정

총플라보노이드 함량은 Jeong 등(2017)의 방법을 사용하여 측정하였다. 녹차 추출액 0.5 mL, 증류수 3.2 mL, 5% (w/v) 아질산 소듐 150 µL를 혼합하여 5분간 반응시킨 뒤 10% (w/v) 염화 알루미늄 용액 150 µL를 첨가하여 1분간 더 반응시키고, 1 M 수산화 소듐 용액 1 mL를 넣고 혼합한 뒤 분광광도계(SPECTRONIC™ 200; Thermo Fisher Scientific)를 이용하여 510 nm에서 흡광도를 측정하였다. 녹차의 총플라보노이드 함량은 mg 카테킨 당량(catechin equivalents; CE)/g으로 나타내었다.

산화방지능 측정

산화방지능 측정은 라디칼 소거능에 기반한 DPPH법과 ABTS법을 이용하였다. DPPH 라디칼을 이용한 산화방지능은 Jeong 등(2017)의 방법으로 측정하였다. 80% (v/v) 메탄올-물 혼합 용액을 사용하여 100 µM의 DPPH 용액을 제조한 후, 분광광도계(SPECTRONIC™ 200; Thermo Fisher Scientific)를 이용하여 517 nm에서 0.650±0.020의 흡광도가 되도록 희석하였다. 녹차 추출 용액 50 µL에 DPPH 라디칼 용액 2.95 mL를 첨가하여 23°C에서 30분 반응시킨 후 흡광도를 측정하였다. 티백 녹차의 산화방지능은 mg 바이타민 C 당량(vitamin C equivalents; VCE)/g으로 나타내었다.

ABTS법을 이용한 산화방지능은 Kim과 Lee(2004)의 방법에 따라 다음과 같이 측정하였다. ABTS 라디칼 용액은 70°C 항온수조(SB-1000; Eyela Co.)에서 1.0 mM AAPH와 2.5 mM ABTS를 인산 완충 식염수(phosphate-buffered saline) 100 mL에 혼합하여 만들었다. 분광광도계(SPECTRONIC™ 200; Thermo Fisher Scientific)를 이용하여 734 nm에서 0.650±0.020의 흡광도가 되도록 인산 완충 식염수를 이용하여 희석하였다. 희석한 ABTS 라디칼 용액 980 µL와 녹차 추출 용액 20 µL를 혼합하고, 37°C에서 10분간 반응 후, 734 nm에서 흡광도를 측정하였다. 녹차의 산화방지능은 mg VCE/g으로 나타내었다.

카테킨 및 카페인 함량 분석

음용 조건으로 추출한 녹차는 0.45 µm PVDF filter (Pall Corp., Port Washington, NY, USA)로 여과하여 사용하였다. 녹차 추출 용액의 카테킨 및 카페인은 YMC-Triart C18 (4.6×250 mm, 5 µm; YMC Co., Ltd., Kyoto, Japan) 역상 컬럼과 광다이오드 배열 검출기(photodiode array detector)가 장착된 HPLC (Alliance e2695; Waters Co., Milford, MA, USA)를 이용하여 검출 파장 275 nm에서 정량 분석하였다. 0.1% (v/v) 폼산을 함유한 물(solvent A)과 0.1% (v/v) 폼산을 함유한 아세트나이트릴(solvent B)을 이동상으로 사용하였다. 녹차 추출 용액은 자동시료주입기(autosam-

pler)를 이용하여 10 μ L씩 주입하였다. 이동상의 조성은 용매 A와 B를 92% A/8% B에서 시작하여 2분 92% A/8% B, 3분 88% A/12% B, 4분 84% A/16% B, 12분 84% A/16% B, 15분 80% A/20% B, 18분 80% A/20% B, 21분 76% A/24% B, 22분 70% A/30% B, 26분 70% A/30% B, 28분 50% A/50% B, 30분 20% A/80% B, 32분 20% A/80% B, 33분 92% A/8% B, 35분 92% A/8% B이었다. 1.0 mL/min의 유속으로 흘러주었으며 컬럼 온도는 30°C로 설정하였다.

통계 분석

모든 추출 및 정량 분석은 3회 반복하여 평균 \pm 표준편차로 나타내었다. 통계분석은 SPSS 프로그램(version 23.0; SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하였다. 각 평균값의 차이 검증은 일원배치분산분석(one-way analysis of variance)을 이용하였고, 던컨다중검정법(Duncan's multiple range test)을 통해 95%의 신뢰구간에서 사후 검정하였다.

결과 및 고찰

총페놀 및 총플라보노이드 함량

음용 조건으로 추출한 10종류 녹차 티백의 총페놀 함량은 46.3-93.9 mg GAE/g, 총플라보노이드 함량은 10.3-21.7 mg CE/g이었다(Table 2). 국산 티백 녹차 K1은 본 연구에 사용한 10개의 티백 제품 중에서 가장 높은 총페놀 함량을 보였고, 가장 낮은 총페놀 함량을 보인 티백 녹차 K3보다 약 2.0배 높은 함량을 보였다. 총플라보노이드 함량 역시 티백 녹차 K1에서 가장 높았고, 가장 낮은 총플라보노이드 함량을 보인 티백 녹차 K3보다 약 2.1배 높은 함량을 보였다.

시중에서 판매하는 여러 가지 티백 녹차의 총페놀 및 총플라보노이드 함량을 비교한 연구들에 비해 본 연구의 결과는 더 낮은 함량을 보였다(Lee 등, 2016; Yang과 Liu, 2013). 녹차의 페놀 및 플라보노이드 함량은 추출 용매, 채엽 시기 등에 따라 상이하였을 뿐만 아니라, 제조 조건 및 공정의 영향으로 티백 속 녹차 잎의 입자 크기에 따라 차이가 나는 것으로 알려졌다(Yang과 Liu, 2013). 본 연구에서 티백 녹차의 총페놀 및 총플라보노이드 함량이 차이가 나는 것은 재배 지역 및 채엽 시기가 다르고, 추출 용

Table 2. Total phenolic and flavonoid contents of 10 brands of pure green tea packaged in tea bags

Brand	Total phenolic content (mg gallic acid equivalents/g)	Total flavonoid content (mg catechin equivalents/g)
K1	93.9 \pm 3.2 ^{a1)}	21.7 \pm 0.4 ^a
K2	54.9 \pm 4.8 ^{def}	12.0 \pm 0.5 ^{de}
K3	46.3 \pm 4.4 ^f	10.3 \pm 1.2 ^e
K4	61.7 \pm 3.5 ^{de}	14.6 \pm 1.9 ^{bcd}
K5	63.9 \pm 3.1 ^{cd}	15.3 \pm 0.3 ^{bc}
K6	83.7 \pm 1.1 ^b	21.3 \pm 0.6 ^a
J1	71.6 \pm 9.1 ^c	17.1 \pm 2.3 ^b
J2	84.7 \pm 7.0 ^b	20.4 \pm 2.0 ^a
J3	63.3 \pm 5.5 ^{cd}	16.8 \pm 2.5 ^b
T1	53.4 \pm 3.5 ^{ef}	13.5 \pm 2.4 ^{cd}
Average	67.7 \pm 15.4	16.3 \pm 3.9

¹⁾Data are expressed as means \pm standard deviations (n=3). Means with different superscripts in the same column indicate significant difference by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

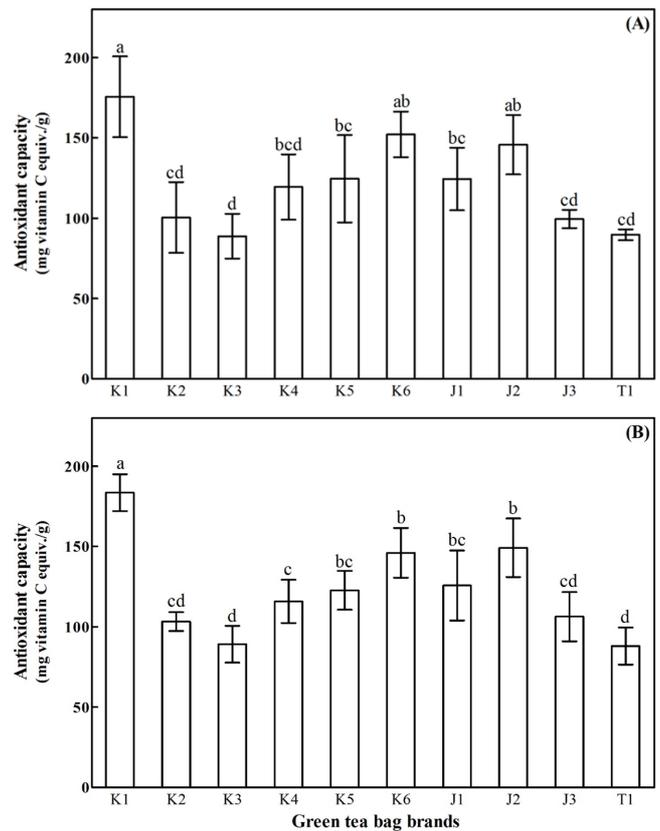


Fig. 1. Antioxidant capacities of 10 commercial brands of pure green tea packaged in tea bags. Antioxidant capacities were measured using the DPPH (A) and ABTS (B) assays. Each bar represents the mean \pm standard deviation of three replicates. Different letters on the bars represent significant difference of the means by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

매, 추출 방법, 제조 조건 및 공정 등이 상이하였기 때문에 비롯된 것으로 보인다.

산화방지능

DPPH법과 ABTS법을 이용하여 음용 조건으로 추출한 티백 녹차의 산화방지능을 측정된 결과는 Fig. 1과 같다. 각 제품별 DPPH법을 이용한 산화방지능(mg VCE/g)은 K1 (175.6)>K6 (152.1)>J2 (145.7)>K5 (124.6)>J1 (124.4)>K4 (119.4)>K2 (100.4)>J3 (99.5)>T1 (89.7)>K3 (88.8) 순으로 감소하였다(Fig. 1A). 한편, ABTS법을 이용한 산화방지능(mg VCE/g)은 K1 (183.5)>J2 (149.2)>K6 (146.0)>J1 (125.7)>K5 (122.7)>K4 (115.7)>J3 (106.3)>K2 (103.2)>K3 (89.1)>T1 (87.9) 순으로 낮아졌다(Fig. 1B). DPPH법과 ABTS법 모두에서 국산 티백 녹차 K1이 가장 높은 산화방지능을 보였고, 가장 낮은 티백 제품인 K3, T1 보다 각각 약 2.0배, 2.1배 높았다. 본 연구의 총페놀 및 총플라보노이드 함량의 결과처럼(Table 2), 각 티백 녹차 제품의 산화방지능도 비슷한 경향을 보였다. 이는 본 연구에 사용된 티백 녹차의 산화방지능은 총페놀 함량, 총플라보노이드 함량에 기여하는 녹차의 주요한 플라보노이드인 카테킨 함량에 영향을 받은 것으로 여겨진다.

녹차의 산화방지능은 재배 지역과 기후, 차의 등급, 가공 방법에 따라 차이가 난다고 알려졌다(Zhang 등, 2018). 또한 녹차의 추출 시간이 산화방지제로 작용하는 카테킨 등의 플라보노이드 산화에 영향을 미칠 수도 있다. 녹차의 페놀 화합물 중 미리세틴,

Table 3. Concentrations of caffeine, (-)-epigallocatechin (EGC), (-)-epicatechin (EC), (-)-epigallocatechin gallate (EGCG), and (-)-epicatechin gallate (ECG) in pure green tea packaged in tea bags measured using the reversed-phase HPLC

Brand	Concentration (mg/g)					
	Caffeine	EGC	EC	EGCG	ECG	Total catechins ¹⁾
K1	24.0±0.7 ^{a2)}	36.4±0.9 ^a	8.3±0.2 ^b	25.8±0.8 ^a	4.2±0.1 ^a	74.7±2.1 ^a
K2	17.0±2.1 ^b	20.1±1.5 ^d	4.7±0.5 ^{ef}	13.1±1.2 ^{ef}	2.0±0.3 ^{cd}	39.9±3.3 ^{def}
K3	13.5±1.1 ^c	17.4±2.8 ^{ef}	4.0±0.5 ^f	10.9±0.9 ^f	1.5±0.1 ^d	33.8±4.3 ^f
K4	17.6±2.1 ^b	18.2±2.8 ^{ef}	5.2±0.6 ^e	15.4±2.2 ^{de}	2.9±0.5 ^b	41.7±6.1 ^{def}
K5	13.5±0.7 ^c	20.4±1.22 ^d	4.7±0.2 ^{ef}	17.4±1.354 ^{cd}	3.3±0.2 ^b	45.9±2.9 ^d
K6	16.5±0.5 ^b	32.1±1.1 ^b	9.1±0.2 ^a	21.5±1.4 ^b	4.4±0.4 ^a	67.1±3.0 ^b
J1	11.5±1.4 ^c	32.5±4.1 ^b	6.1±0.8 ^d	15.5±2.1 ^{de}	2.3±0.3 ^c	56.4±7.3 ^c
J2	16.3±1.0 ^b	36.4±2.0 ^a	7.1±0.4 ^c	19.5±1.6 ^{bc}	3.0±0.3 ^b	66.0±4.3 ^b
J3	9.3±0.6 ^d	24.3±1.6 ^c	5.0±0.3 ^e	10.8±0.7 ^f	1.7±0.1 ^d	41.8±2.7 ^{def}
T1	11.5±0.5 ^c	15.6±0.9 ^f	3.0±0.2 ^s	13.3±0.9 ^{ef}	2.8±0.3 ^b	34.8±2.1 ^{ef}
Average	15.1±4.2	25.4±8.2	5.7±1.9	16.3±4.8	2.8±1.0	50.2±14.7

¹⁾Total catechins are the sum of EGC, EC, EGCG, and ECG.

²⁾Data are expressed as means±standard deviations (n=3). Means with different superscripts in the same column indicate significant difference by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

퀴세틴, 캠페롤은 배당체로 소량 존재하고, 카테킨이 녹차 페놀 화합물의 대부분을 차지한다고 알려졌다(Wu 등, 2012). 본 연구에서 사용한 티백 녹차는 여러 지역과 기후 조건에서 제조되었고, 브랜드마다 다른 등급의 찻잎을 사용하였고, 가공 방법이 상이하였기 때문에 산화방지능의 차이가 났을 것으로 판단된다.

카테킨 및 카페인 함량

역상 HPLC 분석을 이용하여 10종의 티백 녹차를 음용 조건으로 추출하였을 때 추출된 개별 카테킨, 총카테킨, 카페인의 함량은 Table 3과 같다. 본 연구에서 사용한 10종의 모든 티백 녹차 제품의 개별 카테킨 함량은 EGC, EGCG, EC, ECG 순으로 감소하였다(Table 3). 녹차의 카테킨 중에서 EGCG가 가장 함량이 높다고 알려졌지만(Park 등, 2009; Wu 등, 2012), 본 연구에 사용된 티백 녹차에서는 EGC 함량이 가장 높았다(Table 3). 본 연구의 결과와 유사하게, 녹차를 짧은 시간 동안 열수 추출했을 때 EGC 함량이 높았다고 보고되었다(Lee 등, 2007; Vuong 등, 2011). Price와 Spitzer(1994)는 분자량이 작은 비갈레이트 카테킨인 EGC가 갈레이트 카테킨인 EGCG보다 추출 속도가 빠르다고 보고하였다. 그러므로, 본 연구에서 사용된 티백에서 추출된 EGC 함량이 EGCG 함량보다 높은 이유는 짧은 녹차 추출 시간 때문으로 여겨진다.

티백 녹차마다 생리활성성분 함량이 다양한 것은 카테킨의 함량이 지리, 기후, 재배 방법 등의 요인에 영향을 받기 때문이다(Lee 등, 2015). HPLC로 분석한 개개의 EGC, EGCG, EC, ECG의 합인 총카테킨 함량(total catechin content)은 33.8-74.7 mg/g로 티백 녹차 K1이 가장 높았고, 가장 낮은 총카테킨 함량을 보인 티백 녹차 K3에 비해 약 2.2배 높았다(Table 3). 본 연구에서 사용한 10종의 티백 녹차 제품의 총카테킨 함량은 산화방지능, 총페놀 함량, 총플라보노이드 함량과 유사한 경향을 보였다. 10종의 티백 녹차 제품은 9.3-24.0 mg/g의 카페인 함량을 보였다(Table 3). 국산 티백 녹차 K1의 카페인 함량이 가장 높았고, 이는 가장 낮은 카페인 함량을 보인 일본산 티백 녹차 J3에 비해 약 2.6배에 해당했다(Table 3). Kim 등(2018)의 녹차 음료의 총카테킨 함량은 카페인 함량보다 약 2.5-4.2배 높았다는 보고와 유사하게, 본 연구에서 사용한 티백 녹차의 총카테킨 함량은 카페인보다 약 3.3배 높았다.

녹차 한 잔(150 mL)의 카페인 및 카테킨 함량

녹차 한 잔에 추출되는 카페인 함량(mg/150 mL)은 K1 (31.7) > J2 (30.8) > T1 (29.0) > K2 (26.4) > J1 (22.1) > K3 (20.5) > K6 (19.3) > J3 (19.1) > K4 (18.1) > K5 (17.1) 순으로 줄어들었고, 10종의 티백 녹차 한 잔에 들어있는 평균 카페인 함량은 23.4 mg/150 mL이었다(data not shown). 식품의약품안전처가 권고하는 우리나라 성인의 카페인 하루 최대 섭취량은 400 mg 이하이다(Yun 등, 2015). 본 연구에 사용한 티백 녹차를 최소 12.6잔에서 최대 23.4잔을 마시는 경우에 카페인 하루 최대 섭취량에 이를 수 있다.

티백 녹차 한 잔에 추출되는 총카테킨 함량(mg/150 mL)은 J2 (124.7) > J1 (108.3) > K1 (98.6) > T1 (87.7) > J3 (85.7) > K6 (78.5) > K2 (61.8) > K5 (58.3) > K3 (51.4) > K4 (43.0)와 같이 감소하였으며, 10종 티백 녹차의 평균 총카테킨 함량은 79.8 mg/150 mL이었다(data not shown). 식품의약품안전처에서 고시한 건강기능식품 기능성 원료인 녹차추출물의 일일섭취량은 카테킨으로서 300-1,000 mg인 점으로 미루어보아(MFDS, 2011), 티백 녹차를 3.8-12.5잔을 마시면 건강기능식품 원료인 녹차추출물이 제공하는 카테킨의 일일섭취량을 제공할 수 있을 것으로 생각된다. 하지만 이는 건강기능식품 고시형 원료인 녹차추출물의 기준 및 규격(카페인 함량 5% 이하 등)을 고려하지 않은 단순히 총카테킨 함량으로 추정된 것임을 유념할 필요가 있다.

카테킨과 산화방지능, 총페놀 함량, 총플라보노이드 함량의 상관관계

본 연구에 사용한 10종류 티백 녹차의 산화방지능, 총페놀 함량, 총플라보노이드 함량과 녹차의 주요 기능성 성분인 개별 카테킨 및 총카테킨 함량 사이의 상관관계는 Table 4와 같다. EGCG 함량은 ABTS법으로 측정된 산화방지능과 가장 높은 상관관계를 보였지만, EGC, EC 및 ECG는 총페놀 함량과 가장 높은 상관관계를 보였다. DPPH법보다 ABTS법으로 측정된 산화방지능이 개별 카테킨 함량 및 총카테킨 함량과 더 높은 상관관계를 보였다. 총카테킨 함량은 산화방지능, 총페놀 함량, 총플라보노이드 함량과 상관관계수 값(Pearson's correlation coefficient; r)이 0.8 이상의 양의 상관관계를 가졌다.

Table 4. Pearson's correlation coefficient (*r*) among individual catechin content, total catechin content, antioxidant capacity, total phenolic content and total flavonoid content in pure green tea packaged in tea bags

Variables	Individual catechin content				Total catechin content
	EGC ¹⁾	EC ²⁾	EGCG ³⁾	ECG ⁴⁾	
DPPH ⁵⁾	0.710** ⁶⁾	0.776**	0.800**	0.677**	0.802**
ABTS ⁷⁾	0.848**	0.868**	0.915**	0.738**	0.932**
Total phenolic content	0.927**	0.917**	0.905**	0.755**	0.980**
Total flavonoid content	0.885**	0.881**	0.825**	0.735**	0.924**

¹⁾(-)-epigallocatechin²⁾(-)-epicatechin³⁾(-)-epigallocatechin gallate⁴⁾(-)-epicatechin gallate⁵⁾DPPH radical scavenging assay⁶⁾The direction and magnitude of correlation between variables were quantified by the correlation coefficient *r*, ***p*<0.01.⁷⁾ABTS radical scavenging assay

요 약

국내외 티백 녹차 10종을 70°C의 생수 150 mL에 2분간 음용 조건으로 추출하여, 총페놀 함량, 총플라보노이드 함량, 산화방지능, 카페인 및 카테킨 4종을 정량 분석하였다. 10종의 티백 녹차의 총페놀 함량은 46.3-93.9 mg GAE/g, 총플라보노이드 함량은 10.3-21.7 mg CE/g, DPPH법과 ABTS법을 이용한 산화방지능은 각각 88.8-175.6 mg VCE/g과 87.9-183.5 mg VCE/g이었다. HPLC를 이용한 정량 분석에서 카페인 함량은 9.3-24.0 mg/g, 총카테킨 함량은 33.8-74.7 mg/g이었다. 총카테킨 함량을 녹차 추출 용액 한 잔(150 mL)으로 환산했을 때, 건강기능식품 고시형 기능성 원료인 녹차추출물의 기준 및 규격을 고려하지 않는 가정 하에 녹차 티백 3.8-12.5잔을 마시면 카테킨 일일섭취량(300-1,000 mg)을 충족시킬 수 있을 것이다.

References

- Bursill CA, Abbey M, Roach PD. 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 (2007)
- Cabrera C, Artacho R, Giménez R. Beneficial effects of green tea - a review. *J. Am. Coll. Nutr.* 25: 79-99 (2006)
- Ellis LZ, Liu W, Luo Y, Okamoto M, Qu D, Dunn JH, Fujita M. Green tea polyphenol epigallocatechin-3-gallate suppresses melanoma growth by inhibiting inflammasome and IL-1 β secretion. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 414: 551-556 (2011)
- Ghasemzadeh-mohammadi V, Zamani B, Afsharpour M, Mohammadi A. Extraction of caffeine and catechins using microwave-assisted and ultrasonic extraction from green tea leaves: an optimization study by the IV-optimal design. *Food Sci. Biotechnol.* 26: 1281-1290 (2017)
- Jeong DW, Cho CH, Rha CS, Lee SH, Kim DO. Neuroprotective effects of astringency-removed peel extracts of *Diospyros kaki* Thunb. cv. Cheongdo-Bansi on oxidatively-stressed PC-12 cells. *Korean J. Food Sci. Technol.* 49: 538-543 (2017)
- Jian L, Xie LP, Lee AH, Binns CW. Protective effect of green tea against prostate cancer: a case-control study in southeast China. *Int. J. Cancer* 108: 130-135 (2004)
- Jiang H, Engelhardt UH, Thräne C, Maiwald B, Stark J. Determination of flavonol glycosides in green tea, oolong tea and black tea by UHPLC compared to HPLC. *Food Chem.* 183: 30-35 (2015)
- Khan N, Mukhtar H. Tea polyphenols for health promotion. *Life Sci.* 81: 519-533 (2007)
- Kim DO, Lee CY. Comprehensive study of vitamin C equivalent antioxidant capacity (VCEAC) of various polyphenolics in scavenging a free radical and its structural relationship. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 44: 253-273 (2004)
- Kim DH, Lee MJ, Kim YH, Ryu KS, Lee Jy, Park KH. Determination of amounts of catechin and caffeine in green tea beverages. *Korean J. Food Nutr.* 31: 416-424 (2018)
- Lee MJ, Kwon DJ, Park OJ. The comparison of antioxidant capacities and catechin contents of Korean commercial green, oolong, and black teas. *J. Korean Soc. Food Cult.* 22: 449-453 (2007)
- Lee JE, Lee BJ, Chung JO, Kim HN, Kim EH, Jung S, Lee H, Lee SJ, Hong YS. Metabolomic unveiling of a diverse range of green tea (*Camellia sinensis*) metabolites dependent on geography. *Food Chem.* 174: 452-459 (2015)
- Lee BH, Nam TG, Park NY, Chun OK, Koo SI, Kim DO. Estimated daily intake of phenolics and antioxidants from green tea consumption in the Korean diet. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 67: 344-352 (2016)
- Machu L, Misurcova L, Ambrozova JV, Orsavova J, Mlcek J, Sochor J, Jurikova T. Phenolic content and antioxidant capacity in algal food products. *Molecules* 20: 1118-1133 (2015)
- MFDS. Health Functional Food Code. Ministry of Food and Drug Safety. Cheongwon, Korea. 2.2.2.1 (2011)
- Park KR, Lee SG, Nam TG, Kim YJ, Kim YR, Kim DO. 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 (2009)
- Price WE, Spitzer JC. The kinetics of extraction of individual flavanols and caffeine from a Japanese green tea (Sen Cha Uji Tsuyu) as a function of temperature. *Food Chem.* 50: 19-23 (1994)
- Rusak G, Komes D, Likić S, Horžić D, Kovac M. Phenolic content and antioxidative capacity of green and white tea extracts depending on extraction conditions and the solvent used. *Food Chem.* 110: 852-858 (2008)
- Singleton VL, Rossi JA, Jr. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Vitic.* 16: 144-158 (1965)
- Van Hung P. Phenolic compounds of cereals and their antioxidant capacity. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 56: 25-35 (2016)
- Vuong QV, Golding JB, Stathopoulos CE, Nguyen MH, Roach PD. Optimizing conditions for the extraction of catechins from green tea using hot water. *J. Sep. Sci.* 34: 3099-3106 (2011)
- Wu C, Xu H, Héritier J, Andlauer W. Determination of catechins and flavonol glycosides in Chinese tea varieties. *Food Chem.* 132: 144-149 (2012)
- Yang J, Liu RH. The phenolic profiles and antioxidant activity in different types of tea. *Int. J. Food Sci. Technol.* 48: 163-171 (2013)
- Yun SS, Kim H, Jang SJ, Lim HS, Kim SH, Kim M. Simultaneous determination of caffeine, theobromine and theophylline in tea leaves by HPLC. *Korean J. Food Sci. Technol.* 47: 556-560 (2015)
- Zhang C, Suen CLC, Yang C, Quek SY. Antioxidant capacity and major polyphenol composition of teas as affected by geographical location, plantation elevation and leaf grade. *Food Chem.* 244: 109-119 (2018)