

국내 시판 잎차 형태 녹차의 이화학 특성 및 산화방지 활성

이란숙 · 김상희 · 박종대 · 김영봉 · 김영찬*

한국식품연구원

Physicochemical Properties and Antioxidant Activities of Loose-leaf Green Tea Commercially Available in Korea

Lan-Sook Lee, Sang-Hee Kim, Jong-Dae Park, Young-Boong Kim, and Young-Chan Kim*

Korea Food Research Institute

Abstract The objective of this study was to investigate the physicochemical and antioxidant properties of a variety of commonly consumed commercial green tea. Green tea samples with the same commercial name produced at different regions were analyzed. High-grade tea samples showed higher values of lightness (L) and greenness (-a). Additionally, compared to other varieties of teas, high-grade tea samples showed higher levels of catechin, galliccatechin gallate (GCg), epicatechin gallate (ECg), theanine, and methylxanthines and a lower level of epigallocatechin (EGC). The antioxidant activity of green tea was also investigated using 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) and 2,2'-azinobis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt (ABTS) radical assays. High-grade teas were observed to have higher antioxidant activities. The results of this study indicate that the catechin content, such as EGCg, GCg, and ECg levels, was found to positively influence the total antioxidant activity of green tea.

Keywords: Loose-leaf, green tea, catechins, theanine, antioxidant activity

서 론

차는 차나무(*Camellia sinensis*)의 잎을 가공한 것으로서 전 세계적으로 물 다음으로 많이 음용되는 기호식품으로 다양한 생리 활성 효과가 있는 것으로 알려져 있다(1,2). 차는 발효 정도, 제조공정 및 채엽시기 등에 따라 여러 가지로 분류된다. 발효 정도에 따라서는 불발효차, 반발효차 및 발효차로 그리고 제조공정에 따라서는 덩음차와 증체차로 분류되고 있다. 제조공정과 제품의 색을 고려하여 중국에서는 녹차, 황차, 백차, 청차, 홍차 및 흑차로 분류하고 있다. 채엽 시기에 따라서는 첫물차, 두물차, 세물차 및 네물차 또는 우전, 세작, 중작 및 대작으로 나누는 방법이 있다(3).

차원의 채취는 지리적 환경이나 기후에 따라 다르지만 일반적으로 우전은 곡우(4월 20일경) 이전에 아주 어린잎을 따서 가공한 최상품으로 생산량이 적고 값이 매우 비싼 것이 특징이다. 세작은 곡우에서 입하경(4월 하순)에, 중작은 입하 이후 (5월 초순), 그리고 대작은 5월 중순경에 생산되어지는 차로 이러한 분류는 차의 등급 및 가격을 결정짓는 중요한 요소가 되고 있다.

녹차는 불발효차로서 국내 소비자에게 가장 친숙한 차의 일종으로 음용 형태에 따라 잎차(loose tea), 티백(tea bag) 및 음료 형태(ready to drink)로 생산되고 있다.

녹차는 폴리페놀, 카페인, 테아닌 등 다양한 phytochemical을 함유하고 있으며 이들 성분은 품종, 가공방법 등 여러 가지 환경에 의해 영향을 받는다(4-6). 특히 채엽시기는 녹차의 상품 값에 영향을 미치는 중요한 요인으로 채엽시기에 따른 녹차의 이화학적 특성 등에 관한 연구가 국내에서도 많이 보고되어 있다(7-11). 그러나 이들 연구 대부분은 직접 채취해서 차로 제조 후 실험 재료로 사용하였으며, 실제로 상품으로 유통되고 있는 잎 녹차를 대상으로 한 연구로는 패턴인식법에 의한 시판 녹차의 산지 및 채엽시기 추정에 대한 연구가 보고되어 있다(12). 그러나 이 연구에서는 catechin, epicatechin (EC), epigallocatechin gallate (EGCg), epigallocatechin (EGC), epicatechin gallate (ECg) 등 카테킨류 5종 및 카페인을 대상으로 통계적으로 판별식을 유도하였으나 채엽시기에 영향을 받는 테아닌에 대한 결과가 나타나 있지 않다. 또한 채엽시기도 5월 10일을 기점으로 전과 후로 나누어 분석하였으나 실제로 시중에서는 채엽시기를 좀 더 세분화하여 녹차 등급을 우전, 세작, 중작 및 대작으로 분류하여 유통되고 있는 형편이다.

따라서 본 연구에서는 녹차 주생산지인 제주, 보성, 하동 지역의 우전, 세작, 중작 및 대작 상품명을 쓰고 있는 시판 잎 녹차를 대상으로 하여 색도, 카테킨, 카페인 및 테아닌 등 이화학적 특성과 산화방지 활성 및 이들의 상관관계를 알아보았다.

재료 및 방법

실험재료 및 시약

본 실험에 사용한 잎 녹차는 전문 차 판매점과 대형 마트에서 시판 중인 2014년산 제주, 보성, 하동 산지의 우전, 세작, 중작 및 대작 11종을 대상으로 하였으며, 분쇄 후 4°C에 저장하면서

*Corresponding author: Young-Chan Kim, Korea Food Research Institute, Seongnam, Gyeonggi 13539, Korea
Tel: 82-31-780-9145
Fax: 82-31-709-9876
E-mail: yckim@kfri.re.kr
Received April 20, 2015; revised May 26, 2015;
accepted May 26, 2015

분석용 시료로 사용하였다. 이때 제주산 녹차는 야부기다 품종으로 대작은 판매하고 있지 않았으며, 보성 및 하동산 녹차는 재래종 품종으로 우전, 세작, 중작, 대작이 판매되고 있었다. 녹차성분 분석을 위한 표준품 테아닌, 카페인, 카테킨, EC, gallic catechin (GC), EGC, ECG, EGCg, gallic catechin gallate (GCg)는 Sigma Chemical Co. (St Louis, MO, USA) 제품을, methanol, ethyl acetate 등 용매는 HPLC 용으로 Mallinckrodt Baker Inc. (Phillipsburg, NJ, USA) 제품을 사용하였다. 산화방지 활성 측정용 시약으로 Folin-Ciocalteu's phenol reagent, sodium carbonate, gallic acid, 2,2'-azinobis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt (ABTS), (±)-6-Hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchromane-2-carboxylic acid (Trolox), 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH)은 Sigma Chemical Co. 제품을 사용하였다.

색도 분석

분말 시료는 투명한 플라스틱 원통용기(35×10 mm)에 담아 색차계(Minolta, CM-2500D, Tokyo, Japan)에 담아 L 값(lightness), a 값(+redness, -greenness), b 값(+yellowness, -blueness)을 측정하였으며 평균(mean)과 표준편차(SD)로 나타내었다.

추출물 제조

녹차 주요 성분 함량 및 산화방지 활성 측정을 위한 추출물은 각 시료 분말에 10배의 50% ethanol을 넣어 shaking incubator (Jeio Tech Co., Ltd.)를 사용하여 20°C에서 12시간 교반 추출하였으며, 0.45 µm membrane filter (Sartorius, Göttingen, Germany)로 여과하여 분석용 시료로 사용하였다.

카테킨, 카페인, 테오브로민 및 테아닌 정량

카테킨, 카페인, 테오브로민 및 테아닌은 Lee 등의 방법(13)을 이용하여 multiwavelength detector (MD-2010 Plus)를 장착한 HPLC system (JASCO Co., Tokyo, Japan)을 이용하여 XTerra RP18 column (3.5 µm, 4.6×150 mm, Waters, Milford, MA, USA)

을 사용하여 분리하였다. 즉 이동상은 0.2% ortho phosphoric acid와 methanol의 농도기울기에 의해 40°C에서 유속 1.0 mL/min으로 하여 210 nm에서 검출하였다. 이때 총카테킨 함량은 개별 카테킨 정량 후 합하여 구하였다.

DPPH radical 소거활성 측정

DPPH radical 소거활성은 Brand-Williams의 방법(14)을 일부 변형하여 96 well microplate에 시료를 분주하여 측정하였다. 시료 용액 10 µL에 0.12 mM DPPH 용액 190 µL를 가한 후 실온에서 30분간 방치 후에 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 표준물질로 Trolox를 사용하여 얻은 표준곡선으로부터 시료의 산화방지 활성을 Trolox equivalent (TE)로 환산하여 mmol TE/g으로 나타냈다.

ABTS radical 소거활성 측정

ABTS radical 소거활성은 Thaipong 등의 방법(15)을 일부 변형하여 96 well microplate에 시료를 분주하여 측정하였다. 2.6 mmol potassium persulphate와 7.4 mmol ABTS를 1:1(v/v) 비율로 혼합하고 16시간 동안 암소에 방치하여 ABTS 양이온을 형성시킨 후 phosphate buffered saline (pH 7.4)을 이용하여 734 nm에서 흡광도 값이 0.9-1.0이 되도록 희석하였다. 시료 용액 10 µL에 희석된 ABTS radical 용액 190 µL를 가한 후 실온에서 60분 방치 후에 734 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 표준물질로 Trolox를 사용하여 얻은 표준곡선으로부터 시료의 산화방지 활성을 TE로 환산하여 mmol TE/g으로 나타냈다.

통계처리

모든 분석결과는 SPSS program (SPSS version 17.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하여 통계처리 하였으며, 분산분석 (ANOVA)을 이용하여 5% 수준에서 Duncan의 다중범위검정을 실시하거나 또는 독립 t-test를 실시하여 유의성을 검정하였다.

Table 1. Color value in loose-leaf green tea obtained at the Korean market

	Color value			
	Woojeon	Sejak	Joongjak	Daejak
Color <i>L</i>				
Jeju	30.84±1.37 ^{aA1)}	22.94±1.39 ^{aB}	22.61±1.13 ^{aB}	-
Boseong	20.34±0.79 ^{cBC}	19.50±0.45 ^{bC}	20.90±0.73 ^{aB}	22.66±0.30 ^{**A}
Hadong	26.63±1.61 ^{bA}	24.44±0.28 ^{aB}	22.48±0.28 ^{aBC}	20.79±0.44 ^C
Mean	25.94±4.71	22.29±2.32	22.00±1.30 ^a	21.73±1.07
Color <i>a</i>				
Jeju	-3.32±0.02 ^{bA}	-4.05±0.18 ^{bB}	-4.35±0.40 ^{bB}	-
Boseong	-2.07±0.24 ^{aB}	-1.08±0.25 ^{aA}	-2.15±0.26 ^{aB}	-1.04±0.11 ^{**A}
Hadong	-4.49±0.21 ^{cB}	-4.15±0.15 ^{bB}	-2.60±0.09 ^{aA}	-2.33±0.36 ^A
Mean	-3.29±1.06	-3.09±1.52	-3.03±1.03	-1.69±0.75
Color <i>b</i>				
Jeju	13.25±0.65 ^{aA}	10.36±0.44 ^{aB}	11.49±0.87 ^{aB}	-
Boseong	9.18±0.90 ^{cB}	8.90±0.39 ^{bB}	12.02±0.46 ^{aA}	12.79±0.71 ^{**A}
Hadong	11.18±0.65 ^{bA}	9.11±0.40 ^{bB}	9.01±0.50 ^{bB}	9.35±0.62 ^B
Mean	11.20±1.87	9.45±0.77	10.84±1.50	11.07±1.98

¹⁾All values are mean±SD (*n*=3). Different superscript small letters and asterisks indicate significant differences between plucking regions at the same plucking time (*p*<0.05 and ***p*<0.01, respectively) and different capital letters indicate significant differences between plucking times at the same plucking region (*p*<0.05).

결과 및 고찰

색도 특성

녹차 품질 평가 시 매우 중요한 인자인 색도 측정 결과는 Table 1에 나타내었다. 밝기를 나타내는 L값의 평균값은 채엽시기가 가장 빠른 우전이 평균 25.94로 가장 높았으며 채엽시기가 가장 늦은 대작은 21.73으로 가장 낮게 나타났다. 생산지에 따른 영향을 살펴보면 제주산 및 하동산 녹차는 채엽시기가 빠를수록 L값이 유의적으로 증가하였으며 각 지역의 평균값 보다 높은 값을 나타냈다. 그러나 보성산 녹차는 채엽시기가 가장 늦은 대작에서 가장 높은 값을 나타냈으며 평균값 보다 낮게 나타났다. 녹색을 나타내는 a의 부(-)값 평균 또한 우전이 -3.29로 가장 높게 나타

났으며 대작은 -1.69로 가장 낮게 나타났다. 제주산 녹차의 녹색도는 채엽시기가 늦어짐에 따라 유의적으로 증가하였으나 하동산 녹차는 유의적으로 감소하는 경향을 보였다. 황색도를 나타내는 b 값의 평균값은 우전과 대작에서 높게 나타나 녹차 등급에 따른 일정한 경향을 나타나지 않았다. 생산지에 따른 황색도는 제주산 및 보성산 녹차는 채엽시기가 늦어짐에 따라 유의적으로 증가하였으나 하동산 녹차는 유의적으로 감소하는 경향을 보였다. 결과적으로 녹차 등급이 높을수록 즉 채엽시기가 빠를수록 L 값과 녹색도인 -a 값이 높게 나타났으며 제주산 녹차가 보성 및 하동산 녹차에 비해 L 값과 b 값이 높은 것으로 나타났다. 일반적으로 녹차의 색은 차엽의 가공방법, 품종 및 재배조건 등에 따라 영향을 받는 것으로 알려져 있다(16,17).

Table 2. Catechin content in loose-leaf green tea obtained at the Korean market

	Catechin content (mg/g)			
	Woojeon	Sejak	Joongjak	Daejak
Gallocatechin				
Jeju	1.27±0.04 ^{cC1)}	2.11±0.06 ^{bB}	2.53±0.09 ^{bA}	-
Boseong	2.27±0.06 ^{aD}	3.62±1.14 ^{aA}	2.93±0.06 ^{aC}	3.16±0.11 ^{***B}
Hadong	1.38±0.05 ^{bB}	1.49±0.06 ^{cB}	1.68±0.07 ^{cA}	1.74±0.08 ^A
Mean	1.64±0.48	2.41±0.95	2.38±0.56	2.45±0.78
Epigallocatechin				
Jeju	15.41±0.12 ^{bC}	36.40±0.84 ^{aB}	44.69±0.62 ^{aA}	-
Boseong	31.84±0.84 ^{aC}	36.09±0.36 ^{aB}	39.17±0.95 ^{bA}	41.15±1.96 ^{***A}
Hadong	14.70±0.09 ^{bC}	19.03±0.22 ^{bB}	26.53±0.49 ^{cA}	27.21±1.01 ^A
Mean	20.65±8.41	30.51±8.62	36.80±8.09	34.18±7.76
Catechin				
Jeju	6.83±0.25 ^{aA}	1.28±0.03 ^{cB}	0.97±0.03 ^{cC}	-
Boseong	2.57±0.07 ^{cA}	1.91±0.09 ^{bB}	1.31±0.07 ^{bC}	1.03±0.13 ^{**D}
Hadong	4.74±0.13 ^{bA}	4.42±0.04 ^{aB}	1.90±0.03 ^{aC}	1.93±0.10 ^C
Mean	4.71±1.85	2.54±1.44	1.39±0.41	1.48±0.50
Epicatechin				
Jeju	7.59±0.19 ^{bC}	10.89±0.22 ^{bB}	11.33±0.17 ^{bA}	-
Boseong	13.85±1.01 ^{aA}	12.87±0.31 ^{aAB}	12.15±0.13 ^{aBC}	11.24±0.47 ^{**C}
Hadong	5.33±0.07 ^{cD}	6.64±0.09 ^{cC}	7.65±0.12 ^{cB}	8.22±0.20 ^A
Mean	8.93±3.86	10.13±2.76	10.38±2.08	9.73±1.68
Epigallocatechin gallate				
Jeju	103.49±0.95 ^{cA}	95.39±1.09 ^{bB}	96.83±1.77 ^{bB}	-
Boseong	114.60±2.42 ^{aAB}	111.50±1.71 ^{aB}	115.42±1.03 ^{aA}	116.25±2.37 ^{**A}
Hadong	107.63±1.38 ^{bA}	106.73±0.81 ^{bA}	106.83±1.81 ^{bA}	106.44±2.35 ^A
Mean	108.57±5.08	104.54±7.25	106.36±8.17	111.34±5.77
Gallocatechin gallate				
Jeju	10.73±0.18 ^{aA}	5.97±0.03 ^{bB}	5.48±0.06 ^{bC}	-
Boseong	6.99±0.02 ^{bA}	6.89±0.10 ^{aA}	5.98±0.09 ^{aB}	5.82±0.06 ^{**C}
Hadong	7.22±0.20 ^{bA}	6.87±0.15 ^{aB}	5.55±0.09 ^{bC}	5.48±0.09 ^C
Mean	8.31±1.82	6.57±0.46	5.67±0.25	5.65±0.20
Epicatechin gallate				
Jeju	46.01±0.61 ^{aA}	27.15±0.41 ^{cB}	24.34±0.67 ^{cC}	-
Boseong	40.04±0.81 ^{cA}	39.47±0.59 ^{bA}	40.29±1.03 ^{aA}	39.16±0.60 ^{**A}
Hadong	43.46±0.40 ^{bA}	41.43±0.44 ^{aB}	33.66±0.83 ^{bC}	33.40±1.15 ^C
Mean	43.17±2.65	36.02±6.72	32.76±6.98	36.28±3.26

¹⁾All values are mean±SD (n=3). Different superscript small letters and asterisks indicate significant differences between plucking regions at the same plucking time ($p<0.05$ and $**p<0.01$, $***p<0.001$, respectively) and different capital letters indicate significant differences between plucking times at the same plucking region ($p<0.05$).

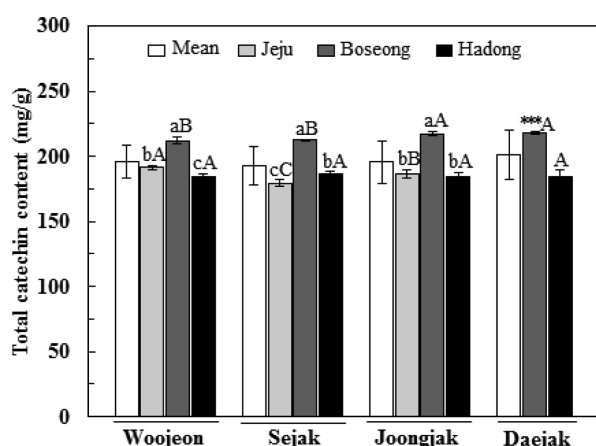


Fig. 1. Total catechin content in loose-leaf green tea obtained at the Korean market. All values are mean \pm SD ($n=3$). Different small letters and asterisks indicate significant differences between plucking regions at the same plucking time ($p<0.05$ and $***p<0.001$, respectively) and different capital letters indicate significant differences between plucking times at the same plucking region ($p<0.05$).

카테킨 조성 및 함량

제주, 보성 및 하동산 녹차를 대상으로 우전, 세작, 중작, 대작 등 녹차 등급에 따른 카테킨 함량을 분석하였으며 그 결과는 Table 2에 나타내었다. 카테킨류 중 EGC 함량은 차엽 산지에 관계없이 채엽시기가 늦어짐에 따라 유의적으로 증가하는 경향을 보였다. 또한 보성산을 제외한 제주 및 하동산 녹차의 EC 함량도 채엽시기에 따라 유의적으로 증가하였다. 반면에 카테킨, GCg, ECg 함량은 차엽 산지에 관계없이 채엽시기가 늦어짐에 따라 유의적으로 감소하였다. GC와 EGCg는 채엽시기에 따른 뚜렷한 경향을 보이지 않았으나 등급이 가장 낮은 대작에서 가장 높은 값을 나타냈다.

카테킨 평균 조성을 보면 우전과 세작은 EGCg>ECg>EC>GCg>C>GC 순으로 함유되어 있었고 중작은 EGCg>ECg>EC>GCg>GC>C 순으로 함유되어 있었으며 대작은 EGCg>ECg>EC>GCg>GC>C 순으로 함유되어 있었다. 전반적으로 차엽 산지나 채엽시기 즉 등급에 관계없이 카테킨류 중 EGCg 함

량이 95.39-116.25 mg/g으로 가장 높았으며 특히 보성산 녹차가 다른 지역에 비해 유의적으로 높게 나타났다.

총카테킨 함량은 Fig. 1에 나타난 바와 같이 등급에 따른 평균 값은 큰 차이를 나타내지 않았으나 대작에서 약간 높은 값을 나타냈다. 또한 등급이 같을 경우 보성산 녹차가 평균값 보다 높게 나타났으며 제주산 및 하동산 녹차는 평균값 보다 낮게 나타났다. 보성산 녹차는 채엽시기가 늦어짐에 따라 총카테킨 함량이 유의적으로 증가하는 경향을 보였다.

채엽시기에 따른 카테킨 함량에 대한 국내 차엽에 대한 연구로 채엽시기가 늦을수록 카테킨 함량은 증가한다는 보고(9-11,13)와 반대로 채엽시기가 늦어질수록 총카테킨 함량은 감소한다는 보고(18)가 있다. 또한 Chen 등(19)과 Lin 등(20)의 보고에 의하면 채엽시기가 빠른 어린잎일수록 EGCg, ECg 함량이 높다고 보고 한 바 있으나 Lin 등(5)은 채엽시기가 늦은 잎일수록 EGCg와 EC 함량이 높다고 보고한 바 있다. 이러한 차이는 품종, 채엽위치, 차엽 재배조건 및 분석 방법 등의 차이에 의한 것으로 판단 된다.

카페인 및 테오브로민 함량

카페인 및 테오브로민 함량은 Fig. 2에 나타난 바와 같이 모든 차엽에서 채엽시기에 따라 유의적으로 감소하는 경향을 보였으며 특히 제주산 우전의 카페인 및 테오브로민 함량은 각각 33.43 mg/g과 17.84 mg/g으로 가장 높게 함유되어 있었다. 또한 하동산 녹차의 카페인 및 테오브로민 함량은 녹차 등급에 관계없이 평균값 보다 높게 나타났으나 보성산 녹차는 평균값 보다 낮게 함유되어 있었다. Kim 등(11)과 Park 등(18)의 보성산 녹차에 대한 연구에서 채엽시기가 늦어짐에 따라 카페인 함량은 감소한다고 보고한 바 있다. 또한 외국산 녹차에 대한 보고로 Chen 등(19)과 Lin 등(20)은 채엽시기가 빠른 어린잎일수록 카페인 함량이 높다고 보고하였다.

테아닌 함량

테아닌 함량은 Fig. 3에 나타난 바와 같이 카페인 및 테오브로민과 비슷한 경향을 보였으며 모든 차엽에서 채엽시기에 따라 유의적으로 감소하였다. 특히 제주산 우전의 경우 20.84 mg/g으로 가장 높게 함유되어 있었다. 또한 해남산 녹차의 경우 평균값 보다 높게 함유되어 있었으나 보성산 녹차는 평균값 보다 낮게 함

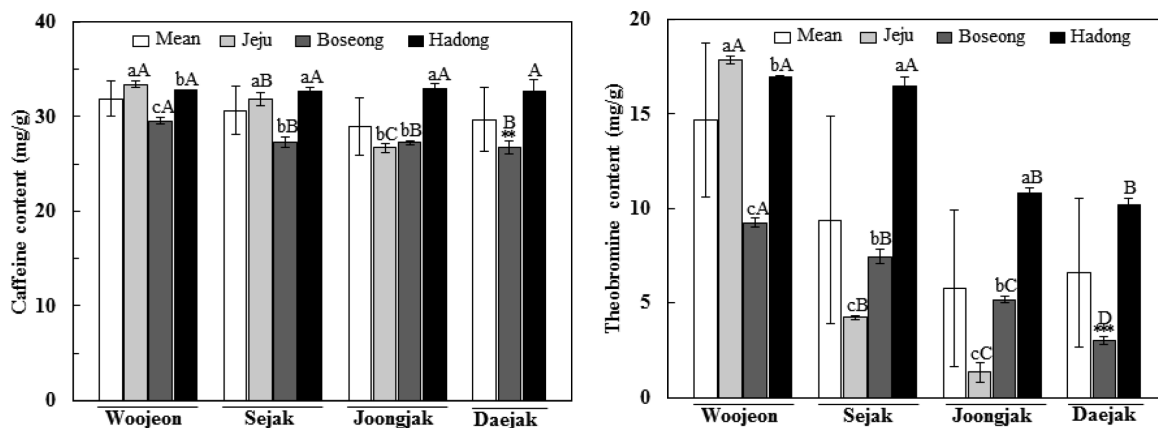


Fig. 2. Caffeine and theobromine content in loose-leaf green tea obtained at the Korean market. All values are mean \pm SD ($n=3$). Different small letters and asterisks indicate significant differences between plucking regions at the same plucking time ($p<0.05$ and $**p<0.01$, $***p<0.001$, respectively) and different capital letters indicate significant differences between plucking times at the same plucking region ($p<0.05$).

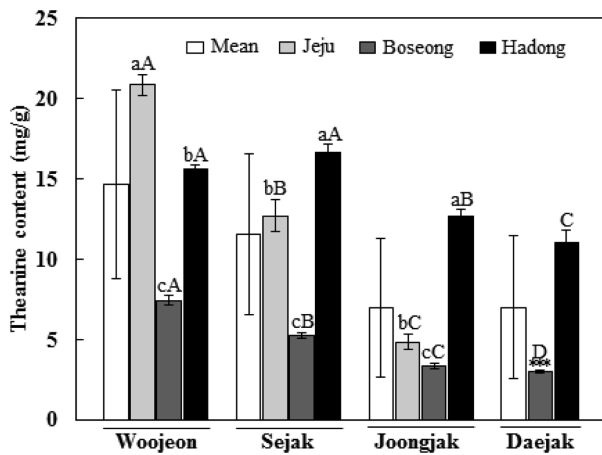


Fig. 3. Theanine content in loose-leaf green tea obtained at the Korean market. All values are mean±SD ($n=3$). Different small letters and asterisks indicate significant differences between plucking regions at the same plucking time ($p<0.05$ and $***p<0.001$, respectively) and different capital letters indicate significant differences between plucking times at the same plucking region ($p<0.05$).

유되어 있었다. Kim 등(11)은 보성산 녹차에 대한 연구에서 채엽 시기가 늦어짐에 따라 테아닌 함량은 감소한다고 보고한 바 있다.

산화방지 활성 및 상관관계

산지 및 녹차 등급에 따른 산화방지 활성은 DPPH 및 ABTS assay를 이용하여 TE로 환산하여 측정하였으며 그 결과는 Table 3에 나타내었다. 산화방지 활성은 측정방법에 관계없이 제주 및 하동산 녹차는 채엽시기가 늦어짐에 따라 유의적으로 감소하였으나 보성산 녹차는 채엽시기에 따라 유의적으로 증가하였다. 특히 제주산 우전의 경우 ABTS 활성 값이 6,632 mmol TE로 가장 높은 값을 나타냈다. Park 등(18)은 보성산 녹차의 채엽시기에 따른 ABTS 활성에서 물 추출물의 경우 채엽시기가 빠를수록 높았으나 80% 메탄올 추출물은 유의차가 없었고 80% 에탄올 추출물은 일정한 경향을 나타내지 않았음을 보고한 바 있다. 일반적으로 DPPH 및 ABTS assay는 ferric reducing antioxidant power (FRAP)과 함께 산화방지 활성 측정을 위해 주로 사용되는 방법으로 반응 메커니즘에 차이가 있는 것으로 알려져 있다(21). 본 실험 결과 측정 방법에 따라 동일한 시료에서도 TE 값에 차이를 보였으며 DPPH 보다 ABTS로 측정시 높은 TE 값을 나타냈다. Lee 등(13)의 시판 카테킨 표준품을 사용한 동일 농도에서의 산화방지 활성 측정 실험에서 EGCg, GCg, ECg 등 갈레이트형 카테킨의 활성이 이들 카테킨의 epimer인 비갈레이트형 카테킨 보다 2배 이상 높게 나타났음을 보고하였으며 또한 ABTS 측정법이 DPPH 측정법 보다 더 높은 활성 값을 나타냈다고 보고한 바 있다. 따라서 산화방지 활성은 측정 방법에 따라 결과에 다른 영향을 미치므로 한 가지 방법 보다는 여러 가지 방법을 동시에

Table 3. Antioxidant activity in loose-leaf green tea obtained at the Korean market

	Antioxidant activity (mmol TE)			
	Woojeon	Sejak	Joongjak	Daejak
DPPH				
Jeju	1458.78±36.50 ^{aA1)}	1179.89±23.14 ^{bB}	1226.56±46.22 ^{bB}	-
Boseong	1476.55±73.77 ^{aB}	1480.33±19.13 ^{aB}	1518.78±20.11 ^{aB}	1652.33±27.24 ^{**A}
Hadong	1522.11±27.81 ^{aA}	1484.33±43.52 ^{aB}	1318.78±63.03 ^{bC}	1374.20±40.38 ^C
Mean	1485.81±51.83	1381.52±153.52	1354.70±135.52	1513.30±155.35
ABTS				
Jeju	6632.22±262.77 ^{aA}	3877.78±371.68 ^{bB}	3930.04±173.88 ^{bB}	-
Boseong	4506.67±73.33 ^{bB}	4495.56±117.87 ^{aB}	4721.11±99.13 ^{aA}	4742.30±130.96 ^{**A}
Hadong	4282.22±138.02 ^{bA}	4104.44±22.19 ^{abAB}	4115.56±162.25 ^{bAB}	4043.10±78.60 ^B
Mean	5140.37±1133.46	4159.26±333.74	4255.56±380.75	4392.83±394.86

¹⁾All values are mean±SD ($n=3$). Different superscript small letters and asterisks indicate significant differences between plucking regions at the same plucking time ($p<0.05$ and $**p<0.01$, respectively) and different capital letters indicate significant differences between plucking times at the same plucking region ($p<0.05$).

Table 4. Pearson's correlation between catechins content and antioxidant activity

	Pearson's correlation coefficient (r)									
	GC	EGC	Catechin	EC	EGCg	GCg	ECg	TCC	DPPH	ABTS
GC	1	0.823 ^{**1)}	-0.684 ^{**}	0.810 ^{**}	0.414 [*]	-0.384 [*]	-0.160	0.752 ^{**}	0.218	-0.135
EGC		1	-0.888 ^{**}	0.812 ^{**}	0.060	-0.622 ^{**}	-0.608 ^{**}	0.458 ^{**}	-0.190	-0.349 [*]
Catechin			1	-0.627 ^{**}	-0.074	0.885 ^{**}	0.697 ^{**}	-0.270	0.252	0.641 ^{**}
EC				1	0.276	-0.262	-0.257	0.683 ^{**}	-0.013	-0.073
EGCg					1	-0.020	0.634 ^{**}	0.835 ^{**}	0.801 ^{**}	0.185
GCg						1	0.673 ^{**}	0.003	0.255	0.863 ^{**}
ECg							1	0.412 [*]	0.787 ^{**}	0.635 ^{**}
TCC								1	0.646 ^{**}	0.269
DPPH									1	0.378 ^{**}
ABTS										1

¹⁾The direction and magnitude of correlation between variables was quantified by the correlation coefficient r , *: $p<0.05$, **: $p<0.01$.

사용하여 분석하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

녹차의 주요 산화방지 성분인 개별 카테킨 함량과 산화방지 활성과의 상관관계를 분석 후 상관계수 값(Pearson's correlation coefficient, r)은 Table 4에 나타내었다. DPPH 활성은 EGCg, ECg 및 총카테킨 함량과 양의 상관관계가 있는 것으로 나타났으며 이 중 EGCg 함량($r=0.801$, $p<0.01$)과 상관성이 가장 큰 것으로 나타났다. ABTS 활성은 EGC 함량과는 음의 상관관계($r=-0.349$, $p<0.05$), 그리고 카테킨, GCg 및 ECg 함량과는 양의 상관관계가 있는 것으로 나타났으며 이 중 GCg 함량($r=0.863$, $p<0.01$)과 상관성이 가장 큰 것으로 나타났다. 이러한 결과는 ECg, GCg가 다른 녹차에 비해 상대적으로 높게 함유된 제주산 우전에서 산화방지 활성이 높게 나타난 결과와 일치하였다.

결론적으로 녹차의 산화방지 활성은 총카테킨 함량 뿐 만 아니라 녹차에 함유된 카테킨 조성에 의한 영향도 큰 것으로 나타났다. 따라서 산화방지 측면에서 보면 EGC 함량은 낮고 카테킨, GCg 및 ECg 함량이 높은 즉 채엽시기가 빠른 우전에서 산화방지 활성이 높음을 알 수 있었다.

요 약

제주, 보성, 하동산 차엽의 우전, 세작, 중작 및 대작 상품명을 쓰고 있는 시판 잎 녹차의 색은 녹차 등급이 높을수록 즉 채엽시기가 빠를수록 L값과 녹색도인 -a값이 높게 나타났으며 제주산 녹차가 보성 및 하동산 녹차에 비해 L값과 b값이 높은 것으로 나타났다. 카테킨 분석 결과 EGC 함량은 차엽 산지에 관계없이 채엽시기가 늦어짐에 따라 유의적으로 증가하였으며, 카테킨, GCg, ECg 함량은 유의적으로 감소하였다. 카테킨류 중 EGCg 함량이 95.39-116.25 mg/g으로 가장 높았으며 특히 보성산 녹차가 다른 지역에 비해 유의적으로 높게 나타났다. 카페인, 테오브로민 및 테아닌 함량은 모든 차엽에서 채엽시기에 따라 유의적으로 감소하는 경향을 보였으며 특히 제주산 우전의 카페인, 테오브로민 및 테아닌 함량은 각각 33.43, 17.84, 20.84 mg/g으로 가장 높게 함유되어 있었다. 산화방지 활성은 측정방법에 상관없이 등급이 높은 우전에서 높게 나타났으며 제주 및 하동산 녹차의 경우 채엽시기가 늦어짐에 따라 유의적으로 감소하였으나 보성산 녹차는 채엽시기에 따라 유의적으로 증가하였다. 녹차의 주요 산화방지 성분인 개별 카테킨 함량과 산화방지 활성과의 상관관계를 분석한 결과 DPPH 활성은 EGCg, ECg 및 총카테킨 함량과 양의 상관관계가 있는 것으로 나타났으며 ABTS 활성은 EGC 함량과는 음의 상관관계 그리고 카테킨, GCg 및 ECg 함량과는 양의 상관관계가 있는 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 농림축산식품부 고부가 식품기술개발사업에 의해 이루어진 것으로 연구비 지원에 감사드립니다.

References

- Cabrera C, Artacho R, Giménez R. Beneficial effects of green tea-A review. *J. Am. Coll. Nutr.* 25: 79-99 (2006)
- Khan N, Mukhtar H. Tea polyphenols for health promotion. *Life Sci.* 81: 519-533 (2007)
- Chung DH. Components and Efficacy of Tea. *Hongikjae*, Seoul, Korea. pp. 43-46 (2004)
- Khokhar S, Magnusdottir SGM. Total phenol, catechin, and caffeine contents of teas commonly consumed in the United Kingdom. *J. Agr. Food Chem.* 50: 565-570 (2002)
- Lin YS, Tsai YJ, Tsay JS, Lin JK. Factors affecting the levels of tea polyphenols and caffeine in tea leaves. *J. Agr. Food Chem.* 51: 1864-873 (2003)
- Sabhapondit S, Karak T, Bhuyan LP, Goswami BC, Hazarika M. Diversity of catechin in northeast Indian tea cultivars. *Sci. World J.* 2012: 1-8 (2012).
- Lee JY, Wang LF, Baik JH, Park SK. Changes in volatile compounds of green tea during growing season at different culture areas. *Korean J. Food Sci. Technol.* 39: 246-254 (2007)
- Oh MJ, Hong BH. Variation in chemical components of Korean green tea (*Camellia sinensis* L.) resulted from developing stages and processing recipe. *Korean J. Crop Sci.* 40: 518-524 (1995)
- Oh MJ, Hong BH. Variation of pectin, catechins and caffeine contents in Korean green tea (*Camellia sinensis* L.) by harvesting time and processing Recipe. *Korean J. Crop Sci.* 40: 775-781 (1995)
- Wee JH, Moon JH, Park KH. Catechin content and composition of domestic tea leaves at different plucking time. *Korean J. Food Sci. Technol.* 31: 20-23 (1999)
- Kim SH, Han DS, Park JD. Changes of some chemical compounds of Korean (Posong) green tea according to harvest periods. *Korean J. Food Sci. Technol.* 36: 542-546 (2004)
- Zhu H, Kim JS, Park KL, Cho CW, Kim YS, Kim JW, Ryu SY, Kang JS. Estimation of harvest period and cultivated region of commercial green tea by pattern recognition. *Yakhak Hoeji* 53: 51-59 (2009)
- Lee LS, Kim SH, Kim YB, Kim YC. Quantitative analysis of major constituents in green tea with different plucking periods and their antioxidant activity. *Molecules* 19: 9173-9186 (2014)
- Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Sci. Technol.* 28: 25-30 (1995)
- Thaipong K, Boonprakob U, Crosby K, Cisneros-Zevallos L, Hawkins Byrne D. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *J Food Compos. Anal.* 19: 669-675 (2006)
- Hirun S, Utama-ang N, Vuong QV, Scarlett CJ. Investigating the Commercial microwave vacuum drying conditions on physico-chemical properties and radical scavenging ability of Thai green tea. *Dry. Technol.* 32: 47-54 (2014)
- Lee LS, Choi JH, Son N, Kim SH, Park JD, Jang DJ, Kim HJ. Metabolomic analysis of the effect of shade treatment on the nutritional and sensory qualities of green tea. *J. Agr. Food Chem.* 61: 332-338 (2013)
- 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)
- Chen CN, Liang CM, Lai JR, Tsai YJ, Tsay JS, Lin JK. Capillary electrophoretic determination of theanine, caffeine, and catechins in fresh tea leaves and oolong tea and their effects on rat neurosphere adhesion and migration. *J. Agr. Food Chem.* 51: 7495-7503 (2003)
- Lin YL, Juan IM, Chen YL, Liang YC, Lin JK. Composition of polyphenols in fresh tea leaves and associations of their oxygen-radical-absorbing capacity with antiproliferative actions in fibroblast cells. *J. Agr. Food Chem.* 44: 1387-1394 (1996)
- Huang D, Ou B, Prior RL. The chemistry behind antioxidant capacity assays. *J. Agr. Food Chem.* 53: 1841-1856 (2005)