

## 보성산 유기농 녹차의 품질에 따른 카테킨 함량과 항산화능 비교 분석

박경련 · 이상길 · 남태규 · 김영준<sup>1</sup> · 김영록 · 김대옥\*

경희대학교 식품공학과 및 생명자원과학연구원, <sup>1</sup>고려대학교 식품생명공학과

### Comparative Analysis of Catechins and Antioxidant Capacity in Various Grades of Organic Green Teas Grown in Boseong, Korea

Kyung Ryun Park, Sang Gil Lee, Tae Gyu Nam, Young Jun Kim<sup>1</sup>, Young-Rok Kim, and Dae-Ok Kim\*

Department of Food Science and Technology and Institute of Life Science and Resources, Kyung Hee University

<sup>1</sup>Department of Food and Biotechnology, Korea University

**Abstract** The objective of this study was to evaluate the effect of various solvents on extraction of bioactive phenolics and to analyze the antioxidant capacity and contents of individual catechins in various grades of green teas organically grown in Boseong, Korea. The organic green teas, based on their harvest seasons, were categorized into five grades such as Woo-Jeon, Se-Jak, Jung-Jak, Dae-Jak, and coarse tea. Solvents used to extract phenolics from these teas included water at 23°C and 70°C as well as 80% (v/v) aqueous methanol and ethanol. In general, aqueous organic solvents of methanol and ethanol led to higher extraction yields of phenolics than water at 23°C and 70°C. Total phenolics and antioxidant capacity of the teas extracted with the aqueous organic solvents were approximately 1.5 to 3.2 and 1.8 to 3.8 times higher than those with water at 23°C and 70°C, respectively. Coarse tea, the lowest grade of green tea, showed approximately 30-60% lower total phenolics and antioxidant capacity compared with the higher grade ones. Reversed-phase HPLC analysis was performed quantitatively to identify individual catechins, gallic acid, and caffeine in teas extracted with 80% (v/v) aqueous methanol. Based on their dry weights, the organic green teas contained about 1.7 to 2.9% of caffeine. Content (mg/g dry weight) of tea catechins decreased in the following order: Woo-Jeon (155.4) > Se-Jak (147.7) > Jung-Jak (143.2) > coarse tea (135.1) > Dae-Jak (130.5). (-)-Epigallocatechin gallate was the most abundant among the catechins analyzed. The highest grade of green tea, Woo-Jeon, had the highest amount of (-)-epigallocatechin gallate at 77.4 mg/g dry weight. Overall, the higher grade of organic green teas tended to have the higher level of antioxidant capacity and catechins.

**Key words:** organic green teas, catechins, HPLC, total phenolics, antioxidant capacity

## 서 론

차는 오랜 세월 동안 인류가 가장 보편적으로 즐겨 왔으며 현대에도 많은 소비가 이루어지는 음료이다. 차는 *Camellia sinensis* 라는 학명을 갖는 차나무의 잎을 발효시켜 만든다. 차의 종류는 발효공정의 차이에 의해 녹차, 우롱차, 홍차로 구분되며, 그 제조 공정에 따라 차의 맛, 향, 색, 그리고 성분에도 차이가 나게 된다 (1-3). 세계적으로는 홍차의 소비가 가장 많지만, 녹차는 우리나라, 중국, 일본에서 소비가 가장 많은 차이다.

녹차는 그 향과 맛 등의 관능적 측면 이외에도 기능적인 측면에서도 탁월한 효과를 나타내고 있다(4). 녹차에는 카테킨(catechins, flavan-3-ols)이라는 플라보노이드(flavonoid)가 풍부하며, 이 물질들이 차의 독특한 맛과 풍미에 영향을 준다. 또한 녹차의 대표적인 효능인 항산화 효과는 녹차의 주요 성분인 카테킨류에 의해서 나타나는 효과로 알려져 있다(5,6). 녹차는 항암작용(7)과 콜

레스테롤저거(8)에도 효과적이며, 당뇨완화(9) 및 충치예방(10)에도 효과를 보인다는 연구결과가 보고되었다. 녹차의 카테킨 중에서 가장 많은 양을 차지하고 있는 (-)-epigallocatechin gallate(EGCG)는 많은 기능적 효과를 가지고 있음이 밝혀졌다(11).

최근 건강에 대한 관심이 증가하면서 소비자들의 녹차에 대한 관심 및 선택과 더불어 유기농 친환경적으로 재배한 작물들의 기호도 및 소비가 매년 꾸준히 증가를 하고 있다. 이러한 이유로 농업방식도 화학비료를 이용한 전통적 재배 방식에서 친환경적인 유기농 방식으로 변경되어가고 있으며 정부에서는 유기농산물 인증제도를 실시하고 있다. 이에 따라 유기농법으로 재배된 유기농 녹차에 대한 소비자의 선호도 및 녹차의 기능성에 대한 많은 과학적 연구결과들 때문에 녹차의 소비가 지속적으로 증가하고 있는 추세이다.

채엽시기, 품종, 토양, 기상, 주위환경 등은 녹차 성분의 함량 및 종류에 영향을 미친다(12). 특히 녹차는 채엽 시기에 따라 우전(4월 20일 이전), 세작(4월 중하순), 중작(5월 초순), 대작(5월 중순), 엽차(5월 하순 이후)로 나뉘어 지며 채엽 시기가 빠른 차일수록 좋은 등급의 차로 여겨진다. 현재까지 녹차의 카테킨에 대한 분석은 많이 이루어져 왔으나 유기농 녹차에 관한 분석은 여전히 부족한 상태이다. 본 연구의 목적은 전라남도 보성군에서 재배한 여러 등급의 유기농 녹차를 대상으로 추출 용매에 따른 페놀 화합물(phenolic compounds)의 추출 수율 비교 및 총페놀 함

\*Corresponding author: Dae-Ok Kim, Department of Food Science and Technology, and Institute of Life Science and Resources, Kyung Hee University, Yongin, Gyeonggi 446-701, Korea  
Tel: 82-31-201-3796  
Fax: 82-31-204-8116  
E-mail: dokim05@khu.ac.kr  
Received September 5, 2008; revised November 18, 2008; accepted November 19, 2008

량, 항산화능, 주요 카테킨 함량을 비교 분석하는 것이다.

## 재료 및 방법

### 유기농 녹차

녹차(*Camellia sinensis*)는 2006년 전라남도 보성군 대한다업 (Boseong, Korea)에서 재배한 유기농 녹차를 채엽 시기에 따라 나눈 우전(Woo-Jeon), 세작(Se-Jak), 중작(Jung-Jak), 대작(Dae-Jak), 엽차(coarse tea) 등 총 다섯 등급의 녹차를 사용하였다. 유기농 녹차의 경작을 위하여 농약을 전혀 사용하지 않았으며 농촌진흥청(Suwon, Korea)에서 인증 받은 대덕산업(Daejeon, Korea)의 친환경비료 한가위를 사용하였다.

### 시약

Folin-Ciocalteu's phenol 시약, 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid)diammonium salt(ABTS), caffeine, gallic acid, catechin, epicatechin, epicatechin gallate, epigallocatechin, epigallocatechin gallate, gallic acid, epigallocatechin gallate는 Sigma-Aldrich(St. Louis, MO, USA)에서 구입하였다. 2,2'-Azobis(2-amidinopropane)HCl(AAPH)는 Wako Pure Chemicals(Osaka, Japan)에서 구입하였다.

### 카테킨 추출

유기농 녹차의 추출용매로는 aquaMax-Ultra 기기(Young-lin, Anyang, Korea)를 사용하여 정제된 초순수물(deionized distilled water; DDW)과 80%(v/v) 수용성 메탄올, 80%(v/v) 수용성 에탄올을 사용하였다. 유기용매를 이용한 추출은 녹차 5g을 100 mL 유기용매와 혼합한 후 2분 동안 Polytron homogenizer PT MR-2100(Kinematica, Lucerne, Switzerland)을 이용하여 19,000 rpm의 속도에서 균질화 한 후 질소가스를 주입하며 초음파기기(e-Science, Seoul, Korea)에서 20분간 초음파를 이용하여 추출을 하였다. 추출액을 Büchner funnel을 이용하여 여과한 후 2차 추출을 위해 여과박을 다시 80%(v/v) 용매를 이용하여 1분 동안 균질화하고 질소가스를 주입하며 20분간 초음파를 이용하여 추출하였다. 1차와 2차 추출액을 합하여 회전식 감압 농축기(Eyela, Tokyo, Japan)를 이용하여 농축시킨 후 50%(v/v) 메탄올 상태로 최종 추출물 부피가 100 mL가 되도록 정용 하였으며 추출된 시료는 -18°C에서 보관하며 사용하였다(13). 열수 추출은 100 mL 70°C 초순수물에 녹차 잎 5 g을 넣고 4분간 교반시킨 후 cheesecloth를 이용하여 여과 후 초순수물을 이용하여 100 mL로 정용 하였다. 온수 추출의 경우 23°C의 초순수물을 이용하여 유기용매 추출과 동일한 방법으로 추출하였다.

### 총페놀 함량 측정

총페놀 함량은 Folin-Ciocalteu's phenol 시약을 이용한 비색법(14)을 사용하였다. 시료(200 µL)에 증류수 2.6 mL과 Folin-Ciocalteu's phenol 시약 200 µL를 첨가하여 교반 후 6 분간 상온에서 반응시킨 뒤 7%(w/v) Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 용액을 2 mL를 첨가하여 90분 동안 정치시켰다. 750 nm 파장에서 흡광도를 측정하였으며 표준물질의 검량선 작성을 위해 gallic acid를 사용하였다. 총페놀 함량을 나타내기 위한 단위로 mg gallic acid equivalents(GAE)/g dry weight을 사용하였다.

### 항산화능 측정

항산화능은 ABTS 라디칼을 이용하여 측정하였다(15). 1.0 mM AAPH와 2.5 mM ABTS 시약을 phosphate-buffered saline(PBS,

pH 7.4) 용액 100 mL에 섞어 70°C 항온수조에서 반응시켜 ABTS 라디칼 용액을 제조하였다. PBS 용액을 이용하여 734 nm에서 0.650 ± 0.020의 흡광도로 라디칼 용액의 농도를 조절하였다. ABTS 라디칼 용액 980 µL와 시료 20 µL를 37°C의 항온수조에서 10분간 반응시켜 734 nm 파장에서 흡광도의 감소량을 측정하였으며 vitamin C를 표준물질로 이용하여 항산화능을 mg vitamin C equivalents(VCE)/g dry weight으로 나타내었다.

### HPLC 분석

녹차의 페놀 화합물 및 caffeine의 분석과 동정은 역상 HPLC(LC-20A, Shimadzu Corp., Kyoto, Japan)를 사용하였다. 분석컬럼은 Symmetry C<sub>18</sub>(5 µm × 4.6 mm × 250 mm; Waters, Milford, MA, USA)를 사용하였다. 이동상으로는 DDW(0.1% phosphoric acid 함유)와 acetonitrile(0.1% phosphoric acid 함유)를 사용하였다. 샘플은 autosampler를 이용하여 20 µL씩 주입하였으며 이동유량은 1 mL/min로 하였다. 이동상의 용매구배(solvent gradient) 조성은 Kim 등의 방법(16)을 조금 변형하여 사용하였다. HPLC 분석 시 gallic acid, epigallocatechin(EGC), caffeine, catechin, epicatechin, epigallocatechin gallate(EGCG), gallic acid, epigallocatechin gallate(EGCG), epicatechin gallate(EGC)를 표준물질로 사용하였으며 외부표준법(external standard method)을 이용하여 각 표준물질의 검량선을 통해 유기농 녹차의 페놀 화합물과 caffeine 함량을 정량하였다. HPLC 분석을 위한 샘플은 균질화와 초음파를 이용한 방법을 사용하여 추출하였으며 총페놀 함량과 항산화능 측정 결과에서 추출 수율이 가장 높았던 유기농 녹차의 80%(v/v) 수용성 메탄올 추출액을 사용하였다.

### 통계 처리

수치들은 평균±표준편차로 나타내었으며, SAS(Statistical Analysis System for Window v. 8)를 이용하여 통계 처리를 하였다. 각 실험군들의 평균치는 Duncan's multiple range test를 이용하여 실험군간의 차이를 검증하였으며 실험군간의 *p* 값이 0.05 이하일 경우 유의성이 있다고 판단하였다.

## 결과 및 고찰

### 총페놀 함량

유기농 녹차의 용매에 따른 총페놀 함량을 녹차의 등급별로 Table 1에 나타내었다. 물을 이용한 추출 시 최고급 녹차인 우전을 제외하고 70°C에 비해 23°C 추출에서 유의적으로 높은 농도의 페놀 화합물(phenolic compounds)이 추출되었다. 이는 추출 시 균질화와 초음파를 이용한 추출 방법이 총페놀 추출 수율을 높이는 데 더 도움을 준다는 것을 보여주고 있다(17). 특히 물 추출 시 온도가 낮은 상황에서도 균질화와 초음파 사용이 페놀화합물의 추출 수율을 높였다고 판단되었다(18). 그러나 물 추출에 비해 수용성 유기용매(80%(v/v) 메탄올, 80%(v/v) 에탄올)에서의 추출 수율이 높았으며, 그 중 80%(v/v) 수용성 메탄올 추출시 유기농 대작 녹차를 제외한 다른 품질의 녹차에서 추출 수율이 80%(v/v) 수용성 에탄올 추출보다 일반적으로 더 높았다(19). 총페놀 함량은 우전이 다른 등급보다 전반적으로 높았으며, 채엽시기가 늦어짐에 따라 유기농 녹차의 총페놀 함량이 줄어드는 경향을 보였다. 즉, 채엽시기가 빠른 고품질의 유기농 녹차일수록 생리활성 페놀의 함량이 높았다는 것을 의미한다.

열수 추출 시 우전 녹차에서 다른 등급의 유기농 녹차와 비교할 때 유의적인 차이를 보이며 더 많은 양의 페놀 화합물들이 추

**Table 1. Total phenolics of various grades of organic green teas extracted with various solvents<sup>1)</sup>**

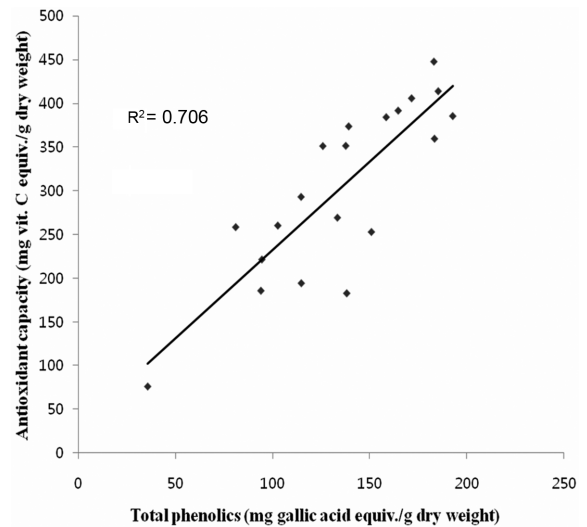
Tea leaves	Extracting solvents			
	Water (70°C)	Water (23°C)	80%(v/v) Methanol	80%(v/v) Ethanol
Woo-Jeon	138.3±3.4 <sup>AB</sup>	126.0±1.0 <sup>C</sup>	185.4±7.2 <sup>AA</sup>	183.2±9.1 <sup>AA</sup>
Se-Jak	94.6±1.2 <sup>C</sup>	139.3±9.9 <sup>abB</sup>	171.7±3.2 <sup>BA</sup>	137.8±1.5 <sup>B</sup>
Jung-Jak	114.9±5.0 <sup>bC</sup>	151.0±3.6 <sup>B</sup>	183.5±5.9 <sup>abA</sup>	158.6±5.9 <sup>BB</sup>
Dae-Jak	94.1±3.8 <sup>C</sup>	133.5±6.3 <sup>BB</sup>	164.8±11.7 <sup>BA</sup>	192.9±22.1 <sup>AA</sup>
Coarse tea	35.8±1.8 <sup>dC</sup>	81.1±8.5 <sup>B</sup>	114.8±6.5 <sup>CA</sup>	102.8±13.4 <sup>dAB</sup>

<sup>1)</sup>Water was used as deionized distilled water. The level of total phenolics is expressed as mg gallic acid equivalents/g dry weight. Data are presented as mean ± standard deviation (n = 3). Different superscriptive large and small letters in row and column, respectively, indicate significant difference at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

출되었다. 이는 열수 추출에 의한 녹차의 페놀 화합물 추출이 일반적으로 소비자가 녹차를 소비하는 방식과 유사하다는 점에서 녹차의 음용 시 채엽 시기가 빠른 어린 잎에서 페놀 화합물들이 더욱 잘 추출될 수 있음을 보여주고 있다. 이전의 연구에서 녹차의 열수 추출에 의한 페놀 화합물의 함량이 중작에서 많은 것에 비하여 이번 유기농 녹차를 이용한 열수 추출에서는 우전에서 더 높은 총페놀 함량을 보였다(20). 엽차는 다른 등급에 비해서 총페놀 함량이 급격히 줄어드는 것을 확인 할 수 있었으며, 이는 유기농 녹차의 채집시기에서 엽차의 채엽시기인 5월 하순경부터 페놀 함량이 급격히 줄어들기 때문이라는 보고(20)와도 일치하였다.

#### 항산화 함량

Table 2는 유기농 녹차의 항산화능을 측정한 결과를 나타내고 있다. 항산화능은 천연유래 수용성 항산화제인 vitamin C를 표준물질로 사용하여 제시하였다. 수용성 유기용매를 이용한 추출에서 엽차를 제외한 다른 품질의 녹차들(세작, 중작, 대작)과 비교 시 유의적 차이는 없었지만 최상품인 우전 녹차의 항산화능이 가장 높게 나타났다. 물 추출의 경우 항산화능은 건조중량(1 g)당 최저 76.3 mg(엽차, 70°C 추출)에서 최고 373.7 mg(세작, 23°C 추출)이었다. 한편, 수용성 유기용매를 사용하여 추출한 경우 80%(v/v) 에탄올 추출에서 최저 260.3 mg(엽차)에서 최고 447.7 mg(우전)이었다. 채엽시기가 가장 늦어 최하품질인 엽차의 경우 항산화능이 76.3 mg(엽차, 70°C 물 추출)에서 최고 293.1 mg(80%(v/v) 수용성 메탄올 추출)이었으며 다른 품질의 녹차와 비교하여 전반적으로 가장 낮은 값의 범주에 속했다. 유기농 녹차의 항산화능은 녹차가 가지고 있는 총페놀 함량과 0.706의 상관관계수(correlation coefficient;  $R^2$ )로서 양의 기울기를 갖는 1차 선형관계를 보였다(Fig. 1). 이는 유기농 녹차의 항산화능은 페놀 화합물에서 많은 부분이 비롯되었다는 것을 의미한다. 녹차 추출물과 녹차의 주요 물질인 EGCG와 ECG의 방광세포(bladder cell)를 이용한 항산화 효과 실험을 통하여 녹차의 항산화 효과의 요인이 EGCG와 ECG 같은 카테킨을 포함한 페놀 화합물이었다고 보고하였다(21). 또한 녹차의 페놀 화합물이 항산화물질로서 자유라디칼(free radical)

**Fig. 1. Correlation between total phenolics and antioxidant capacity in organic green teas grown in Boseong, Korea.**

을 제거하는 것으로 보고되었다(22).

#### HPLC 분석

유기농 녹차의 등급에 따른 개별 카테킨, caffeine 및 gallic acid를 확인하기 위하여 역상 HPLC 분석을 하여 각각의 함량을 Table 3에 제시하였다. 유기농 녹차의 카테킨 중 가장 많은 양을 차지하는 것은 EGCG였으며, EGC와 ECG의 함량도 다른 카테킨(catechin, epicatechin, GCG)보다 더 많은 양이 존재하였다. 모든 등급에서 가장 많은 함량을 보인 EGCG는 유기농 녹차 건조 중량당 5.8-7.7%를 보였으며, HPLC 분석을 통해 얻어진 총카테킨 함량 대비 45% 이상을 차지하였다. 녹차의 채집 시기에 따른 각각의 카테킨 성분의 변화가 있었다는 것이 확인되었다. EGC의 양은 채엽 시기가 늦은 중작, 대작, 엽차에서 상위 품질의 우전

**Table 2. Antioxidant capacity of various grades of organic green teas extracted with various solvents<sup>1)</sup>**

Tea leaves	Extracting solvents			
	Water (70°C)	Water (23°C)	80%(v/v) Methanol	80%(v/v) Ethanol
Woo-Jeon	182.9±30.8 <sup>bC</sup>	351.2±21.7 <sup>AB</sup>	413.9±30.2 <sup>AA</sup>	447.7±93.0 <sup>abAB</sup>
Se-Jak	221.5±25.9 <sup>C</sup>	373.7±20.5 <sup>AB</sup>	405.8±23.4 <sup>AA</sup>	351.5±11.6 <sup>BB</sup>
Jung-Jak	194.4±15.8 <sup>abC</sup>	253.0±27.5 <sup>BB</sup>	359.6±27.5 <sup>AA</sup>	384.2±3.9 <sup>AA</sup>
Dae-Jak	185.8±9.1 <sup>bC</sup>	269.3±30.5 <sup>BB</sup>	391.7±15.6 <sup>AA</sup>	385.5±16.2 <sup>AA</sup>
Coarse tea	76.3±25.0 <sup>B</sup>	258.5±48.5 <sup>BA</sup>	293.1±32.1 <sup>BA</sup>	260.3±3.7 <sup>CA</sup>

<sup>1)</sup>Water was used as deionized distilled water. The level of antioxidant capacity is expressed as mg vitamin C equivalents/g dry weight. Data are expressed as mean ± standard deviation (n = 3). Different superscriptive large and small letters in row and column, respectively, indicate significant difference at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

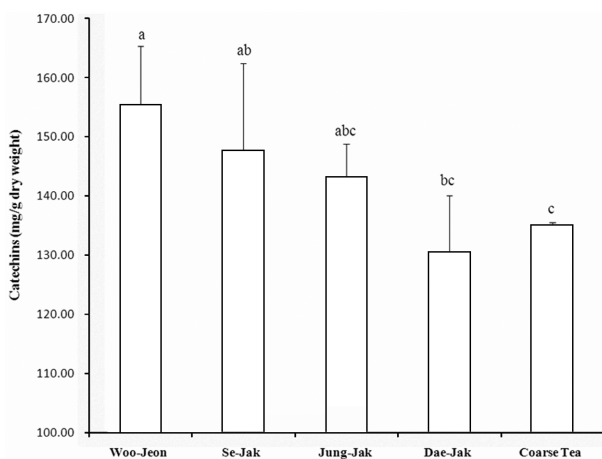
**Table 3. Concentration (mg/g dry weight) of individual phenolics and caffeine in organic green teas quantified by reversed-phase HPLC analysis<sup>1)</sup>**

Chemicals	Woo-Jeon	Se-Jak	Jung-Jak	Dae-Jak	Coarse tea
EGCG	77.41±3.43 <sup>a</sup>	66.82±7.43 <sup>b</sup>	65.15±0.78 <sup>bc</sup>	61.98±4.43 <sup>bc</sup>	57.57±0.24 <sup>c</sup>
EGC	23.78±0.99 <sup>a</sup>	24.96±1.75 <sup>c</sup>	36.02±2.00 <sup>a</sup>	34.02±3.73 <sup>a</sup>	29.59±0.11 <sup>b</sup>
ECG	27.42±1.33 <sup>a</sup>	27.19±3.22 <sup>a</sup>	18.39±0.39 <sup>b</sup>	16.57±0.26 <sup>b</sup>	19.94±0.08 <sup>b</sup>
Catechin	12.78±2.01 <sup>ab</sup>	15.25±1.30 <sup>a</sup>	10.60±0.63 <sup>bc</sup>	8.48±0.23 <sup>c</sup>	13.49±0.06 <sup>a</sup>
Epicatechin	8.02±1.80 <sup>ab</sup>	7.37±0.55 <sup>ab</sup>	9.66±1.44 <sup>a</sup>	6.76±0.62 <sup>b</sup>	8.29±0.03 <sup>a</sup>
GCG	5.99±0.32 <sup>a</sup>	6.15±0.48 <sup>a</sup>	3.39±0.39 <sup>b</sup>	2.73±0.26 <sup>c</sup>	6.18±0.03 <sup>a</sup>
Gallic acid	4.67±0.26 <sup>a</sup>	4.14±0.47 <sup>b</sup>	1.84±0.06 <sup>c</sup>	0.86±0.13 <sup>d</sup>	0.55±0.04 <sup>d</sup>
Caffeine	23.24±1.42 <sup>b</sup>	21.79±1.91 <sup>b</sup>	18.25±0.70 <sup>c</sup>	16.96±0.42 <sup>c</sup>	29.20±0.12 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>EGCG, EGC, ECG, and GCG stand for epigallocatechin gallate, epigallocatechin, epicatechin gallate, and gallic acid, respectively. Data are expressed as mean ± standard deviation (n = 3). Different superscriptive letters in row indicate significant difference at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

과 세작보다 더 높았다(Table 3). 채엽 시기에 가장 영향을 많이 받는 카테킨은 ECG와 EGC로써 세작과 중작 사이에서 그 함량의 변화가 크게 나타났다. 유기농 녹차에서 caffeine은 건조 중량당 1.7%(중작)에서 2.9%(엽차)정도의 함량을 보였다. Gallic acid는 채엽 시기가 늦어질수록 현저하게 줄어드는 경향을 나타내었다(Table 3).

유기농 녹차의 주요 성분인 카테킨의 함량 변화를 살펴보면 채엽 시기가 늦어질수록 전체적인 함량은 줄어들었다(Fig. 2). 우전 녹차에서 총카테킨 함량이 가장 높았으며, 그 다음으로 세작, 중작, 엽차, 대작 녹차의 순으로 총카테킨 함량이 감소하는 경향을 보였다. 각각의 유기농 녹차의 카테킨의 함량(mg/g dry weight)은 우전 155.4, 세작 147.7, 중작 143.2, 엽차 135.1, 그리고 대작 130.5이었다(Fig. 2). 카테킨 함량은 건조 중량 대비 약 13%에서 15%의 함량을 보였으며 이는 녹차의 재배 환경, 채엽 시기, 부위 및 추출 방법에 따라 함량의 차이는 있었으나 등급에 따른 카테킨 함량의 추이는 이전의 연구 결과들과 유사한 경향을 보여주었다(2,5,12). HPLC 분석을 통하여 우전과 세작 등급이 가지고 있는 페놀의 함량이 중작과 대작의 그것과 차이가 있으며 이것이 여러 품질의 녹차의 총항산화능에도 영향을 주는 것으로 사료된다.



**Fig. 2. Total amount of six catechins in five grades of organic green teas analyzed by reversed-phase HPLC system.** Six catechins included (-)-epigallocatechin, (+)-catechin, (-)-epicatechin, (-)-epigallocatechin gallate, (-)-gallic acid, and (-)-epicatechin gallate. Data are displayed as mean ± standard deviation of three replications. Different letters on the bars indicate significant difference at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

또한 녹차의 중요한 기능성 물질인 카테킨에 속하는 개별 화합물이 가지고 있는 항산화능의 차이가 있기 때문에 카테킨의 조성 또한 녹차의 항산화능에 어느 정도 영향을 주었을 것으로 생각된다. HPLC로 분석한 카테킨의 함량을 보았을 때 전반적으로 총페놀 함량과 유사한 경향을 보였다.

유기농 녹차의 각 등급은 채엽 시기에 따라 결정되며 채엽 시기의 차이는 일조 시간의 차이와도 관련이 있다. 그러므로 채엽 시기의 차이는 유기농 녹차가 받는 일조량의 차이에 영향을 주어 카테킨 성분들이 다른 물질로의 변화되거나 파괴되는데 중요한 요인으로 작용되었다고 예상된다(23). 녹차의 어린 잎에 많이 포함되어 있는 카테킨 성분들이 채엽 시기가 늦어짐에 따라 성분의 구조변화가 일어나면서 다른 화학 물질로 변화되는 것으로 생각된다. 이러한 변화의 원인은 일조량의 증가에 따른 빛에 의한 산화를 방지하기 위한 photo-antioxidation에 의해 카테킨이 자외선을 흡수가 용이한 quercetin으로 변화되기 때문이라고 추측된다(24). 이러한 카테킨의 구조적 변화가 유기농 녹차의 페놀 함량에 따른 항산화 효과에 영향을 미치는 것으로 판단되어진다.

## 요 약

유기농 녹차의 등급별 총페놀 함량과 항산화능은 각 추출 용매에 따른 수율을 확인하였을 때 물 추출에 비하여 수용성 유기용매의 추출 수율이 유의적으로 높았다. 유기용매를 이용한 추출 수율은 물을 이용할 때 보다 총페놀 함량은 1.5에서 3.2배, 항산화능은 1.8에서 3.8배 정도 높게 나타났다. HPLC 분석을 통하여 총페놀 함량과 항산화능의 상관관계를 비교 시 총페놀 함량이 증가함에 따라 항산화능이 1차 선형관계로 증가하는 경향을 보였다. HPLC분석을 통하여 유기농 녹차에 함유되어 있는 다양한 카테킨의 함량이 채엽시기에 따라 변화가 나타났다. 유기농 녹차의 카테킨 성분 중 가장 많이 존재하는 EGCG가 건조중량당 5.8-7.7%의 함량을 보였고, caffeine은 1.7-2.9%의 함량을 보였다. 유기농 녹차의 카테킨 함량은 일반적으로 채엽 시기가 늦어짐에 따라 점차 감소하였다. 유기농 녹차의 등급에 따른 항산화능은 최상급인 우전에서 가장 높았으며 최하등급인 엽차에서 가장 낮게 나타났다. HPLC 분석에 의한 유기농 녹차의 등급에 따른 총카테킨 함량(mg/g)은 우전(155.4), 세작(147.7), 중작(143.2), 엽차(135.1), 대작(130.5)의 순으로 감소하였다. 이를 통해 녹차의 채엽 시기가 유기농 녹차의 카테킨 성분 및 항산화능에도 영향을 미치는 것을 확인하였다. 전반적으로 상급의 유기농 녹차 일수록 총페놀 및 카테킨 함량이 많으며 또한 더 높은 항산화능을 가지고 있는 것으로 나타났다.

## 감사의 글

본 연구는 대한민국 산업기술평가원의 2006년부터 2008년도까지 수행된 지역산업기술개발사업의 연구비지원(과제번호10027429)에 의해 수행된 연구결과이며 이에 감사드립니다.

## 문 헌

- Peterson J, Dwyer J, Bhagwat S, Haytowitz D, Holden J, Eldridge AL, Beecher G, Aladesanmi J. Major flavonoids in dry tea. *J. Food Compos. Anal.* 18: 487-501 (2005)
- Yasuda M, Kondo M, Sonda T, Takedomi K, Eguchi S, Eguchi A. The effects of tea manufacturing methods on the contents of chemical components and antioxidative activity in tea infusions. *Food Sci. Biotechnol.* 13: 156-161 (2004)
- Lee MJ, Kwon DJ, Park OJ. The comparison of antioxidant capacities and catechin contents of Korean commercial green, oolong, and black teas. *Korean J. Food Culture* 22: 449-453 (2007)
- Khan N, Mukhtar H. Tea polyphenols for health promotion. *Life Sci.* 81: 519-533 (2007)
- Yoshida Y, Kiso M, Goto T. Efficiency of the extraction of catechins from green tea. *Food Chem.* 67: 429-433 (1999)
- Coimbra S, Castro E, Rocha-Pereira P, Rebelo I, Rocha S, Santos-Silva A. The effect of green tea in oxidative stress. *Clin. Nutr.* 25: 790-796 (2006)
- Suganuma M, Okabe S, Sueoka N, Sueoka E, Matsuyama S, Imai K, Nakachi K, Fujiki H. Green tea and cancer chemoprevention. *Mutat. Res.-Fund. Mol. M.* 428: 339-344 (1999)
- 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)
- Ryu OH, Lee J, Lee KW, Kim HY, Seo JA, Kim SG, Kim NH, Baik SH, Choi DS, Choi KM. Effects of green tea consumption on inflammation, insulin resistance and pulse wave velocity in type 2 diabetes patients. *Diabetes Res. Clin. Pr.* 71: 356-358 (2006)
- Rasheed A, Haider M. Antibacterial activity of *Camellia sinensis* extracts against dental caries. *Arch. Pharm. Res.* 21: 348-352 (1998)
- Kondo K, Kurihara M, Miyata N, Suzuki T, Toyoda M. Scavenging mechanisms of (-)-epigallocatechin gallate and (-)-epicatechin gallate on peroxy radicals and formation of superoxide during the inhibitory action. *Free Radical Biol. Med.* 27: 855-863 (1999)
- Kim S-H, Han D, Park J-D. Changes of some chemical compounds of Korean (Posong) green tea according to harvest periods. *Korean J. Food Sci. Technol.* 36: 542-546 (2004)
- Kim D-O, Lee CY. Extraction and isolation of polyphenolics. pp 11.2.1-11.2.12. In: *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*. Wrolstad RE (ed). John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, USA (2002)
- Singleton VL, Rossi JA, Jr. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Viticult.* 16: 144-158 (1965)
- Kim D-O, Lee KW, Lee HJ, Lee CY. Vitamin C equivalent antioxidant capacity (VCEAC) of phenolic phytochemicals. *J. Agr. Food Chem.* 50: 3713-3717 (2002)
- Kim D-O, Heo HJ, Kim YJ, Yang HS, Lee CY. Sweet and sour cherry phenolics and their protective effects on neuronal cells. *J. Agr. Food Chem.* 53: 9921-9927 (2005)
- Perva-Uzunalić A, Škerget M, Knez Ž, Weinreich B, Otto F, Grünert S. Extraction of active ingredients from green tea (*Camellia sinensis*): Extraction efficiency of major catechins and caffeine. *Food Chem.* 96: 597-605 (2006)
- Koiwai H, Masuzawa N. Extraction of catechins from green tea using ultrasound. *Jpn. J. Appl. Phys.* 46: 4936-4938 (2007)
- Turkmen N, Sari F, Velioglu YS. Effects of extraction solvents on concentration and antioxidant activity of black and black mate tea polyphenols determined by ferrous tartrate and Folin-Ciocalteu methods. *Food Chem.* 99: 835-841 (2006)
- Kang S-K, Shon M-Y. Changes of bioactive compounds and antioxidant activities in Korean green tea (*Camellia sinensis*) with different harvest periods. *Korean J. Food Pres.* 14: 709-715 (2007)
- Coyle CH, Philips BJ, Morrisroe SN, Chancellor MB, Yoshimura N. Antioxidant effects of green tea and its polyphenols on bladder cells. *Life Sci.* 83: 12-18 (2008)
- Chen C, Tang H-R, Sutcliffe LH, Belton PS. Green tea polyphenols react with 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl free radicals in the bilayer of liposomes: Direct evidence from electron spin resonance studies. *J. Agr. Food Chem.* 48: 5710-5714 (2000)
- Wang H, Helliwell K. Epimerisation of catechins in green tea infusions. *Food Chem.* 70: 337-344 (2000)
- Dobashi Y, Hirano T, Hirano M, Ohkatsu Y. Antioxidant and photo-antioxidant abilities of catechins. *J. Photoch. Photobio. A* 197: 141-148 (2008)