

## DPPH 방법을 통한 녹차의 항산화 활성에 대한 연구

오중학<sup>1</sup> · 김은희<sup>1</sup> · 김정례<sup>1</sup> · 문영인<sup>2</sup> · 강영희<sup>3</sup> · 강정숙<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>제주대학교 식품영양학과

<sup>2</sup>제주도 북제주군 농협기술센터

<sup>3</sup>한림대학교 생명과학부 식품영양전공

## Study on Antioxidant Potency of Green Tea by DPPH Method

Joong Hak Oh<sup>1</sup>, Eun Hee Kim<sup>1</sup>, Jung Lye Kim<sup>1</sup>, Young In Moon<sup>2</sup>,  
Young Hee Kang<sup>3</sup> and Jung Sook Kang<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. Food and Nutrition, Cheju National University, Jeju 690-756, Korea

<sup>2</sup>Pukjeju Agricultural Development and Technology Extension Center, Jeju 695-905, Korea

<sup>3</sup>Div. of Life Sciences and Institute of Environment and Life Science, Hallym University, Chuncheon 200-702, Korea

### Abstract

The present study was conducted to compare antioxidant activity of green teas, fermented teas and other related common teas by examining radical scavenging activity using DPPH (2,2 diphenyl 1-picryl hydrazyl). Scavenging activity (SC<sub>50</sub>) of epigallocatechin gallate (EGCG) for 0.1 mM DPPH radical was 5.5 μM or 4.2 mg/L by weight, then catechin, 14 μM or 2.5 mg/L and vitamin C, 22 μM or 3.9 mg/L, respectively. Kyokuro tea (okro) powder of 24.2 mg/L or green tea powder of 25.2 mg/L was used to reach SC<sub>50</sub> for 0.1 mM DPPH. One serving of 2 g green tea provides antioxidant activity equivalent to 109~147 mg EGCG, 145~185 mg catechin or 131~168 mg vitamin C. Teas from the first harvest had the highest radical scavenging activity when compared with later harvest green teas grown in the same region, but there is virtually no difference by the harvest time. A Chinese green tea, Dragon well had the highest antioxidant activity among other green teas tested providing antioxidant capacity equivalent to 168 mg EGCG or 188 mg vitamin C per 2 g serving, but partially fermented Chinese teas had much lower antioxidant activity than any green tea tested. Black tea which is fully fermented showed as strong antioxidant activity as green teas (76.3 mg vs 86.7~67.6 mg per tea bag). One tea bag of green teas from market provided antioxidant capacity equivalent to 52~86 mg EGCG, 70~105 mg catechin or 63~96 mg vitamin C. Teas made of persimmon leaf, pine needle, mulberry leaf had comparatively low antioxidant activity equivalent to 2.5~4.8 mg EGCG or 15~21 mg vitamin C per teabag. The third brewed green tea still had enough antioxidant activity, while tea from tea bag brewed for 3 min or 5 min did not have any difference in their antioxidant activity. More systemic studies are needed to clarify the relationship between tea catechins and antioxidant capacity focusing on how growing, harvest time, fermentation and other processes can influence on this.

**Key words:** green tea, catechins, antioxidant activity, DPPH

### 서 론

차의 기원에 대해서는 지금부터 약 5000년전 몸에 독이 배었을 때 차를 먹고 풀었다는 열제 신농에 관한 기록이 있고, 물맛이 나빠 산미음료를 마시던 중국 화북지방에 새로운 음료로 등장한 것이 차라고 전해지고 있다. 전한의 명의 화타는 차의 효능에 대해 마음을 안정시키고, 기를 돋우며, 늙은 일을 적게 하고 노쇠를 늦추며 총명하게 한다고 하였는데 차는 처음에는 민간요법의 질병치료 목적으로 시작되었으나 점차 경험적인 약리 효능과 함께 특유한 맛과 향기로서 가장 즐기는 음료중의 하나로 되었으며 세계 인류의 50%가 즐겨 마시

고 있다(1,2). 녹차 카테킨은 자연적인 항산화제로서 항염, 항알레르기 및 항암 등 다양한 생리활성작용을 지닌 것으로 알려져 있는데(1,3,4), 최근에는 혈압강하 및 혈중 지질 개선 효과 등 심순환기 질환의 예방에 탁월한 효과와 함께 혈당강화 작용이 있는 것으로 보고되고 있다(5-7). 발효차인 홍차는 제조과정에서 생성된 카테킨의 산화 중합체인 테아플라빈의 특유의 상쾌한 짙은맛을 나타내면서 항혈전, 항돌연변이의 생리활성 효과와 더불어 치석형성의 억제효과도 알려져 있다(8-10).

동백나무과에 속하는 다년생의 상록관목(*Camellia sinensis*)인 차나무는 중국 운남, 귀주 및 히말라야 기슭의 앓쌈

\*Corresponding author. E-mail: jungkang@cheju.ac.kr  
Phone: 82-64-754-3555, Fax: 82-64-725-2539

지역에서 자생하고, 중국, 인도를 비롯한, 케냐, 러시아 등 온대, 아열대를 걸쳐 광범위하게 재배되고 있다. 우리나라에서 재배하는 차나무는 녹차재조에 적합한 소엽종으로 재래종(금곡록, 협산향 등)이 있고 개량종으로 다원에서 다량 재배하는 야부끼타가 있다. 차나무는 광범위하게 분포되어 오랜 기간 동안 생태학적 변이를 통해 각 지역마다 차 성분에서 조성비가 약간 다르고 지역 특유한 맛, 향, 색깔을 갖게 되고, 지역 종의 특성에 따라 차의 제조 방법이 다르다(2,11).

녹차의 화학적성분으로 카테킨류는 flavan-3 ol 구조의 phenolic 화합물로서 무색, 수용성이며 강한 항산화능을 가지고 있는데 이는 녹차 특유의 수렴성 쓴맛을 제공한다. 차의 주된 카테킨은 epicatechin형태로서 epigallocatechin gallate가 건조무게의 9~13%로 가장 많고 epigallocatechin과 epicatechin gallate가 각 3~6%, epicatechin이 1~3%이며, 그 외 catechin, galocatechin이 각각 1~2%정도 함유되어 있다. 또한 flavonoid인 quercetin, kaempferol, myricetin 등이 배당체 형태로 적은 양 들어 있고, 기타 수용성 물질로서 phenolic acid, caffeine, 아미노산인 테아닌이 들어 있다(12). 발효차인 홍차는 제조과정 중 polyphenol oxidase에 의해 카테킨으로부터 산화 중합체로서 테아플라빈, 테아루비긴이 생성된다. 녹차의 함유된 항산화 물질로서 catechin류는 이들의 구조상 특징과 항산화능과 관련이 있는 것으로 알려져 있는데, 특히 gallate와의 ester에서 3개의 수산화기는 이들의 항산화능을 한층 증가시킨다(13). 별가람이나 수확시기, 발효정도에 따라 catechin 함량과 조성이 달라질 수 있으므로 항산화능에 있어서도 차이가 있다(14,15). 미량인긴 하지만  $\beta$ -carotene을 비롯한 neoxanthin, lutein 등 지용성 항산화 물질이 함유되어 있으나 우려낸 녹차의 항산화능에는 영향을 미치지 못한다. 특히 녹차의 비타민 C는 환원형으로 녹차의 항산화작용에 일조한다(2,12).

본 연구에서는 녹차의 수확시기, 제조과정, 우려내는 방법에 따른 녹차 속의 항산화 활성을 DPPH radical의 소거능을 통하여 비교하고 녹차를 중심으로 시판되고 있는 몇가지 차의 일상적인 음용을 통하여 섭취되어지는 항산화 물질의 섭취량을 추정하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 시료의 준비

카테킨, epigallocatechin gallate(EGCG)의 플라보노이드 시료 및 DPPH(2,2 diphenyl 1-picryl hydrazyl)는 Sigma (St. Louis, MO)로부터 구입하였다. 실험에 사용된 차 시료는 2003년 생산된 것으로 녹차는 태평양 녹차사업부, 보성제다, 화개제다, 쌍계제다로부터 공급받고, 중국산 반발효차와 일본 녹차는 태평양 녹차사업부와 차를 애호하는 개인으로부터 공급받았다. 티백형태의 감잎차, 솔잎차(이상 화개농협), 동굴레차(태평양 녹차사업부)는 2003년 제조된 것으로 매장

에서 구입했다.

### 차 우리기(tea brewing)

항산화 활성을 평가하기 위하여 1인 2g의 차 분량을 각각 140 mL 찻물을 사용한 초탕, 재탕, 삼탕에 대한 항산화 활성 비교와 그 혼합액으로부터 각 차가 함유한 항산화 활성을 카테킨, EGCG 또는 비타민 C 값으로 환산하였다. 찻물은 지하수를 끓여 65°C로 식혀 사용하였으며 각 3분간 초, 재, 삼탕으로 찻잎을 우려내었는데, 물 온도와 우려는(brewing) 시간에 엄격한 기준을 정하여 반복실험을 진행하였다.

시판되고 있는 티백시료는 봉지 당 1.2g 또는 1.25g 함량이었고 70°C 찻물 100 mL에 3분간과 5분간 우려낸 찻물에서의 항산화 활성을 비교하였는데 냉녹차의 경우 17°C 찻물을 사용하였다.

### 항산화 활성의 측정

Flavonoids의 항산화 활성은 DPPH법(16)을 이용하여 시료의 라디칼 소거능을 측정했다. DPPH는 짙은 자주색을 나타내며 그 자체가 질소 중심의 라디칼로서, 라디칼 전자의 비 편재화에 의해 안정화된 상태로 존재한다. 메탄올에 용해된 DPPH는 517 nm에서 최대 흡광도를 나타내며 시료의 환원력에 의해서 시료 첨가와 함께 흡광도가 감소한다. 0.3 mM DPPH 메탄올 용액 1 mL에 표준시료로서 메탄올에 용해한 카테킨, EGCG, 비타민 C 또는 우려낸 녹차를 첨가하여 메탄올로 3 mL 맞춘 후 spectrophotometer(model Kontron uvikon 860) 517 nm에서 최종농도 0.1 mM DPPH에 대한 흡광도의 감소를 측정하였다. 시료의  $SC_{50}$ (scavenging activity)은 시료 첨가 후 10분 만에 DPPH의 농도가 50% 감소하는데 필요한 시료의 농도로 하였다. 차 시료의 항산화 활성은 각 표준시료의 검량선으로부터 정량된 값으로, 검량선은 표준시료의 환원력 크기에 따라 시료첨가 후 4분 만에 0.1 mM DPPH에 대한 흡광도의 감소 10%~90% 사이의 다섯 표준농도로부터 만들어졌다. 차 시료는 우려낸 원액 5~20 mL 분량으로 사용되었으나 전통차의 경우 200~800  $\mu$ L 분량으로 사용되었다. 실험 결과는 3반복 측정치의 평균값으로 표시하였다.

## 결과 및 고찰

### 카테킨류의 항산화 활성비교

옥로 및 녹차분말의 항산화 활성을 EGCG, 카테킨, 비타민 C와 비교한 내용이 Table 1에 나타나 있다. 항산화 활성은 DPPH radical 소거에 따른 흡광도의 감소로 나타나며 0.1 mM DPPH에 대해 50% 흡광도를 감소시키는데 필요한 항산화 물질의 농도( $SC_{50}$ )로서 EGCG(epigallocatechin gallate)가 5.5  $\mu$ M로 가장 낮고 catechin이 14  $\mu$ M, 비타민 C가 22  $\mu$ M로서 가장 높은데, 중량으로 나타내었을 경우 분자량의 차이로 인해 EGCG, catechin, 비타민 C가 각각 2.5 mg/L, 4.2 mg/L,

**Table 1. SC<sub>50</sub> concentrations of catechin, EGCG, vitamin C, kyokuro and green tea powders for 0.1mM DPPH**

	EGCG	Catechin	Vit. C	Kyokuro <sup>3)</sup>	Green
SC <sub>50</sub> (mg/L) <sup>1)</sup>	2.5 <sup>4)</sup>	4.2	3.9	24.2	25.2
( $\mu$ M) <sup>2)</sup>	(5.5)	(14)	(22)		

<sup>1)</sup>Catechin and tea concentrations at which the decrease in absorbance at 517 nm by 50% for 0.1 mM DPPH in methanol at 10 min after addition of flavonoids, vit. C or tea powder in methanol.

<sup>2)</sup>Catechins and vit. C concentrations in mg/L converted to molar concentration.

<sup>3)</sup>Kyokuro (okro) grown under complete shade.

<sup>4)</sup>Values are average of three measurements.

3.9 mg/L로서 수치상 그 차이가 크게 줄어진다. 옥로차(kyokuro)분말, 녹차분말의 SC<sub>50</sub> 값을 이들 순수 항산화 물질과 비교하는 경우 각각 24.2 mg/L, 25.2 mg/L로서 옥로분말이 약간 높은 항산화 활성을 나타냈다. 본 실험에서 별가림으로 재배된 옥로가 일반 녹차보다 높은 항산화 활성을 보인 것은 햇빛을 충분히 받은 차잎의 EGCG 함량이 높다(12,17)는 이론적 근거와는 일치하지 않는다. 이들 SC<sub>50</sub> 값으로부터 녹차분말 1그램의 항산화 활성을 EGCG, 카테킨, 비타민 C 당량(equivalent)으로 나타낼 경우 각각 100 mg, 167 mg 또는 155 mg에 해당된다. 녹차에 함유된 총 카테킨류는 건조무게의 약 18~32%이고 이중 50%가 EGCG임을 감안한다면(12) 본 실험에서 측정된 항산화 활성은 실제 들어 있는 총 카테킨 함량보다 낮다. 최근 HPLC를 이용해 측정된 녹차 속의 총 카테킨 함량은 260~330 mg/g정도로 이중 100~150 mg/g이 EGCG라는 국내 연구보고가 있는데(15), 이는 종전의 국내 보고내용(14,17)보다 2배정도 높다. Radical 소거능의 패턴을 비교했을 때(Fig. 1) catechin, EGCG는 항산화능이 10분 이후에도 지속된 데 비해 비타민 C는 즉시 활성이 끝나고 옥로나 녹차분말의 항산화능은 카테킨류의 패턴과 비슷하게 지속적임을 알 수 있다.

**수확시기와 발효에 따른 항산화 활성의 비교**

두 제다에서 생산된 녹차를 수확시기별로 분석한 결과가

**Table 2. The effect of harvest time on antioxidant activity equivalent to catechin, EGCG or vitamin C**

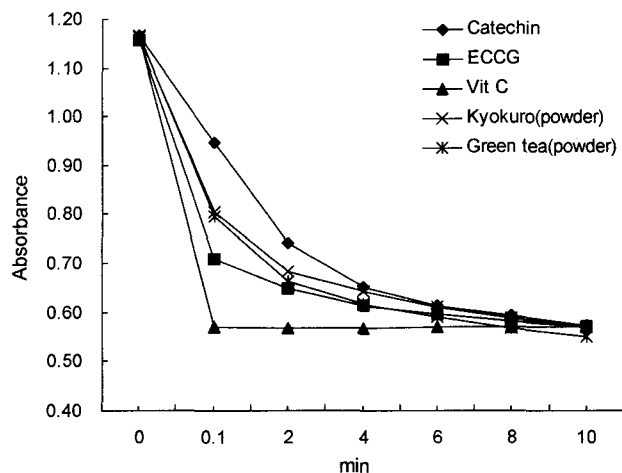
Green tea <sup>1)</sup>		I	II	III	IV	V	VI
		mg equivalent / 2 g tea					
B Product	EGCG	142.9 <sup>2)</sup>	124.7	142.2	136.7	117.6	
	Catechin	180.8	161.5	180.0	145.1	153.9	
	Vit. C	164.3	146.7	163.6	131.8	139.9	
S Product	EGCG	147.3		114.3	116.8	109.2	98.0
	Catechin	185.4		150.5	153.1	145.1	133.3
	Vit. C	168.5		136.7	139.1	131.8	121.0

Tea samples prepared by mixing the first, second and third brewed teas of 2 g tea sample with 140 mL underground water, 65°C for 3 minutes each.

<sup>1)</sup>Green tea samples of B product or green tea samples of S product were grown in the same region. All green tea samples were manufactured by steaming process. Green tea I, small leaves from the first spring flush; Green tea II, leaves harvested around 20th April; Green tea III, late April; Green tea IV, early May; Green tea V, middle May; Green tea VI, June 10~15th.

Green tea VI of B product or Green tea II of S product not harvested.

<sup>2)</sup>Values are average of three measurements.



**Fig. 1. Patterns of absorbance decrease after adding antioxidants of SC<sub>50</sub> concentration for 0.1 mM DPPH.**

Table 2에 나타나 있다. 우전에 수확된 첫물차(green tea I)의 경우 2그램의 차 잎으로부터 용출된 항산화 물질을 EGCG 당량으로 비교해 볼 때 B 제다와 S 제다의 우전 녹차가 각각 142.9 mg, 147.3 mg으로 가장 높은 항산화 활성을 나타냈다. 4월 말 즈음에 수확된 세차(green tea III)의 경우 B 제다와 S 제다의 EGCG 당량값은 142.2 mg과 114.3 mg으로 상당한 차이를 보이고 있다. S 제다에서 6월 중순에 수확한 끝물차인 엽차(green tea VI)는 같은 지역의 우전 녹차의 75% 정도의 항산화 활성을 보였는데, Lee 등(15)의 분석에서도 채엽 시기를 4월, 6월, 7월로 달리한 녹차의 카테킨 함량은 늦게 수확한 녹차일수록 낮았다. 녹차의 항산화 활성에 기여하는 물질로 카테킨류 이외도 비타민 C를 생각할 수 있는데 녹차 속의 비타민 C는 건조중량으로 2.5~5.7 mg/g 함유되어 있으며 대체로 안정화된 환원형으로 강한 항산화 활성을 지니고 있으므로 이는 녹차의 항산화능에 상당한 기여를 하리라 생각된다. 어린 차잎의 경우 항산화 활성이 강한 환원형 비타민 C로 존재하나 덩음 등의 열처리 과정이나 차잎이 성숙하는 과정에서 산화형 비타민 C로 전환할 수 있다(2,12). 본 연구에서

우전 녹차가 가장 높은 항산화 활성을 보이고 엽차를 포함하여 수확시기가 늦은 녹차 잎의 항산화 활성이 전반적으로 낮았지만, 녹차의 EGCG 등의 카테킨이나 비타민 C의 함량이 수확시기에 비례하고 채엽시기에 따라 항산화 활성이 변한다고 단정할 수 없다. 또한 수확시기가 비슷하지만 지역이 다른 경우 그 활성에 차이가 있음은 차 품종이나 일조량, 강수량, 기온 등의 기후적 여건에 기인될 수 있으리라 생각된다.

옥로를 비롯한 우리나라 녹차, 일본녹차, 중국녹차 및 반발효차에 대한 우린 찻물의 항산화 활성을 비교한 결과가 Table 3에 나타나 있다. 옥로와 같은 회사의 우전의 증제 및 덩음 녹차 2그램으로부터 용출된 항산화 활성을 EGCG 당량으로 비교했을 경우 옥로가 112.9 mg이고 덩음과 증제 녹차가 각각 93.7 mg과 99.5 mg로서 옥로와 녹차의 분말을 비교했을 경우와 마찬가지로 옥로가 약간 높은 항산화 활성을 보였으나, 일본 녹차를 비롯한 전반적인 녹차의 항산화 활성에는 큰 차이는 없었다. 중국의 대표적인 덩음 녹차인 용정차(Dragon well green tea)의 항산화 활성이 월등히 높았는데 용정차의 차잎의 품종, 기후조건, 재배여건, 가공방법 등 항산화 활성에 영향을 미칠 수 있는 여러 요인에 대한 보다 체계적인 연구가 필요하리라 본다. 우롱차를 포함한 중국의 반발효차는 녹차에 비해 전반적으로 낮은 항산화 활성을 보였는데 12~15% 발효차인 포종차, 25~30% 발효시킨 철관음(oolong tea I), 그리고 50~55% 발효차인 일반적인 오롱차

(oolong tea II)를 비교했을 때 1회 분량의 녹차잎 2그램에 대해서 각각 68.5 mg, 52.5 mg, 25.6 mg EGCG에 해당하는 항산화 활성을 보였는데 발효정도가 높을수록 항산화 활성은 떨어지는 것을 알 수 있다. 차잎의 품종과 제조과정이 다소 다른 백차의 일종인 백호은침(Pekoe)은 아주 가볍게 발효시킨 차인데, 우롱차를 포함한 다른 반발효차류에 비해 낮은 항산화 활성을 보였고, 후발효차인 보이차(Puerh)는 수확 직후 열처리하여 차잎 속의 효소를 불활성화시킨 후 미생물에 의한 발효로 만들어진 것으로 가장 낮은 항산화 활성을 보였다. 완전 발효차인 홍차의 항산화 활성을 같은 분량의 티백 녹차와 비교하는 경우(Table 4), 찻물 속의 항산화 활성은 녹차 티백 I과 II의 값 86.7 mg, 67.6 mg과 비슷한 76.3 mg EGCG에 해당하는데 이렇게 홍차의 높은 항산화 활성은 홍차의 카테킨 함량으로는 설명하기 어렵다. 녹차 카테킨은 발효과정에서 polyphenol oxidase에 의해 산화 중합체인 theaflavin, thealubigin으로 전환되어 홍차에는 적은 양의 카테킨이 남아 있다. Nah 등(14)은 우롱차가 녹차에 비해 모든 카테킨에 있어서 감소되어 있고, Lee 등(15)의 분석에서는 홍차의 카테킨 함량은 녹차나 우롱차의 10%에 지나지 않는다. 발효과정에서 차잎에 일어나는 화학적 변화와 홍차의 radical 소거 능력이 theaflavin과 thealubigin에 의한 것이라면 이에 대한 보다 체계적인 연구가 필요하리라 생각된다. 별가림 재배 등 차잎의 일조량이나 수확시기가 카테킨과 비타민 C 등 항산

Table 3. The effect of tea processing on antioxidant activities equivalent to catechin, EGCG or vitamin C

	Green tea					Partially fermented tea				
	Okro <sup>1,2)</sup>	Parched <sup>2)</sup>	Steamed <sup>2)</sup>	Japanese <sup>3)</sup>	Chinese <sup>4)</sup>	Pekoe <sup>5)</sup>	Pouchong <sup>6)</sup>	Oolong I <sup>7)</sup>	Oolong II <sup>8)</sup>	Puerh <sup>9)</sup>
	mg equivalent / 2 g tea					mg equivalent / 2 g tea				
EGCG	112.9 <sup>10)</sup>	93.7	99.5	94.4	167.9	21.3	68.5	52.5	25.6	16.9
Catechin	149.1	128.7	134.9	129.5	207.1	52.2	102.1	85.2	56.7	28.0
Vit. C	135.5	116.8	122.5	117.6	188.3	47.1	92.6	77.2	51.3	25.1

Tea samples prepared by mixing the first, second and third brewed teas of 2 g tea sample with 140 mL underground water, 65°C for 3 min each.

<sup>1)</sup>Kyokuro (okro) grown under complete shade.

<sup>2)</sup>Korean tea samples grown in the same region, harvested around the 20th of April.

<sup>3)</sup>Japanese green tea, Shizuoka, steamed. <sup>4)</sup>Chinese green tea, Dragon well, parched.

<sup>5)</sup>A white tea, slightly fermented. <sup>6)</sup>Pouchong, 12~15% fermented. <sup>7)</sup>Dark oolong tea, Ti Kuan Yin, 25~30% fermented.

<sup>8)</sup>Green oolong tea, 50~55% fermented. <sup>9)</sup>Puerh tea, late fermented in bamboo case.

<sup>10)</sup>Values are average of three measurements.

Table 4. Antioxidant activity of one instant teabag equivalent to catechin, epigallocatechin gallate or vitamin C

	Green tea I <sup>1)</sup>	Green tea II <sup>1)</sup>	Green tea III <sup>2)</sup>	Icegreen tea <sup>1)</sup>	Ricegreen tea <sup>1)</sup>	Persimmon <sup>3)</sup>	Pine middle <sup>3)</sup>	Dungule <sup>3)</sup>	Mulberry <sup>2)</sup>	Black tea <sup>2)</sup>
	mg equivalent / teabag									
EGCG	86.7 <sup>4)</sup>	67.6	52.8	35.0	14.5	3.6	2.5	0.7	4.8	76.3
Catechin	105.8	85.6	70.0	51.2	29.4	17.9	16.7	6.1	24.1	97.8
Vit. C	96.2	77.8	63.6	46.4	26.6	16.1	15.1	5.4	21.5	86.2

Tea samples of 1.2 g or 1.25 g teabag prepared in 100 mL water, 70°C for 3 min brewing. Ice green tea prepared in 100 mL water, 17°C.

<sup>1)</sup>Green tea I, green tea II, ice green tea and rice green tea are products of the same company.

<sup>2)</sup>Green tea III, mulberry and black tea are products of different companies.

<sup>3)</sup>Persimmon, pine needle and dungule (*Polygonatum odoratum*) are products of the same company.

<sup>4)</sup>Values are average of three measurements.

화 물질의 함량에 미칠 수 있는 영향을 규명하기 위해서 먼저 정성 및 정량 분석적인 연구가 필요하리라 생각된다.

녹차 우리기와 차 카테킨 용출

1인 분량 2그램의 차잎을 3분간씩 초탕, 재탕, 삼탕으로 우려낸 찻물의 항산화 활성을 비교하였다(Fig. 2, Fig. 3). 우려낸 찻물의 항산화 활성은 일반적으로 초탕에서 가장 높았으나 차의 종류에 따라 재탕이 높은 항산화 활성을 보였는데 삼탕의 찻물도 상당한 항산화 물질이 함유된 것으로 나타났다. B 제다와 S 제다의 녹차 2그램을 3회 우려 마시는 경우 이로부터 섭취할 수 있는 항산화 물질은 엽차에 해당하는 S 제다의 green tea VI를 제외하고 EGCG기준으로 109~147 mg정도이고 이를 비타민 C로 환산하는 경우 142~168 mg이다. 이는 녹차 분말 1그램에 EGCG 100 mg 또는 비타민 C 155 mg에 해당하는 항산화 물질이 함유되어 있는 것을 고려

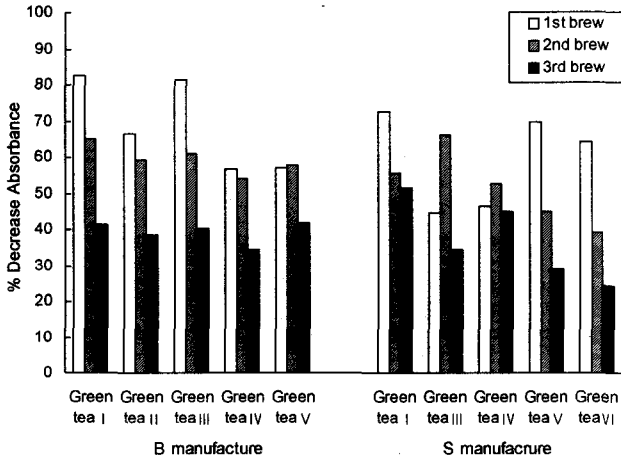


Fig. 2. Comparison of antioxidant activity in teas brewed 1st, 2nd and 3rd time expressed as % decrease in absorbance at 4 min after adding 20  $\mu$ L of 140 mL each brewed tea to 0.1 mM DPPH.

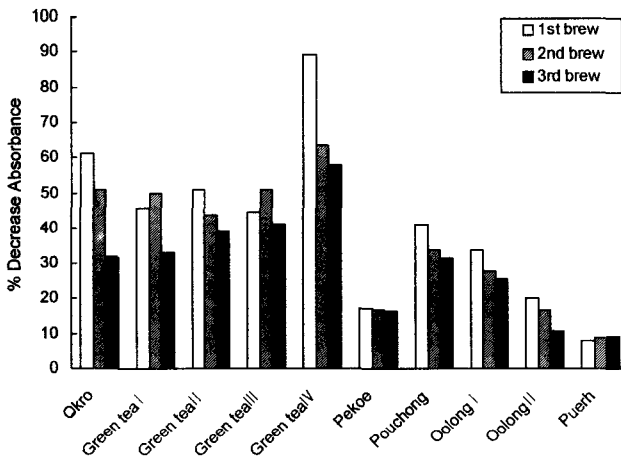


Fig. 3. Comparison of antioxidant activity in teas brewed 1st, 2nd and 3rd time expressed as % decrease in absorbance at 4 min after adding 20  $\mu$ L of 140 mL each brewed tea to 0.1 mM DPPH.

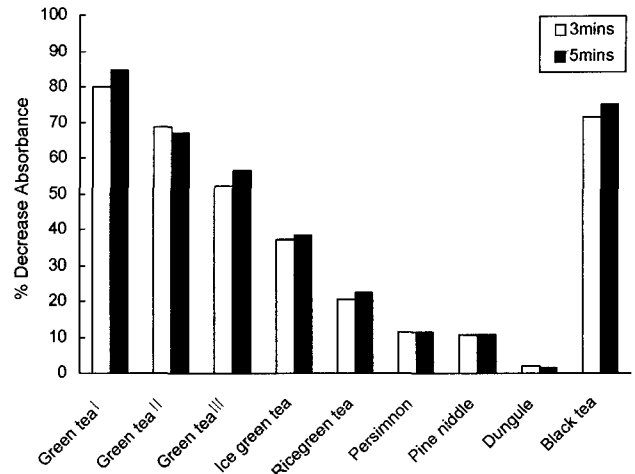


Fig. 4. Comparison of antioxidant activity in a teabag brewed for 3 or 5 min expressed as % decrease in absorbance at 4 min after adding 10  $\mu$ L of 100 mL tea to 0.1 mM DPPH.

할 때 녹차 잎 속에 함유된 항산화 물질의 절반이 용출된 셈이다. 보이차나 백호차 등 중국의 특수 발효차는 녹차의 20% 수준인 21~25 mg EGCG에 해당하는 낮은 항산화 활성을 보였으며, 특히 포종차, 철관음, 오롱차 등의 우롱차류는 발효 정도에 따라 EGCG 68.5 mg, 52.5 mg, 25.6 mg의 값으로 항산화 활성은 감소되었다.

시판되는 1.2~1.25그램 티백을 3분과 5분간 우려낸 찻물의 항산화 활성을 비교하였다(Fig. 4). 녹차 전잎을 사용하였을 때 삼탕에도 상당량의 항산화 물질이 함유되어 있는데 비해, 티백의 경우 3분간 또는 5분간 우려낸 찻물에 용출된 항산화 물질은 사실상 차이가 없었다. 티백의 차는 빵아진 형태로 카테킨 등의 항산화 물질의 용출이 빠르므로 3분간 일회 우려내는 것으로 충분한 것으로 생각된다. 제품에 따라 다소 차이가 있으나 1.2그램 녹차 티백으로부터 EGCG 52~86 mg, 비타민 C로는 63~96 mg에 해당하는 항산화 물질이 용출된 것인데 이것은 녹차 전잎을 3회 우려낸 것과 비교할 때 그램당 용출된 항산화 물질은 비슷하다. 증열과정이 긴 냉녹차나 차잎의 분량이 상대적으로 적은 현미녹차가 일반녹차의 티백보다 용출된 항산화 물질이 적고 감잎, 뽕잎, 솔잎 등의 전통차에도 2.5~4.8 mg EGCG에 해당하는 항산화 활성을 보였으나 동굴레 차에는 0.7 mg으로 활성이 거의 없다.

과일주스 1 L에 퀘세틴 6.4 mg에 해당하는 항산화 물질이 함유되어 있고, 부루셀 스프라우트와 같은 함황야채에 200 mg/100 g 수준의 플라보노이드가 함유되어 있다(18,19). 이에 비해 일회 녹차 음용으로도 훨씬 많은 양의 항산화 물질을 섭취할 수 있고 기호음료로서 섭취하는데 무리가 없다. 항산화 활성의 비교실험에서 녹차의 주된 카테킨인 EGCG는 퀘세틴에 비해 1.5배의 항산화 활성을 가지고 있다(20). 그러나 항산화 활성의 강도를 떠나 차나 과일, 야채에 함유된 다양한 플라보노이드는 그 구조적 특성에 따라 체내에서 임상 유용성의 생리활성을 나타내리라 생각된다.

## 요 약

본 실험에서는 DPPH radical 소거능을 통하여 차잎의 수확시기 및 발효정도에 따른 항산화 활성에 있어서 변화를 비교하고 일상의 녹차 음용으로 섭취되는 항산화 물질을 EGCG 등의 함량으로 추정하고자 하였다. 우전과 같이 수확시기가 빠른 것이 다소 높은 항산화 활성을 보였고, 특히 별가림 재배한 옥로가 일반 녹차에 비해 적어도 비슷한 활성을 나타냈다. 중국의 반발효차에 있어서 발효정도에 따라 항산화 활성이 감소한데 비해 완전히 발효된 홍차의 경우 항산화 활성이 녹차의 수준으로 유지하였고, 이러한 홍차의 항산화 물질에 대해서는 보다 체계적인 연구가 필요하리라 생각된다. 분량 2그램의 녹차를 3회 우려 마시는 경우 이로부터 섭취할 수 있는 항산화 물질은 EGCG 기준으로 109~147 mg정도이고 비타민 C로는 142~168 mg에 해당한다. 시판되고 있는 녹차 티백은 제품에 따라 다소 차이를 보였으나 한 티백으로부터 52~86 mg정도의 EGCG에 해당하는 항산화 활성을 보였는데 비타민 C로는 63~96 mg에 해당한다. 증열과정이 긴 냉 녹차나 차잎의 분량이 적은 현미 녹차가 낮은 항산화 활성을 보였고, 감잎차, 뽕잎차, 솔잎차에서도 적으나마 항산화 활성이 보인 반면 식물의 뿌리인 둥굴레차는 항산화 활성이 거의 없다. 전통적인 방법으로 차를 3회 우려마시는 경우 차잎 속에 포함된 항산화 물질의 절반정도가 용출되는 셈인데 가능한 분말차로 사용되는 것이 경제적인 수 있다. 세번째 우려된 찌꺼기에도 상당량의 항산화 물질이 함유된 반면, 녹차 티백의 경우 3분이면 충분한 항산화 물질이 용출되는 것을 알 수 있다. 식품 속의 플라보노이드가 섭취되어 실제로 어느 정도 흡수되는가에 대해서 아직 이견이 있고 플라보노이드의 임상적인 효과에 대해 확실하지 않으나 역학적인 근거로는 긍정적이다. 천연의 항산화 물질을 자연스럽게 섭취하는 방법으로서 차의 음용을 생활화하는 것은 퇴행성 또는 노화관련 질환의 예방차원에서 바람직하리라 본다.

## 감사의 글

본 연구는 한국과학재단의 목적기초(R02-2001-00718) 및 특정기초(R01-2003-000-10204-0)의 지원으로 수행된 연구 결과의 일부이며 연구비지원에 감사드립니다. 또한 태평양 화학 녹차사업부, 보성제다, 쌍계제다에서 제공해 주신 시료에 감사드리고 다양한 차시료와 함께 조연의 말씀을 주신 제주의 김지순 선생님께도 감사의 말씀드립니다.

## 문 헌

1. Trevisanato SI, Kim YI. 2000. Tea and health. *Nutr Review* 58: 1-10.

2. Shin MK. 1994. Green tea science. *Korean J Dietary Culture* 9: 433-445.
3. Shibata K, Moriyama M, Fukushima T, Miyazaki M, Une H. 2000. Green tea consumption and chronic atrophic gastritis: a cross-sectional study in green tea protection village. *J Epidemiol* 10: 310-316.
4. Chung FL, Schwartz J, Herzog CR, Yang YM. 2003. Tea and cancer prevention: studies in animals and humans. *J Nutr* 133: 3268S-3274S.
5. Hodgson JM, Puddey IB, Burke V, Jordan N. 1999. Effects on blood pressure of drinking green and black tea. *J Hypertens* 17: 457-463.
6. van het Hof KH, Wiseman SA, Yang CS, Tijburg LB. 1999. Plasma and lipoprotein levels of tea catechins following repeated tea consumption. *Proc Soc Exp Biol Med* 220: 203-209.
7. Kuttan R. 2002. Antidiabetic activity of green tea polyphenols and their role in reducing oxidative stress in experimental diabetes. *J Ethnopharmacol* 83: 109-116.
8. Hodgson JM, Puddey IB, Burke V, Beilin LJ, Mori TA, Chan SY. 2002. Acute effects of ingestion of black tea on postprandial platelet aggregation in human subjects. *Br J Nutr* 87: 141-145.
9. Feng Q, Torii Y, Uchida K, Nakamura Y, Hara Y, Osawa T. 2002. Black tea polyphenols, theaflavins, prevent cellular DNA damage by inhibiting oxidative stress and suppressing cytochrome p450 1A1 in cell culture. *J Agric Food Chem* 1: 213-220.
10. Sarkar S, Sett P, Chowdhury T, Ganguly DK. 2000. Effect of black tea on teeth. *J Indian Soc Pedod Prev Dent* 18: 139-140.
11. Kim JW, Shin GH, Kim JH, Lim YS, Han JS, Choi HK. 1996. The current status of tea cultivation in Korea. *J Korean Tea Soc* 2: 209-216.
12. Macrae R, Robinson RK, Sadler MJ. 1993. Tea. In *Encyclopedia of food science, food technology and nutrition*. Academic Press, UK. p 4521-4542.
13. Scarbert A, Williamson G. 2000. Dietary intake and bioavailability of polyphenols. *J Nutr* 130: 2073S-2085S.
14. Nah HH, Baik SO, Han SB, Bok JY. 1992. Improvements in analysis of tea catechins by HPLC. *J Korean Agric Chem* 35: 276-280.
15. Lee YJ, Ahn MS, Oh WT. 1998. A study on the catechin contents and antioxidative effect of various solvent extracts of green, oolong and black tea. *J Food Hygiene Safety* 13: 370-376.
16. Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Technology* 28: 25-30.
17. Choi SH, Lee BH, Choi HD. 1992. Analysis of catechin contents in commercial green tea by HPLC. *J Korean Soc Food Nutr* 21: 386-389.
18. Young JF, Nielsen SE, Haraldsdottir J, Daneshvar B, Dragstad LO. 1999. Effect of fruit juice intake on urinary quercetin excretion and biomarkers of antioxidative status. *Am J Clin Nutr* 69: 87-94.
19. Rhodes MJC. 1996. Physiologically active compounds in plant foods: an overview. *Proceedings Nutr Society* 55: 371-384.
20. Lee JH, Kang YH, Kang JS. 2002. Free radical scavenging of flavonoids and their effects on erythrocyte Na leak, platelet aggregation and TBARS production. *Nutritional Science* 5: 197-202.