

차광재배 가루녹차의 이화학적 품질 특성

이란숙 · 박종대 · 차환수 · 김종태¹ · 김상희*
한국식품연구원, ¹다미안

Physicochemical Properties of Shade-cultivated Powdered Green Teas

Lan-Sook Lee, Jong-Dae Park, Hwan-Soo Cha, Jong-Tae Kim¹, and Sang-Hee Kim*
Korea Food Research Institute, ¹Damian

Abstract The *Daecha-12* and *Yabukita* varieties of powdered green teas were grown under 85% shade-cultivated condition, and their physicochemical properties were analyzed. Total catechin content was not significantly different but, non-gallated catechin content in *Daecha-12* was significantly higher than that in *Yabukita*. Theanine (32%), caffeine (14%), lutein (15%) and total chlorophyll (28%) levels were significantly higher in *Daecha-12* than those in *Yabukita*. The results of a color analysis showed that the lightness L-value of *Yabukita* was higher than that of *Daecha-12* but, that the greenness negative a-value and b-values of *Daecha-12* were higher than those of *Yabukita*. The *Daecha-12* cultivar had lower catechin content but higher content of theanine, caffeine, theobromine, lutein, chlorophyll, and a negative a-value than those of the *Yabukita* cultivar. Thus, the *Daecha-12* cultivar is suitable to prepare a high-quality powdered green tea product.

Keywords: powdered green tea, cultivar, *Daecha-12*, *Yabukita*

서 론

녹차는 동백과(*Theaceae*), 동백속(*Camellia*)에 속하는 차나무(*Camellia sinensis*(L.) O. Kuntze)의 싹이나 잎을 가공한 것으로서 오랜 역사를 거치면서 각 민족의 기호에 맞게 다양하게 고안되어 현재에 이르고 있다. 차나무 품종은 중국 소엽종인 *Camellia sinensis* var. *sinensis*와 인도 대엽종인 *Camellia sinensis* var. *assamica*로 분류되며 우리나라에서는 중국 소엽종의 일종인 재래종과 야부기다, 대차 등이 재배되고 있다(1,4). 재래종은 떫은맛을 내는 폴리페놀 함량이 많고 아미노산 함량은 낮은 편이며, 야부기다는 녹색이 강하고 맛이 부드러우며 떫은맛은 적고, 대차는 대만에서 육성한 조생종 품종으로 수확량이 많고 꽃향기가 강한 특징이 있다. 최근 차는 단순히 마시는 음료뿐만 아니라 차를 이용한 음식, 의약품, 건강식품, 화장품 등으로 그 이용 영역이 확대되고 있으며 특히 가루녹차는 다도용 이외에 직접음용 또는 식품 첨가소재 등으로 활용이 계속 증가하고 있다(5,6). 차의 수용성 성분은 카테킨, 카페인, 아미노산 등 35-45%에 불과하며 그 중 차를 우려마실 때 차성분의 20% 정도 만을 섭취하게 되는 반면 가루녹차로의 이용은 수용성 및 불수용성 성분 자체를 섭취할 수 있는 장점이 있다. 가루녹차는 차엽 재배시 차광막을 설치하여 광선의 양 및 시비 등을 조절하여 클로로필, 아미노산 등의 함량을 높여 색택과 감칠맛 등 기호성을 개선하여 분말화한 것으로 일본에서는 옥로, 전차와 함께 대표적인 녹차 제품으로 자리잡고

있다(3). 지금까지 가루녹차에 관한 연구로는 가루차용 차엽의 저장 중 성분변화, 한일 말차의 성분비교, 가루녹차를 첨가한 제품 개발, 시판 가루녹차의 이화학적 특성비교 등의 연구(7-11)가 일부 진행되었으나 품종에 따른 가루녹차의 성분변화에 대한 연구는 거의 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 녹색이 강하여 가루녹차용으로 적합한 야부기다와 병충해에 강하고 다수성이며 주로 우롱차 제조용으로 사용되는 대차12호를 대상으로 차광재배 후 가루녹차 제조 후 카테킨, 카페인, 테오브로민, 테아닌, 루테인, 클로로필 및 색 등 성분특성을 비교하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용한 가루녹차는 아래와 같이 제조하여 사용하였다. 차나무는 전남 해남군 소재 다원에서 대차12호 및 야부기다를 대상으로 차잎의 새잎 2-3엽이 50% 이상 전개시 85% 후색 화학피복재를 사용한 1단 직접피복 방법으로 15일간 차광재배 하였으며 이때 시비조건은 N-P-K의 비율을 43-7-5로 하여 질소질 구아노, 유채박, 어분, 피마자박, 채종유박 및 미강유박으로 구성된 비료를 4회 분시하였다. 차광재배 차엽은 생엽 채취 후 100°C에서 20초로 증열처리 후 냉각하였고 100°C에서 17분간 조유, 80°C에서 17분간 증유, 80°C에서 17분간 수건, 120°C에서 34분간 재건 및 80°C에서 30분간 건조하고 이물질 선별 후 micro air jet mill(Hankook Crusher Co., Ltd., Seoul, Korea)로 분쇄하여 10-12 µm의 평균입도를 갖는 가루녹차를 제조하였으며 -20°C에 저장하면서 분석용 시료로 사용하였다.

표준품 및 시약

가루녹차 분석을 위한 표준품 catechin(C), epicatechin(EC), epicatechin gallate(ECG), catechin gallate(CG), epigallocatechin

*Corresponding author: Sang-Hee Kim, Korea Food Research Institute, Seongnam, Gyeonggi 463-746, Korea
Tel: 82-31-780-9062
Fax: 82-31-780-9073
E-mail: kimsh@kfri.re.kr
Received July 21, 2011; revised October 7, 2011;
accepted October 8, 2011

(EGC), gallic catechin(GC), epigallocatechin gallate(EGCG), gallic catechin gallate(GCG), theanine, caffeine, theobromine, lutein, chlorophyll a 및 chlorophyll b는 Sigma Chemical Co.(St. Louis, MO, USA) 제품을, methanol, ethyl acetate 등 용매는 HPLC 용으로 Mallinckrodt Baker Inc.(Phillipsburg, NJ, USA) 제품을, acetone 등 그 밖의 것은 시약 등급을 사용하였다.

Catechin, Theanine, Caffeine 및 Theobromine 정량

카테킨, 테아닌, 카페인 및 테오브로민 정량을 위해 가루녹차 1 g에 50% ethanol 100 mL를 혼합하고 30°C에서 120분간 교반 추출 후 여과하여 분석용 시료로 사용하였으며 이때 카테킨은 개별 카테킨 정량 후 합하여 총카테킨 함량으로 나타내었다. HPLC 분석조건은 Hu 등의 방법(11)을 변형하여 multiwavelength detector (MD-2010 Plus)를 장착한 HPLC system(JASCO Co., Tokyo, Japan)을 이용하여 XTerra RP18 column(3.5 μ m, 4.6×150 mm, Waters, Milford, MA, USA)을 사용하여 분리하였다. 이때 이동상은 0.2% ortho phosphoric acid와 methanol의 농도구배에 의해 40°C에서 유속 1.0 mL/min으로 하여 210 nm에서 검출하였다.

Lutein 및 Chlorophyll 정량

가루녹차의 루테인 및 클로로필 분석을 위한 시료 조제 및 HPLC 조건은 Caldwell 등의 방법(12)을 변형하여 사용하였다. 즉 가루녹차 10 mg을 2 mL용 microtube에 취한 후 80% cold acetone 1 mL을 가하여 1분간 교반 추출 후 원심분리하여 상등액을 얻었다. 가루녹차에 함유된 루테인 및 클로로필이 완전 용출되도록 이 과정을 3회 반복하여 실시 후 상등액을 모두 합하여 membrane filter하였으며 HPLC 분석용 시료로 사용하였다. HPLC 분석을 위해 multiwavelength detector(MD-2010 Plus)를 장착한 HPLC system(JASCO Co.)을 이용하여 XTerra RP18 column (3.5 μ m, 4.6×150 mm, Waters)을 사용하여 분리하였다. 이때 이동상은 75% methanol과 ethyl acetate의 농도구배에 의해 30°C에서 유속 0.8 mL/min으로 하여 430 nm에서 검출하였다.

색도 분석

차나무 품종에 따른 가루녹차의 색도는 투명한 플라스틱 원통 용기(35×10 mm)에 담아 분광측색계(Minolta, CM-2500D, Tokyo, Japan)를 사용하여 CIE 체계인 L*, a*, b*를 측정하였으며 각각 3개씩 준비하여 3회 반복 측정하였으며 평균(mean)과 표준편차(SD)로 나타내었다.

통계처리

모든 분석결과는 SPSS program(SPSS version 17.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 통해 3회 반복하여 측정된 평균값과 표준편차로 나타내었으며, Student's *t*-test를 실시하여 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

Catechins 조성 및 함량

우리나라에서 재배되고 있는 녹차 품종으로는 광주, 보성, 하동 등에서 재배되고 있는 우리나라 자생종인 재래종, 일본에서의 점유 비율이 80% 이상이며 제주도, 강진, 해남지역에서 주로 재배되고 있는 야부기다 및 향기가 강하여 우롱차 제조에 적합하며 우리나라에서도 생육 적응도가 우수한 품종인 대차 등이 있다. 본 연구에서는 다수성이며 꽃향기가 강한 대차12호 및 녹색

Table 1. Catechin contents of powdered green tea according to tea cultivars

	Content (g/100 g)	
	<i>Daecha-12</i>	<i>Yabukita</i>
Gallic catechin (GC)	0.209±0.006** ¹⁾	0.256±0.007
Epigallocatechin (EGC)	3.572±0.031**	4.055±0.064
Catechin (C)	0.114±0.001	0.121±0.005
Epicatechin (EC)	0.865±0.008**	1.135±0.028
Epigallocatechingallate (EGCG)	9.389±0.195	8.858±0.200
Gallic catechingallate (GCG)	0.308±0.002*	0.320±0.005
Epicatechingallate (ECG)	1.715±0.036	1.754±0.126
Total catechins	16.171±0.272	16.498±0.833

¹⁾Mean±SD. Significant differences between *Daecha-12* and *Yabukita* group measured by Student's *t*-test (**p*<0.05, ***p*<0.01).

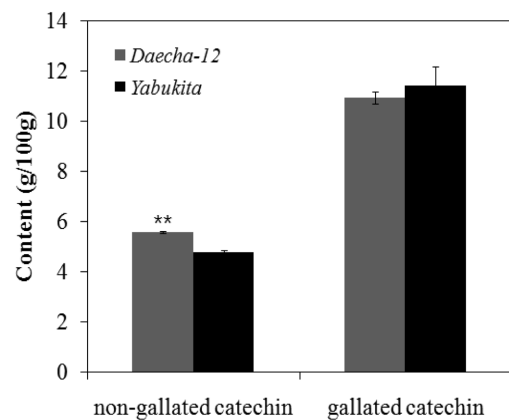


Fig. 1. Gallicated and non-gallicated catechin contents of powdered green tea according to tea cultivars. Significant differences between *Daecha-12* and *Yabukita* group measured by Student's *t*-test (***p*<0.01). Gallicated catechin, sum of EGCG, ECG and GCG; non-gallicated catechin, sum of EGC, EC, GC and C

이 강하고 떫은맛이 적어 가루녹차용으로 적합한 야부기다를 15 일간 차광재배한 후 제조한 가루녹차를 대상으로 카테킨 함량을 분석하였다. 그 결과 Table 1에 나타난 바와 같이 카테킨 조성은 품종에 관계없이 EGCG, EGC, ECG, EC, GCG, GC 및 C의 순으로 함유되어 있었고 CG의 존재는 확인하지 못했으며 총카테킨 함량은 대차12호 16.171 g/100 g, 야부기다 16.498 g/100 g으로 두 품종간에 유의적 차이는 나타나지 않았다. 비 gallicate형 카테킨인 GC(*p*<0.01), EGC(*p*<0.01) 및 EC(*p*<0.01)의 경우 대차12호에 유의적으로 더 높게 나타났으며 gallicate형 카테킨은 GCG(*p*<0.05)만이 야부기다에 유의적으로 더 높게 함유되어 있었다. 쓰고 떫은맛의 정도를 나타내는 지표인 gallicate형 카테킨과 비 gallicate형 카테킨에 대해 gallicate형 카테킨은 EGCG, ECG, GCG의 합으로 그리고 비 gallicate형 카테킨은 EGC, EC, GC 및 C의 합으로 나타났으며 Fig. 1에 나타난 바와 같이 비 gallicate형 카테킨(*p*<0.01)은 대차12호에서 유의적으로 더 높음을 알 수 있다. 이러한 결과는 본 연구진에서 보고(13)한 국내산 시판 가루녹차와 일본산 가루녹차의 카테킨 조성 분석 결과와 같은 경향을 보여주고 있으며 총카테킨 함량 수준은 시판 가루녹차 중 차광재배 가루녹차와 유사한 값을 보여주고 있으나 일본산 상품 가루녹차의 카테킨 함량 13.7 g/100 g 보다는 높게 함유되어 있음을 알 수 있었다. 또한 gallicate형 카테킨 비율은 대차12호의 경우 사천, 제

Table 2. Theanine, theobromine and caffeine contents of powdered green tea according to tea cultivars

	Content (g/100 g)	
	<i>Daecha-12</i>	<i>Yabukita</i>
Theanine	2.990±0.035*** ¹⁾	2.270±0.066
Caffeine	3.342±0.032**	2.917±0.065
Theobromine	0.006±0.001**	0.018±0.001

¹⁾Mean±SD. Significant differences between *Daecha-12* and *Yabukita* group measured by Student's t-test (** $p<0.01$, *** $p<0.001$).

주, 해남산 가루녹차와 유사한 값을 보여주었고 야부기다는 일본산 상품 가루녹차와 유사한 값을 보여주었다.

Wang 등(14)에 의하면 녹차의 쓴맛과 떫은맛은 총카테킨과 gallate형 카테킨의 함량에 따라 영향을 받으며 개별 카테킨의 쓴맛과 떫은맛의 강도는 ECG>EGCG>GCG>EC>EGC=GC>C 순으로 나타난다고 보고하였다. 또한 Zhang 등(15)에 의하면 카테킨과 떫은맛과의 상관관계 실험에서 총카테킨 함량의 correlation coefficient(r)는 0.867로 가장 높게 나타났으며 그 다음으로 ECG의 함량($r=0.7615$)으로 보고하여 녹차에 함유된 총카테킨 함량이 녹차 떫은맛의 가장 큰 요인임을 보여주었다. Yamanishi 또한 녹차의 맛에 대한 개별 카테킨의 영향에 대해 ECG, EGCG는 주로 쓰고 떫은맛과 관련이 있고 EGC, EC 및 C는 단맛을 갖는 쓴맛에 기여한다고 보고하였다(16).

Theanine 함량

Theanine(L- γ -glutamylethylamide)은 차의 맛을 좌우하는 녹차 고유의 아미노산으로 총유리아미노산의 50% 이상을 차지하며 카페인 과잉 섭취시 나타나는 경련, 흥분 등의 카페인의 side effect에 대한 antagonist로서 작용한다고 보고되어 있다(17-19). Anan과 Nakagawa(20)에 의하면 일본 녹차에 함유된 테아닌 함량은 0.5-2.8%로 재배방식 및 품종에 따라 차이가 나며 차광녹차에는 1.2-2.8% 함유되어 있다고 보고하였다. 본 연구에서 대차12호 및 야부기다로 제조된 가루녹차 중의 테아닌 함량을 분석한 결과 Table 2에 나타난 바와 같이 대차12호 2.990 g/100 g, 야부기다 2.270 g/100 g으로 대차12호에 약 32% 정도 더 높게 함유되어 있었다. 이러한 결과는 Lee 등(13)이 보고한 국내산 시판 차광재배 가루녹차 1.387-1.977 g/100 g 보다 높은 수준이었으며 특히, 대차12호는 국내 시판 가루녹차보다 51-116% 더 높게 함유되어 있었다.

Caffeine 및 Theobromine 함량

카페인 및 테오브로민은 xanthine의 methyl 유도체로서 강심작용, 기관지 및 혈관 확대작용, 이뇨작용 등의 기능을 갖으며 녹차의 정미성분 중에서 약한 쓴맛을 나타내는 성분이다(21,22). Takeda(23)에 의하면 녹차의 caffeine 함량은 품종에 따라 1.64-5.46%로 차이가 크며 맛샘계 4.09%, 중국계 3.11% 그리고 일본 재래종은 2.66% 함유되어 있다고 보고하였으며, Goto 등(24)은 일본산 가루녹차에는 3.53-3.87% 함유되어 있다고 보고하였다. Lee 등(13)에 의하면 국내산 시판 차광재배 가루녹차에는 2.201-3.237 g/100 g의 카페인이 함유되어 있다고 보고하였으며 Park과 Lim(7)에 의하면 보성산 가루녹차용 차엽에는 2.97-3.67 g/100 g 함유되어 있다고 보고하였다. Kim 등(22)에 의하면 시판 차류에 함유된 테오브로민 함량은 녹차 에탄올 추출물에는 0.036 g/100 g, 물 추출물에는 0.010 g/100 g 함유되어 있으며 홍차 에탄올 추출물에는 0.086 g/100 g, 홍차 물추출물에는 0.068 g/100 g 함유되어

Table 3. Lutein and chlorophyll contents of powdered green tea according to tea cultivars

	Content (mg/100 g)	
	<i>Daecha-12</i>	<i>Yabukita</i>
Lutein	86.913±0.297*** ¹⁾	75.904±0.201
Chlorophyll a	343.985±0.264***	260.712±1.780
Chlorophyll b	287.528±0.764***	231.767±2.024
Total chlorophyll	631.513±1.028***	492.479±3.804

¹⁾Mean±SD. Significant differences between *Daecha-12* and *Yabukita* group measured by Student's t-test (** $p<0.01$, *** $p<0.001$).

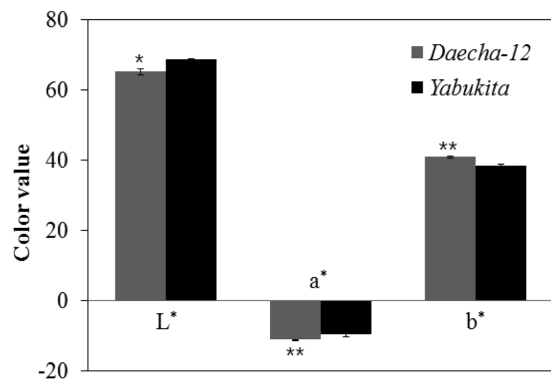


Fig. 2. Color values of powdered green tea according to tea cultivars. Significant differences between *Daecha-12* and *Yabukita* group measured by Student's t-test (* $p<0.05$, ** $p<0.01$). L*=lightness; a*=redness; b*=yellowness

있다고 보고한 바 있다. 대차12호 및 야부기다로 제조된 가루녹차 중의 카페인 및 테오브로민 분석 결과 Table 2에 나타난 바와 같이 카페인 함량은 대차12호 3.337 g/100 g, 야부기다 2.922 g/100 g으로 대차12호가 야부기다에 비해 약 14%가 더 높게 함유되어 있었으며 테오브로민 함량은 대차12호 0.006 g/100 g, 야부기다 0.018 g/100 g으로 야부기다에 유의적으로 더 높게 함유되어 있었다.

Lutein 및 Chlorophyll 함량

Lutein은 zeaxanthin의 이성체로 안구의 수정체와 망막의 황반에 존재하고 또한 식물의 푸른잎이나 여러 가지 꽃 속에 다량 존재하며 시력보호, 면역활성, 항암활성, 피부손상방지, 심혈관계질환 예방 등의 효능을 가지고 있는 것으로 보고(25,26)되어 있다. 대차12호 및 야부기다로 제조된 가루녹차 중의 lutein 함량 분석 결과 Table 3에 나타난 바와 같이 대차12호 86.913 mg/100 g, 야부기다 75.904 mg/100 g으로 대차 12호에 약 15% 정도 더 높게 함유되어 있었다. 이러한 결과는 본 연구의 사전연구의 일환으로 진행된 국내 시판 가루녹차 5종과 일본산 가루녹차 2종에 대해 lutein 함량을 분석한 결과 국내산 가루녹차는 70.325-87.417 mg/100 g, 일본산 가루녹차에는 86.006-95.905 mg/100 g 함유되어 있었으며 클로로필 함량이 높을수록 lutein 함량 또한 높은 경향을 나타내었다(data not shown).

Chlorophyll은 식물체의 잎과 줄기에 널리 분포하는 녹색의 색소로 녹차의 외관과 수색에 직접적인 영향을 주는 매우 중요한 요소로서 기상 및 환경조건, 시비 등에 따라 함량이 달라지며 보통 식물체에는 청록색인 클로로필 a와 황록색인 클로로필 b가 3:1의 비율로 분포되어 있으나 차엽 가공과정 중 클로로필 일부

는 페오피틴, 페오필린 등으로 분해되어 클로로필 함량과 비율이 달라진다(1,2). 녹차 품종에 따른 chlorophyll 함량 분석결과 chlorophyll a, b 모두 대차12호에 유의적으로 더 높게 함유되어 있었으며 총클로로필 함량은 대차12호 631.513 mg/100 g, 야부기다 492.479 mg/100 g으로 대차12호에 약 28% 더 높게 함유되어 있었다. Lee 등(13)은 국내산 시판 차광재배 가루녹차의 총클로로필 함량은 339-592 mg/100 g, 그리고 일본산 상품 가루녹차에는 710 mg/100 g 함유되어 있음을 보고한 바 있으며 Park과 Lim(7)은 가루녹차용 차광엽의 총클로로필 함량은 519-608 mg/100 g 함유되어 있음을 보고하였다. 또한 Lee 등(13)은 가루녹차의 녹색과 클로로필 함량과의 상관관계 분석에서 클로로필 a($r=0.906$) > 총클로로필($r=0.897$) > 클로로필 b($r=0.850$) 순으로 영향이 있음을 보고한 바 있다.

색도

가루녹차 표면의 색은 차의 품질 평가시 매우 중요한 인자로서 분광측색계를 이용하여 L(밝기), a(적색-녹색), b(황색-청색) 값을 측정 한 결과 Fig. 2에 나타낸 바와 같이 L값($p<0.05$)은 야부기다에서 유의적으로 더 높게 나타났으며 녹색도를 나타내는 a의 음의 값($p<0.01$)과 b값($p<0.01$)은 대차12호에서 유의적으로 더 높음을 알 수 있었다. Lee 등(13)에 의하면 국내산 시판 차광재배 가루녹차의 색도 값은 각각 L값 61.28-66.08, a의 음값 6.05-9.51 및 b값 34.72-38.71로 보고한 바 있다.

요 약

대차12호와 야부기다 품종을 녹차를 85% 차광률로 15일간 재배한 후 제조한 가루녹차를 대상으로 카테킨, 카페인, 테오브로민, 테아닌, 루테인, 클로로필 및 색도를 비교 분석하였다. 총카테킨 함량은 유의적인 차이가 없었으며 비 gallate형 카테킨 함량은 대차12호가 유의적으로 높은 함량을 나타내었다($p<0.01$). 개별 카테킨 함량은 2종류 가루녹차 모두 EGCG, EGC, ECG, EC, GCG, GC 및 C의 순으로 함유되어 있었다. 테아닌 함량은 대차12호가 2.99 g/100 g, 야부기다 2.27 g/100 g으로 대차12호에 32% 높게 함유되어 있었으며 카페인 함량 또한 대차12호에 14% 높게 함유되어 있었다($p<0.01$). 루테인 및 클로로필 분석 결과 대차12호가 루테인은 약 15%, 총클로로필 함량은 약 28% 더 높게 함유되어 있었다($p<0.001$). 색도 분석 결과 L값은 야부기다에서 유의적으로 더 높게 나타났으며($p<0.05$), 녹색도를 나타내는 a의 음의 값과 b값은 대차12호에서 유의적으로 더 높음을 알 수 있었다($p<0.01$). 본 실험결과, 대차12호는 기존 말차용 품종인 야부기다와 비교하여 카테킨 함량은 낮고 그 외 녹차성분인 테아닌, 카페인, 테오브로민, 루테인 및 클로로필 함량과 녹색도가 높은 것으로 나타났다. 따라서 대차12호는 가루녹차 제조용 녹차 품종으로 적합한 것으로 판단된다.

문 헌

- Kim JT. Science and Culture of Tea. Borimsa Publishing Co., Seoul, Korea. pp. 157-248 (1996)
- Park JH. Studied on chemical composition in Korean native tea plants. PhD thesis, Chonnam National University, Gwangju, Korea (1997)
- Chung DH. Components and Efficacy of Tea. Hongikjae, Seoul, Korea. pp. 31-73 (2004)
- Willson KC, Clifford MN. Tea Cultivation to Consumption. Chapman & Hall, London, UK. pp 25-48 (1992)
- Tang S, Kerry JP, Sheehan D, Buckley DJ, Morrissey PA. Antioxidative effect of added tea catechins on susceptibility of cooked red meat, poultry, and fish patties to lipid oxidation, Food Res. Int. 34: 651-657 (2001)
- Lee JW, Do JH. Market trend of health functional food and prospect of ginseng market. J. Ginseng Res. 29: 206-214 (2005)
- Park JH, Lim KC. Growth and constituents of tea shoots for powder green tea. J. Medicinal Crop Sci. 10: 379-383 (2002)
- Kim KS, Kouzue N, Han JS. Comparison of the ingredients at powdered green teas commercialized in Korea and Japan. Korean J. Food Culture 19: 177-183 (2004)
- Jung DW, Park SI. Preparation of drinkable yoghurt added with green tea powder. Korean J. Food Nutr. 18: 349-356 (2005)
- Park SI. Application of green tea powder for sikhe preparation. Korean J. Food Nutr. 19: 227-233 (2006)
- Hu B, Wang L, Zhou B, Zhang X, Sun Y, Ye H, Zhao L, Hu Q, Wang G, Zeng X. Efficient procedure for isolating methylated catechins from green tea and effective simultaneous analysis of ten catechins, three purin alkaloids, and gallic acid in tea by high-performance liquid chromatography with diode array detection. J. Chromatogr. A 1216: 3223-3231 (2009)
- Caldwell CR, Britz SJ. Effect of supplemental ultraviolet radiation on the carotenoid and chlorophyll composition of green house-grown leaf lettuce (*Lactuca sativa* L.) cultivars. J. Food Compos. Anal. 19: 637-644 (2006)
- Lee LS, Park JD, Cha HS, Lee YM, Park JW, Kim SH. Physicochemical properties of powdered green teas in Korea. Korean J. Food Sci. Technol. 42: 33-38 (2010)
- Wang H, Cai Y, Davis AP, You X. Study on bitterness and astringency of green tea. pp. 58-59. In: Proceedings of the 7th Annual Meeting of LSSCB. July Cambridge, UK (1998)
- Zang D, Kuhr S, Engelhardt UH. Influence of catechins and theaflavins on the astringent taste of black tea brews. Z. Lebensm. Unters. For. 195: 108-111 (1992)
- Yamanishi T. Flavor of tea. Special issue on tea food. Food Rev. Int. 11: 477-525 (1998)
- Kimura R, Murata T. Influence of alkylamides of glutamic acid and related compounds on the central nervous system. Central depressant effect of theanine. Chem. Pharm. Bull. 19: 1257-1261 (1971)
- Kakuda T, Nozawa A, Unno T, Okamura N. Inhibiting effects of theanine on caffeine stimulation evaluated by EEG in the rat. Biosci. Biotech. Bioch. 64: 287-293 (2000)
- Sagesaka Y, Kakuda T, Kawamura K. Pharmacological effect of theanine. pp. 362-365. Proceedings of the International symposium on Tea Science. Shizuoka, Japan (1991)
- Anan T, Nakagawa M. Effect of light on chemical constituents in tea leaves. Nippon Nogeik. Kaishi. 48: 91-96 (1974)
- Cornish HH, Christman AA. A study of the metabolism of theobromine, theophylline and caffeine in man. J. Biol. Chem. 228: 315-323 (1957)
- Kim SY, Kozukue N, Han JS, Lee KR. Catechins, theaflavins and methylxanthins contents of commercial teas. Korean J. Food Cookery Sci. 21:346-353 (2005)
- Takeda Y. Studies on variations in genetic resources of tea in Japan and application to tea breeding. TEA Res. J. Jpn. 1: 97-180 (2002)
- Goto T, Yoshida Y, Kiso M, Nagashima H. Simultaneous analysis of individual catechins and caffeine in green tea. J. Chromatogr. A 749: 295-299 (1996)
- Bone RA, Landrum JT, Tarsis SL. Preliminary identification of the human macular pigment. Vision Res. 25: 2970-2977 (1997)
- Choi YM, Lim H, Kim HS, Jong SK, Lee JS. Lutein contents of soybeans (*Glycine max* L.) cultivated in Korea. Korean J. Food Sci. Technol. 39: 580-583 (2007)