

전자빔 조사가 녹차 품질 특성에 미치는 영향

박지희 · 이정민 · 이승철[†]

경남대학교 식품생명학과

Effect of Electron-Beam Irradiation on the Characteristics of Green Tea (*Camellia sinensis* L.)

Ji-Hee Park, Jung-Min Lee and Seung-Cheol Lee[†]

Dept. of Food Science and Biotechnology, Kyungnam University, Masan 631-701, Korea

Abstract

The commercial green tea leaves were packaged with polyethylene film and irradiated by electron beam at doses of 0, 5, 10, 20, and 30 kGy. After irradiation, green teas were prepared by soaking the leaves in water (1 g/100 mL) at 75°C for 10 min, and the physicochemical characteristics of green tea were determined. Electron beam irradiation decreased total phenol contents (TPC), total flavanol contents (TFC), ascorbic acid contents (AAC). Irradiation at dose of 20 kGy decreased TPC, TFC, and AAC from 223.46, 32.50, and 6.03 mg/g to 202.88, 31.16, and 5.57 mg/g, respectively, compared with non irradiated control. Electron beam irradiation also decreased catechins, caffeine, and nitrite scavenging activity of green tea. However, the changes of overall color and radical scavenging activity of irradiated green tea were negligible.

Key words: green tea, electron-beam irradiation, chemical composition, radical scavenging activity, nitrite scavenging activity

서 론

녹차(*Camellia sinensis* L.)는 예로부터 대표적인 기호식품으로 소비되어 왔으며 전 세계적으로 볼 때 다음으로 가장 널리 애용되고 있는 기호음료이다. 녹차에는 polyphenol, 섬유질, 단백질, 탄수화물, 유리당, 지방, 유리아미노산, 비타민, peptide, caffeine, 탄닌, 무기질, 유기산 등이 다량 함유되어 있다(1). 녹차의 기능성분 중 다엽의 polyphenol류에 속하는 flavan-3-ol을 기본으로 하는 catechin류로는 epicatechin으로 (-)-epicatechin(EC), (-)-epicatechin gallate(ECG), (-)-epigallocatechin(EGC), (-)-epigallocatechin gallate(EGCG)가 있고, 그 epimer인 epicatechin epimer로 (+)-catechin(C), (-)-catechin gallate(CG), (-)-gallocatechin(GC), (-)-gallocatechin gallate(GCG) 등이 있으며, alkaloid인 caffeine, theobromine, theophylline 등을 함유하고 있다(2). 녹차의 polyphenol성 화합물인 flavonoid는 암, 뇌졸중, 심혈관 질환의 발생률을 낮추며, 특히 flavonoid의 유도체 중 flavanol은 항산화 효능, 항 돌연변이, 항암, 항 발암성 효능 등의 생리활성 효과가 있다고 보고되었다(3-6).

한편, 식품조사(food irradiation)는 식품 또는 식품 재료를 본래의 상태에 가깝게 보존하거나 위생적 품질을 개선할 목적으로 방사선 에너지를 식품(피조사체)에 일정시간 노출시켜 살균, 살충, 성장조절, 물성개선 등의 효과는 거두는 기술이다(7). 식품조사에는 일반적으로 파장이 짧은 감마선, 전자빔 및 X선이 이용되고 있다. 감마선은 ⁶⁰Co 등 방사선 동위원소에 의해 발생되며, 에너지의 투과력이 커서 포장된 식품 등 적용이 광범위하다. 그러나 소비자들은 감마선의 효과는 인정하지만 방사선 동위원소를 이용한다는 점에서 미지의 두려움을 느끼고 있어 감마선에 대한 대안으로 전자빔이 주목받고 있다. 식품소재에 대한 전자빔 조사도 부패방지, 제품의 안전성 및 보존성 향상의 효과가 보고되어 산업적으로 다양하게 널리 이용되고 있다(8). 또한 전자빔 조사는 저장성 향상 및 항산화효과를 증가시키는 긍정적인 효과가 보고되고 있다. 그 예로 고추, 인삼, 생강 등의 분말에 전자빔을 조사하여 이에 따른 살균효과와 품질에 미치는 영향에 대해 실험하여 10 kGy 이하에서 미생물학적 품질 개선이 가능하다고 보고된 바 있다(9-12). 따라서 본 연구에서는 시판되고 있는 녹차에 전자빔을 조사하여 녹차의 화학적 성분 및 기능에 미치는 영향을 분석하였다.

[†]Corresponding author. E-mail: sclee@kyungnam.ac.kr
Phone: 82-55-249-2684, Fax: 82-55-249-2995

재료 및 방법

재료

본 실험에서 사용한 녹차는 (주)태평양(서울, 한국)의 설효차 진향을 구입하였으며, 전자빔 조사 전에 실온에서 보관하였다. 8가지 catechin 표준물질들, (-)-epicatechin(EC), (-)-epicatechin gallate(ECG), (-)-epigallocatechin(EGC), (-)-epigallocatechin gallate(EGCG), (+)-catechin(C), (-)-catechin gallate(CG), (-)-gallocatechin(GC), (-)-gallocatechin gallate(GCG), caffeine, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH)은 Sigma Chemical Co. (St Louis, MO, USA)에서 구입하였다. Methanol(analytical grade), 85% orthophosphoric acid, vanillin과 gallic acid 또한 Sigma Chemical Co.에서 구입하였다. Folin-Ciocalteu 시약은 Wako Pure Chemical Industries, Ltd.(Osaka, Japan)에서 구입하여 사용하였다. 그 외의 시약들도 모두 분석용 이상을 구입하여 이용하였다.

전자빔 조사처리 및 녹차의 제조

녹차시료를 low density polyethylene(LDPE) bag에 시료 두께 4 mm이하로 되도록 진공 포장하여 전자빔을 조사하였다. 전자빔 조사는 EB-Tech사(대전, 한국)의 electron-beam accelerator(Model ELV-4)를 이용하여 1 MeV의 beam energy로 가속전류 50 mA, beam dimension 75 mm(length)×980 mm(width), velocity 20 m/min의 선량률로 총 흡수선량이 5~30 kGy로 조사하였다(Table 1). 이때 흡수선량은 cellulose triacetate(CTA) dosimeter로 확인하였다. 전자빔 조사된 녹차 시료 1 g을 100 mL의 증류수로 shaking incubator(75°C)에서 10분간 추출하였다. 각 추출물을 Whatman No. 1 여과지로 여과하여 녹차 물 추출물을 제조하였고, 이후의 실험에 이용하였다.

총 페놀 함량

총 페놀 함량은 Gutfinger(13)의 방법을 변형하여 측정하였다. 즉, 녹차 물 추출물 1 mL를 취하여 2%(w/v) Na₂CO₃용액 1 mL를 가한 후 3분간 방치한 후, 50% Folin-Ciocalteu 시약 0.2 mL를 가하여 반응시켜 30분간 상온에서 방치하였다. 이 혼합물을 10분간 13,400×g에서 원심분리한 후, 상정액 1 mL를 취하여 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 페놀함량은 gallic acid를 이용하여 작성한 표준곡선으로 mg/g 단위로 나타내었다.

Table 1. Conditions applied during the electron-beam irradiation

Irradiation dose (kGy)	Speed of the conveyor belt (m/min)	Beam current intensity (mA)
5	20	6.7
10	20	13.5
20	20	13.5×2
30	20	13.5×3

총 플라바놀 함량

총 플라바놀 함량은 Price(14)의 방법을 변형하여 측정하였다. 즉, 녹차 물 추출물 1 mL를 취하여 2.0% vanillin(8.0% methanolic HCl)용액 5.0 mL를 가하여 20분간 상온에서 반응시킨 후 500 nm에서 흡광도를 측정하였다. (+)-Catechin을 표준물질로 하여 검량곡선을 작성하여 총 flavanol 함량을 계산하였다.

아스코르브산 함량

아스코르브산 함량은 Sikic 등(15)의 방법을 변형하여 측정하였다. 즉, 녹차 물 추출물 1 mL를 10분간 10,000×g에서 원심분리한 후 상정액 0.5 mL를 취하여 trichloroacetic acid (5%)용액 2 mL와 혼합하고 10분간 15,000×g에서 원심분리하였다. 상정액 1 mL에 0.1 mL의 85% orthophosphoric acid, 0.1 mL의 8% a,a-dipyridyl chloride, 그리고 0.1 mL의 3% aqueous ferric chloride 0.1 mL와 혼합하여 실온에서 1시간 반응시킨 후 525 nm에서 흡광도를 측정하였다. 아스코르브산 함량은 L-ascorbic acid를 이용하여 작성한 표준곡선으로 L-ascorbic acid로 환산하여 mg/g 단위로 나타내었다.

HPLC 분석

Catechin류의 분석에는 HPLC(Shimadzu, Kyoto, Japan)를 사용하였으며(16,17), 이는 CTO 10AVP column oven, LC-6AD pump, SIL-10ADVP auto sample injector 그리고 SPD-10AVP UV/VIS detector로 구성되었으며, 210 nm에서 흡광도를 측정하였다. 컬럼은 Shim-pack CLC guard column(10×4 mm)이 결합된 Shimadzu Shim-VP ODS column 5 μm(250×4.6 mm)를 사용하였으며, 컬럼온도는 40°C로 고정하였다. 이동상의 용매는 A는 0.1% orthophosphoric acid(v/v, in H₂O)이며, B는 0.1% orthophosphoric acid(v/v, in methanol)를 사용하였다. 이동상의 유속은 1.0 mL/min이었고, 용매 구배는 0~5분 B용매 40%, 5~12분 B용매 40~50%, 12~27분 B용매 50%로 유지, 27~30분 B용매 50~20%, 그리고 30~35분 B용매 20~0%로 하였다.

색도측정

전자빔 조사와 비조사구의 색도변화를 측정하기 위하여 color difference meter(Spectrometer CM-3500d, Minolta Co., Ltd., Osaka, Japan)을 이용하여 측정하였다(18). 기계는 표준흑판 및 백판으로 표준화시킨 다음 유리 cell(CM A-98, 10 mm in width)에 시료 10 mL를 옮기고 Hunter color L(lightness), a(redness), b(yellowness)값을 3회 반복 측정하였다.

라디칼 소거능 측정

라디칼 소거능은 Blois(19)의 방법에 준하여 시료 0.01 mL에 4.1×10⁻⁵ M(in 95% ethanol) DPPH 용액 0.99 mL를 가한 후 상온에서 10분간 반응시켜 517 nm에서 흡광도를 측정하였다.

아질산염 소거능 측정

아질산염 소거능은 Kim 등의 방법(20)을 변형하여 측정하였다. 추출물 1 mL에 1 mM NaNO₂ 용액 1 mL를 첨가하고 0.2 M 구연산 완충액으로 반응용액의 pH를 3.0, 4.2, 6.0으로 각각 조정하여 반응용액의 부피를 10 mL로 한 후, 37°C에서 1시간 동안 반응시켰다. 반응 후 용액을 각각 1 mL씩 취하고 여기에 2% 초산용액을 2 mL를 첨가한 다음 Griess 시약 0.4 mL를 가하여 잘 혼합시켜 15분간 방치시킨 후 520 nm에서 흡광도를 측정하여 잔존하는 아질산염을 구하였다.

통계처리

데이터의 통계처리는 각 시료를 3회 반복으로 행해졌으며, SAS(Statistical Analysis System)를 이용하여 평균과 표준오차, Newman-Keul's multiple range tests로 평균값들에 대해 유의성을 검정하였다(21).

결과 및 고찰

총 페놀 함량과 총 플라바놀 함량

페놀 화합물은 식물의 2차 대사산물의 주요물질로서, 수산기를 가지는 방향족 화합물을 총칭한다. 이들의 단순페놀, 페닐프로판노이드, 벤조산 유도체, 플라보노이드, 탄닌, 리그난 등의 다양한 종류로 대부분 식물에 존재한다. 페놀 화합물은 수산기를 통한 수소공여와 페놀 고리 구조의 공명 안정화에 의해 항산화 능력을 나타낸다(22). 녹차에는 플라바놀, 플라바노이드, 페놀산 등의 여러 종류의 폴리페놀 화합물이 함유되어 있다. 이러한 폴리페놀 화합물들은 녹차 중에서 생물학적으로 가장 활성이 있는 성분이며, 플라바놀은 녹차의 주된 폴리페놀 화합물이다.

전자빔 조사에 의한 녹차 추출물의 총 페놀 함량, 총 플라바놀 함량, 아스코르브산 함량을 Table 2에 나타내었다. 총 페놀 함량의 경우, 전자빔을 조사하지 않은 대조구에서 223.46 mg/g이었으나 전자빔 조사선량이 증가할수록 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었고, 20 kGy의 조사선량에

서 대조구보다 9.2%가 감소하여 가장 낮은 값인 202.88 mg/g을 보였다. 또한 총 플라바놀의 함량의 경우도 전자빔을 조사하지 않은 대조구에서 가장 높은 값인 32.50 mg/g으로 측정되었고 전자빔이 조사되면 유의적으로 감소하여 20 kGy의 조사선량에서 4.1%가 감소하여 가장 낮은 값인 31.16 mg/g을 나타내었다. 아스코르브산의 경우에도 같은 경향을 보여 대조구에서 가장 높은 값인 6.03 mg/g, 20 kGy의 조사선량에서 7.6%가 감소하여 가장 낮은 값인 5.57 mg/g으로 측정되었다. 이상의 결과로 녹차에 전자빔을 조사하면 전자빔을 조사하지 않은 대조구에 비해 페놀 함량, 플라바놀 함량, 아스코르브산 함량이 모두 유의적으로 감소하였으며, 조사선량 20 kGy에서 가장 많이 감소하였으며 각각 4.1~9.2%가 감소하였다.

Catechin류 및 caffeine 분석

녹차의 catechin류는 강력한 항산화제로서 녹차의 항산화 효과, 심장병 예방효과, 항암효과, 항균효과 등 녹차의 다양한 기능성을 설명하는 주된 성분이다. HPLC를 이용하여 녹차의 catechin류를 분석하였으며(Fig. 1), 이 결과로부터 전자빔 처리에 따른 녹차 추출물의 catechin류의 함량 변화를 Table 3에 나타내었다. 전자빔을 처리하지 않은 대조구의 녹차에서 모든 epicatechin류(EC, ECG, EGC, EGCG)와 epicatechin epimer류(C, GC, GCG)는 전자빔을 조사한 녹차에서보다 높게 측정되었다. 즉, 대조구의 epicatechin류는 129.58 mg/g이었으나 5 kGy 전자빔 조사의 경우에는 121.8 mg/g, 10 kGy에서는 117.89 mg/g, 20 kGy에서는 113.18 mg/g, 30 kGy에서는 107.75 kGy로 전자빔 조사선량이 증가할수록 감소하였다. Epicatechin epimer는 대조구에서 4.05 mg/g이었으나, 5, 10, 20, 30 kGy의 전자빔 조사선량에서 각각 3.80, 3.64, 3.71, 3.61 mg/g으로 감소하는 경향을 보였다. 녹차에 마이크로웨이브(23)나 원적외선(17)을 처리한 경우에 총 페놀 함량과 catechin 함량이 증가했다고 보고된 바 있으며 이는 이들 에너지가 폴리페놀과 catechin이 녹차 잎 matrix에 결합되는 것을 방해하기 때문이라고 하였다. 그러나 전자빔 에너지는 마이크로웨이브나 원적외선보다는 파장이 짧고 에너지가 강하여 분자구조를 파괴하므로 폴리페놀 화합물이나 catechin이 파괴되는 것으로 생각된다(24).

카페인(caffeine)은 (녹)차, 커피, 코코아 등의 고등식품에서 발견되는 알칼로이드(alkaloid)로서 중추신경 흥분제, 강심제, 이뇨제, 피로회복의 효과를 가지고 있다. 전자빔 조사가 녹차의 카페인 함량에 미치는 영향을 Table 3에 나타내었는데 역시 전자빔 조사선량이 증가할수록 감소하여 대조구에서는 32.98 mg/g, 30 kGy 조사 후에는 29.28 mg/g으로 측정되었다. 이도 조사된 전자빔 에너지가 카페인을 파괴하였기 때문이라 생각된다.

색도측정

전자빔 조사 처리에 의한 녹차 추출물의 Hunter 색도변화

Table 2. Effect of electron-beam irradiation on total phenolic contents, total flavanol contents, and ascorbic acid contents of green tea¹⁾ (mg/g)

	Irradiation dose (kGy)					SEM
	0	5	10	20	30	
TPC	223.46 ^{a2)}	217.04 ^b	212.84 ^c	202.88 ^e	206.83 ^d	0.75
TFC	32.50 ^a	31.96 ^b	31.96 ^b	31.16 ^c	31.70 ^b	0.13
AAC	6.03 ^a	5.90 ^b	5.74 ^c	5.57 ^d	5.82 ^{bc}	0.03

¹⁾Green tea leaves were irradiated by electron-beam with given doses, and green tea was made by soaking the leaves in water at 75°C for 10 min (1.0 g/100 mL).

²⁾Different letters (a~e) within a row indicate significant difference ($p < 0.05$), $n = 3$.

TPC, total phenolic contents; TFC, total flavanol contents; AAC, ascorbic acid contents; and SEM, standard error of the means. All values are on a dry green tea leaf basis (mg/g).

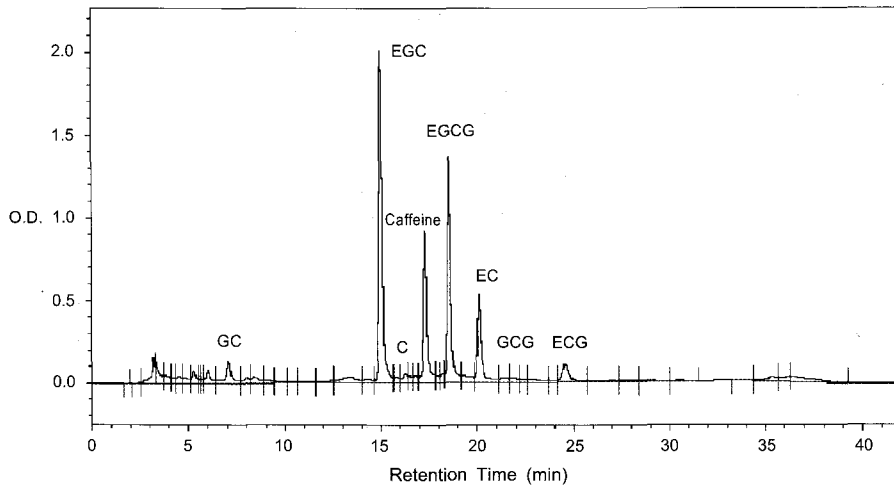


Fig. 1. Typical HPLC chromatogram of non-irradiated green tea.

C, (+)-catechin; GC, (-)-gallocatechin; GCG, (-)-gallocatechin gallate; EC, (-)-epicatechin; ECG, (-)-epicatechin gallate; EGC, (-)-epigallocatechin; and EGCG, (-)-epigallocatechin gallate.

Table 3. Effect of electron-beam irradiation on catechins and caffeine of green tea¹⁾ (mg/g)

	Irradiation dose (kGy)					SEM
	0	5	10	20	30	
EC	14.38 ^{a2)}	13.23 ^b	12.78 ^b	13.16 ^b	12.13 ^c	0.17
ECG	5.50 ^a	5.29 ^a	4.92 ^{ab}	4.44 ^{abc}	3.93 ^{bc}	0.27
EGC	59.81 ^a	55.13 ^b	52.99 ^c	53.23 ^c	51.96 ^{cd}	0.53
EGCG	49.89 ^a	48.15 ^a	47.20 ^a	42.35 ^b	39.73 ^b	1.15
C	1.01 ^a	0.89 ^b	0.96 ^{ab}	1.02 ^a	0.88 ^b	0.02
CG	-	-	-	-	-	-
GC	1.93 ^a	1.81 ^b	1.72 ^c	1.73 ^c	1.76 ^{bc}	0.02
GCG	1.11 ^a	1.10 ^a	0.96 ^{ab}	0.96 ^{ab}	0.97 ^{ab}	0.05
Caffeine	32.98 ^a	30.97 ^b	30.79 ^b	30.09 ^c	29.28 ^d	0.22

¹⁾Green tea leaves were irradiated by electron-beam with given doses, and green tea was made by soaking the leaves in water at 75°C for 10 min (1.0 g/100 mL).

²⁾Different letters (a~d) within a row indicate significant difference (p<0.05), n=3.

EC, (-)-epicatechin; ECG, (-)-epicatechin gallate; EGC, (-)-epigallocatechin; EGCG, (-)-epigallocatechin gallate; C, (+)-catechin; CG, (-)-catechin gallate; GC, (-)-gallocatechin; GCG, (-)-gallocatechin gallate; and SEM, standard error of the means. All values are on a dry green tea leaf basis (mg/g).

는 Table 4에서 나타내었다. 대체로 처리구 간의 유의적인 차는 없었으며, 전체적인 변화(ΔE)는 20 kGy 조사구에서 1.22로 가장 높았는데, 이 수치는 National Bureau of Standards(NBS)의 정의에 따른 분류에 의하면 0.5~1.5 범위의 미약함(slight)에 해당된다(25). Jo 등(26)은 건조 녹차 잎의 70% 에탄올 용액에 감마선을 조사하면 L값이 증가하고 a값과 b값은 감소하여 전체적으로 밝은 노란색으로 변화하였지만, 생리활성적인 변화는 거의 관찰되지 않았다고 보고하였다(27,28). 그러나 본 실험에서는 추출물이 아니라 녹차 잎에 직접 전자빔을 조사하였으므로 결과가 다르게 나타났다.

라디칼 소거능 및 아질산염 소거능

전자빔 조사 처리에 따른 녹차 추출물의 항산화력을 DPPH

Table 4. Effect of electron-beam irradiation on color L, a, and b values of green tea¹⁾

Color value	Irradiation dose (kGy)					SEM
	0	5	10	20	30	
L	97.02 ^{c2)}	97.05 ^c	96.92 ^d	97.19 ^{ab}	97.23 ^a	0.01
a	-3.09 ^c	-3.01 ^d	-2.94 ^c	-2.59 ^a	-2.70 ^b	0.02
b	10.95 ^a	10.86 ^b	10.97 ^a	9.85 ^d	10.22 ^c	0.02
ΔE	0.00 ^c	0.12 ^d	0.18 ^c	1.22 ^a	0.85 ^b	0.01

¹⁾Green tea leaves were irradiated by electron-beam with given doses, and green tea was made by soaking the leaves in water at 75°C for 10 min (1.0 g/100 mL).

²⁾Different letters (a~e) within a row indicate significant difference (p<0.05), n=3.

L, degree of lightness; a, degree of redness; b, degree of yellowness; ΔE, overall color difference. $\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2}$; SEM, standard error of the means.

라디칼의 소거능으로 측정하였다. DPPH는 안정한 라디칼로서 환원되면 짙은 자색이 탈색됨으로써 항산화물질의 수소공여능을 측정하는데 널리 이용되고 있다(19). Table 5에 나타낸 바와 같이 전자빔 조사는 녹차 추출물의 DPPH 라디칼 소거능에 유의적인 변화를 주지 않았다. An 등(27)도 녹차 잎의 폴리페놀을 분리하여 40 kGy로 감마선을 조사하여 DPPH 라디칼 소거능, xanthine oxidase 전해능, 금속이온 chelating능, 지질산화 억제능을 측정한 결과 큰 변화가 없다고 하여 본 결과와 유사한 경향이였다. Table 2와 Table 3에서 녹차 추출물의 폴리페놀 화합물은 전자빔 조사와 함께 감소하였지만 이는 항산화능에 직접적인 영향을 주지 않았다.

한편, 아질산 이온은 위의 산성 조건에서 세포손상과 돌연변이를 유발하며, 식품에 아질산이 과다하게 존재하면 위암과 결장암을 유발하는 요인이 되기도 한다(29). 녹차의 EGCG는 N-nitrosation을 억제하는 물질로 잘 알려져 있다(30). 전자빔 처리에 의한 녹차 추출물의 아질산염 소거능의 변화를 Table 5에 나타내었다. 전자빔을 조사하지 않은 대조구에

Table 5. Effect of electron beam irradiation on radical scavenging activity and nitrite scavenging activity of green tea¹⁾ (%)

		Irradiation dose (kGy)					
		0	5	10	20	30	SEM
DPPH	RSA	76.11 ^{az)}	75.91 ^a	76.11 ^a	76.05 ^a	76.05 ^a	0.24
NSA	pH						
	3.0	96.65 ^a	95.46 ^b	95.39 ^b	95.20 ^c	95.12 ^c	0.05
	4.2	31.88 ^a	29.71 ^{bc}	30.57 ^{ab}	30.40 ^{ab}	28.53 ^c	0.36
	6.0	-0.53 ^a	-0.53 ^a	-0.53 ^a	-0.24 ^a	-1.20 ^a	0.62

¹⁾Green tea leaves were irradiated by electron-beam with given doses, and green tea was made by soaking the leaves in water at 75°C for 10 min (1.0 g/100 mL).

²⁾Different letters (a~c) within a row are significantly different (p<0.05), n=3.

DPPH RSA, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical scavenging activity; NSA, nitrite scavenging activity; SEM, standard error of the means.

서는 pH 3.0, pH 4.2에서 각각 96.65%, 31.88%로 높은 아질산 소거능을 보였으며, 전자빔 조사선량이 증가할수록 조금씩 감소하는 경향을 보였다. 각 pH 조건별로 비교를 해보면 pH 3.0>pH 4.2>pH 6.0 순으로 아질산염 소거능을 보였다. Yeo 등(31)은 pH에 따른 아질산염 소거작용은 위내의 pH와 유사한 pH 1.2에서 가장 높았고 pH가 높아질수록 아질산염 분해작용은 감소하는 경향이었는데 특히 이런 현상은 총 페놀의 함량이 높은 획분에서 더 높은 효과를 나타내므로 아질산염 소거작용에 영향을 주는 물질은 주로 페놀화합물이라 하였다. 또한 Nakagawa와 Yokozawa(32)는 catechin의 galloyl group이 탄닌의 nitric oxide 소거능을 증가시키며, 카페인은 nitric oxide 생성에 영향을 주지 않는다고 보고한 바 있다. 본 실험에서도 총 페놀함량은 전자빔을 조사할수록 감소하였고, galloyl group을 함유한 catechin인 EGCG, GCG, ECG는 전자빔 조사선량이 증가할수록 감소하였는데 (Table 3) 이 결과는 아질산염 소거능의 결과와 매우 일치하는 경향을 보였다.

요 약

시판되고 있는 녹차잎을 polyethylene 필름으로 진공포장하여 전자빔을 0~30 kGy로 조사하였다. 조사된 녹차잎을 75°C의 물에서 10분간 추출하여 녹차를 제조하고 물리화학적 특성을 분석하였다. 전자빔 조사는 녹차의 총 페놀 함량 (TPC), 총 플라바놀 함량(TFC), 아스코르브산 함량(AAC)을 감소시켰다. 20 kGy의 전자빔 조사는 녹차의 TPC, TFC, AAC를 대조구와 비교하여 각각 223.46, 32.50, 6.03 mg/g에서 202.88, 31.16, 5.57 mg/g으로 감소시켰다. 전자빔 조사는 또한 카페인, 아질산염 소거능도 감소시켰다. 그러나 전체적인 색도 및 라디칼 소거능은 전자빔 조사에 의해 영향을 받지 않았다.

감사의 글

본 연구는 2005년도 원자력 기반시설 확충사업의 전자빔 조사시설 이용과제의 지원으로 이루어졌으며, 이에 감사드립니다.

문 헌

- Sato T, Miyata G. 2000. The nutraceutical benefit, part I: Green tea. *Nutr* 16: 315-317.
- Graham HN. 1992. Green tea composition, consumption, and polyphenol chemistry. *Prev Med* 21: 334-350.
- Sakanaka S, Kim M, Taniguchi M, Yamamoto T. 1989. Antibacterial substances in Japanese green tea extract against *Streptococcus mutans*, a carcinogenic bacterium. *Agric Biol Chem* 53: 2307-2311.
- Chung F, Xu Y, Ho C, Desai D, Han C. 1992. Protection against tobacco-specific, nitrosamine-induced lung tumorigenesis by green tea and its components. In *Phenolic Compounds in Food and Their Effects on Health II*. Huang M, Ho C, Lee CY, eds. ACS Symposium Series 507 American Chemical Society, Washington, DC. p 300-307.
- Chung K, Wei C, Johnson MC. 1998. Are tannins a double-edged sword in biology and health? *Food Sci Technol* 9: 168-175.
- Ahmad N, Mukhtar H. 1999. Green tea polyphenols and cancer: biologic mechanisms and practical implications. *Nutr Rev* 57: 78-83.
- Kwon JH. 2003. Commercialization of food irradiation technology and the identification of irradiated foods. *Food Sci Ind* 36: 50-55.
- Taha R, Navam H, Ronny H, James D. 2004. Effect of electron beam irradiation and storage at 5°C on thio-barbituric acid reactive substances and carbonyl contents in chicken breast meat infused with antioxidants and selected plant extracts. *J Agric Food Chem* 52: 8236-8241.
- Lee JE, Kwon OJ, Kwon JH. 2000. Effect of electron-beam irradiation on microbiological and organoleptic qualities of powdered red pepper and ginger. *Korean J Food Sci Technol* 32: 380-386.
- Lee JE, Lee MH, Kwon JH. 2000. Effect of electron-beam irradiation on physicochemical qualities of red pepper powder. *Korean J Food Sci Technol* 32: 271-276.
- Kwon H, Lee JE, Kim JS, Kwon JH. 2000. Effect of electron-beam irradiation on physicochemical qualities of Kochujang powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29: 655-662.
- Lee MK, Kwon JH, Do JH. 1998. Effect of electron-beam irradiation on color and organoleptic qualities of ginseng. *J Ginseng Res* 22: 252-259.
- Gutfinger T. 1981. Polyphenols in olive oils. *J Am Oil Chem Soc* 58: 966-968.
- Price ML, Scoyoc SV, Butler LG. 1978. A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain. *J Agric Food Chem* 26: 1214-1218.
- Sikic BI, Mimnaugh EG, Litterst CL, Gram TE. 1977. The effects of ascorbic acid deficiency and repletion on pulmonary, renal and hepatic drug metabolism in the guinea pig. *Arch Biochem Biophys* 179: 663-671.
- Wang H, Provan GJ, Helliwell K. 2003. HPLC determination of catechins in tea leaves and tea extracts using relative response factors. *Food Chem* 81: 307-312.

17. Lee SC, Kim SY, Jeong SM, Park JH. 2006. Effect of far-infrared irradiation on catechins and nitrite scavenging activity of green tea. *J Agric Food Chem* 54: 399-403.
18. Son JH, Jo C, Kim MR, Kim JO, Byun MW. 2001. Effect of gamma irradiation on removal of undesirable color from green tea extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 1305-1308.
19. Blois MS. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.
20. Kim SM, Cho SY, Sung SK. 2001. The antioxidant ability and nitrite scavenging ability of plant extract. *Korean J Food Sci Technol* 33: 626-632.
21. SAS Institute. 1995. *SAS/STAT User's Guide*. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
22. Crespy V, Williamson G. 1994. A review of the health effects of green tea catechins in *in vivo* animal models. *J Nutr* 134: 3431S-3440S.
23. Gulati A, Rawat R, Singh B, Ravindranath SD. 2003. Application of microwave energy in the manufacture of enhanced-quality green tea. *J Agric Food Chem* 51: 4764-4768.
24. Erokhin V, Berzina T, Fontana MP. 2004. Electron beam irradiation for structure of molecular assemblies. *IEEE Trans Nanobiosci* 3: 6-15.
25. Judd DG, Wyszecski G. 1964. *Applied colorific science for industry and business*. Diamond Co., Japan. p 333.
26. Jo C, Son JH, Lee HJ, Byun MW. 2003. Irradiation application for color removal and purification of green tea leaves extract. *Radiat Phys Chem* 66: 179-184.
27. An BJ, Kwak JH, Son JH, Park JM, Lee JY, Jo C, Byun MW. 2004. Biological and anti-microbial activity of irradiated green tea polyphenols. *Food Chem* 88: 549-555.
28. Byun MW, Jo C, Lee JW, Jo SK, Kim KS. 2004. Application of radiation technology to develop green tea leaf as a natural resource for the cosmetic industry. *Radiat Phys Chem* 71: 485-487.
29. Kato FT, Puck TT. 1971. Mutagenesis by carcinogenic nitroso compounds. *J Cell Physiol* 78: 139-144.
30. Oldreive C, Zhao K, Paganga G, Halliwell B, Rice-Evans C. 1998. Inhibition of nitrous acid-dependent tyrosine nitration and DNA base deamination by flavonoids and other phenolic compounds. *Chem Res Toxicol* 11: 1574-1579.
31. Yeo SG, Yeum DM, Lee DH, Ahn CW, Kim SB, Park YH. 1994. The nitrite-scavenging effects by component of green tea extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 23: 287-292.
32. Nakagawa T, Yokozawa T. 2002. Direct scavenging of nitric oxide and superoxide by green tea. *Food Chem Toxicol* 40: 1745-1750.

(2006년 4월 12일 접수; 2006년 5월 2일 채택)