

첨가제가 감마선 조사된 녹차 추출물의 색상 환원에 미치는 영향

- 연구노트 -

권종숙* · 손천배* · 조철훈 · 손준호 · 변명우†

한국원자력연구소 방사선식품·생명공학기술개발팀

*충남대학교 식품영양학과

Effect of Additive on Color Reversion of Irradiated Green Tea Extract

Jong-Suk Kwon*, Cheon-Bae Sohn*, Cheorun Jo, Jun-Ho Son and Myung-Woo Byun†

Team for Radiation Food Science and Biotechnology, Korea Atomic Energy
Research Institute, Daejeon 305-600, Korea

*Dept. of Food Science and Nutrition, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

Abstract

Effect of additive on color reversion of green tea extract, whose undesirable color had been removed by irradiation, was studied during storage. Hunter color L-value of irradiated sample was significantly higher than that of nonirradiated control. The color of green tea extract with butylated hydroxyanisole (BHA) did not differ from that of the control but the green tea extract with ascorbic acid had higher L-value than the control during the whole storage ($p < 0.05$). However, the sample irradiated at 20 kGy showed a faster color reversion than the sample with 5 or 10 kGy of irradiation. Hunter color a-values were decreased by irradiation and the sample with ascorbic acid showed the lowest. The result of Hunter color b-value was also similar to that of Hunter color a-value, indicating that when the irradiation technology is used for color improvement of green tea extract, the ascorbic acid can be added to minimize color reversion of the extract during delivery or storage.

Key words: green tea extract, color reversion, irradiation, ascorbic acid, BHA

서 론

녹차는 심혈관 질환 및 암 등의 퇴행성 질환에 높은 생리활성 효과를 나타내는 것으로 보고된 바 있으며(1), 이 외에도 cholesterol 저하, 혈압상승 억제, 비만세포에 대한 histamine 유리활성 억제(2), 충치예방(3), 항균성(4) 등의 다양한 작용을 갖는 것으로 보고되고 있다. 녹차의 생리작용과 관련된 주요 성분은 폴리페놀류를 들 수 있는데 이중 catechin 계열이 약 35% 이상을 차지하고 있으며(5), 이러한 폴리페놀류는 butylated hydroxyanisole(BHA) 등의 인공 항산화제 화합물보다 지질에 대한 자동산화 억제가 더 효과적이며, vitamin E보다 항산화 효과가 우수하다고 보고되었다(6,7). 최근 시사주간지인 타임지에서는 2002년 1월 건강 특집판으로 토마토, 적포도주, 시금치, 견과류, 브로콜리, 귀리, 연어, 마늘, 블루베리 등과 함께 녹차를 10대 건강식품의 하나로 선정하였다.

한편 감마선 조사기술은 식품의 병원성 또는 부패 미생물의 억제에 의한 안전성 보장 뿐만 아니라 최근에는 가공공정 개선 및 기능성 향상(8-11)까지 세계적으로 그 이용이 확대되고 있는 추세로 식품가공원료 및 가공제품의 위생화와 안전저장 및 유통 그리고 제조공정 개선, 고부가가치 기능성

소재개발 등 여러 분야에서 연구되고 있으며 앞으로 효과적으로 활용할 수 있는 기술 집약적 분야이다.

특히 Son 등(10)은 녹차 추출물을 복잡한 정제과정을 거치지 않고 감마선 조사를 통해 불필요한 색소를 제거하고, 생리활성은 유지할 수 있다고 보고하였는데, 녹차의 색상 개선 후 저장기간 동안 색이 다시 환원될 수 있다는 단점을 지적한 바 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 나노크기로 추출물을 캡슐화하여 저장 안정성과 효과의 지속성을 증진시키는 시도가 성공적으로 완료되었다(12). 그러나 여전히 녹차추출물이 감마선 조사시설에서 가공시설까지 이동 중에도 부분적으로 색의 환원이 문제시 될 수 있어 이러한 문제점을 보완하고 산업적 적용방안을 제시할 필요가 있다.

Lee 등(13)은 자색고구마에서 추출한 색소의 안정성에는 pH, 당류, 유기산, 금속이온, 아스코빈산, 그리고 광의 존재가 영향을 준다고 보고하였는데, 특히 아스코빈산과 같은 항산화제가 증가함에 따라 anthocyanin 색소의 파괴효과가 높고 산소가 존재하는 상태에서는 anthocyanin 색소의 파괴에 대한 상승적인 효과를 나타내었다. 따라서 본 고에서는 BHA와 ascorbic acid 등의 항산화제를 이용하여 감마선 조사로 불용색소가 제거된 녹차추출물의 저장 중 색 환원을 억제시

†Corresponding author. E-mail: mwbyun@kaeri.re.kr
Phone: 82-42-868-8060. Fax: 82-42-868-8043

키는 방법을 연구하여 산업적 활용방안을 모색하고자 실험을 실시하였다.

재료 및 방법

녹차 추출액 제조

실험에 사용된 녹차잎은 전남 보성에서 2000년에 생산된 것을 구입하였고, 녹차잎 100 g을 70% ethanol 2 L에 넣은 후 24시간 실온에서 간헐적으로 흔들면서 추출하고 이러한 과정을 한번 더 반복하였다. 준비된 추출액은 다시 감마선을 조사하기 전과 조사한 후에 첨가제를 가하는 두 처리구로 나누었으며 추출 원액을 대조구로 사용하였다. 첨가제는 항산화제의 일종인 butylated hydroxyanisole(BHA, Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)과 아스코르빈산(AA, Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)을 에탄올과 물에 각각 0.2%로 녹인 후 27 mL 녹차추출물에 3 mL의 항산화제 용액을 첨가하여 최종 농도가 200 ppm이 되게 하여 사용하였다.

감마선 조사

시료의 감마선 조사는 한국원자력연구소 내 선원 10만 Ci의 Cobalt-60 감마선조사 시설을 이용하여 $15 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 에서 분당 70 Gy의 선량율로 각각 0, 5, 10 및 20 kGy의 총 흡수선량을 얻도록 하였으며, 흡수선량은 Fricke dosimetry(ceric/cerous dosimeter)(14)로 확인하였다. 비조사구인 0 kGy는 동일한 온도효과를 얻기 위하여 감마선 조사 시설외부에 둔 후 조사 직후 처리구와 함께 4°C 냉장고에 저장하였다.

색도 측정

감마선조사와 조사 후 저장기간에 따른 색도 변화를 측정하기 위하여 Color Difference Meter(Spectrophotometer CM-3500d, Minolta Co. Ltd., Osaka, Japan)를 이용하였다. 기기는 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. 측정된 값은 Spectra Magic Software(version 2.11, Minolta Cyber Chrom Inc., Osaka, Japan)를 이용하여 기록하였다.

통계처리

실험설계는 우선적으로 감마선 조사선량과 저장기간에 의한 녹차추출액의 색도변화를 보도록 설계되었다. 실험은 2번 반복하였으며 SAS software(15)를 이용하여 분산분석을 하고 Student-Newman-Keul's(SNK) 다중검정법을 이용하여 각 평균값에 대한 유의차를 조사하였다. 유의수준은 5% 이내로 하였으며, 각 실험치의 평균값과 표준오차(standard errors of the mean)를 보고하였다.

결과 및 고찰

Hunter color L-value(명도)

감마선 조사 및 항산화제를 병용 처리한 녹차 추출물의

저장기간에 따른 명도 변화는 Table 1과 같다. 명도를 나타내는 Hunter color L값은 흑색 표준판을 0으로 백색 표준판을 100으로 표준화하여 측정되는 값이다. Butylated hydroxyanisol(BHA)나 아스코르빈산을 첨가하지 않고 감마선을 조사하지 않은 대조구는 66.5를 시작하여 4주차에서 61.9로 저장기간별로 명도가 감소하였다. 감마선을 5 kGy로 조사한 경우 명도가 조사 직후 79.1로 비조사구에 비해 유의적으로 높은 값($p < 0.05$)을 나타내어 감마선 조사에 의해 명도가 현저히 증가함을 볼 수 있었다. 이 값은 저장기간에 따라 유의적으로 감소하여 저장 4주차에는 70.7을 나타내었으나 대조구에 비하여 여전히 유의적으로 높은 수준이었다($p < 0.05$). 감마선을 10 kGy로 조사한 경우에도 감마선 조사효과가 나타나 저장기간 동안 대조구 또는 5 kGy 조사구에 비해 유의적으로 높은 명도를 나타내었다. 반면 20 kGy로 감마선을 조사한 시험구는 5 또는 10 kGy 감마선 조사구에 비해 유의적으로 높은 값 즉, 바람직한 색상으로 변하였으나 저장 1주 후부터 색의 환원이 5 또는 10 kGy 감마선 조사구에 비해 빨리 일어나는 것을 알 수 있다. Son 등(10)은 감마선을 조사한 녹차추출액에서 색의 환원을 막기 위한 가장 기초적인 방법은 조사 직후 녹차추출물을 분말화하는 것이라고 보고하였으며, 또한 조사 후 색의 환원은 저장온도와 밀접하게 관계가 있어 4°C 냉장저장이 실온저장보다 더욱 바람직하다고 하였다.

감마선 조사 직전과 직후에 BHA를 첨가한 시험구는 대조구와 비교하여 저장 초기와 4주 후 모두 큰 차이가 없었으며, 감마선 조사선량과 저장기간에 따른 명도의 변화 양상도 동일하였다. 그러나 아스코르빈산을 감마선 조사 직전 또는 직후 첨가한 시험구의 경우 조사 선량에 따라 명도가 높게 나타났으며, 저장기간에 따른 명도의 감소 폭도 줄어 저장 4주 후에도 대조구나 BHA를 첨가한 시험구의 저장 1주 후 명도값과 유사하거나 오히려 높은 결과를 나타내었다. 이는 감마선 조사 직전 또는 직후 아스코르빈산을 첨가하면 감마선 조사에 의해 변화된 밝은 색이 다시 환원되는 것을 저장 기간 중 최소화할 수 있다는 것을 보여준다(Table 1). 이와 유사하게 아스코르빈산 외에 토코페롤과 아미노산 중 항산화성을 가지고 있는 cysteine(16)을 각각 그리고 조합하여 색의 환원을 조사한 결과 아스코르빈산이 색의 환원을 가장 효과적으로 방지하였으며, cysteine은 감마선 조사에 의한 색의 변화를 초기부터 억제하여 차후 감마선 조사로 색이 변화되는 것을 억제하는데 유용하게 쓰일 수 있을 것이라고 보고하였다(17).

Hunter color a-value(적색도)

감마선 조사 및 BHA 또는 아스코르빈산을 첨가한 녹차 추출물의 저장기간에 따른 적색도 변화는 Table 2와 같다. 대조구의 적색도는 저장 전에는 21.3이었으며, 저장 1주까지 약간 증가하였으나 4주 후 유의적으로 높은 값을 나타내었다. 감마선을 5 kGy로 조사한 경우에는 비조사구보다 유의적으로 낮은 a값을 나타내었으며, 10 kGy 또한 비조사구와 5 kGy보다 유의적으로 낮은 값을 나타내어 조사구가 전체

Table 1. Changes in Hunter color L-value of green tea extract irradiated before or after addition of BHA or ascorbic acid

Sample ¹⁾	Irradiation dose (kGy)	Storage period (week)					SEM
		0	1	2	3	4	
Control	0	66.5 ^{aw}	64.0 ^{bw}	62.8 ^{cw}	61.7 ^{ew}	61.9 ^{dw}	0.02
	5	79.1 ^{ax}	73.3 ^{by}	71.6 ^{cy}	70.4 ^{ey}	70.7 ^{dy}	0.01
	10	82.1 ^{ay}	74.5 ^{cz}	73.6 ^{dz}	73.6 ^{ez}	75.6 ^{bz}	0.01
	20	82.7 ^{az}	71.6 ^{bx}	69.5 ^{cx}	68.6 ^{dx}	64.3 ^{ex}	0.01
	SEM ²⁾	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	
IR-BHA	0	68.7 ^{aw}	64.3 ^{bw}	62.5 ^{cw}	60.4 ^{dw}	60.0 ^{ew}	0.01
	5	80.2 ^{ax}	72.1 ^{by}	69.7 ^{cz}	67.5 ^{dz}	67.3 ^{ez}	0.01
	10	83.4 ^{ay}	72.3 ^{bz}	69.6 ^{cy}	67.1 ^{dy}	66.8 ^{ey}	0.01
	20	83.7 ^{az}	70.0 ^{bx}	67.3 ^{cx}	65.0 ^{dx}	64.9 ^{ex}	0.01
	SEM	0.01	0.004	0.005	0.01	0.01	
BHA-IR	0	66.4 ^{aw}	63.6 ^{bw}	62.2 ^{cw}	60.3 ^{dw}	60.3 ^{dw}	0.02
	5	78.6 ^{ax}	71.5 ^{by}	69.4 ^{cy}	67.1 ^{dz}	66.8 ^{ez}	0.01
	10	83.4 ^{ay}	72.5 ^{bz}	69.7 ^{cz}	67.0 ^{dy}	66.6 ^{ey}	0.01
	20	85.3 ^{az}	69.9 ^{bx}	66.8 ^{cx}	63.9 ^{dx}	63.6 ^{ex}	0.01
	SEM	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	
IR-AA	0	72.8 ^{dw}	74.9 ^{aw}	74.5 ^{bx}	73.1 ^{cw}	72.8 ^{dw}	0.02
	5	85.6 ^{ax}	83.8 ^{bx}	82.2 ^{cy}	80.0 ^{dx}	79.8 ^{ex}	0.01
	10	90.9 ^{ay}	87.3 ^{by}	85.5 ^{cz}	82.4 ^{dz}	81.9 ^{ez}	0.01
	20	91.5 ^{az}	87.7 ^{bz}	85.5 ^{cz}	82.3 ^{dy}	81.4 ^{ey}	0.01
	SEM	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
AA-IR	0	73.1 ^{cw}	75.2 ^{aw}	74.7 ^{bw}	73.0 ^{dw}	71.9 ^{ew}	0.01
	5	85.1 ^{ax}	83.9 ^{bx}	82.2 ^{cx}	79.6 ^{dx}	78.2 ^{ex}	0.01
	10	88.4 ^{ay}	86.5 ^{by}	84.5 ^{cy}	81.7 ^{dz}	80.7 ^{ez}	0.01
	20	89.7 ^{az}	87.1 ^{bz}	84.8 ^{cz}	81.5 ^{dy}	79.2 ^{ey}	0.01
	SEM	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	

¹⁾Control, no antioxidant was added; IR-BHA, the extract was irradiated before BHA was added; BHA-IR, the extract was irradiated after BHA was added; IR-AA, the extract was irradiated before ascorbic acid; AA-IR, the extract was irradiated after ascorbic acid was added.

²⁾SEM: Pooled standard error of the mean.

^a Means in the same row with different letters differ significantly (p<0.05).

^w Means in the same column with different letters differ significantly (p<0.05).

적으로 비조사구보다 낮은 값을 나타내었다. 이것은 Son 등 (10)의 연구에서 진한 갈색의 추출물이 감마선 조사를 통해 밝은 색으로 변화된다는 것과 감마선에 의해서 유지 중의 클로로필이 파괴되었다는 보고(18)와 유사한 경향을 나타내었다. 그러나 20 kGy에서는 조사 직후 명도값과 같이 다른 선량에 비해 조사 직후 가장 낮은 값을 나타내었으나 저장 중에는 적색도(a값)가 유의적으로 증가하여 10 kGy보다 높은 적색도를 나타냈다. 이것은 명도값과 마찬가지로 20 kGy에서 저장기간 동안 색의 환원이 빠르게 일어난다는 것을 알 수 있었으며 높은 선량의 감마선 조사는 다량의 자유 라디칼을 생성하여 추후 변화를 주도한다는 것을 알 수 있었다.

감마선을 조사하기 직전과 직후에 BHA 처리구에서 대조구와 비교하였을 때 전체적으로 비슷한 경향을 나타내었고, 대조구와 마찬가지로 BHA 처리구에서도 20 kGy에서는 조사 직후를 제외하고 10 kGy보다 유의적으로 높은 값을 나타내었다. 이러한 결과는 Jo 등(17)의 항산화제 첨가 시 보고된 적색도의 경향과 유사하였다. 아스콜빈산 첨가시에는 BHA와 마찬가지로 저장기간 동안 비슷한 경향을 보였으나 조사 직후 적색도가 15.6으로 유의적으로 가장 낮았으며, 저장 4

주 후 다른 처리구의 적색도에 비해 아스콜빈산 첨가구의 적색도가 유의적으로 낮았다(p<0.05). 따라서 아스콜빈산 처리는 저장 중 조사된 녹차추출물의 개선된 색상을 안정화시켜 색의 환원을 최대한 억제시키는 것으로 나타났다.

Hunter color b-value(황색도)

황색도를 대표하는 Hunter color b값은 Table 3과 같다. 우선 대조구에서 황색도가 조사 직후 92.3, 4주차에서는 71.6으로 유의적으로 감소하였고, 조사 직후 5 kGy와 비교하였을 때 비조사구보다 낮은 값을 나타내었으며, 10 kGy도 역시 5 kGy와 비교하였을 때 황색도가 4주차에는 유의적으로 낮다는 것을 알 수 있었다. 그러나 대조구에서 황색도도 적색도와 마찬가지로 20 kGy에서 조사 직후에 5, 10 kGy보다 황색도가 유의적으로 낮았으나 저장기간이 길어짐에 따라 10 kGy 보다 높은 황색도를 나타내었다.

감마선조사 직전과 직후에 BHA 처리구에서는 대조구가 저장기간 동안에 명도 또는 적색도와 같이 20 kGy가 10 kGy보다 높은 값을 나타내는 것과 반대로 저장기간 동안에 선량이 증가함에 따라서 유의적으로 감소한다는 것을 알 수 있었고 조사 직후부터 저장 4주 동안 황색도가 유의적으로 증가

Table 2. Changes in Hunter color a-value of green tea extract irradiated before or after addition of BHA or ascorbic acid

Sample ¹⁾	Irradiation dose (kGy)	Storage period (week)					SEM
		0	1	2	3	4	
Control	0	21.3 ^{ez}	26.0 ^{dz}	27.5 ^{cz}	27.2 ^{bz}	27.7 ^{ay}	0.04
	5	8.5 ^{ey}	17.0 ^{dx}	19.5 ^{cx}	19.7 ^{bx}	20.8 ^{ax}	0.01
	10	5.6 ^{ex}	15.9 ^{cw}	17.4 ^{aw}	16.5 ^{bw}	15.8 ^{dw}	0.01
	20	5.1 ^{ew}	19.2 ^{dy}	22.1 ^{by}	22.0 ^{cy}	30.9 ^{az}	0.01
	SEM ²⁾	0.03	0.01	0.02	0.03	0.01	
IR-BHA	0	20.3 ^{ez}	27.9 ^{dz}	30.4 ^{cz}	31.7 ^{bz}	33.1 ^{az}	0.02
	5	8.1 ^{ey}	20.2 ^{dx}	23.7 ^{cw}	25.2 ^{bw}	26.8 ^{aw}	0.01
	10	5.0 ^{ex}	20.2 ^{dx}	24.5 ^{cx}	26.3 ^{bx}	28.1 ^{ax}	0.01
	20	5.0 ^{ex}	22.8 ^{dy}	27.1 ^{cy}	28.4 ^{by}	30.0 ^{ay}	0.004
	SEM	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	
BHA-IR	0	23.5 ^{ez}	28.9 ^{dz}	31.0 ^{cz}	31.8 ^{bz}	33.1 ^{az}	0.04
	5	11.2 ^{ey}	21.5 ^{dx}	24.7 ^{cw}	26.4 ^{bw}	28.3 ^{aw}	0.01
	10	5.1 ^{ex}	20.9 ^{dw}	25.1 ^{cx}	27.3 ^{bx}	29.4 ^{ax}	0.01
	20	3.4 ^{ew}	24.1 ^{dy}	28.7 ^{cy}	31.0 ^{by}	32.9 ^{ay}	0.01
	SEM	0.02	0.03	0.01	0.02	0.01	
IR-AA	0	15.6 ^{cz}	14.6 ^{dz}	15.6 ^{cz}	16.3 ^{bz}	18.0 ^{az}	0.06
	5	1.8 ^{ey}	5.1 ^{dy}	7.4 ^{cy}	9.2 ^{by}	11.0 ^{ay}	0.01
	10	-3.9 ^{ex}	1.7 ^{dx}	4.7 ^{cx}	7.1 ^{bw}	9.3 ^{aw}	0.01
	20	-4.4 ^{ew}	1.7 ^{dx}	5.0 ^{cw}	7.6 ^{bx}	10.2 ^{ax}	0.01
	SEM	0.03	0.03	0.04	0.03	0.01	
AA-IR	0	13.7 ^{ez}	13.8 ^{dz}	15.2 ^{cz}	16.1 ^{bz}	18.9 ^{az}	0.03
	5	0.6 ^{ey}	4.4 ^{dy}	7.4 ^{cy}	9.6 ^{by}	12.9 ^{ax}	0.01
	10	-2.7 ^{ex}	2.0 ^{dw}	5.3 ^{cw}	7.9 ^{bw}	10.7 ^{aw}	0.01
	20	-3.5 ^{ew}	2.4 ^{dx}	6.0 ^{cx}	8.8 ^{bx}	13.1 ^{ay}	0.01
	SEM	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	

¹⁾Control, no antioxidant was added; IR-BHA, the extract was irradiated before BHA was added; BHA-IR, the extract was irradiated after BHA was added; IR-AA, the extract was irradiated before ascorbic acid; AA-IR, the extract was irradiated after ascorbic acid was added.

²⁾SEM: Pooled standard error of the mean.

^{a-e}Means in the same row with different letters differ significantly ($p < 0.05$).

^{w-z}Means in the same column with different letters differ significantly ($p < 0.05$).

하는 경향을 보였다. 아스콜빈산도 BHA와 마찬가지로 저장 기간 동안 조사 선량이 증가함에 따라서 황색도를 유의적으로 낮게 하였으며, 녹차 추출물에 항산화제를 첨가하면 조사 선량이 증가됨에 따라 저장기간 중 5, 10, 20 kGy의 황색도가 감소된다는 연구결과와 유사하였다(17). 감마선 조사 직전 또는 직후 아스콜빈산 첨가는 명도와 적색도에 이어 황색도의 환원을 줄이는데 대조구나 BHA 처리구보다 효과적이어서 녹차에 감마선을 조사하여 색상을 개선한 후 저장기간 동안 색이 다시 환원될 수 있다는 단점을 개선할 수 있었다.

통계적 처리를 이용하여 주요 처리간 F값과 유의수준을 조사한 결과는 Table 4와 같다. BHA나 아스콜빈산을 첨가한 구와 두 가지 모두 첨가하지 않은 대조구를 비교해 보면 명도, 적색도 및 황색도 모두 1% 이내에서 고도의 유의성을 가져 첨가제 처리가 유의적으로 색도를 향상시켰다는 것을 알 수 있다. BHA와 아스콜빈산 첨가구를 감마선 조사 직전과 직후를 구분하지 않고 서로 비교한 경우에도 고도의 유의성을 보여준다. 다만 첨가제를 시간적으로 감마선 조사 직전과 직후로 구분할 경우 적색도에서는 유의적인 차이가 없어 ($p > 0.05$) 첨가 시간이 녹차추출물의 저장기간 중 적색도에

영향을 주지 않았다.

따라서 위의 결과를 종합하면 감마선을 이용하여 녹차추출물의 색상을 개선할 때 아스콜빈산을 첨가할 경우 제품이 운송되는 도중에도 색의 환원이 문제시 될 수 있는 단점을 최소화시킬 수 있어 녹차추출물을 이용한 식품, 의약품 및 화장품 제조용 기능성 소재 생산시 상업적으로 적용하는데 효과적이라 판단된다.

요 약

녹차 추출물의 불용색소를 감마선으로 제거한 후 저장기간 동안의 색상의 환원을 최소화하기 위하여 BHA와 아스콜빈산을 이용하여 실험을 실시하였다. 명도(Hunter color L-value)의 경우 대조구에서는 비조사구보다 조사구가 유의적으로 높아 밝은 색을 보였으며, BHA 첨가구(200 ppm)는 대조구와 유의적으로 차이가 없었다. 아스콜빈산 첨가구(200 ppm)는 대조구와 BHA 첨가구보다 명도가 저장기간 동안 유의적으로 높아 가장 밝은 색을 나타내었다. 저장기간에 따라 대조구, BHA처리구, 아스콜빈산 처리구 등 모두 20 kGy가

Table 3. Change in Hunter color b-value of green tea extract irradiated before or after addition of BHA or ascorbic acid

Sample ¹⁾	Irradiation dose (kGy)	Storage period (week)					SEM
		0	1	2	3	4	
Control	0	92.3 ^{az}	86.2 ^{bz}	81.4 ^{cz}	74.2 ^{dz}	71.6 ^{ey}	0.03
	5	66.5 ^{ay}	61.8 ^{by}	59.5 ^{cy}	53.6 ^{dy}	53.1 ^{ex}	0.06
	10	49.4 ^{ax}	47.2 ^{bw}	42.2 ^{cw}	34.0 ^{dw}	29.6 ^{ew}	0.01
	20	47.0 ^{cw}	51.8 ^{bx}	51.9 ^{bx}	46.7 ^{dx}	79.9 ^{az}	0.02
	SEM ²⁾	0.02	0.01	0.02	0.07	0.03	
IR-BHA	0	99.1 ^{az}	98.6 ^{bz}	97.4 ^{cz}	95.0 ^{dz}	94.0 ^{ez}	0.03
	5	77.8 ^{ey}	83.1 ^{by}	83.5 ^{cy}	80.4 ^{cy}	78.8 ^{dy}	0.02
	10	56.0 ^{ex}	70.9 ^{dx}	76.5 ^{cx}	76.6 ^{bx}	76.8 ^{ax}	0.01
	20	50.3 ^{ew}	67.1 ^{dw}	72.9 ^{aw}	71.6 ^{cw}	72.4 ^{bw}	0.01
	SEM	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	
BHA-IR	0	98.5 ^{az}	98.6 ^{az}	97.5 ^{bz}	94.9 ^{cz}	94.8 ^{cz}	0.05
	5	83.5 ^{ey}	88.2 ^{dy}	89.3 ^{cy}	88.9 ^{by}	90.1 ^{ay}	0.02
	10	57.2 ^{ex}	73.4 ^{dx}	78.2 ^{cx}	80.2 ^{bx}	82.7 ^{ax}	0.02
	20	50.0 ^{ew}	69.6 ^{dw}	75.2 ^{cw}	77.8 ^{bw}	80.6 ^{aw}	0.02
	SEM	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	
IR-AA	0	98.1 ^{az}	98.0 ^{az}	97.4 ^{bz}	96.5 ^{cz}	97.5 ^{bz}	0.02
	5	79.1 ^{ay}	79.0 ^{by}	78.2 ^{cy}	77.5 ^{dy}	77.4 ^{ey}	0.01
	10	57.3 ^{ex}	58.7 ^{dx}	62.1 ^{cx}	63.2 ^{bx}	66.5 ^{ax}	0.01
	20	51.5 ^{ew}	53.8 ^{dw}	56.9 ^{cw}	59.5 ^{bw}	63.8 ^{aw}	0.01
	SEM	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	
AA-IR	0	97.0 ^{dz}	97.5 ^{bz}	97.2 ^{cz}	96.6 ^{ez}	97.7 ^{az}	0.03
	5	79.3 ^{ey}	80.3 ^{dy}	82.0 ^{cy}	83.2 ^{by}	86.3 ^{ay}	0.01
	10	63.4 ^{ex}	65.4 ^{dx}	68.3 ^{cx}	71.1 ^{bx}	75.4 ^{ax}	0.01
	20	55.8 ^{ew}	58.4 ^{dw}	62.0 ^{cw}	65.6 ^{bw}	72.0 ^{aw}	0.01
	SEM	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	

¹⁾Control, no antioxidant was added; IR-BHA, the extract was irradiated before BHA was added; BHA-IR, the extract was irradiated after BHA was added; IR-AA, the extract was irradiated before ascorbic acid; AA-IR, the extract was irradiated after ascorbic acid was added.

²⁾SEM: Pooled standard error of the mean.

^a Means in the same row with different letters differ significantly (p<0.05).

^w Means in the same column with different letters differ significantly (p<0.05).

Table 4. F-value and probability (Pr>F) of main effect comparison on Hunter color L, a, and b-value of green tea extract irradiated before or after addition of BHA or ascorbic acid

Comparison	L-value		a-value		b-value	
	F-value	Pr>F	F-value	Pr>F	F-value	Pr>F
Control vs ¹⁾ Treatment	12.95	0.0004	5.44	0.0204	79.56	0.0001
BHA vs AA	138.98	0.0001	150.24	0.0001	43.79	0.0001
Addition before vs after irradiation	6.54	0.0017	2.89	0.0571	41.19	0.0001

¹⁾Control, no antioxidant was added. Treatment, butylated hydroxyanisole (BHA) or ascorbic acid (AA) were added.

10 kGy보다 유의적으로 더 낮은 명도 값을 보여 감마선 조사 선량이 20 kGy 또는 그 이상의 고선량일 경우 색의 환원이 증가됨을 알 수 있었다. 적색도(a값)는 감마선 조사선량에 의해 유의적으로 감소하였으며 처리구 중 아스콜빈산 처리구가 가장 낮은 적색도를 나타내어 명도에 이어 적색도도 아스콜빈산 처리가 가장 효과적이었다. 황색도(b값) 또한 유사한 결과를 보여 결론적으로 감마선 조사를 이용하여 녹차

추출물의 색도를 개선시킨 후 아스콜빈산과 같은 항산화제를 이용할 경우 저장 또는 운반 중 색의 환원을 최소화시킬 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부의 원자력 연구개발사업의 일환으로 수행되었으며, 그 지원에 감사드립니다.

문헌

1. Record IR, Lane JM. 2001. Simulated intestinal digestion of green and black teas. *J Food Chem* 73: 481-486.
2. Yeo SG, Ahn CW, Lee YW, Lee TG, Park YH, Kim SB. 1995. Antioxidative effect of tea extracts from green tea, oolong tea and black tea. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 24: 229-304.
3. Hattori M, Namba T, Hara Y. 1990. Effect of tea polyphenol on glucosyltransferase form *Streptococcus mutans*. *J Chem Pharm Bull* 38: 717-720.
4. Muroi H, Kubo I. 1993. Combination effects of antibacterial compounds in green tea flavor against *Streptococcus mutans*. *J Agri Food Chem* 41: 1102-1105.

5. Serafini M, Ghiselli A, Ferro-Luzzi AE. 1996. Antioxidant properties and total phenolics content of green and black tea under different brewing conditions. *Eur J Clin Nutr* 50: 28-32.
6. Wanasundara UN, Shahidi F. 1998. Antioxidative and pro-oxidant activity of green tea extract in marine oils. *J Food Chem* 63: 335-342.
7. Chen ZY, Chan PT, Ma HM, Furg KP, Wang J. 1996. Antioxidant effect of ethanol tea effects extracts on oxidation of canola oil. *J Am Oil Chem Soc* 73: 375-380.
8. Ahn HJ, Kim JH, Yook HS, Rhee MS, Lee CH, Cho YJ, Byun MW. 2002. Application of gamma irradiation on hazardous volatile N-nitrosamines. *J Food Sci* In Press.
9. Lee JW, Yook HS, Cho KH, Lee SY, Byun MW. 2001. The changes of aller genic and antigenic properties of egg white albumin (Gal d 1) by gamma irradiation. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 500-504.
10. Son JH, Jo C, Byun MW. 2001. Processing of green tea leaves extract by gamma irradiation. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 1305-1308.
11. Jo C, Lee JW, Byun MW. 2001. Short communication of novel application of food irradiation. *J Food Sci Nutr* 6: 253-256.
12. Jo C, Byun MW. 2002. Development of processing method for highly pure natural materials by radiation technology. *Neutopia* 30: 6-7.
13. Lee LS, Rhim JW, Kim SJ, Chung BC. 1996. Study on the stability of anthocyanin pigment extracted from purple sweet potato. *Korean J Food Sci Technol* 28: 352-359.
14. Holm NW, Berry RJ. 1970. Manual on radiation dosimetry. Marcel & Dekker, Inc., New York, USA.
15. SAS Institute, Inc. 1989. *SAS User's Guide*. SAS Institute, Inc. Cary, NC, USA.
16. Patterson RA, Leake DS. 1998. Human serum, cysteine and histidine inhibit the oxidation of low density lipoprotein less at acidic pH. *FEBS Letter* 434: 317-321.
17. Jo C, Son JH, Byun MW. 2002. Irradiation application for color removal and purification of green tea leave extract. *Radiat Phy Chem* In press.
18. Byun MW, Jo C, Lee KH, Kim KS. 2002. Chlorophyll breakdown by gamma irradiation in model system containing linoleic acid. *J Am Oil Chem Soc* 79: 145-150.

(2002년 1월 26일 접수; 2002년 3월 25일 채택)