

상대습도 및 저장 온도가 분말녹차의 품질에 미치는 영향

이정민¹ · 임상욱¹ · 조성환² · 최성길² · 허호진² · 이승철^{1*}

¹경남대학교 식품생명학과

²경상대학교 식품공학과 · 농업생명과학연구원

Effect of Relative Humidity and Storage Temperature on the Quality of Green Tea Powder

Jung-Min Lee¹, Sang-Wook Lim¹, Sung-Hwan Cho², Sung-Gil Choi²,
Ho-Jin Heo², and Seung-Cheol Lee^{1*}

¹Dept. of Food Science and Biotechnology, Kyungnam University, Masan 631-701, Korea

²Dept. of Food Science and Technology, and Institute of Agriculture and Life Sciences,
Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

Abstract

After storing green tea powder for three months at three different temperatures (-20, 4, and 20°C) with three different relative humidities (RHs) (23, 69, and 81%), the chemical quality was evaluated with green tea, which was prepared by soaking 1.5 g of the powder into 100 mL of distilled water at 70°C for 5 min. Total phenolic contents, total flavanol contents, and ascorbic acid contents of green tea powder stored at 4°C with 23% RH changed from 267.5, 49.4, and 24.2 mg/g to 287.1, 44.9, and 36.9 mg/g, respectively, compared to the powder before storage. EGC and EGCG, the main catechins of green tea, also changed from 16.9 and 27.3 mg/g to 24.3 and 36.5, g/g, respectively, after storage for 3 months at 4°C with 23% RH. However, when the green tea powder was stored at -20 or 20°C with higher RH such as 69 and 81%, the chemical compounds were significantly decreased. The results indicate that temperature and RH are important during storage of green tea powder, and low RH and refrigerated condition (-4°C) are preferable to increase or preserve the chemical compounds of the tea.

Key words: green tea, storage, relative humidity, chemical composition

서 론

차는 차나무과의 목본성 상록과인 차나무의 잎을 채취하여 가공한 것을 말하며, 세계에서 많이 소비되고 있는 기호식품 중 가장 오래된 것 중의 하나이다. 녹차는 차 잎을 높은 열에서 튀거나 수증기로 가열하여 차 잎에 함유된 카테킨 산화효소의 활성을 초기 단계에서 정지시킨 비발효차로서 우리나라에서 널리 음용되고 있다. 녹차는 항암, 항당뇨, 항고혈압 작용의 생리활성을 나타낸다(1). 차 잎은 75~80%의 수분과 20~25%의 고형물질로 구성되어 있는데, 고형 물질 속에 30여 가지의 성분이 함유되어 있어 차의 효능을 발휘한다. 이 고형물질에는 카테킨류, 카페인, 혼용 다당류, 비타민, γ -aminobutyric acid(GABA), 사포닌, 무기질, 테아닌 등의 유리아미노산이 있다(2).

우리나라의 식품공전에서 녹차는 다류에 속하며, 다류는 식물성 원료를 주원료로 하여 제조·가공한 기호성 식품으

로서 침출차, 액상차, 고형차를 말한다(3). 고형차는 식물성 원료를 주원료로 하여 가공한 것으로 분말 등 고형의 기호성 식품을 말하며, 물을 가하여 그대로 음용하거나 다른 식품에 첨가하는 소재로 이용될 수 있다. 분말 녹차는 고형차에 속하며, 녹차 잎을 건조 상태의 분말로 만든 것으로 물에 녹지 않는 카로틴, 섬유질, 비타민 A와 비타민 E 등을 섭취할 수 있는 장점이 있다.

한편, 건조식품은 수분활성도, 저장 온도 등의 다양한 요인들에 영향을 받는데 수분활성도에 따라 비효소적 갈변반응, 지방산패, 미생물 발생 정도가 달라진다. 녹차는 오랜 기간 저장하기 위해 건조하여 보관하므로 미생물에 의한 변질이 거의 없다. 그러나 흡습성이 강하여 상온에서 흡습하게 되면 급속하게 변질이 일어나게 된다. 특히 여름철은 고온 다습한 기후 때문에 변질이 일어나기 쉽기 때문에 차의 변질에 관계되는 요인을 고려하여 보관해야 된다. 차의 변질에 관여하는 주요 성분으로는 엽록소, 카테킨, 지질 및 카로티

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

노이드 비타민 C 등으로 이들 성분의 산화에 의해 색, 수색, 향미의 변화가 일어난다. 산화반응은 차잎 중의 수분함량, 저장온도, 효소 및 광선 등의 영향을 받는다(4-6).

본 연구에서는 분말녹차의 저장 중에 습도와 온도가 품질에 미치는 영향을 조사하기 위하여 상대습도를 3가지(23, 69, 81%)로 구분하여 일상생활에서 널리 이용되는 3가지 온도(냉동, -20°C; 냉장, 4°C; 상온, 20°C) 조건에서 3달간 저장하면서 분말녹차의 품질변화에 대해서 조사하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 분말녹차는 녹차 전문 제조업체인 (주)햇차원(Hadong, Korea)에서 제조한 녹차잎을 분쇄하여 100 mesh sieve를 통과하여 제조하였다. 분석을 위한 Folin-Ciocalteu 시약은 Wako Pure Chemical Industries, Ltd. (Osaka, Japan)에서 구입하여 사용하였다. 카테킨 표준물질들로서 (-)-에피카테킨(EC), (-)-에피카테킨 갈레이트(ECG), (-)-에피갈로카테킨(EGC), (-)-에피갈로카테킨 갈레이트(EGCG), (+)-카테킨(C), (-)-카테킨 갈레이트(CG), (-)-갈로카테킨 (GC), (-)-갈로카테킨 갈레이트(GCG)는 Sigma Chemical Co.(St Louis, MO, USA)에서 구입하였다. 또한, 카페인(cafeine), 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH), methanol(analytical grade), 85% orthophosphoric acid, tyrosinase, L-tyrosine, vanillin과 gallic acid도 Sigma Chemical Co.에서 구입하였다. 그 외의 시약들도 모두 분석용 이상을 구입하여 이용하였다.

저장 조건 및 녹차 추출물의 제조

상대습도 23, 69와 81% 조건을 맞추어 주기 위해 밀폐용기(1.4 L)에서 KCH_3CO_2 , KI, $(NH_4)_2SO_4$ 의 비율을 조정한 포화염 용액(650 mL)을 만들었으며, 분말 녹차 50 g을 넣어 -20, 4, 20°C에 각각 저장하였다. 저장 3달 후, 저장된 분말 녹차 1.5 g에 70°C의 증류수 100 mL을 가하여 5분간 추출하여 Whatman No. 1 여과지로 여과한 후 분석에 이용하였다.

총 페놀 함량

총 페놀 함량은 Gutfinger(7)의 방법을 변형하여 측정하였다. 추출한 시료 1 mL를 취하여 2%(w/v) Na_2CO_3 용액 1 mL를 가한 후 3분간 방치한 뒤, 50% Folin-Ciocalteu 시약 0.2 mL를 가하여 반응시켜 30분간 상온에서 방치하였다. 이 혼합물을 5분간 $12,000\times g$ 에서 원심분리한 후, 상징액 1 mL를 취하여 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 페놀 함량은 gallic acid를 이용하여 작성한 표준곡선으로 mg/g 단위로 나타내었다.

총 플라바놀 함량

총 플라바놀 함량은 Price 등(8)의 방법을 변형하여 측정

하였다. 추출한 시료 1 mL를 취하여 2.0% vanillin(8.0% methanolic HCl)용액 5.0 mL를 가하여 20분간 상온에서 반응시킨 후 500 nm에서 흡광도를 측정하였다. (+)-카테킨을 표준물질로 하여 검량곡선을 작성하여 총 플라바놀 함량을 계산하였다.

아스코르브산 함량

아스코르브산 함량은 Sikic 등(9)의 방법을 변형하여 측정하였다. 녹차 시료 1 mL를 10분간 $10,000\times g$ 에서 원심분리한 후 상징액 0.5 mL를 취하여 trichloroacetic acid(5%)용액 2 mL와 혼합하고 10분간 $15,000\times g$ 에서 원심분리 하였다. 상징액 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-아스코르브산을 이용하여 작성한 표준곡선으로 L-아스코르브산으로 환산하여 mg/g 단위로 나타내었다.

HPLC 분석

카테킨류의 분석에는 HPLC를 사용하였다(10,11). 본 연구에 이용된 HPLC는 Shimadzu사(Kyoto, Japan) 제품이었으며, 이는 CTO 10AVP column oven, LC-6AD pump, SIL-10ADVP auto sample injector 그리고 SPD-10AVP UV/VIS detector로 구성되었고, 210 nm에서 흡광도를 측정하였다. 사용된 칼럼은 Shim-pack CLC guard column (10×4 mm)이 결합된 Shimadzu Shim-VP ODS column 5 μm(250×4.6 mm)이었으며, 칼럼 온도는 40°C로 고정하였다. 이동상의 용매는 A는 0.1% orthophosphoric acid(v/v, in H_2O)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.

통계처리

데이터의 통계처리는 각 시료를 3회 반복으로 행해졌으며, SAS(Statistical Analysis System, ver. 6.12)를 이용하여 평균과 표준오차, Newman-Keul's multiple range tests로 평균값들에 대해 유의성을 검정하였다(12).

결과 및 고찰

총 페놀 함량 및 총 플라바놀 함량

녹차에는 플라바놀, 플라보노이드, 페놀산 등의 여러 종류의 폴리페놀 화합물들은 생물학적으로 가장 활성이 있는 성분이다. 이런 페놀성 물질들은 2차 대사산물의 하나로 다양한 구조를 가지는데 이중에 phenolic hydroxyl기가 단백질 및 기타 분자들과 결합하는 성질이 강하며, 이런 수산기를

통한 수소 공여와 페놀 고리구조의 공명 안정화에 의해 항산화 등의 생리활성을 나타낸다(13).

Table 1에 저장 습도와 온도에 따른 분말 녹차의 총 페놀 함량의 변화를 나타내었다. 3달간의 저장 후의 결과를 보면 모든 온도 조건에서 상대습도가 가장 낮은 조건(23%)의 분말녹차에서 가장 높은 페놀 함량이 측정되었다. 가장 높은 총페놀 함량은 4°C, 상대습도 23% 조건에서 저장한 경우의 287.1 mg/g이었으며 이는 저장 초기의 267.5 mg/g에 비하여 7.3% 증가한 수치이다. 상대습도 69%와 81%의 조건에서 -20°C에 저장한 경우에는 각각 210.6 mg/g과 211.8 mg/g으로써 초기보다 20% 이상의 페놀 함량이 감소하였다.

플라바놀은 폴리페놀의 한 종류로서 녹차에 존재하는 카테킨류가 이에 해당한다. Table 2에 저장 습도와 온도에 따른 분말 녹차의 총 플라바놀 함량의 변화를 나타내었다. 3달간의 저장 후에는 Table 1의 총 페놀함량의 경우와 유사하게 모든 저장 온도 조건에서 상대습도가 낮은 조건(23%)에서 높은 값을 보였다. 또한 3달 후의 경우, 상대습도 69%와 81%에서는 4°C에 저장한 경우가 -20°C와 20°C에 저장한 경우보다 높은 플라바놀이 검출되었고, 상대습도 23%에서는 4°C와 20°C에서 각각 44.9 mg/g과 45.5 mg/g으로 비교적 높은

값을 보였다. 그러나 분말 녹차의 플라바놀 함량은 저장 기간이 경과함에 따라 모든 경우에서 저장 초기의 경우보다 낮은 값을 나타내었다.

이상의 결과는 저장 온도, 상대습도가 분말 녹차의 페놀 함량과 플라바놀 함량에 민감한 영향을 미침을 의미한다. 또, 총 페놀 함량은 일부 저장 조건에서 증가하였는데, 이는 녹차가 분말로 가공된 후에도 저장된 상태에서 여러 변화가 일어남을 시사한다. 이러한 변화에는 외부 환경 요인에 따른 변화도 있지만, 내부의 요인에 따른 변화도 있으며 이들의 상충 작용에 의해 페놀 함량은 증가하였다. 그러나 플라바놀 함량은 모든 경우에서 감소하여 페놀 화합물이 종류에 따라 다른 변화 양상을 보임을 알 수 있다.

아스코르브산 함량

Table 3에는 저장 습도와 온도에 따른 분말 녹차의 아스코르브산의 변화를 나타내었다. 아스코르브산은 조사된 저장 조건에서 저장 기간에 따라 대체로 증가하는 경향을 보였다. 3달간의 저장 후에 가장 높은 함량은 상대습도 23%의 조건으로 4°C에서 저장하였을 때 36.9 mg/g으로 저장 초기의 24.2 mg/g에 비하여 약 50% 이상 증가하였다. 한편, 저장 온도를 주된 변수로 보았을 때에는 20°C에서 가장 낮은 아스코르브산 함량을 보였고, 그 다음이 -20°C, 그리고 4°C의 순으로 측정되었다.

한편, Park 등(14)은 가공한 녹차를 분쇄하여 7±1%의 20 μm 이하의 가루 녹차를 상온에서 저장하였을 때 60일 이후에 비타민 C(아스코르브산)의 함량이 급속히 감소한다고 보고하였다. 본 연구 결과에서도 20°C에 저장한 분말 녹차의 경우에서 아스코르브산 함량이 가장 낮았으며, 23%와 81%의 상대습도에서는 초기보다 낮은 값을 나타내었다.

반발효차와 발효차인 우롱차나 홍차에는 발효과정 중에 아스코르브산이 산화되어 산화형 아스코르브산을 거쳐 2,3-디게토구론산으로 되며 최종적으로 옥살산 등의 산으로 되지만, 불발효차인 녹차의 경우에는 아스코르브산 함량이 높고

Table 1. Effect of relative humidity, storage temperature and time on total phenolic contents of green tea powder

Relative humidity (%)	Storage temp. (°C)	Storage time (month)	
		0	3
23	-20	267.5	252.6 ^c
	4	267.5	287.1 ^a
	20	267.5	278.0 ^b
69	-20	267.5	210.6 ^c
	4	267.5	259.3 ^a
	20	267.5	234.9 ^b
81	-20	267.5	211.8 ^b
	4	267.5	251.0 ^a
	20	267.5	205.2 ^c

Different letters (a-c) within a row indicate significant difference ($p < 0.05$), $n=3$.

Table 2. Effect of relative humidity, storage temperature and time on total flavanol contents of green tea powder

Relative humidity (%)	Storage temp. (°C)	Storage time (month)	
		0	3
23	-20	49.4	40.7 ^b
	4	49.4	44.9 ^a
	20	49.4	45.5 ^a
69	-20	49.4	35.9 ^c
	4	49.4	40.3 ^a
	20	49.4	37.3 ^b
81	-20	49.4	36.2 ^b
	4	49.4	41.1 ^a
	20	49.4	30.3 ^c

Different letters (a-c) within a row indicate significant difference ($p < 0.05$), $n=3$.

Table 3. Effect of relative humidity, storage temperature and time on ascorbic acid contents of green tea powder

Relative humidity (%)	Storage temp. (°C)	Storage time (month)	
		0	3
23	-20	24.2	34.9 ^b
	4	24.2	36.9 ^a
	20	24.2	23.2 ^c
69	-20	24.2	30.6 ^b
	4	24.2	34.7 ^a
	20	24.2	29.8 ^c
81	-20	24.2	30.5 ^b
	4	24.2	32.3 ^a
	20	24.2	23.7 ^c

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

저장이 잘 되었을 때에는 2~3년간 유지된다(15). 본 연구의 결과에서는 분말 녹차의 아스코르브산이 낮은 습도의 냉장 조건(4°C)에서 비교적 높은 함량이 검출되었으며, 저장 조건이 아스코르브산 함량에 중요한 영향을 미침을 알 수 있었다.

카테킨 함량

카테킨류는 녹차의 주된 생리활성물질로서 각종 성인병과 암 예방에 효과가 있음이 밝혀져 있다. 녹차에 존재하는 카테킨은 에피카테킨류와 그 에피머류가 있으며, 에피카테킨류가 주된 카테킨이다(Fig. 1). Table 4에 상대습도와 저장

온도를 달리하여 분말 녹차를 3달간 저장한 후 카테킨류, 갈릭산 그리고 카페인을 변화를 나타내었다. 모든 조건에서 EGCG와 EGC가 대표적인 카테킨이며, 저장 조건에 따라 변화가 있었다.

상대습도 23%의 조건에서 EC는 모든 저장 온도에서 저장할수록 증가하였고, 특히 4°C에 저장하였을 때 초기의 0.3 mg/g에서 3달 후에는 11.0 mg/g으로 크게 증가하였다. 주된 카테킨인 EGC와 EGCG도 대체로 증가하는 경향을 보였는데 4°C의 경우 초기의 16.9와 27.3 mg/g에서 3달 후에는 각각 24.3과 36.5 mg/g으로 증가하였다. 한편, 카페인

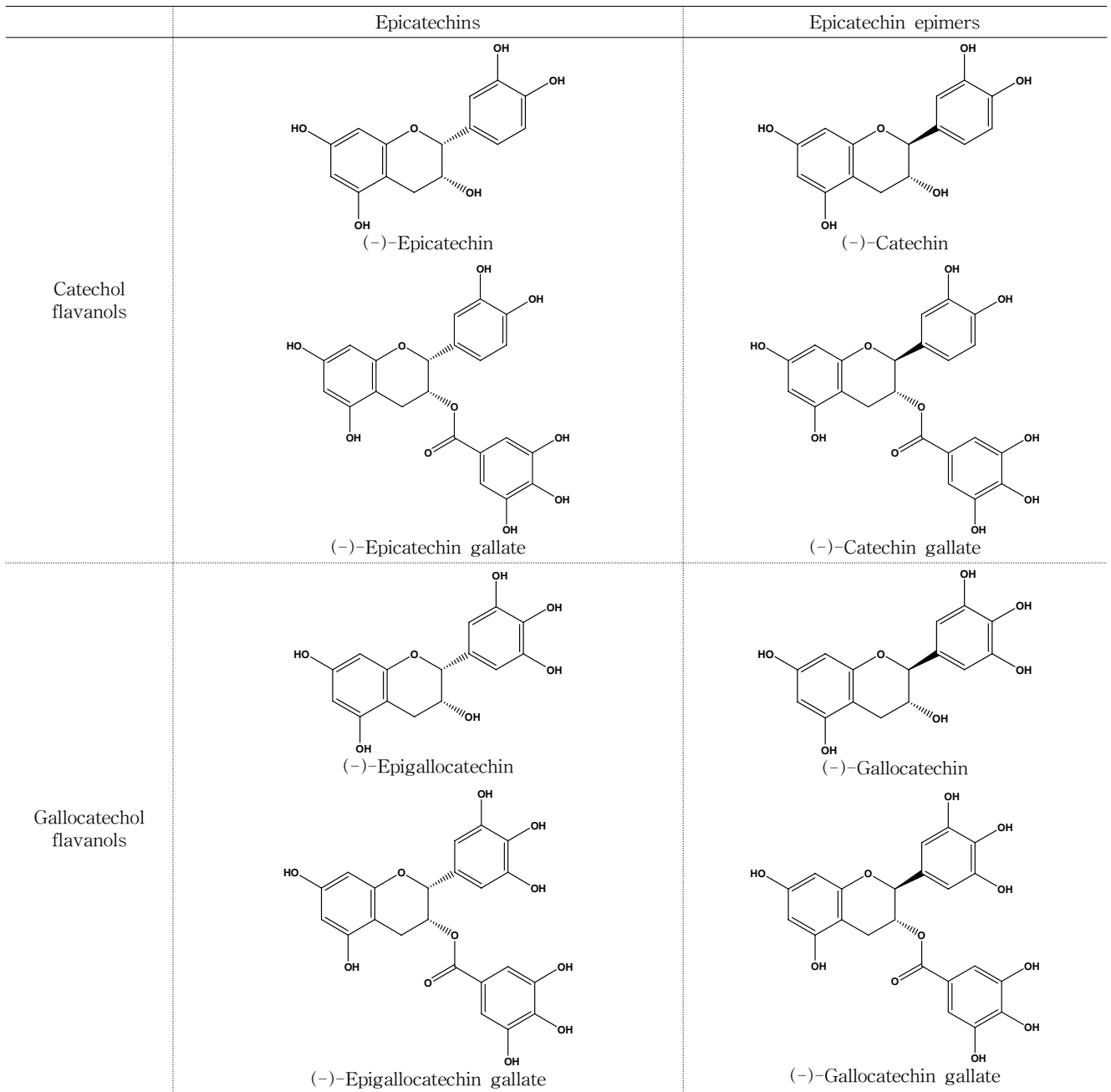


Fig. 1. Structure of catechins of green tea.

Table 4. Effect of relative humidities and temperatures during storage for 3 months on catechins and caffeine of green tea powder (mg/g)

Relative humidity (%)	Storage temp. (°C)	Catechins								Gallic acid	Caffeine
		Epicatechins				Epicatechin epimers					
		EC	ECG	EGC	EGCG	C	CG	GC	GCG		
Control		0.3	5.2	16.9	27.3	16.0	0.3	1.3	3.7	1.3	20.8
23	-20	8.6 ^c	7.6 ^b	19.1 ^c	36.1 ^a	1.7 ^a	0.9 ^a	1.6 ^c	1.6 ^b	1.9 ^b	25.4 ^b
	4	11.0 ^a	6.9 ^c	24.3 ^a	36.5 ^a	1.9 ^a	1.2 ^a	2.3 ^a	1.5 ^b	2.6 ^a	30.7 ^a
	20	9.4 ^b	8.5 ^a	22.0 ^b	33.2 ^b	0.5 ^b	1.0 ^a	1.9 ^b	2.0 ^a	2.1 ^b	25.9 ^b
69	-20	6.2 ^c	4.0 ^c	14.8 ^c	23.1 ^c	0.9 ^b	0.4 ^b	1.2 ^c	1.5 ^b	1.5 ^b	20.6 ^c
	4	10.1 ^a	9.2 ^a	22.7 ^a	35.0 ^a	1.8 ^a	1.1 ^a	2.1 ^a	1.1 ^c	2.4 ^a	29.1 ^a
	20	9.4 ^b	7.9 ^b	19.3 ^b	32.1 ^b	1.5 ^a	1.1 ^a	1.7 ^b	1.9 ^a	0.2 ^c	26.4 ^b
81	-20	6.7 ^c	5.8 ^b	16.6 ^b	28.2 ^b	1.1 ^b	0.4 ^b	1.4 ^b	1.4 ^b	1.6 ^b	20.8 ^b
	4	9.9 ^a	9.0 ^a	21.6 ^a	34.6 ^a	1.6 ^a	1.1 ^a	2.0 ^a	1.9 ^a	2.3 ^a	28.5 ^a
	20	7.6 ^b	1.6 ^c	16.6 ^b	11.9 ^c	0.7 ^c	0.7 ^b	1.0 ^c	1.2 ^c	0.3 ^c	20.4 ^b

Different letters (a-c) within each column indicate significant difference ($p < 0.05$), $n=3$. Control means green tea powder of beginning time of storage.

에도 증가하는 경향을 보여 4°C에서 저장한 경우에 초기의 20.7 mg/g에서 3달 후에는 30.7 mg/g으로 검출되었다. 한편, Ko 등은 녹차 추출물을 저온에서 저장한 경우에 총 카테킨 함량은 큰 차이가 없었으며, 카페인 함량은 증가하였다고 보고하였다(16). 카페인이 증가하는 이유는 아직 밝혀져 있지 않으나 녹차 세포에서 미지의 화학적 변화가 일어나는 것으로 추정된다. Kim 등은 수분활성도를 변화시키며 녹차 잎을 저장하였을 때 수분활성이 높고 저장 온도가 높을수록 갈변화가 빨리 일어난다고 보고하였다(17). 이는 녹차의 구성 성분의 화학적 변화가 온도에 민감하며, 이들의 다양한 반응은 녹차 성분의 변화를 초래한다.

상대습도 69%에서 저장한 분말녹차의 경우에는 대부분은 상대습도 23%와 유사한 양상으로 카테킨류들이 변화하였다. 모든 에피카테킨류, 갈릭산, 카페인은 4°C에 저장한 경우에서 가장 높은 양이 검출되었으나, 대부분의 경우에서 상대습도 23%의 경우보다는 낮은 값을 보였다. 또한, 상대습도 81%에 저장한 경우에서도 4°C에 저장한 분말 녹차에서 모든 카테킨류와 갈릭산, 카페인의 양이 가장 높았다. 그러나 20°C에 저장한 경우에는 카테킨류가 급감하였다. 예를 들어 EGCG의 경우 상대습도 23%, 4°C에서는 저장 3달 후에 36.5 mg/g이었으나, 상대습도 81%, 20°C에서 3달간 저장한 후에는 11.9 mg/g로 매우 감소하였다. 이러한 결과는 분말 녹차의 상대습도와 저장 온도가 카테킨류 및 카페인의 함량에 매우 민감한 영향을 미치며, 낮은 습도에서 냉장 상태로 저장하는 것이 녹차의 품질 유지에 유리함을 의미한다.

요 약

분말 녹차를 상대습도(23, 69, 81%)와 온도(-20, 4, 20°C)를 달리하여 3달간 저장한 후, 1.5 g에 100 mL을 첨가하여 추출물을 제조하여 총 페놀 함량, 총 플라바놀 함량, 아스코르브산 함량, 카테킨 함량의 변화를 조사하였다. 상대습도

23%, 4°C의 조건에 저장한 경우에서 총 페놀 함량, 총 플라바놀 함량, 아스코르브산 함량이 가장 높았는데 각각 287.1 mg/g, 44.9 mg/g, 36.9 mg/g의 값을 보였다. 이는 저장 초기의 각각의 측정값인 267.5 mg/g, 49.4 mg/g, 24.2 mg/g에 비해 총 페놀과 아스코르브산은 증가하였고, 총 플라바놀 함량은 감소하였다. 카테킨류의 경우에도 상대습도 23%, 4°C에 저장하였을 때 가장 높았는데 주된 카테킨인 EGC와 EGCG는 초기의 16.9와 27.3 mg/g에서 3달 후에는 각각 24.3과 36.5 mg/g으로 증가하였다. 또한 카페인도 같은 조건에서 초기의 20.7 mg/g에서 3달 후에는 30.7 mg/g으로 증가하였다. 그러나 상대습도가 높고 온도가 -20°C나 20°C에 저장한 경우에는 상대적으로 각 성분들이 감소하는 경향을 나타내었다. 이러한 결과는 분말 녹차의 상대습도와 저장 온도가 녹차의 품질 보존에 매우 중요하며, 낮은 습도에서 냉장 상태로 저장하는 것이 녹차의 품질 유지에 유리함을 의미한다.

감사의 글

본 논문은 2008학년도 농림부 농림기술개발사업의 지원에 의한 결과로 이에 감사드립니다.

문 헌

- Ji BT, Chow WH, Hsing AW, McLaughlin JK, Dai Q, Gao YT. 1997. Green tea consumption and the risk of pancreatic and colorectal cancers. *Int J Cancer* 70: 255-258.
- Graham HN. 1992. Green tea composition, consumption and polyphenol chemistry. *Prev Med* 21: 334-350.
- Food Code. 2008. Korea Food and Drug Administration, Seoul, Korea.
- Jeong DH, Kim JT. 1997. *The science of tea*. Daegwang Press, Seoul, Korea. p 87-92.
- Park JH, Back CN, Kim JK. 2005. Recommendation of packing method to delay the quality decline of green tea powder stored at room temperature. *Kor J Hort Sci*

- Technol* 23: 499-506.
6. Youn KS. 2004. Absorption characteristics of green tea powder as influenced by particle size. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 1720-1725.
 7. Gutfinger T. 1981. Polyphenols in olive oils. *J Am Oil Chem Soc* 58: 966-968.
 8. Price ML, Scoyoc SV, Butler LG. 1978. A critical evaluation of the vanillin reaction as assay for tannin in sorghum grain. *J Agric Food Chem* 26: 252-259.
 9. 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.
 10. 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.
 11. 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.
 12. SAS Institute. 1995. *SAS/STAT User's Guide*. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
 13. Crespy V, Williamson G. 2004. A review of the health effects of green tea catechins in *in vivo* animal models. *J Nutr* 134: 3431S-3440S.
 14. Park JH, Back CN, Choi HK. 2005. Change in chemical components of powdered green tea during storage period at room temperature. *J Kor Tea Soc* 11: 75-84.
 15. Yamamoto T, Juneja LR, Chu DC, Kim M. 1997. *Chemistry and applications of green tea*. CRC Press, Boca Raton, USA.
 16. Ko WJ, Ko KS, Kim YD, Jeong KW, Lee SH, Koh JS. 2006. Changes in functional constituents and stability of green tea beverage during different storing conditions. *Korean J Food Preserv* 13: 421-426.
 17. Kim YS, Jung YH, Chun SS, Kim MN. 1988. The kinetics of non-enzymatic browning reaction in green tea during storage at different water activities and temperatures. *J Korean Soc Food Nutr* 17: 226-232.

(2008년 11월 27일 접수; 2008년 12월 5일 채택)