

碩士學位論文

침출수의 수질특성에 따른 녹차의
이화학적 성상에 관한 연구



濟州大學校 大學院

食品工學科

梁 禎 桓

2010年 2月

침출수의 수질특성에 따른 녹차의 이화학적 성상에 관한 연구

指導教授 河 璉 桓

梁 禎 桓

이 論文을 工學 碩士學位 論文으로 提出함

2010年 2月

梁禎桓의 工學 碩士學位 論文을 認准함

審査委員長 姜 永 周 印

委 員 金 珖 杓 印

委 員 河 璉 桓 印

濟州大學校 大學院

2010年 2月

**The Effects of Extraction Water Characteristics
on the Quality of Green Tea**

Jung-Hwan Yang

(Supervised by professor Jin-Hwan Ha)

**A thesis submitted in partial fulfillment of the
requirement for the degree of Master of Engineering**

2010. 2

Department of Food Science and Engineering

GRADUATE SCHOOL

JEJU NATIONAL UNIVERSITY

목 차

Summary	1
I. 서론	4
II. 재료 및 방법	6
1. 실험 재료	6
1) 녹차엽	6
2) 침출수	6
2. 녹차음료 제조 방법	7
3. 침출수의 이화학적 성분 분석	9
1) pH, 전기전도도 및 경도	9
2) 무기성분	9
4. 녹차음료의 이화학적 성분 분석	10
1) pH 및 가용성고형분	10
2) 갈색도 및 색도	10
5. 녹차음료의 유용성분 분석	10
1) 탄닌 함량	10
2) 카테킨 및 카페인 함량	11
6. 녹차음료의 항산화력 측정	13
1) 총 폴리페놀 함량	13
2) FRAP	13
3) ABTS radical 소거능	13
7. 상관성 분석	14

III. 결과 및 고찰	15
1. 침출수의 이화학적 성분 분석	15
1) pH , 전기전도도 및 경도	15
2) 무기성분	16
2. 녹차음료의 이화학적 성분 분석	17
1) pH	17
2) 가용성 고형분	19
3) 갈색도	20
4) 색도	21
3. 녹차음료의 유용 성분 분석	25
1) 탄닌 함량	25
2) 카테킨 함량	26
3) 카페인 함량	33
4. 녹차음료의 항산화력 측정	34
1) 총 폴리페놀 함량	34
2) FRAP	35
3) ABTS radical 소거능	36
5. 상관성 분석	37
IV. 요약	43
V. 참고문헌	45

Summary

In an effort to evaluate the effects of extracting water characteristics on the quality of green tea, 14 spring (bottled mineral) water products (designated A to N) commercialized in 4 different countries were analyzed for physicochemical characteristics and used to produce green tea by using green tea leaves grown in Jeju island, Korea. The extracted green tea was then analyzed for physicochemical characteristics, amounts of effective ingredients and antioxidant activities. Furthermore, the correlation analysis between water characteristics and extracted green tea properties was performed.

As a result, the pH of tested extracting water products ranged from 7.11 (product H) to 7.78 (A), the hardness from 18 (A) to 274 (N) mg/L, electric conductivity from 70.30 (A) to 568.33 (N) $\mu\text{S}/\text{cm}$, amount of Ca from 2.5 (A) to (N) mg/L and that of Mg from 1.0 (B, C) to 26.3 (N) mg/L.

Regarding physicochemical characteristics of green tea extracts, first, the pH of the green tea ranged from 6.50 (A) to 7.42 (N) which was significantly lower than the commercial water products used for extraction. Especially, pH drop using natural mineral water (A) was from 7.78 to 6.50. In addition, pH values were further lowered after one week incubation which were dependent on the incubation temperatures (4°C, 25°C and 55°C). For example, at 55 the pH of green tea were between 5.80 (A) and 7.06 (M). Second, no significant difference in amounts of soluble solid of green tea was observed among the 14 water products either right after extraction (0.33 - 0.36 °Bx) or after one week storage at various temperatures (0.31 - 0.37 °Bx). Third, depending on the tested water products, the brownness of green tea ranged from 0.39 (B) to 0.93 (N) after extraction and significant increase was observed after 1 week incubation at 55°C ranging from 0.47 (A) to 1.15 (N).

With respect to the amounts of effective ingredients, first, as the storage

temperature and the ion contents increased, the contents of tannin, total catechin and EGCg, EGC, EC of Epi catechin were decreased, while the Cg contents of Non-epi catechin were increased. Second, the tannin content (550.05 mg/L) of A extracted water was remarkably higher than others, and the lowest content was found in N extracted water, 368.58 mg/L. The highest total catechin contents was found in A, B and E extracted green tea, 851.37 mg/L, 808.05 mg/L, 791.96 mg/L respectively, whereas N(256.98 mg/L) extracts presented the lowest total catechin contents. In case of EGCg contents which were known to possess the antioxidant capacity, A extracted water had the most significant EGCg contents value of 243.05 mg/L, while the content of N extracted green tea (15.89 mg/L) was 16 times lower. Third, right after extraction of the green tea or after one week period of storage at 4°C, 25°C and 55°C, caffeine contents showed no significant changes with the range of 200±20 mg/L, indicating that they were not easily influenced by the heat treatment.

In terms of total polyphenol contents, they varied from 488.41 mg/L (N) to 613.38 mg/L (A) after one week period of storage at 55°C. Likewise, FRAP showed that the antioxidant activities of the green tea extracts varied from 3.07 mM (N) to 7.82 mM (A). In addition, antioxidant activities got lowered, as the storage temperature and ion contents got higher.

Finally, just after extraction, correlation coefficients of pH and brownness in green tea with hardness, electric conductivity and Ca of extracting water were 0.850 ~ 0.975. However in terms of Mg contents were 0.755 ~ 0.860. The soluble solids didn't have any correlative tendency with all water characteristic features showing the range of -0.012 ~ -0.121. Tannin, total catechin and Epi catechin (EGCg, EGC, EC, ECg) had negative correlation coefficient with hardness, electric conductivity and Ca, showing -0.813 ~ -0.928. Mg showed lower negative correlation of -0.627 ~ -0.775 than the hardness, electric conductivity and Ca.

On the other hand, non-Epi catechin(C, Cg) had positive correlation coefficient of 0.723 ~ 0.907 with the quality characteristic features of extracting water.

Total polyphenol, FRAP and ABTS of antioxidant activity had negative correlation coefficient with hardness, electric conductivity and Ca, showing -0.768 ~ -0.969.

In conclusion, physicochemical characteristics, amounts of effective ingredients and antioxidant activities of green tea extracts were more significantly affected by hardness, electric conductivity and Ca of the extracting water than Mg contents.



I. 서론

차는 커피, 코코아와 함께 세계 3대 기호음료 중의 하나로 160여개 국가에서 널리 음용되고 있으며 그 중에서도 가장 오랜 역사를 가지고 있다. 최근에는 녹차의 음용 형태도 다양화 되어 잎차 형태로 가정에서 직접 차를 우려 마시는 전통적인 차 문화와 더불어 티백 형태에서부터 진보된 산업화 형태의 캔 및 PET 녹차음료가 등장하는 등 현대인의 생활 문화에 근접한 기호 음료로 대중화 되어가고 있어(1) 녹차의 성분과 효능에 대한 연구도 다양하게 진행되고 있다(2).

차는 채엽 시기에 따라 5월에 채엽하여 제조한 1번차(春茶) 6월에서 7월 사이에 채엽한 2번차(夏茶), 8월에 채엽하여 제조한 3번차(秋茶)로 구별되며, 제조 공정에 따라 1/2에서 2/3정도 발효시킨 烏龍茶와 100% 발효시킨 紅茶 등으로 분류한다. 녹차는 차엽을 찌거나 덪어서 산화효소의 작용을 억제하여 기계 또는 손으로 비벼가면서 건조시켜 만든 것으로 한국, 대만, 중국은 전통적으로 주로 덪음에 의하여 산화 효소를 불활성화 시키고 일본은 蒸製방법에 의한다. 최근에는 녹차 생산이 대량화·산업화되면서 증제방법을 주로 사용하고 있다(3,4).

녹차는 다과 기호음료로서 질소, 폴리페놀, 당, 유기산, 비타민 및 무기질 등을 많이 함유하고 있는 것이 특징이며, 또 catechin 등 항산화력을 가진 polyphenol류를 많이 함유하고 있다. 주요한 녹차의 catechin으로는 (+)-catechin(C), (-)-epicatechin(EC), (-)-epicatechin gallate(ECg), (-)-epigallocatechin(EGC), (-)-epigallocatechin gallate (EGCg), (-)-gallocatechin gallate(GCg), (-)-gallocatechin(GC)등이 있으며, 이외에도 녹차는 alkaloid인 caffeine, theobromine, theophylline 등을 함유하고 있다(5). Polyphenol성 화합물인 catechin은 혈압저하 및 혈중 콜레스테롤 저하, 중금속 제거 작용, 항균, 충치억제, 항암, 충추신경계 활성화, 항돌연변이 및 항알레르기 등의 약리 작용이 있는 것으로 보고되어 있으며, 특히 항산화 작용 및 혈소판 응집의 억제 등에도 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 또한, 차 잎에서 유래되는 항산화 성분들이 생체 내에서 발암, 돌연변이, 동맥경화 및 노화 등에 관여하는 활성산소 생성을 억제한다는 보고가 있다(6).

차의 맛과 향은 차엽 속에 함유되어 있는 성분들의 복합적인 작용에 의해 특유의

향미를 나타내지만 차를 끓일 때의 여러 영향 인자, 즉 차의 종류, 물의 온도와 시간, 차의 양, 차엽의 형태, 다기 종류, 물의 종류 및 기온 등에 따라 차의 맛은 달라진다(7). 차는 우려내는 물의 종류에 따라서 색, 향, 맛에 영향을 받으며, 녹차 품질을 평가함에 있어서도 중요한 요소로 작용하고 물속에 용해된 성분이 각각 다른 수질특성을 나타내기 때문에 녹차를 우려낸 차물은 품질에 영향을 미칠 수 있다. 특히, 물의 pH와 무기성분은 차의 색, 향, 맛과 더욱 밀접한 관계를 가진다고 할 수 있다. 수질이 약산성일 경우 차물색이 투명도가 높아지지만 중성이나 염분을 갖는 경우 폴리페놀 성분의 산화를 가속하여 차물색이 탁해지며 맛에도 영향을 미친다.

녹차의 수색은 주로 플라보놀 색소에 의한 것으로 뜨거운 물에 의해 녹황색에서 선황색으로 변색되며, 침출수의 pH가 높을수록 천연형 카테킨류의 이성체가 증가하여 녹차의 갈변이 급격히 진행된다. 또한, 물 속에 함유된 광물질성분이 차 품질에 영향을 미친다(8).

수질의 특성에 따른 녹차의 성분특성 변화에 관한 연구로 국내에서는 침출수의 pH가 녹차 침출액 성분에 미치는 영향(9), 알카리 이온수로 제조한 녹차의 품질 특성(10), 침출조건에 따른 녹차 추출물의 성분 조성변화(11) 등이 있으며, 국외 연구로는 침출수의 품질이 녹차의 영양학적 성분 및 항산화력에 미치는 영향(12), 침출수의 경도와 가루녹차의 기포형성(13), 녹차추출물의 이성화반응(14) 등이 보고되고 있다. 그러나 실제로 먹는 샘물을 침출수로 하여 녹차를 추출했을 때 수질특성이 녹차의 기능성에 미치는 영향에 관한 연구는 아직 찾아보기 힘들다.

따라서, 본 연구에서는 침출수의 수질특성이 녹차음료 기능성에 미치는 영향과 상관성에 대하여 연구하고자 수질특성의 차이가 있는 국내외 먹는 샘물 14종을 침출수로 선정하고 녹차음료를 제조하였으며, 각각의 저장조건(4℃, 25℃, 55℃)별로 7일간 저장하면서 일반성분, 유용성분 및 항산화력의 변화를 비교 분석하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료

1) 녹차엽 (*Camellia sinensis* L.)

본 실험에 사용된 녹차(*Camellia sinensis* L)엽은 제주도 서귀포시 남원읍 한남리에 위치한 제주특별자치도 개발공사가 녹차음료 제조를 위해 (주)태평양으로부터 4월에 채엽하여 덩음처리 완료한 1번차를 납품받은 것을 -5℃에서 냉동 보관하면서 사용하였다.

2) 침출수

침출수로 사용한 국내의 먹는 샘물(Natural mineral water)은 먹는 샘물 전문판매 인터넷쇼핑몰인 워터라임([Http://www.drinkwater.co.kr](http://www.drinkwater.co.kr))에서 2009년 3월에 구입하여 10℃이하의 조건에서 냉장보관하면서 실험에 사용하였다. 실험에 사용된 침출수는 도시 지역별로 인지도가 높은 먹는 샘물로 14종을 경도순으로 나열하여 Table 1에 나타내었다.

Table 1. The variety of extraction water

Extraction water	Company	Origin
Internal and external natural mineral water	A	Jocheon, Cheju, Korea
	B *	BC place glacier, Canada
	C	Sangju, Gyeongbuk, Korea
	D	Namyangju, Gyeonggi, Korea
	E	Pyeongchang, Gangwon, Korea
	F	Yangju, Gyeongbuk, Korea
	G	Goesan, Chungbuk, Korea
	H *	Oberon, France
	I	Wanju, Jeonbuk, Korea
	J	Cheongwon, Chungbuk, Korea
	K	Goesan, Chungbuk, Korea
	L *	Viti Levu Yakaraga, Fiji
	M	Cheonan, Chungnam, Korea
	N *	Evian, France

* External natural mineral water

2. 녹차음료 제조방법

녹차음료 제조방법은 Fig. 1에 나타내었다. 녹차엽의 균질화를 위해 가지를 제거한 후 표준체(Chunggye Co., Korea)를 이용하여, 7~14mesh크기의 녹차엽을 사용하였다. 녹차엽 2.5g을 침출수 250mL로 55℃에서 15분간 추출한 후 250mesh의 표준체를 이용하여 녹차엽과 녹차추출물을 분리하였다. 분리된 녹차추출물은 glass filter (GC-50, Adventec Co., Japan)로 여과하고 유리병에 넣은 후 water bath(WB-11, Daihan Co., Korea)에서 95℃, 10분간 가열살균 후 20℃이하로 냉각하였다.

또한, 저장조건에 따른 녹차의 기능성 변화를 분석하기 위하여, 음료의 유통기한 설정 실험 시 적용되는 온도 조건인 4°C, 25°C, 55°C를 설정하고 암실에 7일간 보관하면서 관찰하였다. 또한 제조된 녹차음료는 분석 직전 0.45µm syringe filter (25PT045WA, Whatman Co., England)로 여과한 후 분석시료로 사용하였으며, 각각 3회 반복 분석하여 표준편차를 나타내었다.

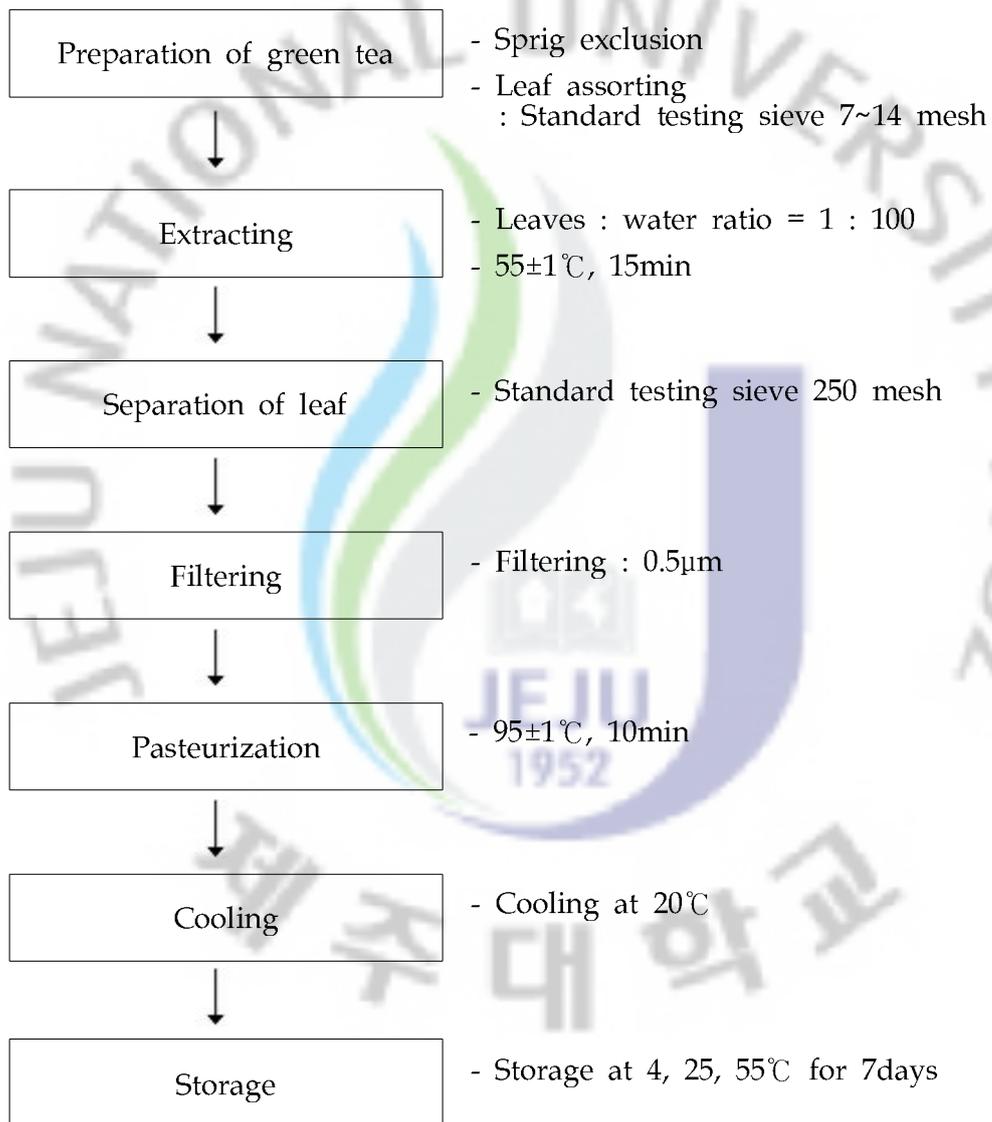


Fig. 1. Flow diagram of preparation of green tea beverage.

3. 침출수의 이화학적 성분 분석

1) pH, 전기전도도 및 경도

침출수의 pH 및 전기전도도는 multimeter (Orion #119001, Thermo Co., USA)를 이용하여 측정하였으며, 경도(hardness)는 먹는물 시험법(15)에 준하여 EDTA 적정법으로 측정하였다. 즉 시료 100mL(CaCO₃ 25mg 이하로 함유되도록 시료에 물을 넣어 100mL로 한 것)를 삼각플라스크에 넣고 KCN, MgCl₂용액 1mL 및 암모니아완충액 2mL를 넣은 후 EBT용액을 지시약으로 하여 EDTA용액(0.01M)으로 시료가 적자색으로부터 청색이 될 때까지 적정 이 때의 0.01M EDTA 용액의 소비량(mL)을 a로 하여 경도를 계산하였다.

$$\text{경도(mg/L)} = (a-1) \times 1000 / \text{검수(mL)}$$

2) 무기성분

무기성분은 ICP/OES (Varian 720-ES, Australia)를 이용하여 분석하였고 Ca, Mg의 표준품은 Merck chemical(Darmstadt, Germany) 제품을 사용하였으며, 분석 조건은 Table 2에 나타내었다.

Table 2. ICP/OES conditions for mineral determination

Parameters	Conditions
Replicates	3 - 5
Rinse time(s)	10 - 15
RF power(kw)	1.0 - 1.5
Pump rate(rpm)	15 - 25
Plasma flow(L/min)	12 - 15
Auxiliary flow(L/min)	1.2 - 1.5
Nebulizer flow(L/min)	0.5 - 1.0
Replicate read time(s)	5 - 10
Sample uptake delay(s)	30 - 45
Stabilization delay(s)	15 - 30

4. 녹차음료의 이화학적 성분 분석

1) pH 및 가용성 고형분

녹차음료의 이화학적 변화를 측정하기 위하여 pH는 multimeter(Orion #119001, Thermo Co., USA), 가용성 고형분은 굴절당도계(#RX-5000a, ATAGO Co., Japan)를 사용하여 측정하였다.

2) 갈색도 및 색도

녹차음료의 색변화를 측정하기 위하여 갈색도는 UV-Visible Spectrophotometer (Cary 100 Cone, Varian Co., Australia)를 이용하여 540nm에서 측정하였으며, 색도는 색차계(#SA 4000, Nippon Denshoku Co., Japan)를 이용하여 L*(light), a*(redness), b*(yellowness) 값을 측정하였다.

5. 녹차음료의 유용 성분 분석

1) 탄닌 함량

녹차음료의 탄닌 함량은 차의 공정 분석법(16)에 준하였다. 녹차음료 2mL에 ferrous tartarate용액 ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 100mg와 Rochelle salt 500mg을 100mL의 증류수로 녹여서 만든) 2mL을 섞은 후 Sorensen's phosphate 완충용액(1/15M disodium hydrogen phosphate 용액과 1/15M potassium dihydrogen phosphate 용액을 84:16으로 혼합, pH 7.5)을 6mL 첨가하여 최종 부피를 10mL로 만든 다음 540nm에서 UV-Visible Spectrophotometer(Cary 100 Cone, Varian Co., Australia)를 이용하여 흡광도를 측정하였다.

2) 카테킨 및 카페인 함량

녹차음료의 카테킨과 카페인 정량은 (+)-catechin(C), (-)-epicatechin(EC), (-)-epicatechin gallate(ECg), (-)-epigallocatechin(EGC), (-)-epigallocatechin gallate(EGCg), (-)-gallocatechin gallate(GCg), (+)-gallocatechin(GC), (-)-catechin gallate(Cg), caffein을 표준물질(Sigma Chemical Co., USA)로 하여 HPLC (SPD-M20A, Shimadzu Co., Japan)로 분석하였으며(17), 표준물질은 metanol로 용해하고 1~200 μ g/mL 농도로 희석하여 사용하였다.

카테킨 및 카페인 분석은 녹차음료를 syringe filter(0.45 μ m)로 여과한 후 HPLC에 10 μ L를 주입하였으며, 분석조건은 Table 3에 나타내었다.

또한 이동상 용매는 60% acetonitrile과 water/phosphoric acid(1000/10, v/v)을 사용하였으며, gradient 조건은 Table 4에 나타냈고 표준물질의 크로마토그램은 Fig. 2에 나타내었다.

Table 3. Operation conditions of HPLC for catechin and caffein determination

Parameters	Conditions
Column	Shim-pack VP-ODS 4.6 \times 250 mm, C ₁₈ (Shimadzu)
Mobile phase	A : 60% acetonitrile B : water/phosphoric acid(1000/10, v/v)
Detector	280nm
Flow rate	1mL/min
Injection volume	10 μ L
Colum temp	40 $^{\circ}$ C

Table 4. Mobile phase conditions of HPLC for catechin and caffeine determination

Time(min)	A(%)	B(%)
	60% acetonitrile	water/phosphoric acid (1000/10, v/v)
0	15	85
5	20	80
10	25	75
13	45	55
13.01	22	78
20	22	78
22	15	85
30	15	85

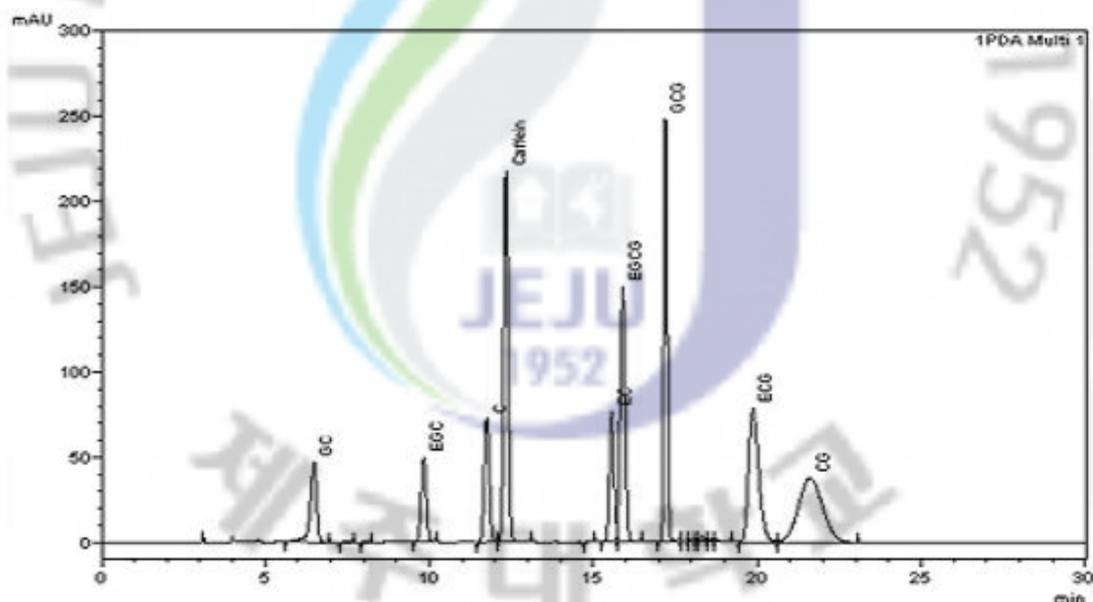


Fig. 2. HPLC chromatogram of catechin and caffeine. Retention time of GC is 6.476, EGC 9.825, C 11.749, Caffein 12.339, EC 15.549, EGCG 15.881, GCG 17.194, ECG 19.859 and CG 21.601 minutes respectively.

6. 녹차음료의 항산화력 측정

1) 총 폴리페놀 함량

녹차음료의 총 폴리페놀은 Folin-Ciocalteu reagent가 추출물의 폴리페놀성 화합물에 의해 환원된 결과 몰리브덴 청색으로 발색하는 원리를 이용하여 측정하였다(18).

총 폴리페놀 함량은 syringe filter(0.45 μ m)로 여과된 녹차음료 200 μ L에 2% Na₂CO₃용액 4mL을 가한 후 3분 방치하여 50% Folin-Ciocalteu reagent(Sigma, USA)시약을 200 μ L 가하였다. 정확히 30분 후 반응액을 흡광도 720nm에서 UV-Visible Spectrophotometer(Cary 100 Cone, Varian Co., Australia)를 이용하여 흡광도를 측정하였다.

2) FRAP(Ferric ion reducing antioxidant power)

녹차음료의 FRAP는 항산화물질에 의해 ferric 2, 4, 6-tripyridyl-s-triazine [Fe(III)-TPTZ]이 ferrous 2, 4, 6-ripyridyl-s-triazine [Fe(II)- TPTZ] 혼합물로 환원되는 원리를 이용하였다(19).

FRAP는 syringe filter(0.45 μ m)로 여과된 녹차시료 100 μ L에 FRAP-reagent(25mL acetate buffer, 300mM/L, pH3.6 + 2.5mL 10mM/L TPTZ in 40mM/HCl + 2.5mL 20mM/L FeCl₃ · 6H₂O = 10:1:1) 5mL를 첨가하고 정확히 30분 동안 방치 후 UV-Visble Spectrophotometer(Cary 100 Cone, Varian Co., Australia)를 이용하여 593nm에서 흡광도를 측정하였다.

3) ABTS(2,2'-Azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) radical 소거능

녹차음료의 ABTS 라디칼 소거능 측정은 potassium persulfate와의 반응에 의해 생성된 ABTS ·⁺(2,2'-Azino-bis-3-ethylbenzoline-6-sulfonic acid) free radical이 차속의 항산화력 물질에 의해 제거되어 radical 특유의 색인 청록색이 탈색되는 원리를 이용하였다(20).

Syringe filter(0.45 μ m)로 여과된 녹차음료 50 μ L에 ABTS-reagent(7mM ABTS 5mL와 140mM K₂S₂O₈ 88 μ L를 혼합하여 정확히 1시간 방치한 용액 1 μ L와 ethanol

88mL를 혼합) 10mL를 첨가하고 정확히 20분 후 반응액을 UV-Visible Spectrophotometer (Cary 100 Cone, Varian Co., Australia)를 이용하여 734nm에서 흡광도를 측정하였다.

$$\text{Radical scavenging activity(\%)} = 1 - (A_{\text{sample}} / A_{\text{control}}) \times 100$$

A_{sample} : 반응구의 흡광도

A_{control} : 대조구의 흡광도

7. 상관성 분석

녹차의 기능적 특성과 수질특성과의 상관관계는 Minitab을 이용하여 Pearson 상관 계수(r_{pearson})를 구하고 상관성을 분석하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 침출수의 이화학적 성분 분석

1) pH, 전기전도도 및 경도

침출수로 사용된 국내외 먹는 샘물의 이화학적 성분 분석 결과 침출수로 사용한 대부분의 먹는 샘물은 중성영역에 해당하였다(Table 5). pH의 범위는 개략적으로 약 산성(약 3~5), 강산성(약 3이하), 중성(약 6.5~7.5), 약알칼리성(약 9~11), 강알칼리성(약 11이상)으로 구분된다. pH가 높은 A사, K사 및 G사는 각각 7.78, 7.72 및 7.65이며, 가장 낮은 H사는 7.11을 나타내었다.

전기전도도(Electric conductivity)는 물 중에 용해되어 있는 총 이온의 농도를 나타낸다. 전기전도도가 높은 N사, M사 및 L사는 각각 568.33 μ S/cm, 365.00 μ S/cm 및 264.80 μ S/cm이고 전기전도도가 낮은 A사, B사 및 D사는 각각 70.30 μ S/cm, 76.00 μ S/cm 및 106.40 μ S/cm의 값을 나타냈으며, 최고 함량인 N사는 가장 낮은 A사에 비해 약 8배 높은 값을 나타내었다.

경도(Hardness)는 물 중에 존재하는 칼슘과 마그네슘의 농도를 탄산칼슘의 농도(mg/L)로 나타낸 값을 의미하며, 경도의 종류는 총 경도, 칼슘 경도, 마그네슘 경도, 영구 경도 및 일시 경도의 5종류가 있다. 총 경도란 수중의 Ca^{2+} 및 Mg^{2+} 의 총량에 의하여 나타나는 경도이고 칼슘 경도란 Ca^{2+} 총량에 의하여 표시되며, 마그네슘 경도는 Mg^{2+} 총량에 의하여 표시되는 경도이다. 또한 영구 경도란 황산염, 질산염, 염화염 등의 끓여도 석출되지 않는 Ca 및 Mg염에 의한 경도를 말하며, 일시 경도란 중탄산염처럼 끓이면 석출하는 Ca 및 Mg염에 의한 경도를 나타낸다(15).

경도에 따른 물의 세기는 연수(50이하), 중등도 연수(50~100), 경도 경수(100~150), 중등도 경수(150~250), 경수(250~350), 고도 경수(350이상)로 분류되어지며, 이 분류표에 적용시키면 본 연구에 사용한 14종의 먹는 샘물은 연수 5종, 중등도 연수는 6종, 경도 경수 1종, 중등도 경수 1종 그리고 경수 1종으로 구분되었다.

Table 5. The physicochemical components contents of extraction water

Extraction water	Company	pH	Hardness (mg/L)	Electric conductivity ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
Internal and external natural mineral water	A	7.78	18	70.30
	B	7.27	22	76.00
	C	7.49	37	112.10
	D	7.41	42	106.40
	E	7.14	48	128.43
	F	7.31	52	133.30
	G	7.65	54	146.03
	H	7.11	62	201.60
	I	7.64	65	181.37
	J	7.43	70	186.24
	K	7.72	95	220.90
	L	7.39	101	264.80
	M	7.48	168	365.00
	N	7.51	274	568.33

이 중 A사, B사 및 C사는 각각 18mg/L, 22mg/L 및 37mg/L의 경도를 나타내어 연수로 확인되었으며, N사, M사 및 L사는 차례로 274mg/L, 168mg/L 및 101mg/L의 값을 나타내어 각각 경수, 중등도 경수, 경도 경수에 해당함을 알 수 있었다. 최고 값인 N사는 A사에 비해 약 15배 높은 값을 나타내었다.

침출수로 사용한 먹는 샘물간의 이화화학적 성분차이는 대상지역 지하수의 고유한 지질 및 토양 등 지질화화학적 특성 차이에 따른 것으로 생각된다.

2) 무기성분

침출수로 사용한 먹는 샘물을 구성하고 있는 무기성분 중 비교적 다량 함유 되어 있는 대표적인 2가지 이온(Ca, Mg)을 분석하여 Table 6에 나타내었다. Ca(칼슘)인 경우 N사의 제품이 36.9mg/L으로 가장 높은 함량을 나타낸 반면, A사 제품은 2.5mg/L으로 가장 낮은 함량을 나타내었으며, 높은 함량 순으로 나열하면 N사>M사>K사>F사>J사>I사>G사>L사>E사>H사>D사>C사>B사>A사로 나타났다.

Mg(마그네슘)함량인 경우 N사의 제품이 26.3mg/L으로 가장 높은 함량을 나타냈

고 다음이 L사로 14.7mg/L를 나타낸 반면, B사와 C사의 제품은 동일하게 1.0mg/L으로 가장 낮은 함량을 나타내었다.

국내외 먹는 샘물의 2가지(Ca, Mg) 무기성분 함량을 분석한 결과 전반적으로 Ca함량이 Mg함량 보다 많았으며, N사 제품은 2가지(Ca, Mg) 모두 가장 높은 함량을 나타내었다. 물 속의 칼슘이 2mg/L 함유되면 녹차음료가 변해 짙은맛이 강하고 4mg/L이면 맛이 쓰다고 하였으며, 마그네슘은 2mg/L 함유시 맛이 담담해진다고 하였다(21).

Table 6. The mineral contents of extraction water

Extraction water	Company	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)
Internal and external natural mineral water	A	2.5	2.4
	B	7.7	1.0
	C	9.0	1.0
	D	9.7	1.5
	E	13.2	2.6
	F	20.5	3.9
	G	16.5	1.3
	H	10.2	8.3
	I	18.2	2.0
	J	20.2	2.6
	K	27.0	4.7
	L	14.6	14.7
	M	31.9	6.2
	N	36.9	26.3

2. 녹차음료의 이화학적 성분 분석

1) pH

각각의 침출수를 이용하여 제조한 녹차음료의 pH는 Table 7에 나타내었다. 침출수로 사용한 먹는 샘물의 pH는 대부분 7.1~7.8 사이였으나, 추출직후 녹차음료의 pH는

전반적으로 낮아졌고 녹차음료별로도 pH 차이를 나타내었다. 추출직후에 가장 큰 변화를 나타낸 녹차음료는 A사로서 pH 7.78에서 pH6.50±0.02로 낮아진 반면, N사, H사, M사는 7.51, 7.11, 7.48에서 7.42±0.02, 6.89±0.02, 7.27±0.06으로 낮아졌으나 pH 변화가 미미하였다. 추출직후 녹차음료간의 pH 차이는 녹차 추출시 녹차엽에 함유되어 있는 유기산 등의 용출량 차이라고 판단된다.

55℃에서 7일간 저장 후 A사의 녹차음료는 5.80±0.08을 나타내어 pH가 가장 낮은 반면, pH가 가장 높은 M사의 녹차음료는 7.06±0.06를 나타내었다. 전반적으로 저장 온도가 높을수록 pH는 낮아졌으며, 침출수의 이온함량이 높을수록 높은 pH를 나타내었다.

고온저장(60℃) 조건에서 녹차음료를 4주간 저장하였을 때 pH는 감소하였다고 보고된 바 있다(21).

Table 7. Changes in pH of green tea after 7 days storage period

Company	Extraction water	Just after extraction	Storage temperature (°C)		
			4	25	55
A	7.78	6.50±0.02	6.49±0.05	6.32±0.01	5.80±0.08
B	7.27	6.54±0.05	6.55±0.01	6.42±0.04	5.92±0.06
C	7.49	6.73±0.02	6.73±0.05	6.53±0.05	6.24±0.03
D	7.41	6.72±0.05	6.61±0.04	6.60±0.06	6.15±0.07
E	7.14	6.78±0.03	6.79±0.06	6.74±0.04	6.40±0.05
F	7.31	6.89±0.03	6.82±0.06	6.78±0.03	6.44±0.09
G	7.65	6.90±0.03	6.77±0.02	6.71±0.04	6.46±0.09
H	7.11	6.89±0.02	6.85±0.06	6.72±0.03	6.57±0.04
I	7.64	6.91±0.04	6.88±0.05	6.65±0.05	6.51±0.05
J	7.43	6.89±0.02	6.79±0.05	6.68±0.06	6.45±0.06
K	7.72	7.02±0.03	6.94±0.02	6.96±0.02	6.73±0.02
L	7.39	7.08±0.01	7.02±0.03	6.81±0.07	6.77±0.05
M	7.48	7.27±0.06	7.11±0.05	7.05±0.05	7.06±0.06
N	7.51	7.42±0.02	7.28±0.02	7.26±0.02	7.02±0.05

2) 가용성 고형분

녹차음료의 가용성 고형분 함량은 Table 8에 나타내었다. 가용성 고형분은 녹차음료에 녹아있는 물질의 총량을 나타내며, 추출직후 가용성 고형분 함량이 가장 높은 녹차음료는 N사로서 0.36 ± 0.03 °Bx를 나타낸 반면, 가장 낮은 함량을 나타낸 녹차음료는 F사로 0.32 ± 0.02 °Bx를 나타내었으며, 전체적으로도 녹차음료의 가용성 고형분 함량은 0.35 ± 0.05 °Bx 범위내의 값을 나타내어 큰 차이가 없었다.

저장기간 중 모든 온도(4°C, 25°C, 55°C)조건에서 녹차음료의 가용성 고형분 함량은 $0.32 \pm 0.02 \sim 0.37 \pm 0.02$ °Bx 범위의 값을 보여 큰 변화를 나타내지 않았다.

가용성 고형분 함량은 침출수의 경도가 증가할수록 감소하는 경향이 있다고 보고(13)하였으나, 본 연구결과는 침출수에 따른 특별한 차이는 보이지 않았다.

Table 8. Changes in soluble solid of green tea after 7 days storage period (°Bx)

Company	Just after extraction	Storage temperature (°C)		
		4	25	55
A	0.33 ± 0.01	0.33 ± 0.04	0.32 ± 0.02	0.33 ± 0.03
B	0.33 ± 0.02	0.33 ± 0.03	0.32 ± 0.02	0.33 ± 0.03
C	0.34 ± 0.02	0.35 ± 0.02	0.33 ± 0.03	0.32 ± 0.02
D	0.35 ± 0.01	0.35 ± 0.02	0.32 ± 0.03	0.34 ± 0.02
E	0.33 ± 0.03	0.33 ± 0.01	0.32 ± 0.03	0.32 ± 0.01
F	0.32 ± 0.02	0.32 ± 0.01	0.32 ± 0.02	0.31 ± 0.02
G	0.33 ± 0.02	0.33 ± 0.02	0.33 ± 0.02	0.33 ± 0.03
H	0.33 ± 0.03	0.32 ± 0.01	0.34 ± 0.01	0.32 ± 0.03
I	0.34 ± 0.01	0.33 ± 0.02	0.32 ± 0.01	0.32 ± 0.02
J	0.34 ± 0.01	0.32 ± 0.03	0.33 ± 0.03	0.32 ± 0.01
K	0.34 ± 0.02	0.33 ± 0.03	0.32 ± 0.02	0.32 ± 0.02
L	0.33 ± 0.02	0.35 ± 0.01	0.34 ± 0.01	0.35 ± 0.03
M	0.35 ± 0.02	0.37 ± 0.02	0.35 ± 0.03	0.35 ± 0.02
N	0.36 ± 0.03	0.37 ± 0.02	0.36 ± 0.02	0.35 ± 0.02

3) 갈색도

갈색도는 녹차음료의 갈변을 나타내는 지표로서 품질 평가에 있어 중요한 요인으로 작용하고 있다. 녹차음료의 갈색도는 Table 9에 나타내었다.

추출직후의 녹차음료의 갈색도는 $0.39\pm 0.01 \sim 0.93\pm 0.03$ 의 값을 나타내어 침출수의 특성에 따라 큰 차이를 보였는데 전반적으로 이온함량이 많은 침출수 일수록 갈색도가 비례적으로 높아지는 경향을 나타내었으나, 4°C와 25°C에서 7일간 저장한 녹차음료의 갈색도는 추출직후의 갈색도와 큰 차이가 없었으나, 25°C에서의 변화가 4°C에서 보다 더 컸고 특히 55°C 저장군은 가장 높은 갈색도를 나타내어 저장온도가 높을수록 갈색도는 더 많이 변화함을 알 수 있었다.

Table 9. Changes in browning of green tea after 7 days storage period

Company	Just after extraction	Storage temperature (°C)		
		4	25	55
A	0.40 ± 0.02	0.38 ± 0.02	0.39 ± 0.01	0.47 ± 0.01
B	0.39 ± 0.01	0.39 ± 0.01	0.44 ± 0.01	0.50 ± 0.02
C	0.45 ± 0.03	0.44 ± 0.02	0.45 ± 0.02	0.48 ± 0.01
D	0.45 ± 0.02	0.43 ± 0.02	0.44 ± 0.02	0.51 ± 0.02
E	0.52 ± 0.02	0.50 ± 0.01	0.52 ± 0.03	0.60 ± 0.01
F	0.49 ± 0.01	0.50 ± 0.01	0.52 ± 0.01	0.61 ± 0.04
G	0.49 ± 0.02	0.51 ± 0.02	0.53 ± 0.01	0.55 ± 0.01
H	0.52 ± 0.02	0.52 ± 0.02	0.53 ± 0.02	0.59 ± 0.02
I	0.58 ± 0.03	0.52 ± 0.02	0.55 ± 0.01	0.66 ± 0.02
J	0.53 ± 0.02	0.52 ± 0.01	0.54 ± 0.04	0.61 ± 0.05
K	0.59 ± 0.01	0.58 ± 0.01	0.64 ± 0.01	0.74 ± 0.02
L	0.70 ± 0.02	0.69 ± 0.04	0.80 ± 0.03	1.00 ± 0.04
M	0.76 ± 0.04	0.72 ± 0.02	0.76 ± 0.03	0.91 ± 0.03
N	0.93 ± 0.03	0.89 ± 0.03	0.92 ± 0.02	1.15 ± 0.05

갈색도가 높은 N사, L사 및 M사는 각각 1.15 ± 0.05 , 1.00 ± 0.04 및 0.91 ± 0.03 의 값을 나타낸 반면, 갈색도가 낮은 A사, C사 및 B사는 각각 0.47 ± 0.01 , 0.48 ± 0.01 및 0.50 ± 0.02 의 값을 나타내어 갈색도가 가장 높은 N사는 제일 낮은 A사에 비해 약 2.4 배 높은 값을 보이면서 빠른 갈변을 나타내었다.

온도를 50℃에서 90℃까지 각각 1, 3, 5 분 녹차를 추출하여 녹차 추출물의 갈색도를 420nm의 흡광도로 측정한 결과, 추출액의 갈색도는 온도와 시간이 경과할수록 반응이 촉진되어 갈색소 농도가 급격히 증가되었다는 보고(7)와 같이 본 실험결과도 저장온도가 높아질수록 갈색도가 증가하는 현상을 보였다.

녹차의 갈변은 녹차에 함유된 카테콜 또는 카테콜 유도체등 폴리페놀화합물이 폴리페놀 산화효소에 의해 키논 또는 키논 유도체들로 산화되어 나타나는 현상으로 알려져 있으며, 유기산은 녹차음료의 pH를 낮추어 가열살균 및 저장기간 중 갈변을 효과적으로 억제하고 갈변억제 효과는 유기산의 농도에 비례한다고 하였다(22).

추출직후 A사 녹차음료의 pH가 6.50 ± 0.02 로 타 녹차음료에 비해 가장 낮은 값을 나타내었고 저장기간 중에도 가장 낮은 pH를 유지한 것은(Table 7) 녹차 추출 시 유기산 등의 용출량이 많았기 때문이며, 이는 추출직후 및 저장기간 중 갈변억제 효과에도 영향을 미친다고 판단된다.

4) 색도

녹차의 관능적 지표이자 녹차의 색을 측정하는 지표로서 색도 L, a, b를 구분하여 측정하였다. L, a, b값을 측정한 결과 전반적으로 저장온도가 높거나, 이온함량이 많은 침출수 일수록 녹차의 갈변이 활발히 진행됨을 알 수 있었다.

L값(명도)은 명암을 나타내는 지표로서 측정값의 범위는 0 ~ 100 까지이고 100에 가까울수록 투명하며 0에 가까울수록 불투명함을 나타낸다. 녹차음료의 L값은 Table 10에 나타난 것과 같이 추출직후에는 $96.11 \pm 0.45 \sim 98.63 \pm 0.02$ 를 나타내어 큰 차이가 없는 듯 하였으나, 전체적으로 볼 때 이온함량이 많은 침출수 일수록 녹차색이 점점 불투명해짐을 알 수 있었다.

저장 중 L값은 전반적으로 저장온도가 높거나 이온함량이 많은 침출수 일수록 녹차색이 점점 불투명해져 4℃에서 7일간 저장한 A사의 녹차음료는 98.41 ± 0.03 으로 추출직후와 거의 차이가 없었으나, 55℃에서 7일 저장한 N사는 급격히 감소하여 85.49 ± 0.42 로 가장 불투명하였다.

추출직후의 녹차음료의 a값은 Table 11에 나타내었다. a값(적녹도)은 측정값이 (+)로 갈수록 붉은색 계열, (-)로 갈수록 녹색 계열을 나타낸다. 추출직후 녹차음료의 a값은 B사의 것이 -5.77 ± 0.13 으로 옅은 녹색을 띤 반면 이온함량이 많은 N사의 녹

Table 10. Changes in lightness(L) of green tea after 7 days storage period

Company	Just after extraction	Storage temperature (°C)		
		4	25	55
A	98.63±0.02	98.41±0.03	97.87±0.05	94.62±1.17
B	98.44±0.04	98.19±0.30	97.21±0.59	94.47±0.91
C	98.35±0.17	98.25±0.15	97.51±0.56	94.29±0.41
D	98.54±0.13	98.21±0.21	97.86±0.37	93.20±1.90
E	98.17±0.12	98.04±0.25	97.54±0.19	93.92±0.48
F	98.42±0.02	97.77±0.45	96.92±0.71	93.82±1.06
G	98.49±0.06	97.97±0.16	97.29±0.58	93.71±0.62
H	98.17±0.10	97.84±0.41	97.50±0.24	93.55±0.60
I	97.89±0.10	97.08±0.84	95.80±0.08	92.01±0.73
J	98.14±0.11	97.26±0.72	96.86±0.51	93.42±0.51
K	97.60±0.02	97.02±0.14	96.59±0.34	92.81±0.44
L	96.71±0.17	95.59±0.18	93.48±1.22	88.95±1.12
M	97.21±0.27	96.13±0.73	95.14±0.67	89.85±1.01
N	96.11±0.45	94.93±0.86	94.88±0.58	85.49±0.42

차음료는 -8.33 ± 0.11 을 나타내어 가장 진한 녹색을 띄었다. 4°C와 25°C에서 저장했을 때 전반적으로 녹색도가 약간씩 감소하였으나, 55°C에서는 녹색도가 급격히 감소하고 일부 녹차음료는 적색도를 나타내기도 하였다. 특히, 55°C 저장 중 경수에 속하는 N사, M사 및 L사의 먹는샘물로 추출한 녹차음료인 경우 적색도가 각각 7.58 ± 0.70 , 4.09 ± 1.19 및 2.51 ± 0.44 로 나타나 적색으로의 진행이 가장 빨랐고 A사, B사 및 D사 녹차음료인 경우 각각 -3.02 ± 0.15 , -3.04 ± 0.28 및 -2.44 ± 1.02 로 상대적으로 낮은 값을 나타내어 녹색을 오랫동안 유지할 수 있다는 것을 알 수 있었다. 전체적으로 볼 때 저장온도가 높을수록, 이온함량이 많을수록 적녹도의 변화폭은 더 컸다.

b값(황청도)은 측정값이 증가할수록 황색계열, 감소할수록 청색계열을 나타낸다. Table 12에 나타낸 것과 같이 추출직후 b값이 가장 높은 녹차음료는 N사로서 28.37 ± 0.78 를 나타낸 반면, B사 녹차음료가 14.78 ± 0.44 로 가장 낮은 값을 나타내었다.

Table 11. Changes in redness(a) of green tea after 7 days storage period

Company	Just after extraction	Storage temperature (°C)		
		4	25	55
A	-5.88±0.12	-5.77±0.29	-5.44±0.22	-3.02±0.15
B	-5.77±0.13	-5.75±0.21	-5.43±0.06	-3.04±0.28
C	-6.59±0.19	-6.41±0.17	-5.65±0.48	-2.42±0.21
D	-6.59±0.09	-6.23±0.19	-5.98±0.12	-2.44±1.02
E	-7.07±0.12	-6.90±0.10	-6.53±0.18	-2.24±0.39
F	-6.99±0.08	-6.65±0.25	-5.58±0.43	-1.95±1.01
G	-6.95±0.23	-6.82±0.29	-5.80±0.94	-1.82±0.65
H	-7.16±0.32	-6.90±0.27	-6.37±0.48	-1.47±0.83
I	-7.68±0.18	-6.97±0.93	-4.95±0.10	-0.42±0.33
J	-7.17±0.16	-6.55±0.55	-5.69±0.79	-1.23±0.48
K	-7.20±0.29	-6.46±0.18	-6.23±0.38	-0.10±0.12
L	-7.61±0.30	-6.48±0.38	-4.46±1.01	2.51±0.44
M	-8.02±0.27	-6.81±0.57	-4.85±0.87	4.09±1.19
N	-8.33±0.11	-7.00±0.41	-6.35±0.28	7.58±0.70

Table 12. Changes in yellowness(b) of green tea after 7 days storage period

Company	Just after extraction	Storage temperature (°C)		
		4	25	55
A	15.34±0.61	15.06±0.87	16.06±0.82	31.33±0.76
B	14.78±0.44	15.61±0.38	16.82±1.05	29.75±2.24
C	16.78±0.75	17.08±0.63	18.35±0.84	32.04±1.13
D	16.64±0.24	16.65±0.38	17.45±0.49	34.73±3.66
E	18.25±0.42	18.80±0.28	19.86±0.28	34.86±0.58
F	17.71±0.27	19.17±0.86	19.41±0.59	32.16±1.53
G	17.55±0.59	18.34±0.99	19.12±0.84	33.18±1.44
H	18.21±0.72	18.85±1.00	19.79±0.44	34.20±1.47
I	20.43±0.71	22.06±1.31	23.00±0.50	39.13±1.66
J	18.72±0.75	20.32±1.12	21.13±0.72	34.09±0.82
K	20.75±0.12	21.25±0.42	23.14±1.21	33.68±1.40
L	24.39±0.35	25.23±0.81	30.63±1.15	42.04±0.74
M	24.77±1.11	24.66±0.72	26.61±0.65	34.41±0.63
N	28.37±0.78	28.14±0.93	28.80±0.99	35.63±0.47

7일간 저장 중 황청도는 4℃와 25℃에서는 추출직후와 비교하여 큰 변화가 없었으나, 55℃에서는 황청도가 급격히 증가하였다. 전반적으로 경도가 낮은 침출수에서 추출한 녹차음료가 경도가 높은 침출수보다 변화폭이 컸다.

색도 차이를 비교하기 위하여 이온함량의 차이가 있는 A,G,N사의 녹차음료를 선정하고 추출직후와 55℃에서 7일간 저장한 녹차음료의 a,b값을 색좌표에 나타낸 결과, 특히 이온함량이 가장 높은 N사는 55℃에서 7일간 저장 후 황색과 적색으로의 변화가 컸다(Fig. 3).

녹차음료의 색은 주로 플라보놀 색소에 의한 것으로 열수에 의해 녹황색에서 선황색으로 변색되며, 동시에 침출수의 pH가 높을수록 녹차추출 중에 천연형 카테킨류의 이성체가 증가하여 녹차의 갈변이 급속히 진행된다(9). 본 연구 결과도 이온함량이 낮은 침출수로 녹차 추출시 낮은 pH값을 나타내며 갈변진행 속도가 느린 반면, 이온함량이 높은 물일 수록 높은 pH를 나타내며 갈변진행 속도가 활발해짐을 알 수 있었다.

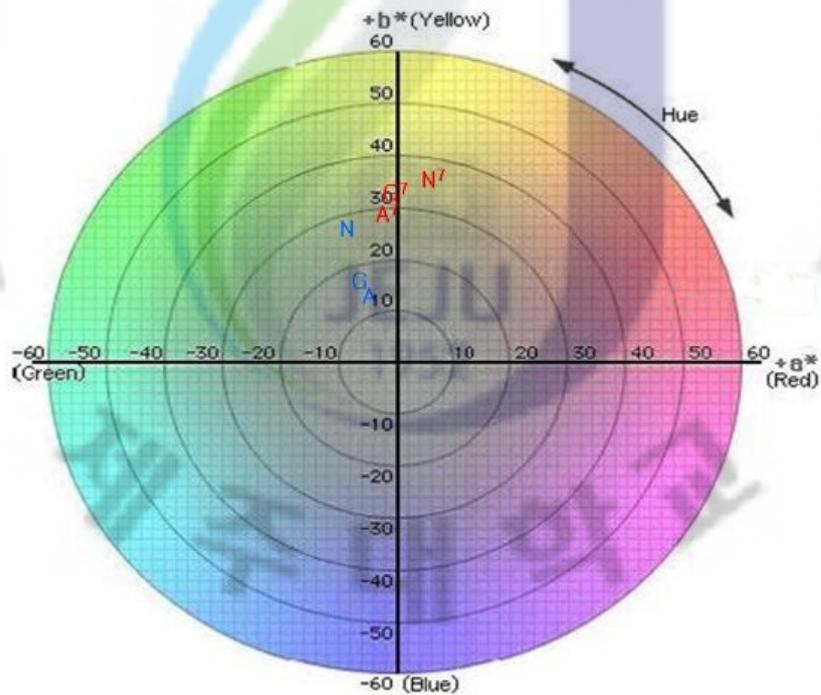


Fig. 3. Changes in color value of green tea after 7 days storage period.

*A, G, N : Just after extraction

*A⁷, G⁷, N⁷ : After 7days storage period at 55℃

3. 녹차음료의 유용성분 분석

1) 탄닌 함량

탄닌은 녹차 항산화, 항정신성, 항신부전, 항고혈압 등에 효과가 있으며, 차의 맛, 색, 향에 깊이 관여하는 중요한 성분으로서, 녹차음료의 탄닌 분석 결과는 Fig. 4에 나타내었다.

추출직후 탄닌 함량이 높게 분석된 A사, B사 및 E사의 녹차음료는 각각 550.05mg/L, 532.80mg/L 및 532.55mg/L를 나타낸 반면, 탄닌 함량이 낮게 분석된 N사, M사 및 K사는 각각 368.58mg/L, 416.33mg/L 및 439.11mg/L를 나타내었으며, 추출직후 최고 함량인 A사의 녹차음료는 최저 함량인 N사의 녹차음료에 비해 탄닌함량이 49.3% 높았다.

추출직후와 저장조건(4°C, 25°C, 55°C)중 녹차음료의 탄닌 함량 변화는 전반적으로 7일간 저장기간 중 저장온도가 높을수록, 이온함량이 많은 침출수 일수록 녹차음료의 탄닌 함량은 감소하는 경향을 나타내었다. 특히, 55°C 저장 중에는 4°C, 25°C 저장조건에 비해 탄닌 함량 감소율이 가장 높았으며, 탄닌 함량이 가장 높은 A사의 녹차음료는 457.63mg/L로 추출직후 비해 약 16.8% 감소하였고 가장 낮은 함량인 N사의 녹차음료는 273.86mg/L로 약 25.8%의 감소율을 나타내었다.

국내의 먹는 샘물을 경도 별로 분류하여 녹차를 추출하고 탄닌 함량을 분석한 결과 경도가 18mg/L인 먹는 샘물은 143.7mg%를 조사된 반면, 경도가 284mg/L인 먹는 샘물은 118.9mg%를 나타내었다는 보고(13)와 같이 본 실험에서도 침출수로 사용되는 국내외 먹는 샘물의 경도가 낮을수록 탄닌 함량이 증가하는 반비례적인 경향은 유사하였다.

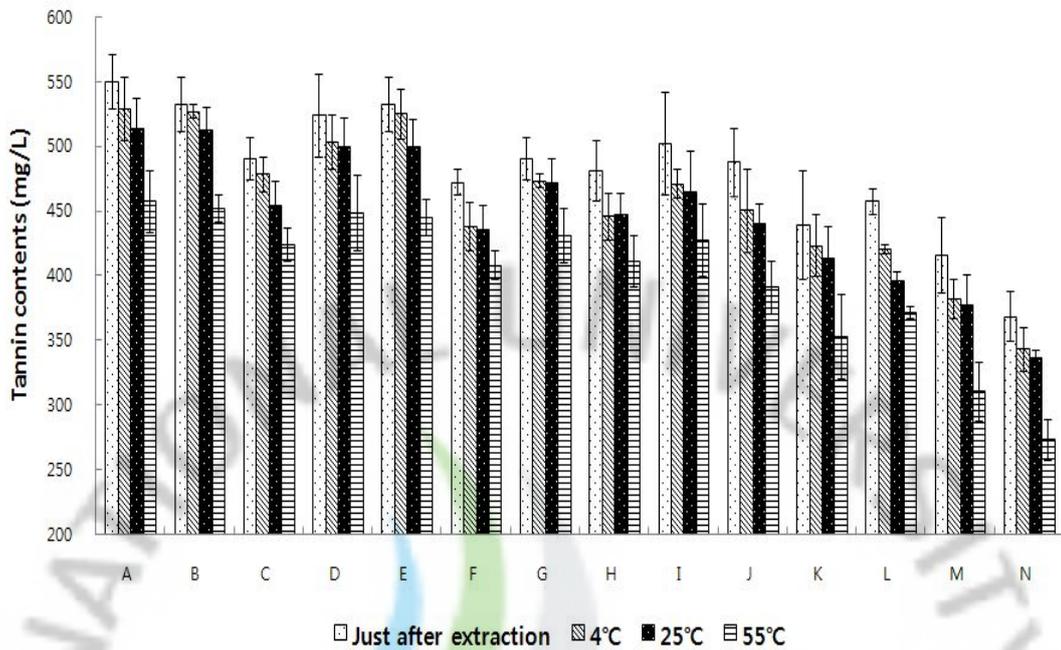


Fig. 4. Changes in tannin of green tea after 7 days storage period.

2) 카테킨 함량

차의 기능성은 대부분 차엽 중의 카테킨류에 기인한다. Polyphenol류에 속하며, C6-C3-C6의 골격을 기본으로 하는 카테킨은 (-)-epicatechin(EC), (-)-epicatechin gallate(ECg), (-)-epigallocatechin(EGC), (-)-epigallocatechin gallate(EGCg) 등 4종을 들 수 있고 그 외에 (+)-catechin(C), (+)-gallocatechin(GC) 등 수종의 카테킨이 존재한다. 이들의 다양한 생리적 기능으로는 항산화작용, 중치예방효과, 노화억제작용 등이 보고되어 있다(3). HPLC로 분석한 녹차음료의 EGCg 외 7종의 값을 합한 총 카테킨 함량은 Fig. 5에 나타내었다.

전반적으로 저장기간 중 저장온도가 높을수록, 이온이 많이 함유된 침출수로 추출한 녹차음료일수록 총 카테킨 함량은 감소하여 탄닌 함량의 분석결과(Fig. 4)와 유사한 경향을 나타내었다. 추출직후 총 카테킨 함량이 높은 순서대로 나열하면 A사>B사>E사>D사>C사>G사>J사>H사>I사>L사>K사>M사>N사로 나타났고 총 카테킨 함량이 높게 분석된 A사, B사 및 E사의 녹차음료는 각각 851.3mg/L, 808.05mg/L 및 791.96mg/L를 나타낸 반면, 총 카테킨 함량이 낮게 나타난 N사,

M사 및 K사의 녹차음료는 각각 265.98mg/L, 352.51mg/L, 468.48mg/L 이었다.

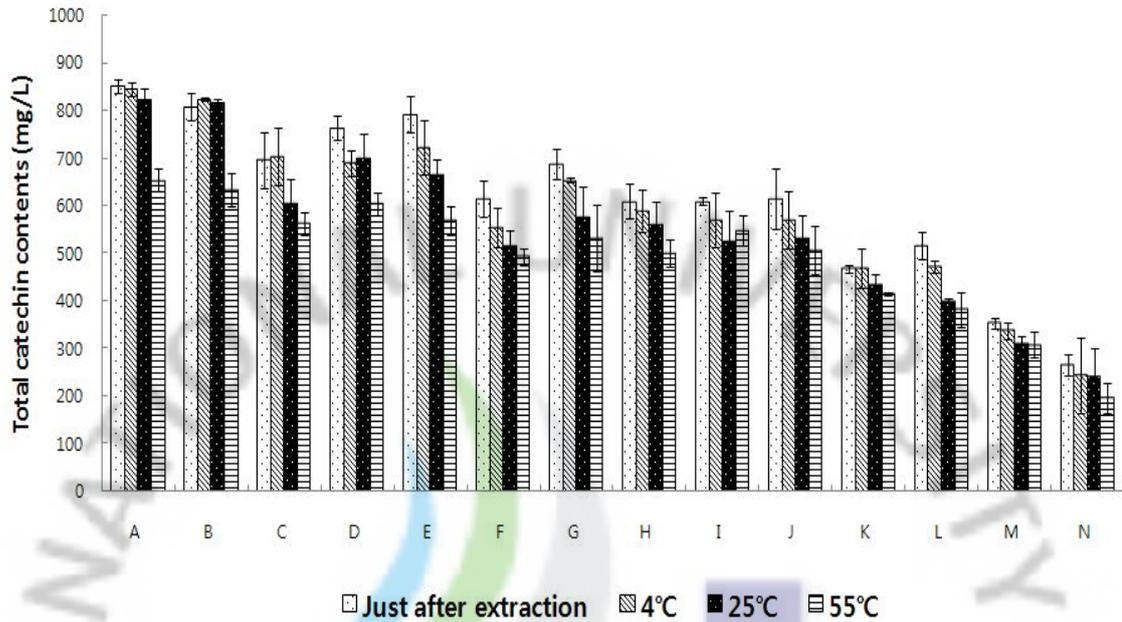


Fig. 5. Changes in total catechins of green tea after 7 days storage period.

총 카테킨 함량도 탄닌의 경우와 같이 전반적으로 저장기간 중 저장온도가 높을수록, 이온이 많이 함유된 침출수로 추출한 녹차음료일수록 총 카테킨 함량은 감소하였다.

총 8종(EGCg, EGC, EC, ECg, C, Cg, GCG, GC)의 카테킨 중에 Epi형태의 카테킨인 EGCg, EGC, EC, ECg의 함량 분석 결과는 각각 Fig. 6 ~ Fig. 9에 나타냈으며, Non-Epi 형태의 카테킨인 C, Cg, GCG, GC는 각각 Fig. 10 ~ Fig. 13에 나타내었다. 전반적으로 Epi 형태의 카테킨인 EGCg, EGC, EC는 저장기간 중 저장 온도가 높을수록, 이온함량이 많은 침출수에서 카테킨 함량은 감소하는 반비례적인 경향을 나타낸 반면, non-Epi 형태의 카테킨인 Cg는 이온함량이 높은 침출수일수록, 저장 온도가 높을수록 증가하여, Epi형태의 카테킨 중 EGCg, EGC, EC와는 상반된 경향을 나타내었다.

EGCg는 가장 항산화력이 높다고 알려진 카테킨 중 하나로 추출직후 높은 함량 순서대로 나열하면 A사>B사>D사>E사>C사>G사>F사>H사>J사>I사>L사>K

사>M사>N사로 나타났다. EGCg 함량이 높은 A사, B사 및 D사의 녹차음료는 각각 243.05mg/L, 231.21mg/L 및 209.25mg/L를 나타낸 반면, EGCg 함량이 낮은 N사, M사 및 K사의 녹차음료는 각각 15.89mg/L, 48.25mg/L 및 107.09mg/L를 나타내었으며, 추출직후 최고 함량인 A사 녹차음료는 최저 함량인 N사 녹차음료보다 약 16배 높은 함량 차이를 나타내었다. 전체적으로 55°C저장 중에는 4°C, 25°C저장 조건보다 EGCg 함량이 급속히 감소하는 경향을 나타내어 열에 불안정함을 알 수 있었다

EGC인 경우 녹차음료에 가장 많이 함유되어 있는 카테킨 중 하나이다. 추출직후 EGC함량이 높게 분석된 A사, B사 및 D사의 녹차음료는 각각 372.57mg/L, 359.72mg/L 및 331.63mg/L의 높은 함량은 나타낸 반면, N사, M사 및 K사의 녹차음료는 각각 20.75mg/L, 52.85mg/L, 135.73mg/L로 낮은 함량을 보였다. 이는 EGCg 분석 결과와 유사한 경향이며, 추출직후 최고 함량인 A사 녹차음료는 최저 함량인 N사 녹차음료보다 약 18배 높은 함량차이를 나타내었다.

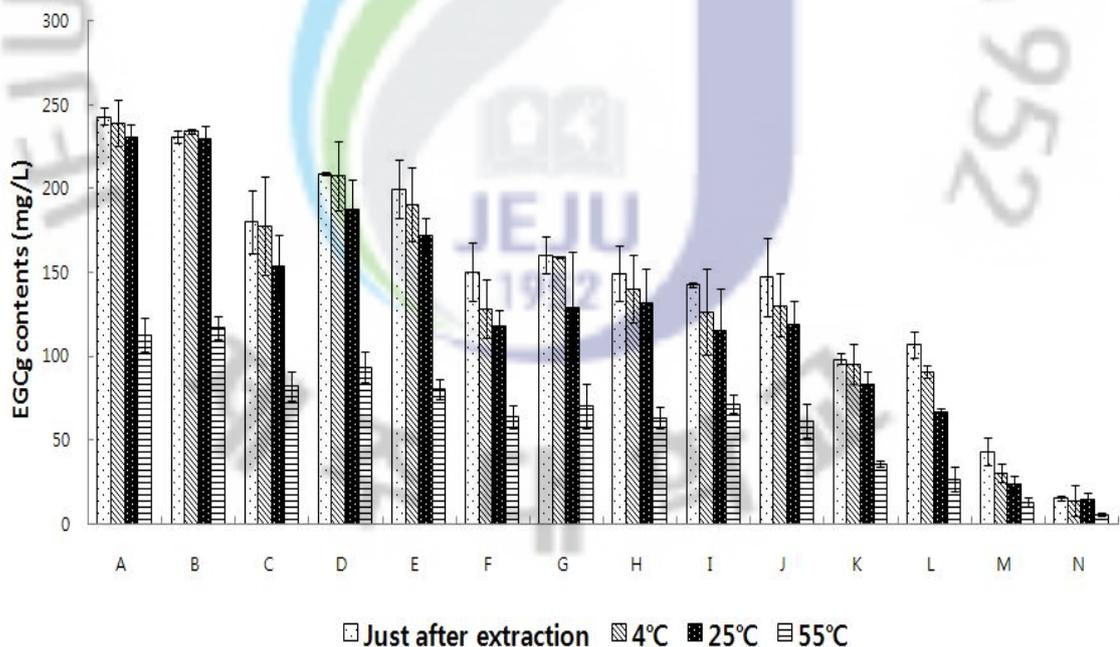


Fig. 6. Changes in EGCg of green tea after 7 days storage period.

EC인 경우 추출직후 약 50~80mg/L 범위내의 카테킨 함량을 나타냈으며, ECg인 경우 전반적으로 4℃, 25℃에서는 저장 기간 중 그 함량이 증가하였으나, 55℃ 저장기간 중에는 급격히 감소하는 경향을 나타내었다.

Non-Epi 형태의 카테킨인 C, Cg, GCg, GC는 각 저장 온도(4℃, 25℃, 55℃) 특히, 55℃ 저장 중 급격히 증가하는 경향을 나타내어 Epi형태의 카테킨인 EGCg, EGC, EC, ECg와는 상반된 경향을 나타내었다.

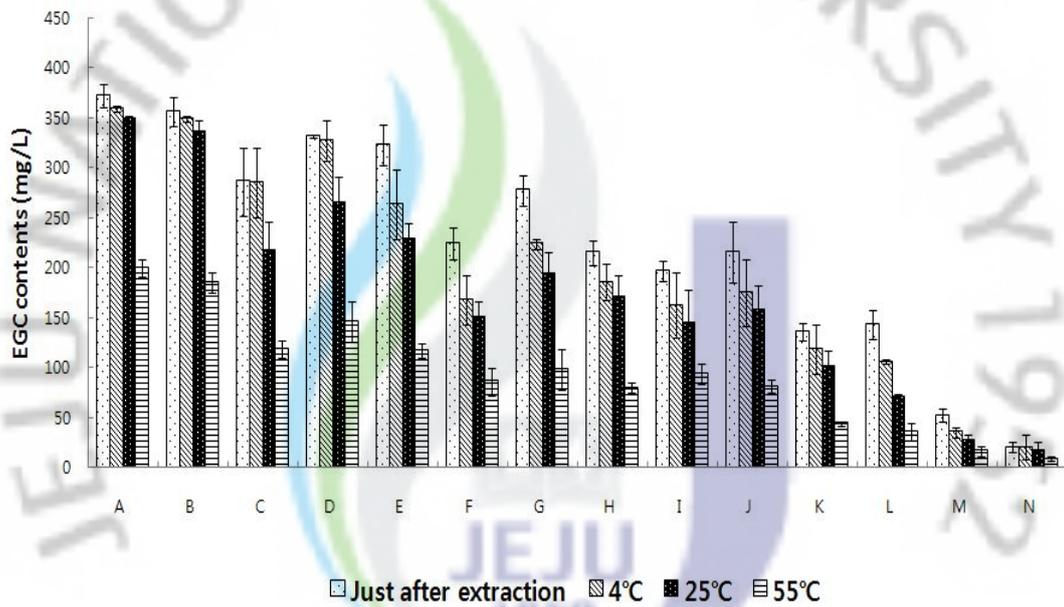


Fig. 7. Changes in EGC of green tea after 7 days storage period.

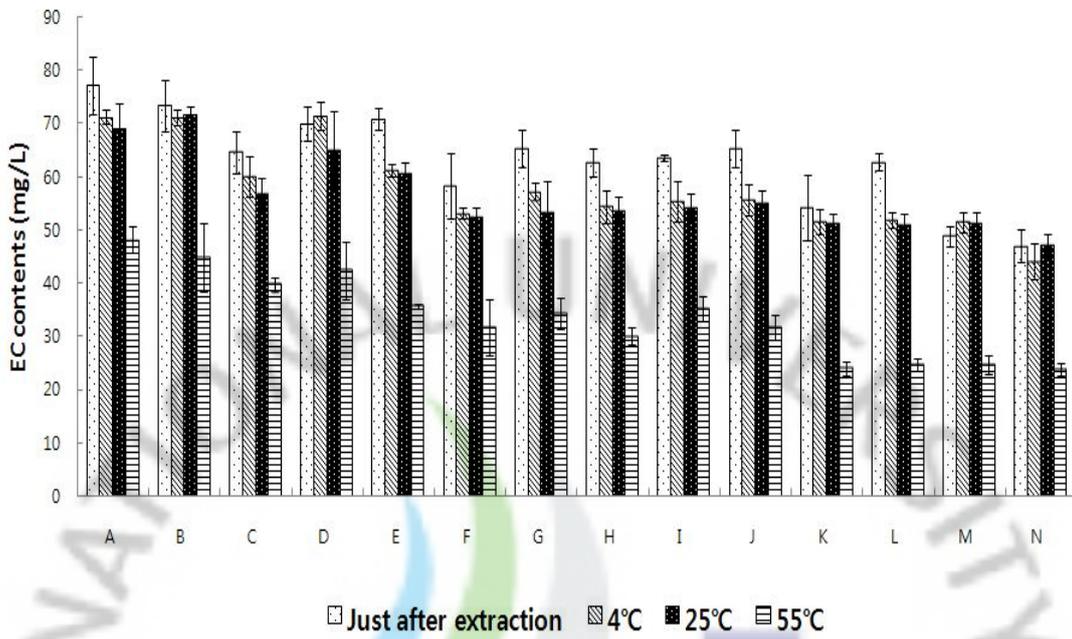


Fig. 8. Changes in EC of green tea after 7 days storage period.

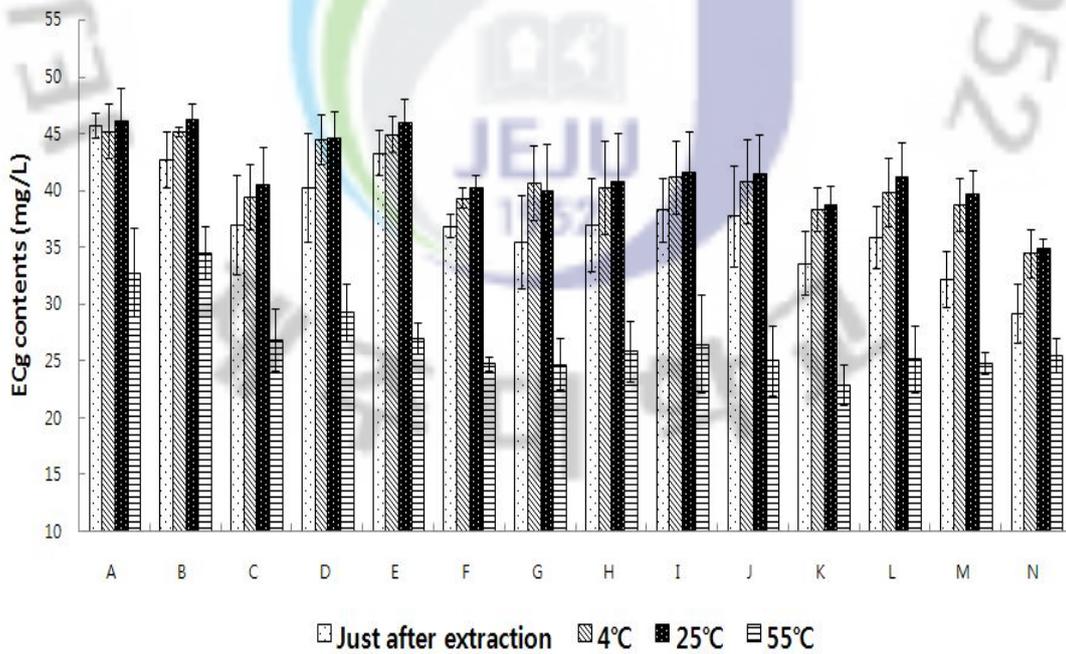


Fig. 9. Changes in ECg of green tea after 7 days storage period.

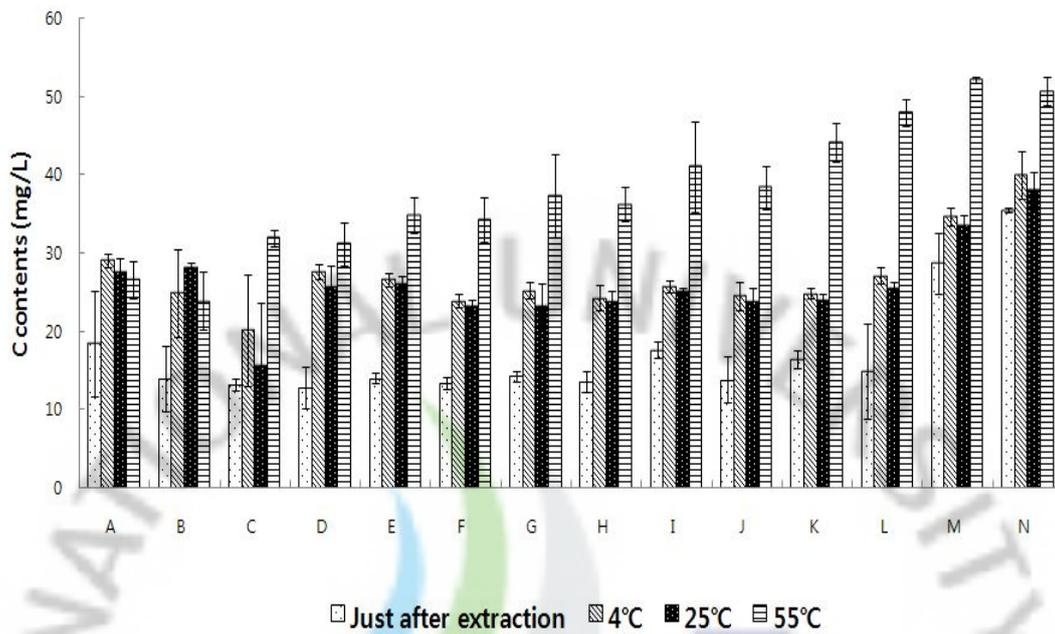


Fig. 10. Changes in C of green tea after 7 days storage period.

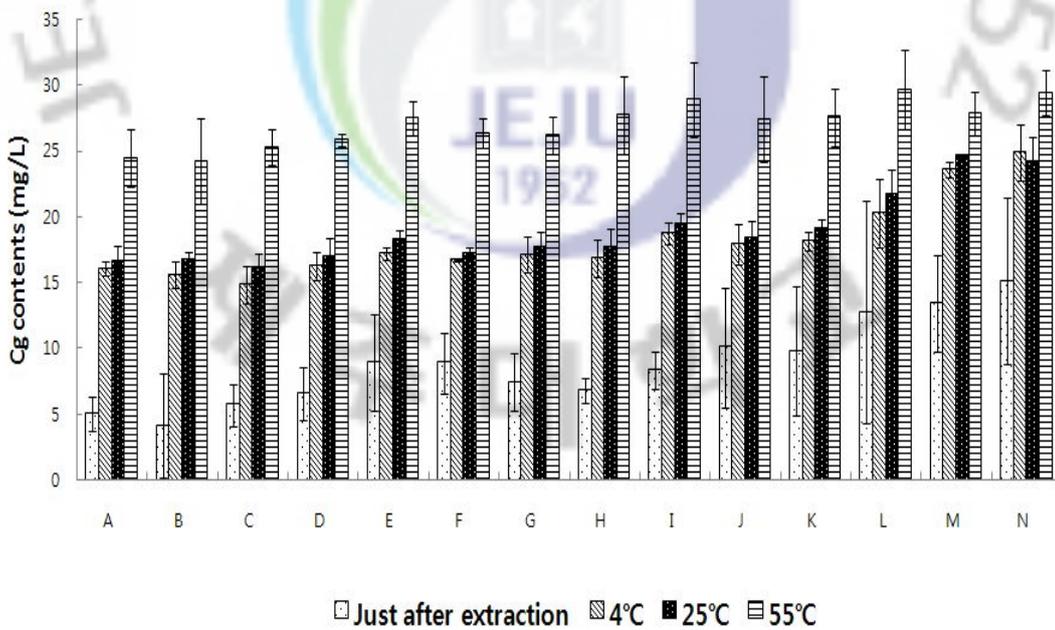


Fig. 11. Changes in Cg of green tea after 7 days storage period.

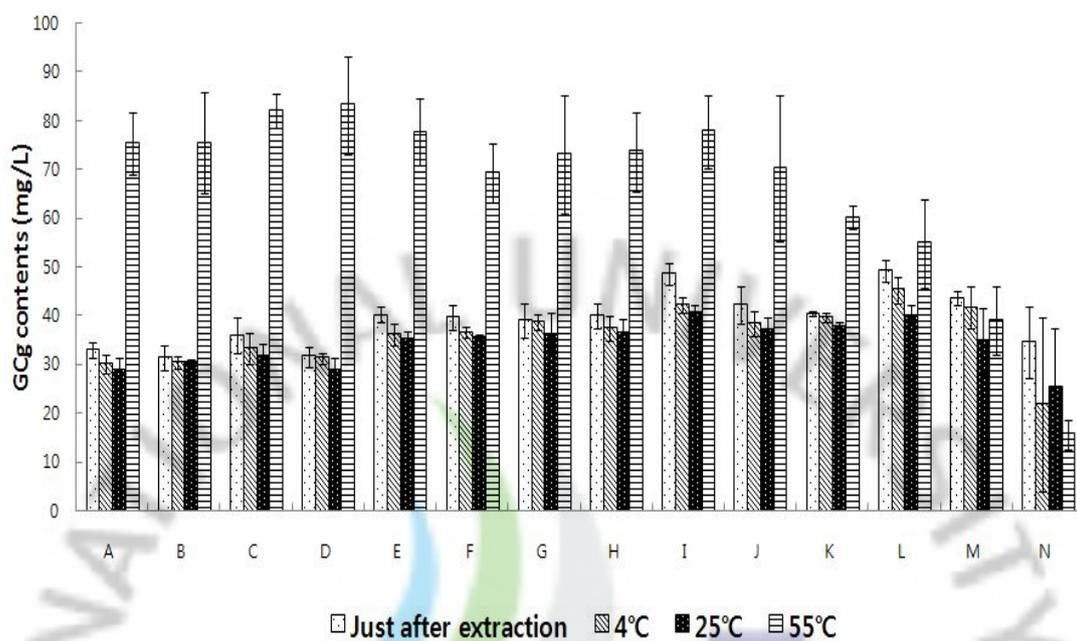


Fig. 12. Changes in GCg of green tea after 7 days storage period.

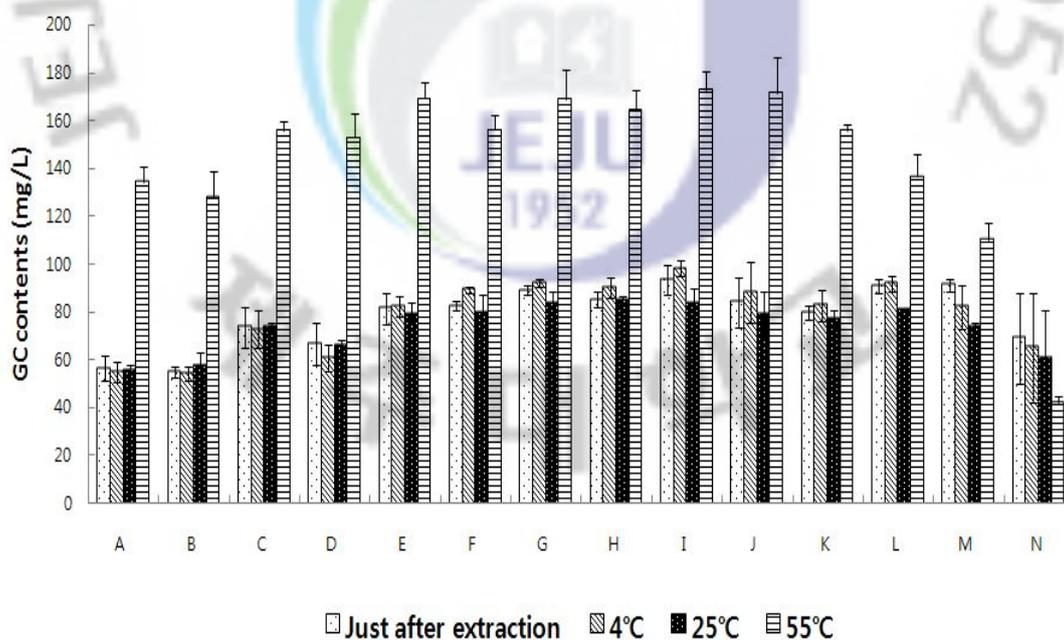


Fig. 13. Changes in GC of green tea after 7 days storage period.

녹차 제조 과정에서 수질특성에 따라 산화와 이성화반응과 같은 많은 화학적인 변화가 발생한다고 하였으며, 이온이 거의 없는 순수로 추출한 녹차는 Epi형태의 카테킨인 (-)-EGCG, (-)-EGC, (-)-EC, (-)-ECg가 증가한 반면, 이온이 많이 함유된 수돗물로 추출한 녹차는 non-Epi형 카테킨인 (-)-GC, (-)-C, (-)-GCG, (-)-CG가 증가하거나 변화가 거의 없었고 또한 순수와 수돗물에 일정농도의 카테킨을 첨가한 후 20℃, 40℃, 80℃, 100℃로 20분 동안 가열한 결과 수돗물은 40℃, 순수는 100℃에서 이성화반응 및 산화 반응 등이 일어난다는 보고(14)와 pH가 높은 물일수록 녹차 추출 중 이성화 반응이 활발히 진행되며, EGCg와 EGC가 pH의 영향을 가장 많이 받는다는 보고가 있다(9, 23). 본 실험에서도 침출수로 사용한 떡는 샘플의 pH는 7.2~7.8사이로 비슷한 수준의 pH를 나타냈으나, 녹차음료 제조 시 95℃이상에서 살균과정을 거치는 동안 이온함량이 높은 침출수에서 높은 pH를 나타냈고 이성화반응 및 산화현상이 활발히 진행되기 때문에 총 카테킨 함량은 낮게 나타났다고 판단된다.

3) 카페인(caffein) 함량

카페인은 각성 및 이뇨작용 등에 효과가 있는 것으로 알려져 있다. HPLC로 분석한 녹차음료의 카페인 함량은 Fig. 14에 나타내었다.

전반적으로 모든 녹차음료의 카페인 함량은 200±20mg/L 범위내의 값을 나타냈고 추출직후 높은 함량을 나타낸 녹차음료는 E사, L사 및 A사 순이고 각각 203.02mg/L, 201.63mg/L 및 201.03mg/L로 오차범위 내의 함량을 나타낸 반면, 낮은 함량을 나타낸 녹차음료는 K사, F사 및 C사 순으로 각각 186.42mg/L, 184.24mg/L, 183mg/L로 측정되었다.

55℃저장 중 높은 함량을 나타낸 녹차음료는 E사, I사 및 L사 이고 각각 204.84mg/L, 198.95mg/L 및 198.21mg/L로 나타낸 반면, 낮은 함량을 나타낸 녹차음료는 F사, G사 및 C사이며, 각각 183.26mg/L, 184.57mg/L 및 184.98mg/L로 측정되었다. 전체적으로 7일간 저장 기간 중 저장 온도가 높아지더라도 대부분 녹차음료의 카페인 함량에는 큰 변화가 없어 열에 대해 안정하다는 것을 알 수 있었다.

녹차음료를 제조하여 고온에서 5주간 저장하면서 카페인 변화를 관찰한 결과, 1주

차에는 8.25mg/100g, 5주차에도 8.22mg/100g으로 카페인 함량의 변화는 거의 없었던 보고(21)와 본 실험 결과는 유사하였다.

4. 녹차음료의 항산화력 측정

1) 총 폴리페놀 함량

페놀성 물질은 식물에서 널리 분포되어 있는 2차 대사산물의 하나로 다양한 구조를 갖는데, 특히 이 중 phenolic hydroxyl기가 단백질 및 기타 거대분자들과 결합하는 성질이 강하여 항산화 등의 생리활성 기능을 나타낸다(17).

녹차음료의 총 폴리페놀 함량은 Fig. 15에 나타내었다. 전반적으로 저장기간 중 저장온도가 높을수록, 침출수의 이온함량이 많을수록 총 폴리페놀 함량은 감소하는 경향을 나타내었다. 추출직후 총 폴리페놀 함량은 D사>A사>E사>B사>G사>I사>J사>H사>F사>C사>L사>K사>M사>N사 순으로 높게 나타났고 총 폴리페놀 함량이 높은 녹차음료는 D사, A사 및 E사로 각각 752.46mg/L, 743.47mg/L 및 728.69mg/L를 나타낸 반면, 함량이 낮은 녹차음료는 N사, M사 및 K사로서 각각 504.07mg/L, 543.51mg/L 및 563.98mg/L를 나타내었다.

55℃저장 중 총 폴리페놀 함량이 높았던 B사, A사 녹차음료는 각각 618.34mg/L, 613.38 mg/L의 값을 나타냈고 낮은 함량인 N사, M사의 녹차음료는 각각 488.41 mg/L, 497.46 mg/L로서 최고 함량인 B사는 최저 함량인 N사에 비해 약 21% 높은 함량을 나타내었다.

추출온도와 시간이 길어질수록 총 폴리페놀 성분이 감소한다. 감소의 원인은 갈변 물질에 의해 생성되는 중간물질인 reductone 중에서 catechol, hydroruinone 등과 같은 aromatic acid-reductone류가 생성되기 때문이며, 또 녹차 추출 시 녹차 폴리페놀 잔기에 Ca, Mg 같은 이온들이 결합하기 때문이다(24, 25). 본 연구에서도 Ca, Mg등 이온함량이 많은 녹차음료에서 총 폴리페놀 함량이 낮은 결과를 보였다.

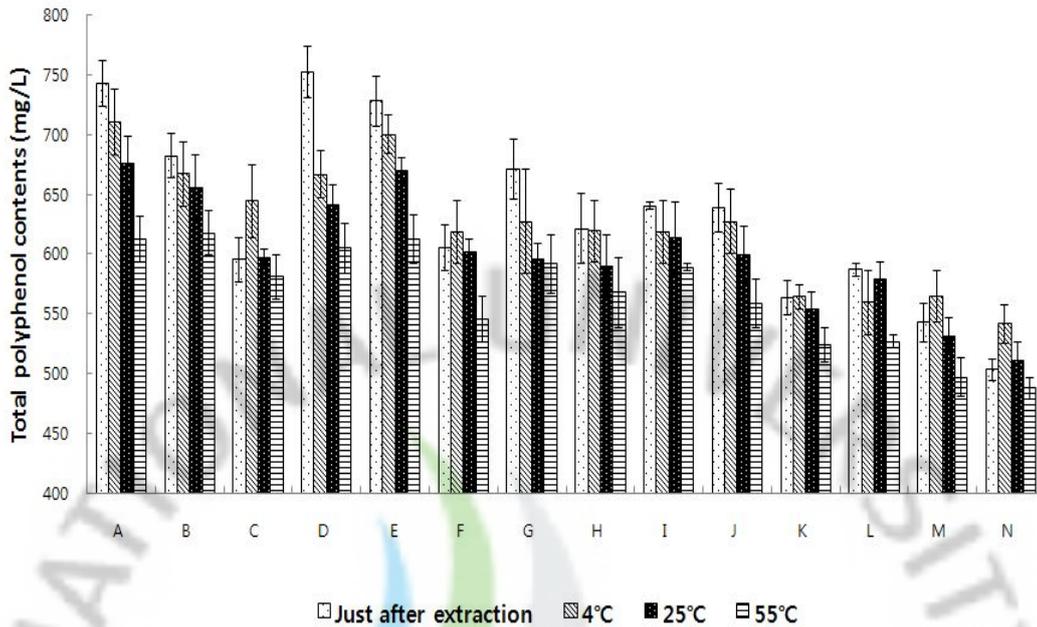


Fig. 15. Changes in total polyphenol of green tea after 7 days storage period.

2) FRAP(Ferric ion reducing antioxidant power)

Ferric ion reducing antioxidant power(FRAP)를 이용하여 녹차음료의 FRAP를 분석한 결과는 Fig. 16에 나타내었다.

추출직후의 FRAP 값이 높은 순서대로 나열하면 A사>B사>D사>E사>C사>I사>F사>H사>G사>J사>L사>K사>M사>N사로 나타났다. 추출직후 높은 값을 나타낸 것은 A사, B사 및 D사의 녹차음료로 각각 9.62mM, 9.36mM 및 9.26mM으로 측정된 반면, 낮은 값을 나타낸 N사, M사 및 K사의 녹차음료는 각각 5.35mM, 6.76mM 및 7.05mM로 측정되었으며, 가장 높은 값을 나타낸 A사 녹차음료는 가장 항산화력이 낮은 N사에 비해 약 44.4% 높은 항산화력을 나타내었다. 전반적으로 저장기간 중 저장온도가 높을수록, 침출수의 이온함량이 많을수록 FRAP 값은 낮아지는 경향을 나타냈고, 55°C 저장 조건에서는 추출직후에 비해 가장 높은 감소율을 나타냈으며, FRAP 값이 가장 높은 A사 녹차음료는 7.82mM를 나타냈고, 가장 낮은 값의 N사의 녹차음료는 3.07mM로 A사는 N사의 녹차음료에 비해 약 60.74% 높았다. 이와 같이 이온함량이 낮은 침출수로 제조한 녹차음료의 항산

화력이 높은 원인은 카테킨 등과 같은 항산화력을 나타내는 물질들이 많이 함유되었기 때문이라고 판단된다.

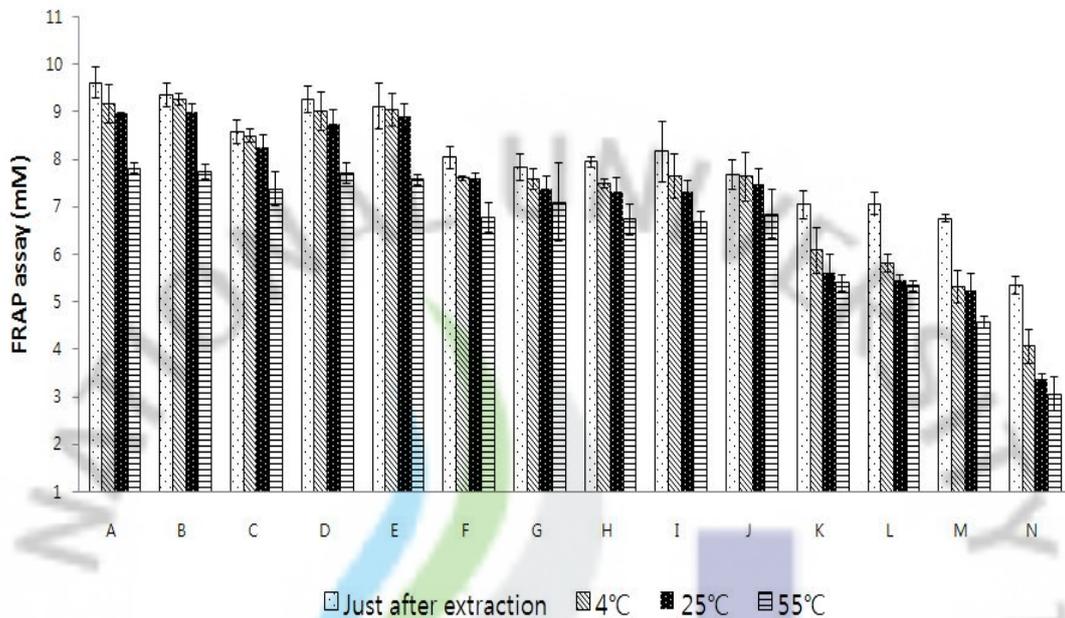


Fig. 16. Changes in FRAP assay of green tea after 7 days storage period.

전기전도도($278\mu\text{S}/\text{cm}$)가 높은 물로 추출한 녹차의 OH-radical 제거율은 64.74%를 나타낸 반면, 전기전도도($1.7\mu\text{S}/\text{cm}$)가 낮은 물로 추출한 녹차는 71.42%를 나타냈다는 보고(26)와, 본 실험은 유사한 경향이였다.

3) ABTS(2,2'-Azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) radical 소거능

녹차음료의 ABTS 라디칼 소거능은 Fig. 17에 나타내었다. 추출직후 높은 ABTS 라디칼 소거능을 나타낸 녹차음료는 B사, D사 및 A사이며 각각 49.99%, 49.72% 및 49.25%로 측정된 반면, 낮은 라디칼 소거능을 나타낸 녹차음료는 N사, M사 및 L사로서 각각 20.39%, 27.08% 및 36.39%를 나타내었다.

전반적으로 4°C, 25°C 저장조건에서는 추출직후 보다 높은 ABTS 라디칼 소거능을 나타냈고, 55°C 저장기간 중에는 K사, L사를 제외하고는 모든 녹차음료에서 ABTS 라디칼 소거능이 감소하는 경향을 나타내었다. 55°C 저장 조건에서 가장 높은 ABTS

라디칼 소거능을 나타낸 녹차음료는 B사로서 53.93%를 나타낸 반면, 가장 낮은 라디칼 소거능을 나타낸 녹차음료는 N사로서 19.52%를 나타냈으며, B사는 N사의 녹차음료 보다 약 34.4% 높은 항산화력을 나타내었다.

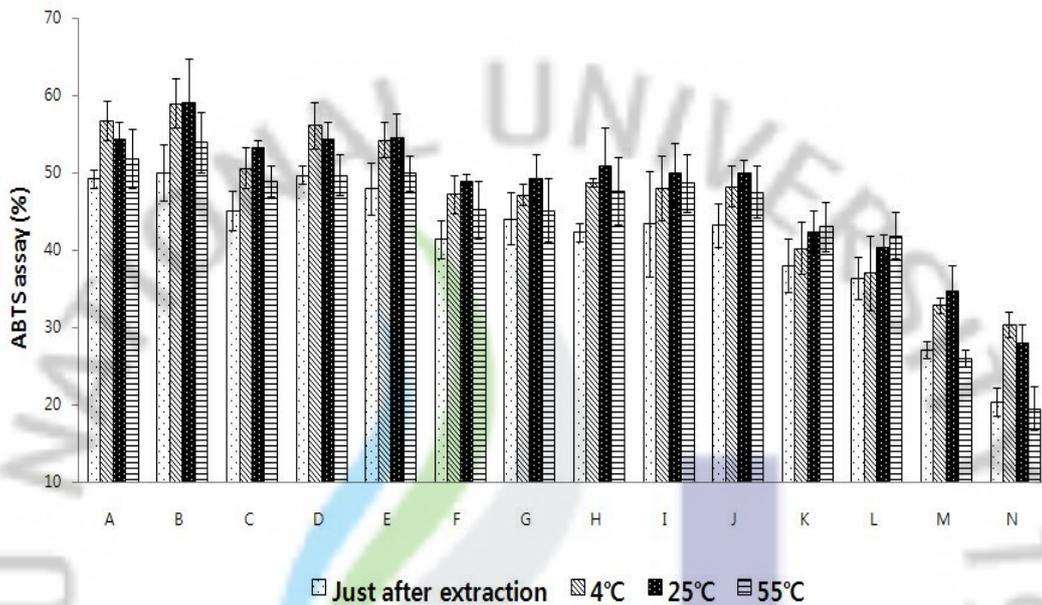


Fig. 17. Changes in ABTS assay of green tea after 7 days storage period.

5. 상관성 분석

상관분석은 두 변수간에 얼마나 밀접한 선형관계를 가지고 있는가를 분석하는 통계기법으로 분석방법에 따라 단순히 두 개의 변수간의 관계를 측정하면 단순상관분석(simple correlation analysis), 3개 이상의 변수들간의 관계를 나타내면 다중상관분석(multiple correlation analysis)이라 한다. 상관계수 r 값은 $-1 \sim +1$ 범위 내에 존재하고 r 값이 ± 1 에 가까울 수록 높은 상관성을 나타내고, r 값이 $+1$ 에 가까울 수록 비례적인 양의 상관성, -1 에 가까울 수록 반비례적인 음의 상관성을 나타낸다.

녹차음료의 기능적 특성과 이에 영향을 미치는 침출수의 수질적 특성간 상관관계를 분석하기 위해 단순상관분석법을 이용하여 Pearson 상관계수(r_{pearson})를 구하였으

며, 추출직후와의 상관성 분석 결과는 Table 13에 나타내었다.

추출직후 녹차음료의 이화학적 특성인 pH와 갈색도는 침출수의 경도, 전기전도도, Ca와의 상관계수가 0.850~0.975를 나타내었으나, Mg와의 상관계수는 0.755~0.860을 나타내었다. 가용성 고형분은 모든 수질특성과의 상관계수가 -0.012~-0.121로 상관관계를 나타내지 않았다.

녹차음료의 유용성분인 탄닌, 총 카테킨 및 Epi 형태의 카테킨(EGCg, EGC, EC, ECg)은 경도, 전기전도도 및 Ca과의 상관계수가 -0.813~-0.928로 음의 상관관계를 나타냈으며, Mg과의 상관계수는 -0.627~-0.775으로 경도, 전기전도도 및 Ca보다 낮은 음의 상관계수를 나타내었다. Non-Epi형 카테킨 중 C, Cg은 침출수의 경도, 전기전도도, Ca 및 Mg과의 상관계수가 0.723~0.907으로 Epi 형태의 카테킨(EGCg, EGC, EC, ECg)과는 대조적인 양의 상관관계를 나타내었다. GC, GCg 및 카페인은 낮은 상관관계를 나타내었다.

항산화력을 나타내는 총 폴리페놀, FRAP, ABTS인 경우 경도, 전기전도도 및 Ca와의 상관계수는 -0.768~-0.969로 음의 상관관계를 나타냈으며, Mg과의 상관계수는 -0.650~-0.820으로 경도, 전기전도도 및 Ca보다 낮은 음의 상관계수를 나타내었다.

전반적으로 추출직후 녹차음료의 이화학적 성분, 유용 성분 및 항산화력 변화는 경도, 전기전도도 및 Ca함량이 Mg보다 더 많은 영향을 준다고 판단된다.

4°C, 25°C, 55°C에서 저장 중 침출수의 수질적 특성이 녹차음료의 기능적 특성에 미치는 영향을 상관성 분석한 결과 Table 14~Table 16에 나타내었다.

녹차음료의 이화학적 특성인 pH와 갈색도는 경도, 전기전도도 및 Ca과의 상관계수가 0.785~0.976로 음의 상관관계를 나타냈으며, Mg과의 상관계수는 pH는 0.656~0.781 그리고 갈색도는 0.862~0.880으로 갈색도가 더 높은 상관관계를 보였다. 가용성 고형분은 침출수의 특성과의 상관계수가 -0.012~-0.469로 상관관계를 나타내지 않았다. 녹차음료의 유용성분인 탄닌, 총 카테킨 및 Epi 형태의 카테킨 중 EGCg, EGC은 경도, 전기전도도 및 Ca과의 상관계수가 -0.799~-0.958을 나타냈으며, Mg과의 상관계수는 -0.658~-0.832으로 경도, 전기전도도 및 Ca보다 낮은 음의 상관계수를 나타내었다. Non-Epi형 카테킨 중 C, Cg는 경도, 전기전도도, Ca 및 Mg과의 상관계수가 0.572~0.949로 추출직후의 녹차음료와 같이 Epi 형태

의 카테킨과는 대조적인 양의 상관관계를 나타내었다. 특히, 55℃에서 저장한 녹차음료의 GC, GCg는 추출직후나 다른 온도에서 저장한 것과 달리 높은 음의 상관관계를 나타내었다.

Table 13. Analysis of correlation coefficient (Just after extraction)

Functional constituents of green tea beverage		Quality of extracting water			
		hardness	electric conductivity	Ca	Mg
Physicochemical components	pH	0.918	0.933	0.913	0.755
	Browning	0.965	0.975	0.850	0.860
	Soluble soil	-0.012	-0.054	-0.121	-0.115
Effective components	Tannin	-0.918	-0.923	-0.902	-0.775
	Total catechin	-0.912	-0.926	-0.914	-0.744
	EGCg	-0.914	-0.928	-0.924	-0.734
	EGC	-0.889	-0.911	-0.902	-0.726
	EC	-0.849	-0.824	-0.928	-0.627
	ECg	-0.813	-0.831	-0.858	-0.635
	GC	0.184	0.254	0.399	0.050
	C	0.907	0.882	0.743	0.723
	Cg	0.881	0.889	0.863	0.755
	GCg	0.146	0.116	0.302	0.102
Antioxidant activity	Caffein	-0.116	-0.204	-0.323	0.035
	Total polyphenol	-0.768	-0.790	-0.791	-0.650
	FRAP	-0.904	-0.923	-0.893	-0.788
	ABTS	-0.964	-0.969	-0.888	-0.820

항산화력을 나타내는 총 폴리페놀, FRAP, ABTS인 경우도 경도, 전기전도도 및 Ca와의 상관계수는 -0.782~-0.969를 나타냈으며, Mg과의 상관계수는 -0.665~-0.847로 전반적으로 경도, 전기전도도 및 Ca보다 낮은 음의 상관관계를 나타내었다.

전체적으로 추출직후 및 4°C, 25°C, 55°C에서 저장한 녹차음료의 이화학적 성분, 유용 성분 및 항산화력 변화는 Mg함량 보다 경도, 전기전도도 및 Ca함량이 더 많은 영향을 받는 것으로 나타났다.

Table 14. Analysis of correlation coefficient (4°C)

Functional constituents of green tea beverage		Quality of extracting water			
		hardness	electric conductivity	Ca	Mg
Physicochemical components	pH	0.903	0.925	0.879	0.781
	Browning	0.964	0.976	0.857	0.875
	Soluble soil	-0.012	-0.054	-0.121	-0.115
Effective components	Tannin	-0.891	-0.909	-0.879	-0.765
	Total catechin	-0.907	-0.920	-0.922	-0.744
	EGCg	-0.885	-0.904	-0.916	-0.710
	EGC	-0.838	-0.865	-0.899	-0.682
	EC	-0.746	-0.806	-0.822	-0.655
	ECg	-0.788	-0.836	-0.806	-0.684
	GC	0.035	0.103	0.286	-0.022
	C	0.843	0.813	0.627	0.727
	Cg	0.947	0.949	0.847	0.781
	GCg	-0.236	-0.176	0.019	-0.311
Antioxidant activity	Caffein	-0.259	-0.273	-0.459	-0.127
	Total polyphenol	-0.782	-0.810	-0.815	-0.681
	FRAP	-0.912	-0.930	-0.874	-0.802
	ABTS	-0.886	-0.902	-0.869	-0.748

Table 15. Analysis of correlation coefficient (25°C)

Functional constituents of green tea beverage		Quality of extracting water			
		hardness	electric conductivity	Ca	Mg
Physicochemical components	pH	0.899	0.897	0.932	0.730
	Browning	0.923	0.940	0.821	0.862
	Soluble soil	-0.060	-0.212	-0.212	0.064
Effective components	Tannin	-0.894	-0.912	-0.859	-0.791
	Total catechin	-0.863	-0.894	-0.895	-0.708
	EGCg	-0.854	-0.876	-0.894	-0.684
	EGC	-0.818	-0.844	-0.876	-0.664
	EC	-0.669	-0.786	-0.769	-0.563
	ECg	-0.771	-0.811	-0.807	-0.650
	GC	-0.109	-0.041	0.142	-0.148
	C	0.748	0.720	0.572	0.647
	Cg	0.902	0.908	0.812	0.730
	GCg	-0.233	-0.163	0.044	-0.254
	Caffein	-0.222	-0.229	-0.404	-0.086
Antioxidant activity	Total polyphenol	-0.838	-0.854	-0.857	-0.665
	FRAP	-0.921	-0.937	-0.864	-0.826
	ABTS	-0.949	-0.951	-0.878	-0.817

Table 16. Analysis of correlation coefficient (55°C)

Functional constituents of green tea beverage		Quality of extracting water			
		hardness	electric conductivity	Ca	Mg
Physicochemical components	pH	0.827	0.854	0.872	0.656
	Browning	0.912	0.926	0.785	0.880
	Soluble soil	-0.175	-0.259	-0.469	-0.058
Effective components	Tannin	-0.945	-0.946	-0.907	-0.780
	Total catechin	-0.949	-0.958	-0.893	-0.832
	EGCg	-0.863	-0.885	-0.873	-0.729
	EGC	-0.799	-0.829	-0.860	-0.657
	EC	-0.732	-0.481	-0.822	-0.630
	ECg	-0.451	-0.508	-0.668	-0.300
	GC	-0.814	-0.781	-0.536	-0.797
	C	0.832	0.857	0.847	0.662
	Cg	0.679	0.731	0.650	0.670
	GCg	-0.966	-0.957	-0.835	-0.864
	Caffein	-0.043	-0.043	-0.167	0.013
Antioxidant activity	Total polyphenol	-0.852	-0.863	-0.865	-0.722
	FRAP	-0.961	-0.968	-0.883	-0.847
	ABTS	-0.969	-0.956	-0.875	-0.782

IV. 요약

수질특성에 차이를 나타내는 국내의 먹는 샘물을 침출수로 선정하여 녹차음료를 제조한 후 각 조건별(4°C, 25°C, 55°C)로 저장하면서 이화학적 성분, 유용 성분, 항산화력 변화 및 수질특성과의 상관성에 대하여 분석하였다.

녹차음료의 이화학적 성분 중 pH인 경우 A사의 먹는샘물 pH는 7.78이었으나, 추출직후 pH 6.50 ± 0.02 로 낮아져 가장 큰 변화를 나타냈으며, pH 변화가 미미한 녹차음료는 N사, H사, M사로서 7.51, 7.71, 7.48에서 7.42 ± 0.02 , 6.89 ± 0.02 , 7.27 ± 0.06 으로 낮아졌다. 갈색도와 색도는 전반적으로 저장온도가 높을수록, 이온함량이 많은 침출수일수록 갈변진행속도는 빠르게 나타났다. 갈색도인 경우 가장 높은 N사 녹차음료는 1.75 ± 0.05 였으며, A사는 0.47 ± 0.01 으로 가장 낮은 갈색도를 나타내었다. 가용성 고형분 함량은 0.35 ± 0.05 °Bx 범위내의 값을 나타내었으며, 저장기간 중 모든 온도(4°C, 25°C, 55°C)조건에서 녹차음료의 가용성 고형분 함량은 큰 변화를 나타내지 않았다.

유용 성분 중 녹차음료의 탄닌, 총 카테킨, Epi 형태의 카테킨 중 EGCg, EGC, EC는 저장기간 중 저장 온도가 높을수록, 이온함량이 많은 침출수에서 카테킨 함량은 감소하는 반비례적인 경향을 나타낸 반면, Non-epi 형태의 카테킨인 Cg는 이온함량이 높은 침출수일수록, 저장 온도가 높을수록 증가하는 비례적인 경향을 나타내었다. 추출직후 탄닌 함량은 A사의 녹차음료가 550.05mg/L로 가장 높았고 탄닌 함량이 가장 낮은 N사는 368.58mg/L를 나타내었으며, 총카테킨 함량인 경우 높게 분석된 A사, B사 및 E사의 녹차음료는 각각 851.37mg/L, 808.05mg/L 및 791.96mg/L를 나타낸 반면, 총 카테킨 함량이 낮게 나타난 N사, M사 및 K사의 녹차음료는 각각 265.98mg/L, 352.51mg/L, 럼는 468mg/L으로 나타났다. 가장 항산화력인 좋다고 알려진 EGCg 함량인 경우 추출직후에 가장 함량이 높았던 A사의 녹차음료는 각각 243.05mg/L를 나타낸 반면, 가장 낮게 분석된 N사의 녹차음료는 15.89mg/L를 나타내어 A사 녹차음료는 N사에 비해 약 16배 높은 함량 차이를 나타내었다. 카페인 함량인 경우 전반적으로 추출직후 및 4°C, 25°C, 55°C 저장 중에도 녹차음료의 카페인 함량은 200 ± 20 mg/L 범위 내에서 큰

차이를 나타내지 않아 열에 안정함을 알 수 있었다.

녹차음료의 총 폴리페놀, FRAP는 전반적으로 저장온도가 높을수록, 이온함량이 많은 침출수에서 낮은 항산화력을 나타내었다. 55℃ 저장 중 총 폴리페놀 함량인 경우가 가장 높은 함량을 나타낸 B사 녹차음료는 618.34mg/L의 값을 나타낸 반면, 가장 낮은 함량을 나타낸 N사의 녹차음료는 488.41mg/L를 나타내었다. FRAP 값인 경우는 가장 높은 A사 녹차음료는 7.82mM를 나타냈고, 가장 낮은 값의 N사 녹차음료는 3.07mM로 A사는 N사의 녹차음료에 비해 약 61% 높게 측정되었다.

추출직후 녹차음료의 이화학적 특성인 pH와 갈색도는 침출수의 경도, 전기전도도, Ca과의 상관계수가 0.850~0.975를 나타내었으나, Mg과의 상관계수는 0.755~0.860을 나타내었다. 가용성 고형분은 모든 수질특성과의 상관계수가 -0.012~-0.121로 상관관계를 나타내지 않았다. 유용성분인 탄닌, 총 카테킨 및 Epi 형태의 카테킨(EGCg, EGC, EC, ECg)은 경도, 전기전도도 및 Ca과의 상관계수가 -0.813~-0.928로 음의 상관관계를 나타냈으며, Mg과의 상관계수는 -0.627~-0.775로 경도, 전기전도도 및 Ca보다 낮은 음의 상관계수를 나타내었다. Non-Epi형 카테킨 중 C, Cg은 침출수의 경도, 전기전도도, Ca 및 Mg과의 상관계수가 0.723~0.907으로 Epi 형태의 카테킨(EGCg, EGC, EC, ECg)과는 대조적인 양의 상관관계를 나타내었다. 또한, GC, GCg 및 카페인은 낮은 상관관계를 나타내었다.

항산화력을 나타내는 총 폴리페놀, FRAP, ABTS인 경우 경도, 전기전도도 및 Ca과는 -0.768~-0.969로 음의 상관관계를 나타냈으며, Mg과의 상관계수는 -0.650~-0.820으로 경도, 전기전도도 및 Ca보다 낮은 음의 상관계수를 나타내었다.

전체적으로 추출직후 및 4℃, 25℃, 55℃에서 저장한 녹차음료의 이화학적 성분, 유용 성분 및 항산화력 변화는 Mg함량 보다 경도, 전기전도도 및 Ca함량이 더 많은 영향을 받는 것으로 나타났다.

IV. 참고문헌

1. Kim JT. Science and culture of tea. Borimsa Publishing Co., Seoul, Korea (1996)
2. Jong DH, Kim JT. Science of tea, Daekwangsa, 15-87. (2003)
3. Wee JH, Moon JH, Park KH. Catechin content and composition of domestic tea leave at different plucking time. Kor J. Food Sci. Technol. 31 : 20-23 (1999)
4. Park JH. Studies on chemical composition in Korea native tea plants. Chonnam National Univ. Kwangju, Korea (1997)
5. Graham HN. Green tea composition, consumption, and polyphenol chemistry. Prev. Med. 21 : 334-350 (1992)
6. Shon MY, Kim SH, Nam SH, Park SK, Sung NJ. Antioxidant activity of Korean green and fermented tea extracts. J. Life Sci. 6 : 920-924 (2004)
7. Choi HJ. Change in chemical compositions of green tea under the different extraction conditions. Kor. J. Life Sci. 10 : 202-209 (2000)
8. Park JY. Green tea ingredient analysis and sensory test according to leachate water. Kor. J. Tea Soc. 14 : 97-110 (2005)
9. Kim SH. Effect of pH on the green tea extraction. Kor. J. Food Sci. Technol. 31 : 1024-1028 (1999)
10. Lee JM, Park SR, Lee SC. Quality properties of green tea prepared with alkaline ionized water. Kor. J. Food Sci. Nutr. 36 : 1043-1047 (2007)
11. Choi HJ, Lee WS, Hwang SJ, Lee IJ. Change in chemical compositions of green tea under the different extraction conditions. Kor. J. Life Sci. 10 : 202-209 (2000)
12. Danrong Z, Yuqiong C, Dejiang N. Effect of water quality on the nutritional components and antioxidant activity of green tea extracts. Food Chem. 113 : 110-114 (2009)

13. Ikeda H. Effect of water hardness on the foaming characteristics of powdered green tea. *Journal of cookery science of Japan*. 39 : 254-258 (2006)
14. Wang H, Helliwell K. Epimerization of catechins in green tea infusion. *Food Chem*. 70 : 337-344 (2000)
15. Choi HY, Park SK, Chae YG. *Drinking water testing method*. ShinKwang Publishing. Co. Seoul, Korea (2004)
16. Ikegaya K, Takayamagi H, Anan T. Quantitative analysis of tea constituent. *Tea Res. J*. 71 : 43-73 (1990)
17. Ko WJ, Ko KS, Kim YD, Jung KW. Changes in functional constituents and stability of green tea beverage during different storing conditions. *Kor. J. Food Preserv*. 13 : 421-426 (2006)
18. Dewanto V, Xianzhong W, Liu RH. Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *Agric. J. Food Chem*. 30 : 4959-4964 (2002)
19. Wicklund T. Antioxidant capacity and colour of strawberry jam as influenced by cultivar and storage conditions. *LWT*. 38 : 387-391 (2005)
20. Pellegrin N, Roberta R, Min Y, Catherine RE. Screening of dietary carotenoid-rich fruit extracts for antioxidant activities applying 2,2'-Azinobis (3-3-ethylbenzoline-6-sulfonic acid) radical cation decolorization assay. *Method in Enzymol*. 299 : 379-389 (1998)
21. Lee GH. Changes in quality characteristics of green tea beverage PET during high temperature storage, *Kor. J. Food Nutr. Sci*. 38 : 98-104 (2009)
22. Mok CK. Suppression of browning of green tea by extraction with organic acids. *Kor. J. Food Engg. Prog*. 6 : 215-221 (2002)
23. Yoshida Y, kiso Mi, Tetsuhisa G. Efficiency of the extraction of catechins from green tea. *Food Chem*. 67 : 425-433 (1999)
24. Yoon SK, Kim WJ. Effect of roasting conditions on quality and yields of barley tea. *Kor. J. Food Nutr. Soc*. 23 : 287-292 (1994)

25. Yang XQ. The components and properties of tea polyphenol. Shanghai Science and Technology Press. Shanghai. 54 : 109-194 (2003)
26. Zhou D, Chen Y, Dejiang N. Effect of water quality on the nutritional components and antioxidant activity of green tea extracts. Food Chem. 113 : 110-114 (2009)



감사의 글

직장생활을 하며 2년 동안 대학원을 다니면서 힘든적도 많았지만 내 인생의 자아 발전 계기가 될 수 있었던 너무나 소중한 시간이었던 것 같습니다.

먼저, 오늘에 있기까지 부족한 저를 끊임없는 관심과 열정으로 격려하여 주신 하진환 교수님께 머리 숙여 깊은 감사를 드립니다. 이 논문이 완성되기까지 많은 조언과 심사를 맡아주신 강영주 교수님, 김광표 교수님 그리고 애정어린 충고와 관심을 보여 주신 김수현 교수님, 고영환 교수님, 임상빈 교수님 그리고 송대진 교수님께 깊은 감사를 드립니다.

직장생활을 하면서 뒤늦게나마 대학원을 다닐 수 있도록 깊은 배려와 아량을 베풀어 주신 제주특별자치도 개발공사 고계주 사장님께 깊은 감사를 드리며, 부족한 저에게 대학원 진학의 기회를 주시고 학업의 중요성과 연구의 열정을 가르쳐 주시며 항상 연구소를 위해 희생하시는 고경수 소장님께 깊은 감사의 뜻을 전합니다.

본 연구를 수행함에 있어서 좋은 결실을 맺을 수 있도록 항상 곁에서 애정어린 관심과 조언을 아끼지 않았던 연구개발팀 강경구 팀장님, 힘들 때마다 따뜻하게 격려해 주신 만형 문수형 과장님, 가족같은 연구개발팀 식구들 원준 님, 승신 님, 진우 님, 승언 님, 진오 님, 상협 님, 주영 님 인턴사원으로 입사하여 열심히 노력 중인 소양 님, 희숙 님, 원호 님, 호균 님, 영범 님, 광수 님, 양란 님께 깊은 감사를 드립니다.

항상 곁에서 따뜻하게 애정어린 조언을 해주시던 김용덕 팀장님, 현은희 과장님 외 품질관리팀 직장 동료분들께도 깊은 감사를 드립니다. 그리고 대학원 생활동안 많은 도움을 주신 식품공학방 학부생들과 김태현, 신우석 조교에게도 감사를 드립니다.

연로하시고 몸도 많이 불편하시지만 겸손과 배려를 강조하시며 사랑으로 격려해 주신 부모님, 항상 나의 건강을 걱정하시며 끝까지 지켜봐 주신 장모님, 자신감을 분똥아 주신 처형, 처남 등에게도 깊은 감사를 드립니다. 그리고 서울에 살고 있으면서도 곁에 있는 것처럼 항상 조언을 아끼지 않았던 형과 형수, 우리조카 보운, 윤희에게도 감사를 드립니다.

끝으로 직장생활과 학업생활로 가정에 소홀했지만 따뜻하게 이해해준 사랑하는 아내 강선길, 보기만 해도 사랑스런 귀염둥이 아들 재영이에게 이 작은 결실을 바칩니다.