

후발효차의 발효기간별 영양성분 및 항산화 활성의 변화

†이경행 · 김용식* · 이종열*

한국교통대학교 식품영양학과, *한국교통대학교 식품공학과

Changes of Nutrient Composition and Antioxidative Activities of Fermented Tea during Fermentation

†Kyung-Haeng Lee, Yong-Shik Kim* and Jong-Yeol Lee*

Dept. of Food and Nutrition, Korea National University of Transportation, Chungbuk 368-701, Korea

*Dept. of Food Science and Technology, Korea National University of Transportation, Chungbuk 368-701, Korea

Abstract

To manufacture the fermented tea with hygienic quality, green tea was fermented using *Bacillus subtilis*, *Saccharomyces cerevisiae* and *Lactobacillus bulgaricus* and mineral composition, total amino acid content and antioxidative activity changes were evaluated during the fermentation period. Minerals detected in the fermented tea, the Ca, Fe, Zn, Mg and Mn minerals were detected. Ca and Mg are relatively large compared to other mineral content. Total amino acid content of the control was 3.57%, but total amino acid of fermented teas were higher (3.68~3.85%) during fermentation 20 days. Metal chelating activity of control was 55.11%, Metal chelating activity of the fermented tea using *B. subtilis* was the highest. In reducing power, O.D. value of the control was 2.27, three kinds of fermented tea were lower than that of control. The fermented teas increased lipid peroxidation inhibition compared to the blank test.

key words: fermented tea, mineral composition, amino acid content, antioxidative activity

서 론

동백나무과에 속하는 다년생의 상록관목인 차나무(*Camellia sinensis*)는 중국 운남, 귀주 및 히말라야 기슭의 아쌈지역에서 자생하고, 중국, 인도를 비롯한 케냐, 러시아 등 온대, 아열대에 걸쳐 광범위하게 재배되고 있다(Kim JT 1996). 차는 건강증진과 마음의 풍요를 동시에 즐길 수 있어 최근 국내 차 시장은 빠르게 성장하고 있으며(Park 등 2009), 소비자의 관심 또한 높아지고, 다양한 종류의 차류들이 시장에 선보이고 있다.

차는 제조 방법에 따라 발효시키지 않은 녹차, 10~65% 발효시킨 반발효차, 85% 이상 발효시킨 발효차, 찌 차엽을 오랫동안 적체시켜 공기 중에 존재하는 미생물에 의해 발효되는 후발효차로 분류할 수 있다(Jung & Kim 2003). 후발효차

중의 하나인 보이차는 발효과정 중 가용성분이 증가함에 따라 감칠맛이 증가하게 되는데, 이 가용성분들이 후발효차가 갖는 인기의 이유라 생각된다(Choi & Choi 2003).

후발효차는 보통 차엽을 수확 후 즉시 가열하여 효소를 불활성화시키고, 유념(rolling), 건조 과정을 거친 후 미생물 포자균을 이용하여 발효시킨 후 멸균, 성형 및 건조과정을 거쳐 제조한다(Kang OJ 2008).

후발효차의 화학 성분을 살펴보면, 원료가 되는 차엽은 잘 성숙한 것이기 때문에, 유기화합물인 카테킨, 카페인 등의 함량이 적고, 당류 등의 함량이 비발효차에 비하여 비교적 많다. 그리고 무기질의 K, P 등의 함량이 차류보다 적고, Ca, Mn, F, Fe 등의 함량 또한 비교적 많이 존재한다(Son 등 2005; Chung & Shin 2005).

† Corresponding author: Kyung-Haeng Lee, Dept. of Food and Nutrition, Korea National University of Transportation, Chungbuk 368-701, Korea. Tel: +82-43-820-5334, Fax: +82-43-820-5850, E-mail: leekh@ut.ac.kr

그러나 이러한 후발효차는 국내 다류 기준 규격에는 발효차에 대한 미생물 기준이 별도로 규정되고 있지 않아 미생물에 대한 문제점을 지니고 있으며, 식품의약품안전청 연구 결과(KFDA 2007)에서 곰팡이 독소 및 식중독균에 오염된 후발효차가 있다고 발표하는 등 후발효차에 대한 안전성 확보 문제가 대두되고 있다.

전보(Kim 등 2010; Kim 등 2011)에서 본 연구자들은 위생적으로 안전성이 확보된 후발효차를 개발하기 위하여 *Bacillus subtilis*, *Saccharomyces cerevisiae* 및 *Lactobacillus bulgaricus*를 이용하여 후발효차를 제조하여 제조과정 중 이화학적인 변화를 측정하였다.

본 연구에서는 기호성을 갖는 후발효차를 제조하는 과정 중 후발효차의 영양성분 및 항산화 활성의 변화를 측정 비교하였다.

재료 및 방법

1. 후발효차의 제조

후발효차의 제조는 전보(Kim 등 2010)와 마찬가지로 녹차에 선택된 균주와 차엽의 수분함량이 37~40% 되도록 멸균 증류수를 공급하여 발효를 진행하였다. 즉, 후발효를 위해 사용된 균주로는 *B. subtilis*, *S. cerevisiae*, *L. bulgaricus*을 이용하였다. 멸균 처리가 된 비닐팩(25×35 cm, 0.15 mm)에 1차 가공된 녹차와 멸균 증류수에 각각의 균주(1.5×10^7 CFU/g)를 용해시킨 조성물을 6:4(w/w)의 비율로 수분평형이 될 수 있도록 충분히 혼합시킨 후 발효시켰다. 이때 *B. subtilis* 처리군은 50°C에서, *S. cerevisiae*는 30°C에서 발효시켰으며, *L. bulgaricus* 처리군은 진공포장기를 이용하여 비닐팩을 혐기 상태로 만들어준 후 30°C에서 발효시켰다. 시료는 1일, 4일, 7일, 10일, 15일, 20일 동안 발효를 진행하여 채취하였으며, 채취 후 수분 함량이 2%가 되도록 건조 과정을 거친 후 밀봉 충전봉투(12×21 cm, 100 μ m, Samji, Ansan, Korea)에 넣어 보관하면서 실험에 사용하였다.

2. 무기질 함량 분석

B. subtilis, *S. cerevisiae* 및 *L. bulgaricus*를 이용하여 발효기간별로 발효시킨 후발효차의 무기질 함량 분석은 식품공전 일반시험법(Korean Food Standards Codex 2007)에 준하여 실험하였다. Teflon 재질로 만들어진 vessel에 분쇄한 시료 0.5~0.8 g을 취한 후 질산 5 mL와 분해 촉매제인 30% H₂O₂ 3 mL를 넣어 마이크로파 분해장치(IT/ETHOS 1, Mileston, Italy)로 분해하였다. 분해 조건은 5분간 100°C로 승온한 후 5분간 유지시키고, 10분간 200°C로 승온시키며 20분간 유지시켰다. 분해된 액은 25 mL 메스플라스크에 3차 증류수로 정용하여 시험

Table 1. Instrument conditions of ICP-OES

Parameters	Conditions
Nebulizer flow	0.65 l/min
RF power	1,450 watts
Plasma argon	15 l/min
Auxiliary argon	0.2 l/min
Nebulizer argon	Normal
Sample flow rate	1.5 ml/min
Source equilibration delay(sec)	15
Plasma conditions	For all elements
Plasma aerosol type	Wet
Nebulizer start-up	Instant
Calibration equation	Linear
View distance	15.0
Plasma view	Axial

용액으로 사용하였다. 이 시험용액은 고주파 유도 결합 플라즈마를 광원으로 사용한 방출 분광법인 ICP-OES(Optima 5300 DV, Perkinelmer, MA, USA)를 이용하여 Table 1과 같은 조건으로 Ca, Fe, Zn, Mg, Mn의 함량을 측정하였다.

3. 총 아미노산 측정

B. subtilis, *S. cerevisiae* 및 *L. bulgaricus*를 이용하여 발효기간별로 발효시킨 후발효차의 총 아미노산 함량을 측정하기 위해 Choi 등(2001)의 방법에 따라 근적외선 스펙트럼 측정을 통하여 검량식을 구한 후 근적외선 분광 광도계(NIR spectrophotometer, Foss NIRSystems, Maryland, USA)을 사용하여 함량을 측정하였다. 스펙트럼 측정은 400~2,500 nm 범위에서 측정하였다. 모든 시료는 sample mill(Cyclotec 1093 sample mill, Tecator, Hoganas, Sweden)로 분쇄한 후 약 5 g을 standard sample cup에 채운 후 실온에서 scanning하여 스펙트럼을 얻었다. 얻은 스펙트럼의 결과를 검량선에 적용하여 총 유리아미노산의 함량을 산출하였다. NIRS의 조작은 WinISI II project manager ver.1.50을 이용하였다.

4. 금속이온 제거능 측정

B. subtilis, *S. cerevisiae* 및 *L. bulgaricus*를 이용하여 발효기간별로 발효시킨 후발효차의 금속이온 제거능은 Yena 등(2002)의 방법을 이용하여 측정하였다. 추출액 1 mL에 2 mM ferrous chloride와 5 mM ferrozine을 각각 100 μ L씩 가하여 흡광도 값의 조정을 위해 methanol을 일정량 혼합하고, 10분간 상온에서 방치한 후 562 nm에서 반응액의 흡광도를 측정하고 시료 첨가구와 비첨가구의 흡광도 차를 백분율로 표시하여 금속이온 제거능을 측정하였다.

5. 환원력 측정

B. subtilis, *S. cerevisiae* 및 *L. bulgaricus*를 이용하여 발효기간별로 발효시킨 후발효차의 환원력 측정은 Mau 등(2002)의 방법에 따라 추출액 250 μl 에 0.2 M sodium phosphate buffer (pH 6.6 Wako Pure Chemical Co., Osaka, Japan) 250 μl , 1% potassium ferricyanide($\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$, Sigma, St. Louis, MO, USA) 250 μl 를 각각 혼합하여 50°C에서 20분 동안 반응시킨 후 1% trichloroacetic acid(CCl_3COOH , w/v)를 가하였다. 위 반응액을 1,000 rpm에서 10분간 원심 분리하여 상등액 500 μl 에 증류수 500 μl 를 혼합하고, 0.1% ferric chloride($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, Wako) 100 μl 를 가하여 반응액의 흡광도 값을 700 nm에서 측정하였다.

6. 지질과산화 억제능 측정

미생물을 이용한 후발효차의 산화 억제 효과를 측정하기 위하여 과산화물 생성 억제 효과를 측정하였다(Kikuzak & Nakatani 1993). 즉, 발효 녹차는 각각의 균주를 이용하여 7일 동안 발효시킨 발효 녹차 1 g에 95°C의 물 100 mL를 넣고 3분 동안 침출하여 여과한 여과액을 사용하였으며, linoleic acid 유화물 기질을 제조하는 방법으로는 linoleic acid 2.51 g을 99.5% ethanol 100 mL에 용해시킨 후 2.05 mL씩 취하여 falcon tube에 넣고 원심분리(5,000 rpm, 20 min)한 7일 동안 발효시켜

제조한 추출액 2 mL를 첨가한 후, 0.05 M phosphate buffer(pH 7.0) 4 mL, 증류수 1.95 mL를 가하여 40°C 항온기에 저장하면서 일정시간 동안 생성된 지질과산화 정도를 thiocyanate법에 의해서 측정하였다. 측정방법으로는 24시간마다 75% ethanol 4.7 mL에 각 시료 0.1 mL와 30% ammonium thiocyanate 0.1 mL를 넣고, 정확히 3분 후 0.02 M ferrous chloride 함유한 3.5% HCl 용액 0.1 mL를 첨가하여 500 nm에서 흡광도를 측정하였다.

7. 통계처리

본 시험에서 얻어진 결과는 SPSS 14.0(Statistical Package for Social Sciences, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) program을 사용하여 ANOVA 분석을 통해 각 실험구간의 유의성을 검증한 후 Duncan's multiple range test에 의해 실험군 간의 차이를 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 무기질 성분

후발효차를 제조하기 위하여 *B. subtilis*, *S. cerevisiae* 및 *L. bulgaricus*를 녹차에 접종하고, 발효기간별로 발효시킨 후발효차의 무기질 함량 변화를 측정한 결과는 Table 2와 같다.

Table 2. Changes in mineral contents of microbial fermented teas during fermentation period(days) (Unit: mg/kg)

Samples	Fermentation period(days)	Ca	Fe	Zn	Mg	Mn	Total
Green tea	0	2,169.99	68.20	34.79	1,801.54	581.75	4,656.27
	1	1,690.30	51.03	26.20	1,315.15	465.63	3,548.31
	4	1,640.18	52.79	30.65	1,407.48	464.98	3,596.08
	7	1,638.76	52.83	25.82	1,376.59	457.74	3,551.74
	10	1,643.41	54.31	26.93	1,386.68	446.54	3,557.87
	15	1,744.79	50.79	25.88	1,353.57	476.10	3,651.13
<i>B. subtilis</i>	20	1,758.75	51.19	29.27	1,325.67	444.66	3,609.54
	1	2,067.29	62.39	32.10	1,642.63	565.75	4,370.16
	4	2,111.07	63.29	31.57	1,689.44	589.01	4,484.38
	7	2,060.80	84.44	33.07	1,735.19	587.75	4,501.25
	10	1,762.86	72.58	26.85	1,418.48	442.89	3,723.66
	15	1,683.35	53.68	28.57	1,466.88	459.63	3,692.11
<i>S. cerevisiae</i>	20	1,706.62	52.42	26.28	1,428.89	446.26	3,660.47
	1	2,031.19	66.62	34.19	1,770.79	544.78	4,447.57
	4	2,034.45	64.37	32.07	1,702.95	593.74	4,427.58
	7	1,910.23	63.31	31.68	1,663.72	517.50	4,186.44
	10	1,815.55	60.49	29.39	1,566.91	531.65	4,003.99
	15	2,020.00	62.77	33.60	1,741.91	534.21	4,392.49
<i>L. bulgaricus</i>	20	1,983.42	59.08	30.31	1,594.53	560.95	4,228.29

후발효차에서 검출된 무기질로는 Ca, Fe, Zn, Mg, Mn으로 5종의 무기질이 검출되었으며, 이들의 함량은 $Ca > Mg > Mn > Fe > Zn$ 의 순이었고, 그 중 Ca와 Mg가 비교적 다른 무기질에 비하여 많은 함량을 나타내었다. 또한 대조군인 녹차의 무기질 총 함량은 4,656.27 mg/kg으로 다른 발효차의 경우보다는 비교적 높은 무기질 함량을 보이는 것으로 나타나, 발효에 의하여 약간의 감소가 있는 것으로 판단되었으며, *B. subtilis*에 의한 발효차가 낮은 무기질 함량을 나타낸 원인에 대한 차후 연구가 필요할 것으로 사료되었다.

무기질 함량 중 가장 많은 함량을 함유하는 Ca는 대조군으로 사용한 녹차에서는 2,169.99 mg/kg이었으며, *B. subtilis*에 의한 발효차에서는 1,638.76~1,758.75 mg/kg, *S. cerevisiae* 발효차는 1,683.35~2,111.07 mg/kg, *L. bulgaricus* 발효차에서는 1,815.55~2,034.45 mg/kg으로 발효차 중에서는 *L. bulgaricus*에 의한 발효차에서 가장 높은 함량을 나타내었지만, 대조군에 비하여 대체적으로 적은 함량을 보이는 것으로 나타나, 발효에 의하여 Ca의 함량은 약간 감소하는 경향인 것으로 사료되었다. Chung & Shin(2005)의 연구 결과에서 녹차, 청차, 황차, 홍차 모두 무기질 함량 중 Ca와 Mg의 함량이 가장 많다고 하여 본 결과와 동일하였으며, 녹차와 발효차인 홍차 등과 비교한 결과, 녹차가 높은 함량을 나타내었다고 하여 녹차 발효 시 Ca의 함량에 영향을 미치는 것으로 판단되었다.

차에는 K, Zn, Mg, Mn 등의 알칼리성 무기질이 많으며, 이 중 60~70%가 뜨거운 물에 용출되어 신진대사 및 차의 맛에 영향을 미친다고 보고되고 있으며, 또한 Mn, Zn은 미량 필수 원소로서 체내 유해 활성산소의 무독화에 관여하는 SOD(super oxide dismutase)의 구성성분으로서 중요한 기능을 가지는 것으로 알려져 있다(Shin MK 1994).

2. 총 아미노산 함량

발효 정도에 따른 차의 총 아미노산 함량을 측정한 결과는 Table 3과 같다. 발효 진행 결과, 발효전인 대조군의 총 아미노산 함량은 3.57%이었으며, *B. subtilis*를 이용하여 발효시킨 경우, 3.48~3.73%, *S. cerevisiae*를 이용한 발효차는 3.20~3.85%, *L. bulgaricus*를 이용한 발효차는 3.29~3.78%로 대조군과는

큰 차이를 보이지 않았고, 발효기간 중 아미노산의 함량 증감은 있지만 발효 20일차에서는 모든 발효차에서 대조군보다는 높은 총 아미노산 함량을 보여 발효에 의해 아미노산의 함량이 약간 증가하는 것으로 사료되었다. Lee 등(1998)은 녹차, 우롱차, 홍차의 아미노산 함량을 확인한 결과, 각각 0.6%, 0.63%, 1.05%로 발효가 많이 진행된 차일수록 아미노산의 함량이 증가한 결과를 나타내어 본 결과와는 함량의 차이는 있지만, 발효에 의한 아미노산 함량 증가는 일치하는 경향이였다. 또한 Jung & Kim(2003)은 발효차 제조 시 산화에 의해 아미노산의 함량이 증가한다고 하여 발효시 아미노산의 함량이 증가하는 것을 뒷받침하였다. 이는 발효과정 중 미생물이 생산하는 단백질 분해효소에 의해 아미노산 함량이 증가하는 것으로 판단된다.

아미노산은 독특한 감칠맛을 내는 성분으로 카페인의 쓴맛 및 카테킨의 떫은 맛과 더불어 차의 맛을 결정하는 주요 요소이다. 아미노산은 강한 햇빛을 받으면 카테킨으로 변화되기 때문에 여름차가 봄차에 비하여 맛이 떨어지는 원인이 되며, 60℃ 정도의 저온에서 그 맛을 가장 잘 낼 수 있다.

3. 금속이온 제거능

미생물을 녹차에 접종하고, 발효기간별로 발효시켜 제조한 발효 녹차의 금속이온 제거능을 비교한 결과는 Table 4와 같다.

발효시키지 않은 대조군 녹차의 금속이온 제거능은 55.11%였으며, *B. subtilis* 발효차는 64.45~81.05%로 대조군에 비하여 지속적으로 높은 금속이온 제거능을 보였고, *S. cerevisiae* 발효차는 31.94~57.26%로 발효 10일까지는 대조군보다도 낮은 활성을 보였으나, 발효 15일 이후부터는 대조군과는 유의적인 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다. *L. bulgaricus* 발효 녹차에서는 45.61~60.60%로 발효 10일까지는 대조군과 큰 차이는 없었지만, 발효 15일 이후에는 금속이온 제거능이 다소 증가하는 것으로 나타났다. 세 균주간 금속이온 제거능의 차이는 전반적으로 *B. subtilis* > *L. bulgaricus* > *S. cerevisiae*의 순으로 *B. subtilis*를 이용하여 후발효차 제조 시 금속이온 제거능이 우수한 후발효차를 제조할 수 있을 것으로 사료되었다.

Table 3. Changes in total amino acid contents of microbial fermented tea during fermentation period (Unit: mg%)

Treatment ¹⁾	Fermentation period(days)						
	0	1	4	7	10	15	20
<i>B. subtilis</i>	3.57±0.12 ^{abA}	3.56±0.12 ^{abA}	3.58±0.16 ^{abA}	3.56±0.08 ^{abA}	3.58±0.13 ^{abA}	3.48±0.06 ^{bb}	3.73±0.15 ^{aA}
<i>S. cerevisiae</i>	3.57±0.12 ^{ba}	3.48±0.07 ^{ba}	3.20±0.08 ^{cb}	3.55±0.13 ^{ba}	3.53±0.13 ^{ba}	3.58±0.10 ^{bb}	3.85±0.14 ^{aA}
<i>L. bulgaricus</i>	3.57±0.12 ^{ba}	3.55±0.09 ^{ba}	3.29±0.10 ^{cb}	3.63±0.08 ^{abA}	3.54±0.11 ^{ba}	3.78±0.12 ^{aA}	3.68±0.07 ^{abA}

¹⁾ Fermented tea using microorganism

²⁾ Values with different superscripts within the same a row(a-c) and a column(A, B) were significantly different($p < 0.05$)

Table 4. Changes in ferrous ion chelating effects of microbial fermented tea during fermentation period (Unit: %)

Treatment ¹⁾	Fermentation period(days)						
	0	1	4	7	10	15	20
<i>B. subtilis</i>	55.11±2.45 ^{dA}	77.78±2.76 ^{aA}	78.38±2.84 ^{aA}	71.21±5.68 ^{bA}	64.45±5.92 ^{cA}	79.53±1.66 ^{aA}	81.05±1.22 ^{aA}
<i>S. cerevisiae</i>	55.11±2.45 ^{aA}	47.35±1.77 ^{bbB}	35.26±1.32 ^{dC}	31.94±2.66 ^{ecC}	39.33±4.02 ^{ccC}	55.30±1.86 ^{aB}	57.26±2.26 ^{acC}
<i>L. bulgaricus</i>	55.11±2.45 ^{baA}	45.61±3.82 ^{cbB}	54.55±1.55 ^{bbB}	50.80±4.11 ^{bbB}	52.11±2.62 ^{bbB}	59.66±6.07 ^{abB}	60.60±2.82 ^{abB}

¹⁾ Fermented tea using microorganism

²⁾ Values with different superscripts within the same a row(a-e) and a column(A-C) were significantly different($p<0.05$)

4. 환원력 측정

각각의 균주를 이용하여 위생적인 발효 녹차를 제조하는 동안 환원력을 측정한 결과는 Table 5와 같다.

항산화 활성 중 환원력을 측정한 결과, 발효를 시키지 않은 대조군인 녹차의 경우 O.D 값이 2.27이었으며, 20일 동안 발효시킨 후발효차에서는 *L. bulgaricus*균의 의한 발효차는 1.95, *B. subtilis*균에 의한 발효차는 1.60, *S. cerevisiae*균에 의한 발효차는 1.43 순으로 나타났다. 환원력에서의 흡광도수치는 그 자체가 시료의 환원력을 나타내며, 높은 항산화 활성을 가지는 물질은 흡광도의 수치가 높게 나타난다. 초기 발효시 환원력은 급격히 감소하였지만, 발효기간이 경과함에 따라 증가하는 경향을 보였다. 특히 *L. bulgaricus*균에 의한 후발효차는 녹차에 비하여 환원력은 감소하였지만, 다른 두 균주에 의한 후발효차보다는 높은 환원력을 나타내었다.

Jeong 등(2009)의 연구에서 국내 시판 녹차, 보이차, 우롱

차, 홍차의 환원력을 비교한 결과, 녹차와 우롱차 열수추출물에서 가장 강한 환원력을 나타냈고, 다음으로 보이차 및 홍차 열수추출물 순이었다. 본 실험결과와도 동일하게 발효시 환원력이 다소 감소함을 알 수 있었다.

5. 지질과산화 억제능

후발효차를 제조하기 위하여 *B. subtilis*, *S. cerevisiae* 및 *L. bulgaricus*를 각각 녹차에 접종하여 6일간 발효시킨 후발효차의 지질과산화 억제능을 측정한 결과는 Table 6과 같다.

아무것도 첨가하지 않은 blank의 경우에는 저장 2일부터 급격히 산화를 일으켜 O.D 값이 0.6272로 매우 높았으며, 그 후에도 계속 꾸준히 증가하여 저장 6일에는 2.5894로 지질 산화가 빠르게 진행되는 것으로 나타났다.

그러나 세 균주로 7일 동안 제조한 후발효차의 지질과산화는 7일 동안 저장하는 동안 서서히 증가하여 0.1986~ 0.2589의

Table 5. Changes in reducing power of microbial fermented tea during fermentation period (Unit: $\mu\text{g}/\text{mL}$)

Treatment ¹⁾	Fermentation period(days)						
	0	1	4	7	10	15	20
<i>B. subtilis</i>	2.27±0.03 ^{aA}	1.32±0.01 ^{dA}	1.21±0.02 ^{dB}	1.33±0.01 ^{dB}	0.84±0.01 ^{FB}	1.47±0.01 ^{CC}	1.59±0.01 ^{BB}
<i>S. cerevisiae</i>	2.27±0.03 ^{aA}	1.16±0.01 ^{dB}	1.00±0.03 ^{CC}	1.18±0.02 ^{dC}	0.85±0.03 ^{FB}	1.56±0.02 ^{bbB}	1.43±0.04 ^{cC}
<i>L. bulgaricus</i>	2.27±0.03 ^{aA}	1.16±0.01 ^{gB}	1.59±0.02 ^{eA}	1.72±0.04 ^{dA}	1.34±0.01 ^{fA}	1.84±0.03 ^{cA}	1.95±0.01 ^{baA}

¹⁾ Fermented tea using microorganism

²⁾ Values with different superscripts within the same a row(a-g) and a column(A-C) were significantly different($p<0.05$)

Table 6. Changes in lipid peroxidation of microbial fermented tea (Unit: O.D, at 500 nm)

Treatment ¹⁾	Fermentation period(days)						
	0	1	2	3	4	5	6
Blank	0.0906±0.0021 ^{aE}	0.2255±0.0010 ^{aE}	0.6272±0.1047 ^{aD}	1.4991±0.2388 ^{aC}	1.9922±0.2082 ^{aB}	2.4261±0.1834 ^{aA}	2.5894±0.0950 ^{aA}
<i>B. subtilis</i>	0.0854±0.0034 ^{aE}	0.1129±0.0028 ^{bdD}	0.1729±0.0027 ^{bcD}	0.2039±0.0043 ^{bbB}	0.2034±0.0089 ^{bbB}	0.2046±0.0082 ^{bbB}	0.2576±0.0074 ^{baA}
<i>S. cerevisiae</i>	0.0754±0.0043 ^{bdD}	0.0798±0.0019 ^{cdD}	0.1133±0.0041 ^{bcD}	0.1402±0.0027 ^{bbB}	0.1427±0.0044 ^{bbB}	0.1454±0.0033 ^{bbB}	0.1986±0.0062 ^{baA}
<i>L. bulgaricus</i>	0.0772±0.0034 ^{beE}	0.0804±0.0007 ^{ceE}	0.1376±0.0040 ^{bdD}	0.1763±0.0094 ^{bcD}	0.1805±0.0092 ^{bbcD}	0.1882±0.0045 ^{bbB}	0.2589±0.0079 ^{baA}

¹⁾ Fermented tea using microorganism

²⁾ Values with different superscripts within the same a column(a-c) and a row(A-E) were significantly different($p<0.05$)

O.D.값을 나타내어 blank test 결과와 비교할 때 세 균주를 이용한 후발효차 모두 지질과산화 억제능이 우수함을 알 수 있었다. 한편, 이들 세 균주를 이용한 후발효차들 간의 지질과산화 억제능은 유의적인 차이는 없는 것으로 나타나, 후발효차는 기존 녹차와 함께 위생성을 가지면서도 항산화 활성을 유지할 수 있을 것으로 판단되었다.

요 약

위생적인 후발효차를 제조하기 위하여 *B. subtilis*, *S. cerevisiae* 및 *L. bulgaricus*를 녹차에 각각 접종하고, 발효기간별로 발효시키면서 제조한 후발효차의 영양성분 및 항산화 활성을 측정하였다. 후발효차에서 검출된 무기질로는 Ca, Fe, Zn, Mg, Mn으로 5종의 무기질이 검출되었으며, 그 중 Ca와 Mg는 비교적 다른 무기질에 비하여 많은 함량을 나타내었다. 총 아미노산 함량은 대조군은 3.57%이었으며, 발효 20일차에서는 모든 발효차에서 대조군보다는 높은 총 아미노산 함량(3.68~3.85%)을 보였다. 금속이온 제거능에서는 대조군은 55.11%였으며, 세 균주간 금속이온 제거능의 차이는 전반적으로 *B. subtilis* > *L. bulgaricus* > *S. cerevisiae*의 순으로 *B. subtilis*를 이용한 후발효차 제조시 금속이온 제거능이 가장 높게 나타났다. 환원력은 대조군의 경우 O.D.값이 2.27이었으며, 후발효차에서는 세가지 후발효차 모두 대조군보다는 낮은 환원력을 나타내었다. 후발효차의 지질과산화 억제능은 세 균주로 제조한 후발효차 모두 blank test 결과와 비교할 때 높은 지질과산화 억제능을 나타내었다.

References

- Choi J, Chun JU, Park JH, Shin GH, Lim KC, Cho KC. 2001. A simple analysis method for chemical components of tea leaves using near-infrared spectroscopy. *J Kor Tea Soc* 7: 77-89
- Choi OJ, Choi KH. 2003. The physicochemical properties of Korean wild teas (green tea, semi-fermented tea, and black tea according to degree of fermentation). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32:356-362
- Chung YH, Shin MK. 2005. A study on the physicochemical properties of Korean teas according to degree of fermentation. *Korean J Food & Nutr* 18:94-101
- Jeong CH, Kang ST, Joo OS, Lee SC, Shin YH, Shim KH, Cho SH, Choi SG, Heo HJ. 2009. Phenolic content, antioxidant effect and acetylcholinesterase inhibitory activity of Korean commercial green, puer, oolong, and black teas. *Korean J Food Preserv* 16:230-237
- Jung DH, Kim JT. 2003. Science of Tea. pp. 51-53. Daekwang Publisher
- Kang OJ. 2008. Isolation and identification of yeast strain from fermented tea. *Korean J Food Cookery Sci* 24:11-15
- KFDA. 2007. Study of the safety evaluation for fermentation tea. Korea Food & Drug Administration, Seoul, Korea
- Kikuzak H, Nakatani N. 1993. Antioxidant effect of some ginger constituents. *J Food Sci* 58:1407-1410
- Kim YS, Choi GH, Lee KH. 2010. Changes of chemical components of fermented tea during fermentation period. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39:1807-1813
- Kim YS, Jo C, Choi GH, Lee KH. 2011. Changes of antioxidative components and activity of fermented tea during fermentation period. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40:1073-1078
- Korean Food Standards Codex. 2007. Korea Food & Drug Administration. Chungwon, Korea
- Lee YJ, Ahn MS, Hong KH. 1998. A study on the content of general compounds, amino acid, vitamins, catechins, alkaloids in green, oolong and black tea. *J Fd Hyg Safety* 13:377-382
- Mau JL, Lin HC, Song SF. 2002. Antioxidant properties of several specialty mushrooms. *Food Research International* 35:519-526
- Park SH, Lee HJ, Ma SJ, Park KH, Moon JH. 2009. An investigation on establishment of index for estimation of quality and preservation period of Pu-erh tea. *J Kor Tea Soc* 15:59-67
- Shin MK. 1994. Science of green tea. *Korean J Dietary Culture* 9:433-445
- Son KM, Bae SM, Chung JY, Shin DJ, Sung TS. 2005. Antioxidative effect on the green and puer tea extracts. *Korean J Food & Nutr* 18:219-224
- Yena GC, Duhb PD, Tsaia L. 2002. Antioxidant and prooxidant properties of ascorbic acid and gallic acid. *Food Chem* 79: 307-313

접 수 : 2013년 7월 19일
 최종수정 : 2013년 8월 13일
 채 택 : 2013년 8월 21일