

한국산 야부끼다종 차엽으로 만든 홍차 제조과정 중의 catechins, theaflavins, alkaloids 함량 변화에 관한 연구

최 석 현*

서원대학교 외식산업학과, 서원대학교 BioRIC

Changes in the Composition of Catechins, Theaflavins and Alkaloids in Leaves from Korean Yabukida Tea Plant During Processing to Fermented Black Tea

Suk-Hyun Choi*

Department of Food Service Industry Seowon University, Bio Organic Material & Food Center Seowon University

Abstract

In this study, we examined the composition of catechins, theaflavins and alkaloids in leaves during processing to fermented black tea, which is produced by withering, roll breaking, and fermentation of Korean Yabukida tea plant. In addition, we determined the optimal conditions for the production of fermented black tea. The average moisture content in fresh leaves was 70.85%, which dropped to 3.07% in fermented black tea at the last stage of production. When the leaves were analyzed by HPLC, seven types of catechins, four types of theaflavins and three types of alkaloids were identified. The levels of catechins, theaflavins, and alkaloids were then evaluated after being processed into fermented tea. From these experiments, we found that the level of theaflavins, which determines the property of the tea, increased during fermentation. This effect resulted from the change in EGCG, ECG, EGC, EC during the process of fermentation. We also found that the maximal amount of theaflavins was created after 1-2 hours of fermentation. Thus, our results imply that the best condition for producing fermented black tea would be to ferment for 1-2 hours.

Key Words: black tea, alkaloids, catechin, theaflavin, fermentation, withering, rolling

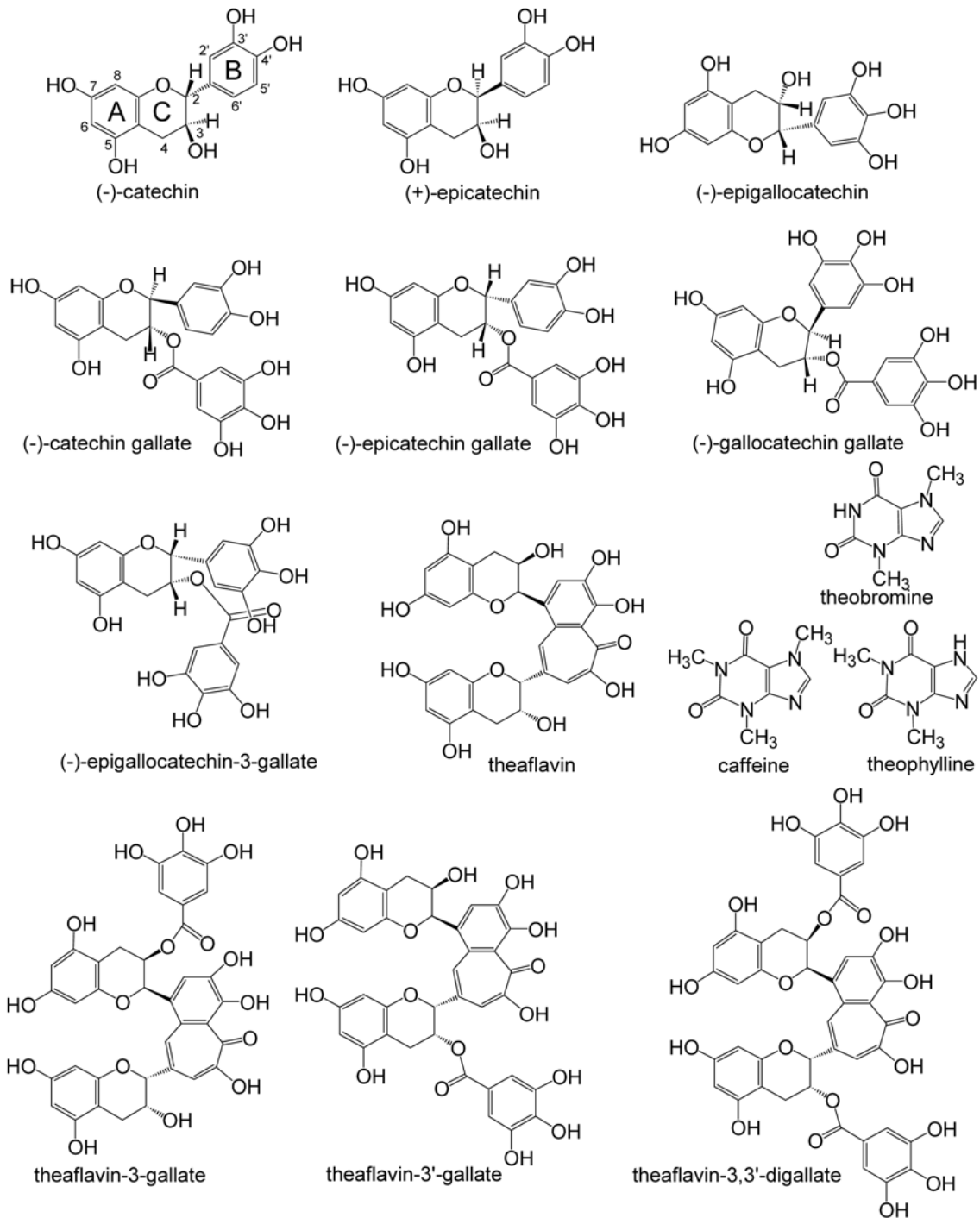
1. 서 론

홍차는 녹차와 달리 차잎을 발효시켜 제조하는 발효차의 일종으로 녹차의 제조법과는 차이가 있다. 일반적인 녹차의 제조는 채엽, 위조처리, 살청처리, 유념처리, 건조를 거치는 것에 반해 홍차의 제조는 채엽, 위조처리, 유념처리, 발효처리, 건조처리를 통해서 홍차를 제조한다. 차잎의 주요 polyphenol을 살펴보면 7종의 catechin류, 4종의 theaflavin류, 3종의 methyl xanthineme alkaloid류가 알려져 있다(Figure 1). 또한 차엽의 발효과정 중에 catechin류가 산화효소에 의해 산화·중합되어 복잡한 화학구조를 가진 이 중체의 theaflavin과 thearubigin, 다중체의 theasinensin이 생성되어 홍차 특유의 색을 구성하는데 관여하고 있다고 보고되어 있다(Tanaka 등 2002; Tanaka 등 2005). 한편 최근 연구에 의하면 홍차에 함유되어 있는 theaflavin은 홍차의 색을 구성하는 것에만 관여하는 것이 아니라 항산화성(Higdon & Frei 2003; Friedman 2007) LDL cholesterol 저하작용(Inami 등 2007; Tinahones 등 2008), 암세포 증

식방지(Hollman 등 1999; Liang 등 1999; Borrelli 등 2004; Friedman 등 2007; Patel 등 2008; Cui 등 2008), 세균방지효과, 항균작용, 혈압저하작용(Hollman 등 1999; Friedman 등 2006; Friedman 2007), 또한 각종 질병의 면역력 증가 및 예방(Scalbert 등 2005) 등의 기능성을 가진 것이 밝혀져 관심과 흥미의 대상이 되고 있다.

홍차의 품질을 결정하는 요소로는 차의 품종과 차잎의 채취시기 등과 같이 재료의 특성에도 영향을 받지만 제조과정 중의 위조처리, 유념처리, 발효처리 등이 홍차의 품질을 결정하는데 중요한 요소가 된다(中莖秀夫 등 2002). 특히 발효처리과정 중 발효 온도, 습도, 발효시간은 홍차의 품질을 결정하는데 중요한 요소가 되지만 홍차의 발효시간에 의한 catechin 및 theaflavin의 변화를 조사한 연구는 없는 실정이다. 이에 본 연구는 한국보성지역에서 재배되고 있는 야부끼다종의 차잎을 이용하여 홍차를 제조하여 각 제조과정 중에 발생하는 catechin, theaflavin, methyl xanthine alkaloid의 변동을 조사하고 특히, 발효처리 시간에 따라 어떻게 변화하는지 조사해 보고자 한다.

*Corresponding author: Suk-Hyun Choi Department of Food Service Industry, Seowon University 241 Musimseoro Heungduk-gu Cheongju Chungbuk 361-742 Korea Tel: 82-43-299-8462 Fax: 82-43-299-8460 E-mail: mosimosi21@seowon.ac.kr



<Figure 1> Structures of catechins, theaflavins, and alkaloids evaluated in this study.

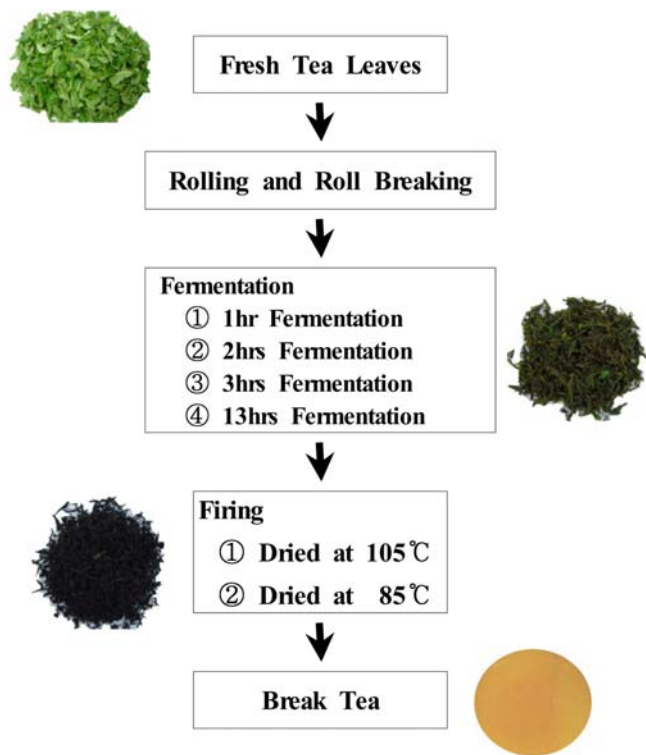
II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

1) 시약

표준품 catechin [(−)epigallocatechin(순도>95%; EGC), (−)catechin(순도>98%; C), (−)epicatechin(순도>98%; EC), (−)epigallocatechin gallate(순도>95%; EGCG), (−)gallocatechin gallate(순도>98%; GCG),

(−)epicatechin gallate(순도>98%; ECG), (−)catechin gallate(순도>98%; CG)] 및 methyl xanthine alkaloids [caffeine(순도>98% CAF), theobromine(순도>99%; TB), theophylline(순도>99%; TP)]는 Sigma/Aldrich사(St. Louis, USA, theaflavin [theaflavin(순도>90%; TF), theaflavin-3-gallate(순도>90%; TF3G), theaflavin-3'-gallate(순도>90%; TF3'G), theaflavin-3,3'-digallate(순도>90%; TF3,3'DG)]는 和光純藥(Osaka, Japan)으로부터



<Figure 2> Processing methods of black tea.

티 각각 구입하여 분석에 사용하였으며 HPLC에 사용하는 용매는 특급의 potassium phosphate(dibasic) 및 ethanol (Wako Chemicals, Osaka, Japan)과 HPLC용 acetonitrile (Burdick & Jackson, Muskegon, Mi, USA)을 사용하였다.

2) 홍차 제조용 차잎

차잎은 2007년 6월 4일 전남 보성소재의 백록다원에서 3년생 야부끼다종 차잎을 1 kg 채엽하여 홍차제조에 사용하였다.

3) 홍차 제조법

본 실험에 이용한 홍차제조법을 <Figure 2>에 나타내었으며 차잎은 줄기부분을 제거하고 잎부분만 사용하였다. 먼저 차잎을 대나무로 만든 소쿠리에 넓게 펴 24°C에서 8시간 위조처리(withering)를 하였고 다음으로 차잎을 손으로 비비는 유념처리(rolling)를 30분간 한 후 온도 25°C, 습도 95%에서 1, 2, 3, 및 13시간 발효(fermentation)시켰다. 본 연구에서는 13시간 발효한 차잎을 105°C에서 20~30분간 열처리를 하여 발효를 정지시켰으며 70% 이상의 수분 함유량이 2~3%가 될 때까지 건조시켜 홍차를 만들었다.

II. 실험방법

1. 표준시약 제조

표준품 catechin 7종, theaflavin 4종 및 alkaloid 3종

<Table 1> Programming of Mobile Phase for the separation of seven catechins and three alkaloids present in black tea in a single analysis by HPLC at 30°C

Time (min)	Acetonitrile (A) (%)	20 mM KH ₂ PO ₄ (B) (%)	Mode
0.0	7	93	
6.0	7	93	Isocratic
20.0	10	90	linear gradient
25.0	13	87	linear gradient
30.0	16	84	linear gradient
50.0	18	82	linear gradient
80.0	26	74	Isocratic
85.0	26	74	Isocratic
85.1	50	50	Isocratic
95.0	50	50	Isocratic
95.1	7	93	Isocratic
110.1	7	93	End

의 시약 3~5 mg을 각각 정확하게 칭량하고 80% ethanol에 25 mL로 정용하여 각 표준물질의 검량선 작성에 이용하였다.

2. 수분 량 측정

수분함량은 AOAC법(AOAC 1965)으로 측정하였으며 각 제조 공정(위조, 유념, 발효)의 차잎을 건조기(70°C, 12 hrs)로 건조시킨 후 방냉시키고 건조 처리한 차잎을 사용하여 수분함량을 산출하였다.

3. catechin, theaflavin, alkaloid의 추출

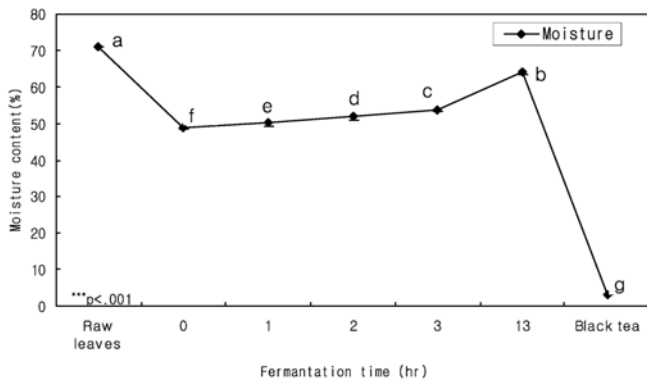
홍차제조 각 과정 단계에 차잎 1~1.5 g을 채취하여 250 mL의 플라스크에 증유수 100 mL를 넣고 비등시켜 차잎을 넣었다. 차잎을 넣고 5분간 교반한 후 방냉시켰다. 차 추출 용액은 5°C 이하로 식히고 18,000 rpm으로 5분간 원심분리한 후 상등액을 분석에 사용하였다.

4. High Performance Liquid Chromatography의 조건

HPLC는 auto sampler(model 655 A-40)와 연결된 Hitachi 액체 크로마토그래프 모델 665-II를 사용하였으며 분리 column은 stainless steel column(250 mm×4.0 mm)에 Inertsil ODS-3v(5 μm)가 충전된 GL Sciences사 (Tokyo, Japan)를 사용하였다. column의 온도는 Shimadzu사의 (CTO-10vp)을 이용해 30°C로 설정하였고 용리액은 acetonitrile과 20 mM KH₂PO₄의 혼합비에 따른 gradient 법을 채용하였다<Table 1>. 또한 유속은 0.8 mL/min, 검출기는 Shimadzu사 자외 가시검출기(model SPD-10Avp)를 이용해 280 nm의 파장으로 분석하였다.

5. catechin, theaflavin, alkaloid의 동정 및 정량

표준품 12종의 물질을 5단계 농도(16~6,400 ng)로 희석



<Figure 3> Changes in moisture content (%) during manufacturing process of black tea.

시킨 용액을 HPLC에 도입 하여 얻은 면적으로 각 물질의 검량선을 작성하였다. 그리고 각 peak의 동정은 표준품을 HPLC로 분석하여 검출된 peak의 Rt와 홍차에서 얻은 peak의 Rt를 비교하였으며 또한, 홍차 추출액에 일정량의 각 표준물질을 첨가해 HPLC에 도입하는 소위 Spike법과 HPLC에서 검출된 각 peak의 UV흡수특성의 해석으로 동정하였다. 또한 홍차시료로 얻은 각 peak 면적을 측정하고 표준시료의 검량선으로부터 각성분의 정량치를 산출하였다.

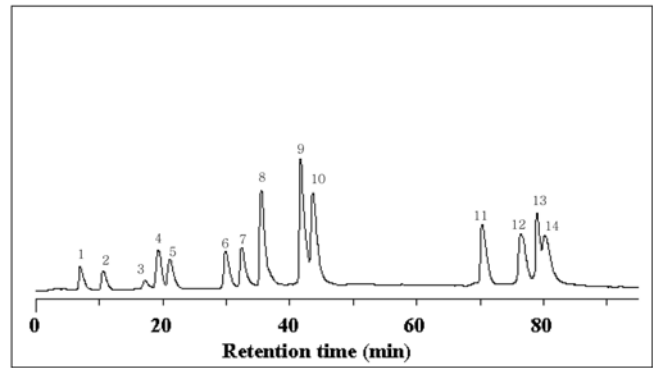
III. 실험결과 및 고찰

1. 홍차 제조과정 중의 수분함량

홍차 제조과정 중의 수분함량을 <Figure 3>로 나타내었다. <Figure 3>에서 알 수 있듯이 홍차제조전의 생차잎의 수분함량은 3회를 측정한 결과 평균치가 70.85%임을 알 수 있다. 또한 8시간 동안 위조처리를 한 차잎을 생잎과 비교하였을 때 48.87%로 약 21% 감소하였다. 발효처리시간을 1시간, 2시간, 3시간 그리고 13시간 발효 시킨 후에는 각각 50, 51.85, 53.81, 64.16%가 되어 약 50~64%의 수분함량을 유지하고 있는 것을 볼 때 발효처리단계에서의 수분함량의 변화는 그리 크지 않음을 알 수 있었다. 그러나 최종단계의 홍차제품의 수분함량은 3.07%로 생차잎의 1/23이 되었다.

2. 표준품 catechin, theaflavin, alkaloid의 HPLC 크로마토그램

차류에 함유되어 있는 catechin의 분석에는 HPLC가 최적이라 알려져 있으나 column이나 용리용매의 종류에 의해 분리감과 분석시간에 영향을 미친다. 또한 일반적으로 column은 ODS계의 column을 사용하고 용리용매로 methanol과 acetonitrile이 이용되고 있다(Sono 등 2001; Zuo 등 2002; Kotani 등 2007; He 등 2009). 그러나 차류에 함유되어 있는 catechin만 보아도 7종류 이상 존재하기 때문에 이러한 성분을 완전히 분리하기 위해서는 용매의



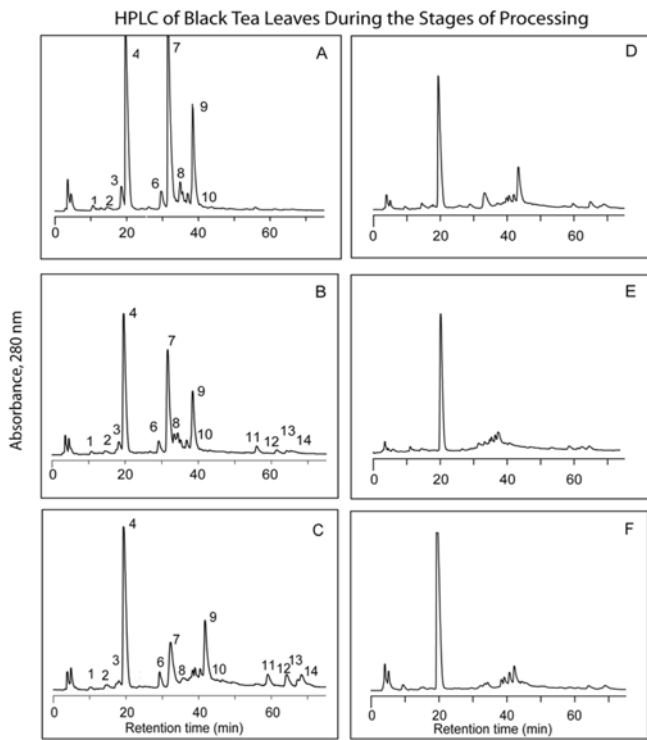
<Figure 4> HPLC chromatograms with UV detection at 280 nm of a mixture of seven catechins, four theaflavins, and three alkaloids.

Peak 1, theobromine; 2, theophylline; 3, (-)epigallocatechin; 4, caffeine; 5, catechin; 6, (-)epicatechin; 7, (-)epigallocatechin gallate; 8, (-)gallocatechin gallate; 9, (-)epicatechin gallate; 10, (-)catechin gallate; 11, theaflavin; 12, theaflavin-3-gallate; 13, theaflavin-3'-gallate; 14, theaflavin-3,3'-digallate.

농도구배를 이용하여 분석하여야 한다. 따라서 차류를 분석하는데는 gradient조건이 매우 중요한 요건이 된다. 이에 분리용매를 검토해 본 결과 A용매로는 acetonitrile, B용매로는 20 mM KH₂PO₄를 이용하고 분리 조건으로는 <Table 1>에 나타난 분리조건이 최적의 분석조건임을 알 수 있었다. 본 분석방법을 활용해 14종의 표준품 시약 일정량을 1점씩 HPLC로 분석하여 각각의 Rt와 면적을 측정하였다. 그 결과는 <Figure 4>에서 알 수 있듯이 Peak 1의 TB(7.86 분)에서 Peak 14의 TF3,3'D(67.5분)으로 14종의 Peak가 75 분이내로 거의 분리되었다. 또한 각각의 최저검출감도를 조사한 결과 TB 1.95 ng, CAF 12.58 ng의 범위 안에 있음을 알 수 있었다. 그리고 14종 표준품의 회수율을 조사해보니 CAF와 TB가 99.8%에서 101.3%의 범위내에 있었고 TF류는 TF가 74.2%, TF3,3'D가 89.1%이었고 4종의 TF의 회수율은 74.2%와 89.1%내에 있었다. 7종류 catechin의 회수율은 EGCG가 79.6%로 최저 회수율을 보였으며 가장 좋은 회수율은 GC의 103.8%였다

3. 홍차제조과정 중의 차잎의 catechin, theaflavin, alkaloid의 HPLC 크로마토그램

홍차를 제조하기 전 생잎중의 catechin, theaflavin, alkaloid를 조사한 결과를 <Figure 5-A>로 나타내었다. <Figure 5-A>를 살펴보니 catechin 중에는 EGCG가 가장 많이 함유되어 있고 다음으로 ECG>EGC>EC>CG순이 됨을 알 수 있었으며 catechin은 검출되지 않았다. 또한 alkaloid의 경우에는 CAF, TB, TP의 3종류가 검출되었으며 CAF의 양이 가장 많이 검출되었음을 알 수 있었다. 그러나 theaflavin은 전혀 검출되지 않았다. 한편 발효과정 중의 변화를 조사한 결과가 <Figure 5B~F>이다. <Figure 5B~F>를 살펴보니 발효 1시간 후에 EGCG와 ECG가 조금 감



<Figure 5> HPLC chromatograms of the extract from tea leaves during manufacturing process of black tea.

A: tea leaves before processing. B: 1 h-fermentation. C: 2h fermentation. D: 3h fermentation. E: 13h fermentation. F: black tea. Peaks 1 to 10 are the same as those shown in Kamairi-cha (Figure 4). Additional peaks: 11, theaflavin; 12, theaflavin-3-gallate; 13, theaflavin-3-gallate; 14, theaflavin-3-3'-digallate

소하면서 theaflavin 4종류가 검출됨을 알 수 있었다. 발효 시간이 장시간 될수록 EGCG, ECG, EGC가 급격히 감소하였기에 theaflavin류가 다량 증가할 것으로 예측하였으나 예측과는 달리 theaflavin류의 양적 증가는 없었다.

4. 홍차제조과정 중의 차잎의 catechin, theaflavin, alkaloid 함량

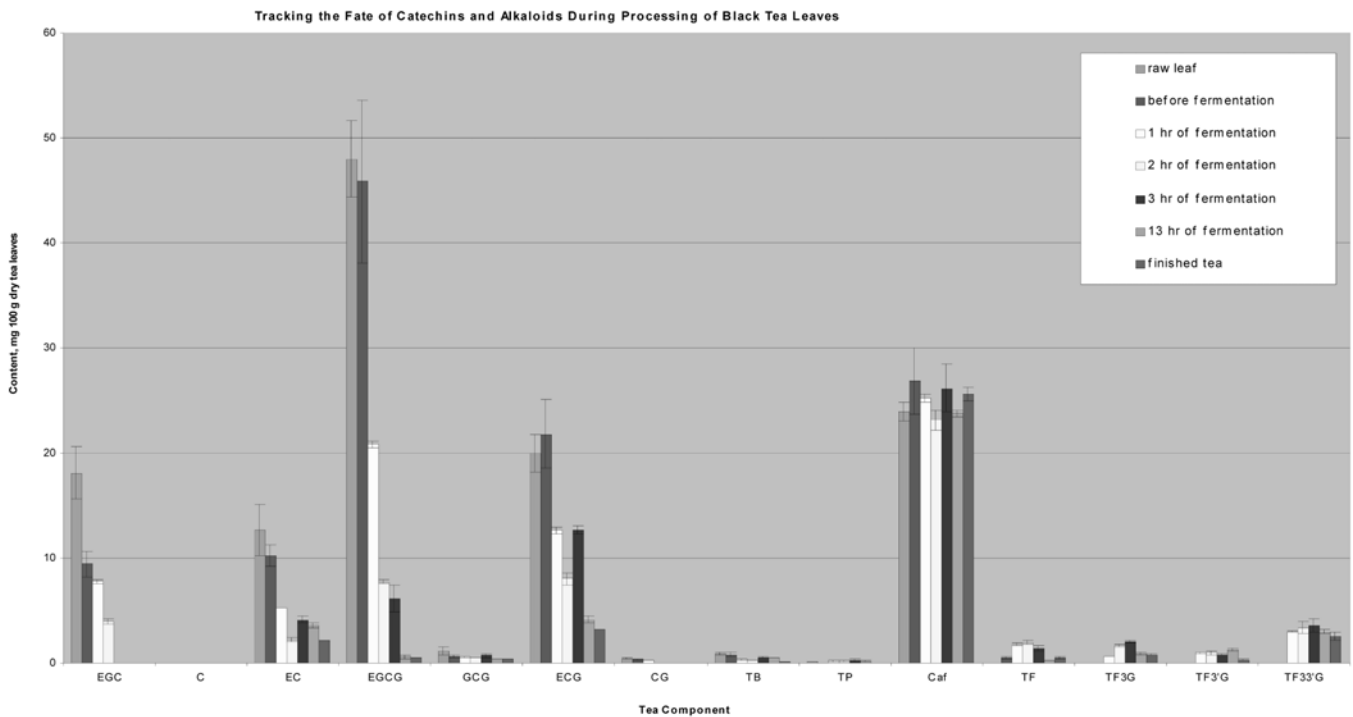
홍차제조과정 중의 차잎에 함유되어 있는 catechin, theaflavin, alkaloid 함량을 조사한 것이 <Table 2>과 <Figure 6>이다. 표시 함량은 건조차잎 1 g당 mg으로 표시하였다. 먼저 catechin을 살펴보면 발효 전 생차잎에는 EGCG가 47.97 mg/g.d.w으로 가장 많이 함유 되어 있고 다음으로 ECG가 20.05 mg, EGC가 18.10 mg, EC가 12.69 mg, GCG가 1.14 mg, CG가 0.42 mg 순으로 함유 되어 있으며 catechin은 전혀 검출 되지 않았다. 또한 theaflavin에 있어서도 4성분 모두 검출되지 않았다. 한편 alkaloid는 CAF양이 24.01 mg/g.d.w로 가장 많이 함유되어 있으며 THB와 THP는 0.1~0.9 mg/g.d.w로 미량 함유되어 있음을 알 수 있다.

다음으로 발효과정 중의 catechin, theaflavin, alkaloid의 변화를 조사한 결과를 살펴보면 <Table 2>과 <Figure 6>에서 나타난 것처럼 EGCG의 감소가 현저하게 일어남을 알 수 있다. 또한 발효 후 시간의 경과에 따른 EGCG의 변화를 살펴보면 발효 1시간 후에는 생차잎과 비교하였을 때 약 56%가 감소하였고 발효과정 중에 급감하며 제조최종 단

<Table 2> Time-dependent changes in the concentration of catechins, theaflavins and alkaloids in tea leaves during fermentation to form black tea

Fermentation time (hr)	THB	THP	CAF	Total alkaloids	EGC	C	EC	EGCG	GCG	ECG	CG	Total catechins	TF	TF3G	TF3'G	TF33'G	Total theaflavins
Raw leaves	0.90±0.10 ^a	0.11±0.02 ^{bc}	24.01±0.92	25.02±0.93	18.10±2.49 ^a	nd	12.69±2.45 ^a	47.97±3.66 ^a	1.14±0.37 ^a	20.05±1.78 ^a	0.42±0.04 ^a	100.37±5.38 ^a	nd ^d	nd ^e	nd ^e	nd ^c	0.00±0.00 ^c
0	0.78±0.18 ^a	0.06±0.00 ^{cd}	26.88±3.16	27.72±3.16	9.45±1.21 ^b	nd	10.22±1.04 ^b	45.88±7.75 ^a	0.68±0.10 ^b	21.85±3.26 ^a	0.35±0.06 ^b	88.43±8.56 ^b	0.54±0.14 ^c	tr ^e	tr ^e	tr ^c	0.54±0.14 ^c
1	0.32±0.07 ^c	0.21±0.05 ^a	25.28±0.40	25.81±0.41	7.77±0.16 ^b	nd	5.26±0.05 ^c	20.87±0.33 ^b	0.58±0.02 ^{bc}	12.49±0.36 ^b	0.29±0.01 ^c	47.26±0.52 ^c	1.80±0.08 ^a	0.63±0.04 ^d	1.00±0.07 ^b	3.01±0.10 ^{ab}	6.44±0.15 ^b
2	0.28±0.03 ^{cd}	0.21±0.05 ^a	23.17±0.96	23.66±0.96	3.97±0.28 ^c	nd	2.20±0.21 ^d	7.75±0.15 ^c	0.49±0.00 ^{bc}	8.02±0.59 ^c	tr ^d	22.43±0.70 ^d	1.98±0.20 ^a	1.66±0.11 ^b	0.98±0.16 ^b	3.38±0.56 ^a	8.00±0.62 ^a
3	0.55±0.03 ^b	0.25±0.09 ^a	26.21±2.21	27.01±2.21	tr ^d	nd	4.15±0.34 ^c	6.11±1.27 ^{cd}	0.71±0.17 ^b	12.74±0.38 ^b	tr ^d	23.71±1.38 ^d	1.41±0.26 ^b	2.04±0.17 ^a	0.83±0.05 ^c	3.58±0.61 ^a	7.86±0.69 ^a
13	0.54±0.03 ^b	0.17±0.03 ^{ab}	23.79±0.30	24.50±0.31	nd ^d	nd	3.61±0.23 ^{cd}	0.61±0.17 ^d	0.37±0.02 ^c	4.16±0.33 ^d	tr ^d	8.75±0.43 ^c	0.23±0.02 ^d	0.88±0.09 ^c	1.27±0.09 ^a	2.98±0.17 ^{ab}	5.36±0.21 ^c
Black tea	0.15±0.01 ^d	0.02±0.00 ^d	25.66±0.61	25.83±0.61	nd ^d	nd	2.21±0.01 ^d	0.54±0.01 ^d	0.41±0.01 ^{bc}	3.22±0.02 ^d	0.05±0.00 ^d	6.43±0.02 ^c	0.50±0.11 ^c	0.80±0.05 ^c	0.32±0.02 ^d	2.52±0.40 ^b	4.14±0.41 ^d
F-value	29.99***	10.73***	2.29	2.38	122.42***	-	48.27***	117.96***	8.06**	59.89***	138.34***	289.05***	90.59***	234.77***	146.04***	57.53***	200.94***

*Means±SD (n=3)
*tr=trace
*nd=not detected



<Figure 6> Bar graphs with standard deviations of individual catechin and flavonoids levels during fermentation of tea leaves.

계에서는 0.54 mg/g.d.w로 발효전의 99%까지 감소 한 것을 알 수 있다. 또한 ECG, EGC, EC, GCG, CG도 같은 경향을 나타냈으며 ECG는 84% 감소, EGC는 100% 감소, EC는 25% 감소, GCG는 64% 감소, CG는 88%의 감소가 보였다. 이처럼 발효작용에 의해 차잎에 존재하는 catechin, 특히 EGCG, EGC, ECG, EC의 4가지 성분의 감소가 현저하게 나타났다. 이 감소의 상세한 구조는 불명확하지만 본 실험결과로 차잎에 다량 존재하는 EGCG, EGC, ECG, EC가 polyphenol oxidase에 의해 산화되고 그 산화물이 다시 축합·중합하여 복잡한 구조를 가지는 이중체의 theaflavin, theaflavin gallate, thearubigin 및 다중체의 theasinensin로 생성되어(Tanaka 등 2002; Tanaka 등 2005) 발효과정 중의 차잎에 존재하던 EGCG, EGC, ECG, EC의 감소를 가져오고 역으로 TF류가 증가하게 되었다고 유추할 수 있다. 한편 alkaloid의 경우는 발효작용에 영향을 받지 않아 발효과정 중의 변화는 그다지 볼 수 없었다.

본 실험으로 발효가 시작되고 1~2시간대에 홍차 특유의 성분인 theaflavin이 최대 생성됨을 알 수 있었으며 이는 발효 1~2시간이 경과된 뒤 EGCG, ECG, EGC의 변화를 유추해보면 알 수 있듯이 EGCG, ECG, EGC 화합물이 발효과정 중에 산화·중합되어 theaflavin이 생성된 것이라 추측이 된다. 이상의 결과로부터 홍차제조에 있어서 theaflavin 생성의 최적의 시간대는 발효시작 후 1~2시간 후이며 홍차제조의 최적의 발효시간대임을 알 수 있다.

VI. 요약

본 연구에 사용한 홍차는 한국산 야부키다종 차잎을 이용해 위조처리(withering) 유념처리(rolling, roll breaking) 및 발효처리(fermentation)를 거쳐 제조하였으며 홍차 제조과정 중의 차잎에 포함되어 있는 catechin 및 theaflavin, alkaloid의 각 성분을 분석하고 최적의 홍차제조 조건을 조사한 것이다.

- 1) 생차잎의 수분함량의 평균은 70.85%였지만 최종단계의 홍차제품 수분함량은 3.07%로 생잎의 1/23로 감소하였다.
- 2) HPLC로 분석한 결과 차잎에는 7종류의 catechin, 4종류의 theaflavin 그리고 3종류의 alkaloid가 동정되었다.
- 3) 홍차의 제조과정 중의 catechin, theaflavin 및 alkaloid의 변동을 조사한 결과 발효과정 중에 EGCG, ECG, EGC, EC가 급격히 감소·변화하여 홍차의 특성을 결정하는 theaflavin이 생성됨을 알 수 있었다. 특히 발효가 시작되고 1~2시간 후에 theaflavin이 최대 생성되는 것으로 보아 본 실험제조 조건하에서는 발효처리를 1~2시간 하는 것이 최적의 홍차를 만드는 제조법이라 사료된다.

■ 참고문헌

中莖秀夫, 竹内啓子, 辻正樹, 藤井正人. 2002. 茶樹の秋季整枝葉の發酵加工について. 愛知縣食品工業技術センター報告書. pp 1-4

- AOAC. 1965. *Methods of Analysis*. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists, pp 361
- Borrelli F, Capasso R, Russo A, Ernst E. 2004. Systematic review: green tea and gastrointestinal cancer risk. *Aliment Pharmacol Ther*, 19(5):497-510
- Cui Y, Morgenstern H, Greenland S, Tashkin DP, Mao JT, Cai L, Cozen W, Mack TM, Lu Q-Y, Zhang Z-F. 2008. Dietary flavonoid intake and lung cancer- A population-based case-control study. *Cancer*, 112(10):2241-2248
- Friedman M. 2007. Overview of antibacterial, antitoxin, antiviral, and antifungal activities of tea flavonoids and teas. *Mol. Nutr. Food Res.*, 51(1):116-134
- Friedman M, Henika PR, Levin CE, Mandrell RE, Kozukue N. 2006. Antimicrobial activities of tea catechins and the aflavins and tea extracts against *Bacillus cereus*. *J. Food Prot.*, 69(2):354-361
- Friedman M, Mackey BE, Kim HJ, Lee IS, Lee KR, Lee SU, Kozukue E, Kozukue N. 2007. Structure-activity relationships of tea compounds against human cancer cells. *J. Agric. Food Chem.*, 55(2):243-253
- Higdon JV, Frei B. 2003. Tea catechins and polyphenols: health effects, metabolism, and antioxidant functions. *Crit. Rev. Food Sci. & Nutr.*, 43(1):89-143
- Hollman PC, Feskens EJ, Katan MB. 1999. Tea flavonols in cardiovascular disease and cancer epidemiology. *Proceedings of Soc. Exp. Biol. & Med.*, 220(4):198-202
- He Q, Yao K, Jia D, Fan H, Liao X, Shi B. 2009. Determination of total catechins in tea extracts by HPLC and spectrophotometry. *Nat. Prod. Res.*, 23(1):93-100
- Inami S, Takano M, Yamamoto M, Murakami D, Tajika K, Yodogawa K, Yokoyama S, Ohno N, Ohba T, Sano J, Ibuki C, Seino Y, Mizuno K. 2007. Tea catechin consumption reduces circulating oxidized low-density lipoprotein. *Int. Heart J.*, Nov; 48(6):725-732
- Kotani A, Takahashi K, Hakamata H, Kojima S, Kusu F. 2007. Attomole catechins determination by capillary liquid chromatography with electrochemical detection. *Anal. Sci.*, 23(2):157-163
- Liang YC, Chen YC, Lin YL, Lin-Shiau SY, Ho CT, Lin JK. 1999. Suppression of extracellular signals and cell proliferation by the black tea polyphenol, the aflavin-3,3'-digallate. *Carcinogenesis*, 20(4):733-736
- Patel R, Krishnan R, Ramchandani A, Maru G. 2008. Polymeric black tea polyphenols inhibit mouse skin chemical carcinogenesis by decreasing cell proliferation. *Cell Proliferation*, 41(3):532-553
- Sano M, Tabata M, Suzuki M, Degawa M, Miyase T, Maeda-Yamamoto M. 2001. Simultaneous determination of twelve tea catechins by high-performance liquid chromatography with electrochemical detection. *Analyst*, 126(6):816-820
- Scalbert A, Manach C, Morand C, Remesy C, Jimenez L. 2005. Dietary polyphenols and the prevention of disease. *Crit. Rev. in Food Sci. & Nutr.*, 45(4):287-306
- Tanaka T, Matsuo Y, Kouno I. 2005. A novel black tea pigment and two new oxidation products of epigallocatechin-3-O-gallate. *J. Agric. Food Chem.*, 53(19):7571-7578
- Tanaka T, Mine C, Watarumi S, Fujioka T, Mihashi K, Zhang Y-J, Kouno I. 2002. Accumulation of epigallocatechin quinone dimers during tea fermentation and formation of theasinensins. *J. Nat. Prod.*, 65(11):1582-1587
- Tinahones FJ, Rubio MA, Garrido-Sánchez L, Ruiz C, Gordillo E, Cabrerizo L, Cardona F. 2008. Green tea reduces LDL oxidability and improves vascular function. *J. Am. Coll Nutr.*, 27(2):209-213
- Zuo Y, Chen H, Deng Y. 2002. Simultaneous determination of catechins, caffeine and gallic acids in green, Oolong, black and pu-erh teas using HPLC with a photodiode array detector. *Talanta*, 57(2):307-316

2009년 4월 23일 신규논문접수, 5월 25일 수정논문접수, 5월 26일 채택