

무산소 처리에 의한 감마아미노뷰티르산(γ -Aminobutyric Acid) 함량이 높은 빻잎차의 제조

이 선 호*
영남대학교 식품공학과

Development of Mulberry-leaf Tea Containing γ -Aminobutyric Acid (GABA) by Anaerobic Treatments

Seon-Ho Lee*

Department of Food Science and Technology, Yeungnam University

Abstract To produce mulberry-leaf tea abundant in γ -aminobutyric acid (GABA), mulberry leaves were subjected to two distinct anaerobic conditions (N_2 and vacuum) for 12 h before the manufacturing process. Subsequently, changes in the GABA content as well as that of other components were measured. In anaerobically treated mulberry leaves, GABA content markedly increased by 436-472% compared with the control, while the glutamic acid content decreased. However, few changes were observed in the contents of the general components (moisture, carbohydrate, lipid, protein, and ash) and water-soluble solids. Free sugar, catechin, and total phenol content decreased after anaerobic treatment. However, the sensory test scores were not different between the control and anaerobically-treated samples. Consequently, tea products, manufactured post nitrogen gas or vacuum treatment of leaves after harvest, showed functional properties without sensory loss.

Keywords: mulberry, tea, anaerobic, γ -aminobutyric acid, glutamic acid

서 론

빻잎은 성인병예방 및 치료에 효과가 있다고 알려지면서 주목 받고 있는 건강기능성을 가진 천연물 소재의 하나이며, 건강소재 식품으로서 활용할 수 있는 가치가 높아 빻잎을 이용한 빵(1), 차(2-8), 팽화과자(9) 등 다양한 건강식품으로 개발하려는 시도가 있어왔다. 빻잎의 총폴리페놀 함량은 녹차와 비슷하고, 구성성분들이 약리적으로 효과가 있음이 밝혀짐에 따라 그 가치도 높아지고 있다(4). 빻잎차 열수 추출물은 항알레르기 활성 효과가 있고 특히 열수 추출물은 히스타민 분비 억제 효과가 높다(5). 빻잎은 혈당을 강하시켜 당뇨병의 예방과 치료에 효과가 있는 것으로 보고되었으며(10), 빻잎추출물은 혈중 중성지방, 총콜레스테롤 및 LDL-콜레스테롤을 감소시킬 뿐만 아니라 간조직 중의 총 지방과 콜레스테롤을 감소시키는 등 지방질 대사를 개선한다. 뿐만 아니라 혈액, 부고환 조직 및 분변 중의 지방질 대사를 개선시키고 공복혈당과 당화헤모글로빈을 감소시킨다(11,12). 특히 빻잎 성분의 하나인 감마아미노뷰티르산(γ -aminobutyric acid, GABA)은 고혈압에 대해 효과가 있다고 알려지면서 크게 주목 받고 있는 기

능성 물질이다(13).

GABA는 많은 종류의 식물에 함유되어 있는 비단백질 구성 아미노산으로 글루탐산카복실기떼기효소(glutamate decarboxylase)의 작용에 의해서 글루탐산(glutamic acid)이 탈탄산되어 생합성된다. 다양한 스트레스 환경이 주어질 때 많은 종류의 식물에서 글루탐산카복실기떼기효소와 GABA의 증가가 관찰된다(14). 녹차잎을 무산소 조건으로 처리하면 녹차잎 속의 글루탐산카복실기떼기효소의 작용에 의해 GABA가 다량 생성되는데(15) 이를 이용해 GABA 차가 생산·판매되고 있다. 개, 토끼, 기니피그 및 고양이를 대상으로 한 실험에서 각각 11, 19, 174 및 96.13 mg/kg의 GABA로 혈압을 20% 떨어뜨렸다고 보고되었으며, 매일 음용할 수 있는 다류 제품에 GABA를 축적시키는 것은 고혈압을 완화시키는데 유용하다 할 수 있다(13). 이러한 GABA의 생리적 역할 때문에 기능성 식품연구에서 GABA에 대한 연구가 많아지고 있다(13,15-20). GABA에 관한 연구는 주로 녹차를 대상으로 실시되었고, 녹차 이외의 원료를 사용한 GABA 차 제품에 관한 연구는 미비하며 다양한 GABA 차의 개발이 필요한 실정이다.

본 연구는 빻잎 채취후 무산소 처리를 하여 빻잎차를 제조함으로써, 관능적인 품질은 저하되지 않고 GABA 성분이 다량 함유된 GABA 빻잎차를 제조하기 위한 목적으로 수행되었다. 즉 빻잎을 채취한 후 제다 전에 진공처리 및 질소가스 치환처리를 하여 GABA 성분이 다량 함유된 기능성 빻잎차를 제조하고 GABA, 폴리페놀(polyphenol), 카페인(caffeine) 등의 이화학적 변화 및 GABA 빻잎차의 기호성을 확인하여 새로운 기능성 제품 개발의 기초자료로 제시하고자 하였다.

*Corresponding author: Seon-Ho Lee, Department of Food Science and Technology, Yeungnam University, Gyeongsan 38541, Korea
Tel: 82-53-795-5350

Fax: 82-0504-195-5350

E-mail: lotte@yu.ac.kr

Received September 20, 2015; revised October 1, 2015;
accepted October 2, 2015

재료 및 방법

재료 및 기기

본 연구의 재료는 경주지역 농가에서 채배한 뽕잎(mulberry leaves)을 2010년 6월 중순에 채취하여 뽕잎차 및 GABA 뽕잎차의 시제품을 제조하는데 사용하였다. HPLC 기기는 Shimadzu사 제품(LC-20A, Kyoto, Japan)을 사용하였으며 검출기는 Shimadzu사 SPD-20A UV 검출기 및 RID-10A 검출기를 사용하였다.

뽕잎차 및 GABA 뽕잎차의 제조

뽕잎차제조는 Ye와 Bae의 방법(6)으로 제조하였다. 생 뽕잎을 수돗물에 세척하고 음건한 다음 5분간 찌는 과정을 거친 후, 2회에 걸쳐 건조(60°C, 30분), 비빔 증제(10분)하였다. 그리고 90°C에서 3분간 볶은 후 60°C에서 30분간 열풍 건조하여 포장하였다. 뽕잎 GABA 차는 생 뽕잎을 진공 팩에 넣어 질소가스 치환 및 진공처리하여 12시간 냉장 보관한 후 세척 및 음건하여 5분간 증숙하였다. 2회에 걸쳐 건조(60°C, 30분), 비빔 증제(10분) 과정을 거친 후 90°C에서 3분간 볶는 과정을 거쳐 60°C에서 30분간 열풍 건조하고 포장하여 시제품을 제작하였다. 완성된 시제품은 냉장 보관하면서 분석 시료로 사용하였다.

일반성분 분석

일반성분은 AOAC법(21)에 준하여 분석하였다. 수분 함량은 105°C 상압건조법, 회분함량은 직접 회화법, 조지방은 속슬렛(Soxxhlet) 추출법, 조단백질은 켈달(Kjeldahl)법을 이용하였다. 탄수화물은 시료 전체를 100%로 하고 수분, 조지방, 조단백질 및 조회분 함량을 뺀 것을 탄수화물 함량(%)으로 하였다.

수용성 고형물 함량

수용성 고형물의 함량은 Lee 등의 방법(2)을 변형하여 측정하였다. 시료 1g에 100 mL의 증류수를 가하고 100°C에서 10분간 가열 추출하여 측정하였다. 추출액을 Whatman No. 1 거름종이로 여과하고 105°C에서 건조한 후의 항량을 수용성 고형물 양으로 하였다.

총 페놀, 카테킨 및 카페인 함량

총 페놀 함량은 Gutfiger의 방법(22)에 따라 폴린-시오칼토페놀 시약(Folin-Ciocalteu phenol reagent)이 추출물의 폴리페놀성 화합물에 의해 환원된 결과 몰리브덴 정색으로 발색하는 원리를 응용하여 측정하였다. 시료 0.1 mL에 2 N 폴린-시오칼토페놀시약 0.1 mL를 가하여 5분간 상온에서 반응시킨 후 0.7 M Na_2CO_3 1 mL를 가하고 실온에서 1시간 동안 반응시켜 725 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질은 탄닌산(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)을 사용하였다.

카테킨(catechin) 및 카페인 함량 측정을 위해 시료를 80% 메탄올로 추출한 뒤 ACE 5 페닐 칼럼(250×4.6 mm i.d., Advanced Chromatography Technologies, Aberdeen, Scotland)이 장착된 HPLC를 이용하였고 칼럼 온도는 40°C로 유지하였다. A용매는 0.1% 폼산(formic acid, pH 3.0), B용매는 아세토나이트릴(acetonitrile)을 사용하였다. 용매의 유속은 1.0 mL/분으로 하여 40분간 분리하였으며 UV 검출기로 280 nm에서 측정하였다. 표준물질은 카페인, 카테킨(Sigma-Aldrich)을 사용하였다.

GABA 함량 및 글루탐산 함량 분석

GABA 함량과 글루탐산 함량은 Mukherjee 등의 방법(23)을 변

형하여 사용하였다. 열수추출물 시료 0.2 mL에 100 mM 아이소싸이오사이안산페닐(phenyl isothiocyanate in acetonitrile) 0.1 mL와 1 M 트라이에틸아민(triethylamine in acetonitrile) 0.1 mL를 혼합한 후 1시간 상온에서 반응시키고, 시료의 추출을 위하여 0.4 mL 노말헥세인(n-hexane) 용액을 첨가한 후 용액이 분리되도록 10분간 방치한 후 분석시료로 이용하였다. 분석에 사용한 기기는 ACE 5 C₁₈ 칼럼(4.6×250 mm i.d., Advanced Chromatography Technologies)을 장착한 HPLC이었으며 칼럼 온도는 40°C로 유지하였다. A용매는 10 mM 인산소듐완충용액(sodium phosphate buffer, pH 7.0), B용매는 아세토나이트릴을 사용하였다. 용매의 유속은 1.0 mL/분으로 하여 A/B=95/5→65/35(v/v)의 용매 구배로 40분간 분리하였으며 UV 검출기로 254 nm에서 측정하였다.

유리당 조성 분석

유리당 조성 분석을 위해 시료를 membrane filter (0.45 μm)로 여과한 후 분석용 시료로 이용하였다. 분석에 사용한 기기는 Shodex Asahipak NH2P-50 4E (4.6×250 mm, i.d., Shodex, Tokyo, Japan) 칼럼을 장착한 HPLC이었다. 칼럼 온도는 45°C로 유지하고 이동상은 75% 아세토나이트릴을 이용하였으며 용매의 유속은 1 mL/분으로 하여 40분간 분리하였다. 검출기는 RID-10A를 사용하였다.

색도의 측정

뽕잎차 및 뽕잎발효차의 색도의 측정은 각 찻잎의 분말을 랩을 쓴 상태로 표준백판(L*=97.40, a*=-0.49, b*=1.96)으로 보정된 색차계(CR-400, Minolta Co., Osaka, Japan)를 이용하여 L*값(백색 100→0 흑색), a*값(적색 +60→ -60 녹색), b*값(황색 +60→ -60 청색)을 3회 반복하여 측정하고 평균값을 구하였다. 뽕잎차의 갈변도와 탁도는 분광광도계(UVmini-1240, Shimadzu)를 사용하여 각각 420 nm와 600 nm에서 측정하였다.

관능검사

관능검사는 Bae와 Ye의 방법(4)과 Park의 방법(18)을 응용하여 실시하였다. 시료는 무처리 뽕잎차 및 무산소 처리 뽕잎차 분말 1g에 80°C의 증류수 100 mL를 가하여 5분간 추출한 후 치즈천(cheese cloth)으로 여과하고 40°C로 조절하여 관능검사에 사용하였다. 패널은 성인 25명을 선발하여 색상, 향, 단맛, 신맛, 쓴맛 및 종합적 기호도를 9점 척도법으로 '전혀 없다' 또는 '아주 싫다'(1점), '아주 약하다' 또는 '싫다'(2점), '보통 약하다' 또는 '싫다'(3점), '약간 약하다' 또는 '약간 싫다'(4점), '약하지도 강하지도 않다' 또는 '좋지도 싫지도 않다'(5점), '약간 강하다' 또는 '약간 좋다'(6점), '보통 강하다' 또는 '보통 좋다'(7점), '강하다' 또는 '좋다'(8점), '아주 강하다' 또는 '아주 좋다'(9점)로 평가하였다.

통계처리

본 실험에서 얻어진 결과는 SPSS 18.0 for Windows program (SPSS, Chicago, IL, USA)을 이용하여 통계처리를 하여 실험군당 평균±표준편차로 나타내었으며, 던컨(Duncan)의 다중검정법(multiple range test)으로 유의성 검정은 $p < 0.05$ 수준에서 실시하였다.

결과 및 고찰

일반성분

뽕잎차 가공을 하기 전 무산소 처리 즉 진공처리 및 질소가스 치환처리를 하여 제다한 무산소 처리 뽕잎차와 무처리 대조

Table 1. Composition of mulberry-leaf tea products with and without anaerobic treatment (%)

Components	Control	Vacuum-treatment	N ₂ -treatment
Moisture	7.21±0.38 ^{a1)}	6.22±0.28 ^b	6.33±0.34 ^b
Crude lipid	3.81±0.10 ^b	4.37±0.33 ^{ab}	4.53±0.40 ^a
Crude protein	15.27±1.00	16.33±0.80	15.00±1.50
Crude ash	9.74±0.34	9.53±0.11	9.55±0.29
Carbohydrate	63.97±0.52	63.55±0.80	64.59±1.89

All results are expressed as mean±SD for three replicates.

¹⁾Different superscripts in the same row are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

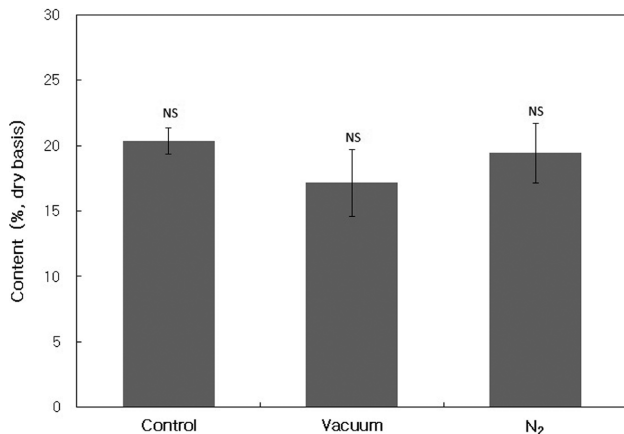


Fig. 1. Content of water soluble solid (WSS) of mulberry-leaf tea by anaerobic treatment. Values are mean±SD of triplicate determinations. NS: not significant.

군 뽕잎차의 일반성분 분석 결과는 Table 1과 같다. 무처리 뽕잎차의 수분은 7.21%, 조지방은 3.81%, 조단백질은 15.27%, 조회분은 9.74% 및 탄수화물은 63.97%이었다. 무산소 처리 뽕잎차의 수분은 6.22-6.33%, 조지방은 4.37-4.53%, 조단백질은 15.00-16.33%, 조회분은 9.53-9.55% 및 탄수화물은 63.55-64.59% 이었다. 조단백질, 조회분 및 탄수화물은 무처리군과 무산소 처리한 실험군 사이에 차이가 없었으며, 수분과 조지방 성분은 미미한 차이를 보였다. 지금까지 보고된 뽕잎차의 일반성분은 연구자들이 사용한 원료나 제조 방법에 따라 조금씩 상이한 결과를 보인다. Bae 등(7)이 제조한 뽕잎차의 수분은 5.24-6.42%, 단백질 18.23-18.46%, 조지방 0.56-1.25%, 회분 9.89-10.44%이었다. Kim 등(8)은 뽕잎차의 조성이 단백질 16.11%와 조지방 0.03%라고 했다. Ye와 Bae (6)는 뽕잎차와 뽕잎 발효차의 수분은 4.93-5.92%, 탄수화물 55.63-61.17%, 조지방은 4.81-7.28%, 조단백질은 18.81-18.43%, 조회분은 10.66-12.36%이라고 보고한 바 있다. 이상의 결과에서 뽕잎차의 일반성분은 뽕잎차 가공시 사용한 뽕잎의 채집 장소, 재배 환경, 품종, 보관방법 또는 가공 방법에 따라서 함량의 차이를 보이는 것으로 여겨지며, 본 연구에서는 대조군 뽕잎차와 비교하여 무산소 처리 가공에 의해서는 일반성분이 크게 달라지지 않음을 확인하였다.

수용성 고형물 함량

무처리 뽕잎차와 무산소 처리 뽕잎차의 수용성 고형물(water soluble solid)의 함량을 정리한 결과는 Fig. 1과 같다. 뽕잎차의 수용성 고형물 추출율은 20.37%이었으며, 진공처리 및 질소가스

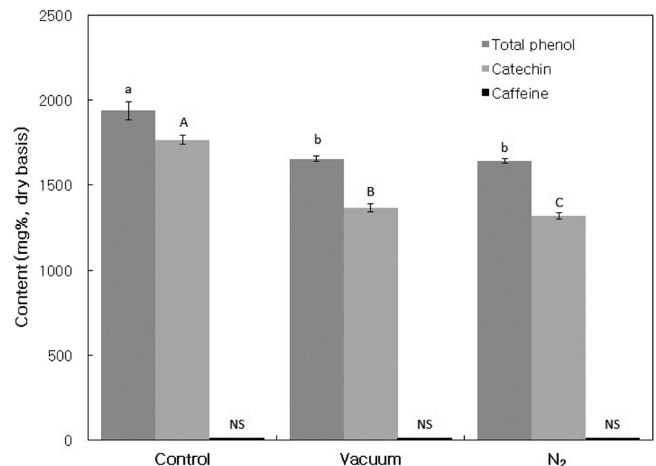


Fig. 2. Content of total polyphenol, catechin and caffeine of mulberry-leaf tea by anaerobic treatment. Values are mean±SD of triplicate determinations. NS: not significant. Different superscripts on the same bars (a, b and A, B) indicate significant differences ($p < 0.05$).

치환처리 뽕잎차는 17.15%와 19.42%이었다. 무처리 뽕잎차와 비교하였을 때 무산소 처리 뽕잎차의 수용성 고형물 추출율은 다소 수율이 저하되었으나 통계처리 결과 유의적인 차이가 없었다 ($p < 0.05$). 이상의 실험결과에서 뽕잎차 제조시 무산소 처리는 수용성 고형물 추출율에는 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

총페놀, 카테킨 및 카페인 함량

총페놀, 카테킨 및 카페인의 함량을 분석한 결과는 Fig. 2에 나타내었다. 무처리 뽕잎차의 총페놀 함량은 1,937 mg% (w/w)였으며, 진공처리 뽕잎차와 질소치환처리 뽕잎차의 경우는 각각 1,655 mg%와 1,643 mg%이었다. 총페놀 함량은 무처리 뽕잎차가 가장 높았고, 무산소 처리시 감소하는 경향을 나타내었다.

카테킨의 양은 뽕잎차의 경우 1,765 mg%이었으며 진공처리군과 질소 치환처리 뽕잎차의 경우는 1,367 mg% 및 1,318 mg%로 무산소 처리 뽕잎차의 경우 무처리 뽕잎차보다 카테킨 함량이 감소되었다. 발효차의 경우 차잎의 발효가 진행될수록 카테킨 함량이 감소되며 녹차에 비해 홍차나 우롱차의 카테킨 함량이 낮은데, 이는 처리 과정에서 성분들이 산화, 중합되기 때문에 녹차의 카테킨 함량이 줄어들기 때문이라고 알려져 있다(24). 무산소 처리 뽕잎차의 경우도 무산소 처리 과정에서 생체내 화학 반응이 발생하고 이로 인해 성분들이 변화되었을 것으로 추정된다.

카페인의 양은 뽕잎차는 4.50 mg%, 진공처리 및 질소 가스 치환처리군은 3.16 mg%와 3.06 mg%로 미량 검출되었다. 카페인 함량의 차이는 제조하는 방법이나 가공 공정에 의한 것보다는 차 재배 과정의 영향을 많이 받는 것으로 알려져 있으며(25), 뽕잎차 제조시 무산소 처리에 의한 카페인 함량의 변화는 관찰되지 않았다. Park(18)은 녹차의 처리시간과 처리온도를 다르게 하여 무산소 처리를 하고 무처리군의 카페인과 비교하였으며, 실험군과 무처리군의 카페인 함량 차이가 거의 없다고 보고 했는데 본 연구와 유사한 경향이었다. Bae 등(7)은 녹차, 홍차, 우롱차와 비교했을 때 뽕잎 가공차에 함유된 카페인 0.03-0.28 mg/mL로 매우 낮은 양을 함유하고 있다고 했는데, 본 연구에서도 녹차의 카페인 함량 3.26-4.12% (26)에 비해서 카페인의 함량이 매우 낮게 나타났다. 카페인은 녹차에 많이 함유된 성분으로 각성작용이 있고 다량섭취하면 흥분이나 불면 등의 부작용이 있다. 뽕잎차는

Table 2. Contents of free sugars in the mulberry-leaf tea and anaerobically treated mulberry-leaf tea (mg/g)

Components	Control	Vacuum-treatment	N ₂ -treatment
Fructose	120.32±2.04 ^{a1)}	48.67±1.53 ^b	16.87±1.21 ^c
Glucose	91.00±1.00 ^a	27.67±1.53 ^b	9.19±0.74 ^c
Sucrose	162.18±2.02 ^a	125.10±0.85 ^b	77.67±1.53 ^c

All results are expressed as mean±SD for three replicates.

¹⁾Different superscripts in the same row are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

카페인을 거의 함유하지 않음으로(4) 카페인에 대해 부작용이 적어 카페인에 대해 거부감을 가지거나 민감한 체질을 가진 소비자도 부담없이 음용 가능한 차음료로 이용이 가능할 것이다.

유리당 함량

무처리 뽕잎차와 무산소 처리 뽕잎차의 유리당 함량을 분석한 결과는 Table 2와 같다. 뽕잎차의 유리당은 슈크로스(sucrose), 과당(fructose) 및 포도당(glucose) 순으로 검출되었으며 그 양은 162.18, 120.32 및 91.00 mg/g이었다. 진공처리 및 질소처리를 한 뽕잎차의 경우도 함량은 슈크로스, 과당 및 포도당 순이었으나 그 함량은 무처리 뽕잎차에 비해 감소하였다. Ye와 Bae(6)도 뽕잎차 발효과정에서 슈크로스, 과당 및 포도당의 함량이 감소하였다고 보고하여 무산소 처리 뽕잎차와 유사한 경향을 보였다. 반면 Ye와 Bae (6)는 뽕잎차에는 엿당(maltose)이 다량 함유되어 있었으나 뽕잎 발효차에는 엿당이 모두 소실되고 유당(lactose)이 생성되었다고 했는데, 본 실험에서 제조한 뽕잎차에는 무처리군과 무산소 처리군 모두에서 이들 당 성분이 확인되지 않아(data not shown) 상이한 결과를 보였다. Cho 등(27)은 가열처리에 의해서 유리당이 감소된다고 보고한 바 있다. 이상을 종합해보면 재배 환경뿐만 아니라 가열처리, 발효 과정에서도 유리당 함량이 달라지지만 무산소 처리 가공 공정에서도 유리당 함량이 변화하는 것으로 판단된다.

GABA 및 글루탐산 함량

무처리 뽕잎차와 무산소 처리 뽕잎차의 GABA 및 글루탐산 함량은 Fig. 3과 같다. 무처리 뽕잎차의 글루탐산 함량은 333 mg%이었다. 무산소 처리 뽕잎차의 경우 진공처리군은 163 mg%, 질소가스 치환처리 뽕잎차는 140 mg%로 글루탐산 함량이 현격하게 감소하였다. 녹차를 무산소 조건으로 처리하면 무처리군에 비하여 GABA 함량이 증가하고 글루탐산은 현저하게 감소한다고 보고되어 있는데(16) 무산소 처리한 뽕잎차의 경우도 같은 경향을 보였다. 무처리 뽕잎차의 GABA 함량은 41 mg%이었으며 진공처리군 및 질소가스 치환처리군은 각각 181 mg%과 196 mg%로 무처리 뽕잎차와 비교하여 436-472%나 GABA 함량이 증가하였다. Chang 등(16)은 녹차를 대상으로 한 연구에서 GABA 생성을 위한 질소치환 또는 진공처리의 효과가 동일하다고 보고하여 본 실험의 결과와 일치하였고, 질소가스 치환 처리나 진공처리의 방법으로 GABA 함량이 증진된 뽕잎차를 제조할 수 있음을 확인하였다. Bae 등(7)은 뽕잎차의 GABA 함량이 17-140 mg%이라고 하였는데, GABA 함량은 재배된 지역, 채엽시기 및 가공 온도 및 시간 등 가공처리과정에 따라 함량의 변화가 크다(19). GABA 생성을 위한 최적의 무산소 처리 시간은 5, 12시간 등 다양하게 보고되어 있는데, 무산소 조건하에서 찻잎의 GABA 생성량은 찻잎의 적체시기가 짧을수록 증가하고 처리 환경 등에 따

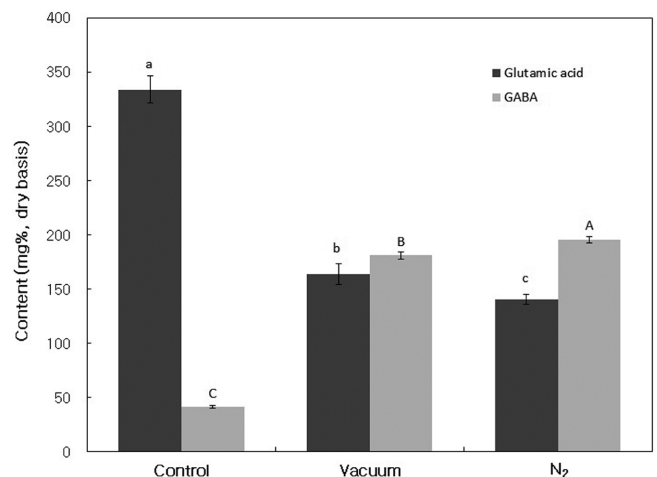


Fig. 3. GABA and glutamic acid contents of the mulberry-leaf tea by anaerobic treatment. Values are mean±SD of triplicate determinations. Different superscripts on the same bars (a, b and A, B) indicate significant differences ($p < 0.05$).

라서도 달라진다(16,18). GABA 차를 제조하는 다양한 방법이 있지만, 가공 온도와 시간 등 무산소 처리시 환경차이에 의해서도 GABA 함량이 달라질 수 있다(16,17). 본 연구에서는 뽕잎에 무산소 처리를 하면 GABA 함량이 급증하는 것을 증명하였다. 향후 뽕잎에서 GABA 합성을 최대로 할 수 있는 온도, 시간 등의 가공 조건을 찾는다면 GABA 함량을 더욱 증진시킨 뽕잎차의 제조도 가능할 것으로 판단된다.

색도, 갈색도 및 탁도

무처리 뽕잎차와 무산소 처리에 의한 GABA 뽕잎차의 색도, 갈색도 및 탁도를 비교한 결과는 Table 3과 같다. L값은 뽕잎차가 47.59이었고 질소처리군과 진공처리군이 각각 40.42와 40.14로 무산소 처리에 의해 찻잎의 색이 어두워지는 경향을 나타내었다. a값의 경우 무처리 뽕잎차는 -3.06, 질소처리군 0.08, 진공처리군 -0.05로 무산소 처리군이 무처리군인 뽕잎차에 비해 색상이 다소 붉어지는 경향을 나타내었으며 무처리군과 무산소 처리군 사이에 유의적인 변화가 관찰되었다($p < 0.05$). b값은 대조군 뽕잎차는 16.52였으며 질소처리군은 7.95, 진공처리군은 8.49로 대조군에 비해 무산소 처리군의 b값이 감소하는 경향을 나타내었다. 이상의 결과는 무산소 처리시 갈변현상이 일어나 색택이 어두워지고 녹색이 감소하여 적색과 황색이 증가했음을 보여주는데 이러한 색의 변화는 뽕잎차의 기호성에 영향을 줄 수 있을 것으로 예상되었다. 갈색도는 차를 열수에 추출하여 측정하였으며 대조군 뽕잎차는 0.16이었으며, 무산소 처리군은 모두 0.23이었다. 대조군에 비해 무산소 처리군의 갈색도가 증가하였다. 무산소 처리 뽕잎차의 경우 갈색도가 증가하고 무처리 뽕잎차보다 유리당이 적었는데(Table 2), 메일라드(Maillard) 반응시 유리당이 멜라노이드(melanoidin) 생성에 기여했기 때문에 갈색도가 증가하고 유리당이 감소한 것으로 추정된다(20). 탁도는 무처리 뽕잎차와 비교했을 때 질소가스치환 뽕잎차와 진공처리 뽕잎차 모두 증가하였다. 색도, 갈색도 및 탁도를 관찰한 결과 작은 차이였지만 모든 항목에서 통계적인 유의성이 인정되었다($p < 0.05$).

관능평가

무처리 뽕잎차와 무산소 처리 뽕잎차의 관능평가 결과는 Table

Table 3. Color value, browning degree and turbidity of mulberry-leaf tea

Color values ¹⁾	Control	N ₂ -treatment	Vacuum-treatment
L*	47.59±0.53 ²⁾	40.42±0.72 ^b	40.14±0.05 ^b
a*	-3.06±0.13 ^b	0.08±0.06 ^a	-0.05±0.09 ^a
b*	16.52±0.27 ^a	7.95±0.20 ^b	8.49±0.62 ^b
Turbidity (A ₆₀₀)	0.16±0.01 ^b	0.23±0.00 ^a	0.23±0.00 ^a
Browning degree (A ₄₂₀)	0.80±0.01 ^b	1.56±0.00 ^a	1.56±0.00 ^a

All results are expressed as mean±SD for three replicates.

¹⁾L*: Measures lightness and varies from 100 for perfect white to zero black; a*: Measures redness when plus, gray when zero, and greenness when minus; b*: Measures yellowness when plus, and blueness when minus. Turbidity (A₆₀₀): Turbidity in (100-T%)

²⁾Different superscripts in the same row are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

Table 4. Sensory evaluation of mulberry-leaf tea products with and without anaerobic treatment

Attributes	Control	N ₂ -treatment	Vacuum-treatment
Color	6.08±0.99 ¹⁾	5.88±1.31	5.84±0.88
Flavor	6.04±1.00	5.92±1.02	5.80±1.10
Sweet taste	5.88±0.83	5.64±0.95	5.68±1.03
Sour taste	6.08±1.00	5.92±0.91	5.96±1.01
Bitter taste	6.08±1.00	5.88±1.01	5.92±0.91
Overall	6.16±0.99	5.96±0.89	6.00±1.22

¹⁾Values are mean±SD of 25 panels evaluated from very low (1 point) to very strong (9 points).

4에 나타내었다. 색상은 무처리 뽕잎차가 가장 높은 점수를 받았고 질소치환 처리 및 진공처리 뽕잎차는 무처리 뽕잎차에 비해 관능평가 점수가 다소 낮았다. 기계적 색도 분석 결과(Table 3) 무산소 처리시 갈색도 및 탁도가 증가하고 색상이 어두워져 기호성에 영향을 미칠 것으로 예상되었다. 그러나 뽕잎차의 색택에 대한 관능평가 결과 무처리군에 비해 무산소 처리 뽕잎차의 점수가 조금 낮았지만 통계적으로는 유의미한 차이가 없어 관능적 품질에는 영향을 미치지 않는 것으로 판단되었다. Park(18)은 녹차의 색택에 대한 관능 평가에서 높은 온도에서 장시간 무산소 처리를 할수록 점수가 낮아진다고 하였다. 녹차를 무산소 처리했을 때 색은 무처리에 비해 낮은 점수를 받았는데 이것은 무산소 처리시 폴리페놀산화효소(polyphenoloxidase)에 의해 산화가 이루어져 차의 녹색이 감소하고 차를 우려 냈을 때 기호도가 낮아진다고 하였다. 향은 무산소 처리를 한 뽕잎차의 점수가 무처리 뽕잎차에 비해 낮은 점수를 받았지만 유의미한 차이는 없었다. GABA 차는 바람직하지 않은 향을 가진다(17)고 알려져 있는데, 본 연구에서 유의적 차이가 없다는 결과가 나온 이유는 본 연구의 제다 공정에서 증숙 뿐만 아니라 볶음과정을 거쳐 GABA 차의 좋지 않은 냄새가 상쇄되었기 때문이라고 판단된다. 한편 녹차의 경우에도 무산소 처리 온도가 올라가고 처리 시간이 길어질수록 향에 대한 관능평가에서 낮은 점수를 받았는데, 이는 온도가 높고 처리시간이 길수록 차 잎에 발효가 일어나 녹차 특유의 향이 감소되기 때문이라고 하였다(18). 단맛은 실험군간에 통계적으로 큰 차이는 발견되지 않았지만 무산소 처리를 한 뽕잎차가 관능평가시 단맛이 낮은 경향을 보였다. 유리당 분석의 결과를 근거했을 때 유리당이 감소한 것과 관련이 있는 것으로 판단된다. 신

맛은 무산소 처리 뽕잎차가 조금 낮은 점수를 얻었으나 유의적인 차이는 없었으며, 무처리 뽕잎차와 비교했을 때 뚜렷한 경향이 나 차이가 발견되지 않았다. 쓴맛은 무처리군에 비해 무산소 처리를 한 뽕잎차가 낮은 경향을 보였으나 상호간에 유의적인 차이는 없었다. 무산소 처리를 한 뽕잎차의 경우 총페놀이나 카테킨 함량이 저하된 결과와 상관이 있는 것으로 판단된다. 카테킨류는 온화한 쓴맛이 있는 떫은맛을 나타내는데 가용성 성분의 상당량을 차지하며 차의 맛, 색, 향기 등에 큰 영향을 주는 것으로 알려져 있다(28). 전체적인 점수는 무처리 뽕잎차가 조금 높았으나 통계분석에서 각 실험군간에 유의적인 차이는 없었다. 발효 뽕잎차(2)는 산화방지능이 강하고 종합 기호도가 높다고 했는데 본 연구에서 무산소 처리를 해서 뽕잎차를 제조하는 것은 GABA 함량을 증진시키고 관능측면에서도 우수한 것으로 조사되었다. 결론적으로 뽕잎에 무산소 처리하여 GABA 함량을 증진하도록 제다하는 것은 관능적인 품질을 저하시키지 않으면서도 기능성이 우수한 뽕잎차를 제조할 수 있는 우수한 방법으로 생각된다.

요 약

다량의 γ -aminobutyric acid (GABA)를 함유한 뽕잎차를 제조하기 위해 뽕잎을 채취하여 진공 및 질소가스 치환의 방법으로 12 시간 무산소 처리를 하였다. 이후 차를 제조하고 GABA 및 그 밖의 주요 성분의 함량 변화를 측정하여 결과 뽕잎에 질소 가스 치환처리 및 진공처리를 한 실험군 모두 GABA의 함량이 현저하게 증가하였고(436-472%) 글루탐산은 감소하였다. 일반성분 및 수용성고형물은 거의 변화가 없었으며, 유리당, 카테킨 및 총페놀 함량이 다소 감소한 것으로 나타났다.

뽕잎을 무산소 처리하는 두가지의 방법 즉 질소 가스 치환처리와 진공처리를 비교했을 때 GABA와 주요성분의 함량은 거의 차이가 없었다. 관능평가에서 무처리군과 질소가스, 진공처리군간에 차이가 없어 무산소 처리를 해도 기호성이 저하되지 않았다. 채잎후 무산소 가공 처리를 하고 뽕잎차를 제조하는 것은 관능적인 품질을 유지하면서도 뽕잎차의 기능을 향상시킬 수 있는 효과적인 방법이라 판단된다.

References

- Kim YH, Cho NJ. Effects of mulberry leaf powder on physico-chemical properties of bread dough. Korean J. Food Sci. Technol. 42: 705713 (2010)
- Lee SI, Lee YK, Choi JK, Yang SH, Lee IA, Suh JW, Kim SD. Quality characteristics and antioxidant activity of mulberry leaf tea fermented by *Monascus pilosus*. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 41: 706-713 (2012)
- Bae MJ, Ye EJ. Antioxidant activity and *in vitro* anticancer effects of manufactured fermented mulberry leaf tea. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 39: 796-804 (2010)
- Bae MJ, Ye EJ. Analyses of active components and quality characteristics in the manufacturing of fermented mulberry leaf (*Morus alba*) tea. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 39: 859-863 (2010)
- Ye EJ, Yee ST, Bae MJ. Anti-allergy activity and *in vivo* for S-180 solid anti-cancer effects in manufacturing fermented mulberry leaf tea. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 39: 337-342 (2010)
- Ye EJ, Bae MJ. Comparison of components between mulberry leaf tea and fermented mulberry leaf tea. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 39: 421-427 (2010)
- Bae HA, Baek H, Park HI, Chung MG, Sohn EH, Kim SH, Kim DS, Chung IM, Seong ES, Yu CY, Lim JD. Effect of fermentation time on the chemical composition of mulberry (*Morus alba* L.) leaf teas. Korean J. Medicinal Crop Sci. 19: 276-286

- (2011)
8. Kim DC, In MJ, Chae HJ. Preparation of mulberry leaves tea and its quality characteristics. *J. Appl. Biol. Chem.* 53: 56-59 (2010)
 9. Jang EY, Jin TY, Eun JB. Properties of puffed mulberry-rice snack, *ppeongtuigi* by pellet with mulberry leaf and brown rice flour. *Korean J. Food Sci. Technol.* 38: 756-761 (2006)
 10. Chen F, Nakashima N, Kimura I, Kimura M. Hypoglycemic activity and mechanisms of extracts from mulberry leaves (*Folium mori*) and *cortex mori radices* in streptozotocin-induced diabetic mice. *J. Pharm. Soc. Japan* 115: 476-482 (1995)
 11. Yang JH, Han JS. Effect of mulberry leaf extract supplement on blood glucose, glycated hemoglobin and serum lipids in Type II diabetic patients. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 35: 549-556 (2006)
 12. Park SH, Jang MJ, Hong JH, Rhee SJ, Choi KH, Park MR. Effects of mulberry leaf extract feeding on lipid status of rats fed high cholesterol diets. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 36: 43-50 (2007)
 13. Stanton HC. Mode of action of gamma amino butyric acid on the cardiovascular system. *Arch. Int. Pharmacodyn.* 143: 195-204 (1963)
 14. Narayan VS, Nair PM. Metabolism, enzymology and possible roles of 4-aminobutyrate in higher plants. *Phytochemistry* 29: 367-375 (1990)
 15. Tsushida T, Murai T. Conversion of glutamic acid to γ -aminobutyric acid in tea leaves under anaerobic conditions. *Agr. Biol. Chem.* 51: 2865-2871 (1987)
 16. Chang JS, Lee BS, Kim YG. Changes in γ -aminobutyric acid (GABA) and the main constituents by a treatment conditions and of anaerobically treated green tea leaves. *Korean J. Food Sci. Technol.* 24: 315-319 (1992)
 17. Hakamata K. Anaerobically treated tea and its hypotensive effects. *JAQR-Jpn. Agr. Res. Q.* 24: 105-110 (1990)
 18. Park JH. Effect of anaerobic treatments on the γ -aminobutyric acid and quality of green tea (*Camellia sinensis* var. *sinensis*). *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 9: 26-32 (2001)
 19. Han YS. Gamma-aminobutyric acid content in commercial green tea. *Korean J. Food Cook. Sci.* 23: 409-412 (2007)
 20. Kwak EJ. Development of brown colored rice tea with high GABA content. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 39: 1201-1205 (2010)
 21. AOAC. Official Method of Analysis of AOAC Intl. 16th ed. Method 920.39, 955.04, 942.05, 934.01. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA (1995)
 22. Gutfinger T. Polyphenols in olive oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 58: 966-968 (1981)
 23. Mukherjee S, Vaidyanathan K, Vasudevan DM, Das SK. Role of plasma amino acids and GABA in alcoholic and non-alcoholic fatty liver disease-a pilot study. *Indian J. Clin. Biochem.* 25: 37-42 (2010)
 24. Weisburger JH. Tea and health: The underlying mechanisms. *Exp. Biol. Med.* 220: 271-275 (1999)
 25. Kawakami M, Uchida H, Kobayashi A. Correlation between caffeine and total nitrogen in small tea leaf species (var. *sinensis*) and large tea leaf species (var. *assamica*). *J. Agric. Chem. Soc. Jpn.* 61: 365-367 (1987)
 26. Kim BS, Yang WM, Choi J. Comparison of caffeine, free amino acid, vitamin C and catechins content of commercial green tea in Bosung, Suncheon, Kwangyang, Hadong. *J. Korean Tea Soc.* 8: 55-62 (2002)
 27. Cho CH, Jo DH, Kim SI, Jo DH. Changes in some compounds by heat treatment of green tea. *KSBB J.* 4: 40-47 (1989)