



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

석사학위논문

찾잎 위조 시간에 따른 함수량과
주요 성분 함량의 변화

제주대학교 일반대학원

원예학과

강지형

2021년 8월

찾잎 위조 시간에 따른 함수량과 주요 성분 함량의 변화

지도교수 송 관 정

강 지 형

이 논문을 농학 석사학위 논문으로 제출함

2021 년 6 월

강지형의 농학 석사학위 논문을 인준함

심사위원장 _____

위 원 _____

위 원 _____

제주대학교 일반대학원

2021 년 8 월

Change of Moisture and Major Component Contents at Different Withering Times in Plucked Tea Leaves

Jee-Hyung Kang

(Supervised by Professor Kwan Jeong Song)

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

2021.8

**Department of Horticulture
GRADUATE SCHOOL
JEJU NATIONAL UNIVERSITY**

목 차

목 차	i
List of Tables	ii
List of Figures	iii
Abstract	iv
I. 서언	1
II. 재료 및 방법	3
1. 시험재료	3
2. 위조처리	3
3. 함수량 및 성분 함량의 분석	5
4. 통계처리	7
III. 결과 및 고찰	9
1. 찻잎 함수량의 변화	9
2. 찻잎 주요 성분 함량의 변화	11
IV. 초록	26
V. 인용문헌	27
VI. 감사의 글	33

LIST OF TABLES

Table 1. HPLC analytic conditions for measuring catechins and caffeine in hot water extracts of tea leaves	8
Table 2. Change of moisture content at different withering times in plucked tea leaves ...	10
Table 3. Change of total polyphenols content at different withering times in plucked tea leaves	14
Table 4. Change of total protein content at different withering times in plucked tea leaves	15
Table 5. Change of caffeine content at different withering times in the plucked leaves	17
Table 6. Change of catechins content at different withering times in the plucked leaves of Japanese tea cultivars	19
Table 7. Change of catechins content at different withering times in the plucked leaves of Korean tea cultivars	20
Table 8. Change of amino acids content at different withering times in the plucked leaves of Japanese tea cultivars	23
Table 9. Change of amino acids content at different withering times in the plucked leaves of Korean tea cultivars	24

LIST OF FIGURES

Fig 1. Tray withering system.....	4
Fig 2. Change of total amino acid content at different withering times in plucked tea leaves	12
Fig. 3. Representative HPLC chromatogram profiles of 8 catechins and caffeine standards and distilled water extract of tea leaves	16
Fig. 4. Chromatograms of individual amino acids and theanine standard and distilled water extract of tea leaves	22

ABSTRACT

This study was conducted to analyze changes of moisture and major component contents at different withering times in plucked tea leaves for collecting preliminary data utilized in manufacturing process of oxidation teas such as black tea. ‘Yabukita’ and ‘Fushun’ of Japanese tea cultivars, which are widely cultivated in Jeju, and ‘Keumsull’ and ‘Beachwisull’ of Korean tea cultivars, which were released by the Jeju Special Self-Governing Province, were used. The first flush plucked in three or four and a bud was withered by 30 hrs on the perforated plastic trays and shelves using the indoor natural withering method and the contents of moisture and major components were analyzed every 6 hours. The moisture content of tea leaves was gradually decreased from 77.2 to 78.1% after plucking to 59.7-64.0% after withering for 30 hrs. The content of total amino acids and caffeine was increased from 2.8-6.7% and 1.6-2.0% after plucking to 4.2-8.1% and 1.8-2.2% after withering for 30 hrs, respectively. Theanine, aspartic acid, serine, glutamic acid, methionine, and arginine were identified as major amino acids and the contents of theanine, aspartic acid, and arginine were decreased, whereas the other amino acids tended to be significantly increased. Total polyphenol and protein contents did not show any distinctive changes. The contents of most catechins showed a tendency to decrease, but there was no significance. The study indicated that indoor natural withering requires around 24 hours based on moisture content, and amino acids and caffeine are components with large changes from sensitive response, whereas polyphenols, catechin and protein are components with very small change in content during withering, and this withering response might be different from cultivars.

I. 서 언

차나무는 *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze 이며, 차나무목(Theales), 차나무과(Theaceae), 차나무속(*Camellia*)에 속하는 다년생 상록관목으로 한국, 중국, 일본 등의 아시아를 중심으로 아프리카 및 남미 등 아열대와 온난한 온대 지역에 걸쳐 광범위하게 재배되고 있다(Im et al., 2011). 차나무는 소엽종(*C. sinensis* var. *sinensis*), 대엽종(*C. sinensis* var. *assamica*), 백모종(*C. sinensis* var. *pubilimba*)의 3 개 변종으로 구분되는데(Chen et al., 2000) 우리나라에는 녹차에 적합한 소엽종의 품종으로 대부분 재배되고 있다. 차나무는 동일 품종이라도 재배환경에 따라 형태적·생리적인 변이를 나타내며, 주요 성분들의 함량과 조성도 달라질 수 있다(Srey et al., 2014). 그러므로 각 나라와 지역마다 품종과 재배환경의 특성을 살린 제다법을 개발하여 독특한 색, 향, 맛을 갖는 차를 만들고 있다.

차의 종류는 매우 다양하지만, 일반적으로 제다 공정과 발효 정도에 따라 녹차, 백차, 청차, 홍차, 황차, 흑차의 6 종으로 분류하고 있다(Chen and Chen, 2012). 6 대 다류 중 백차, 청차, 홍차는 위조 과정을 거쳐 제다되고 위조과정은 차 제조의 첫 번째이자 가장 중요한 과정으로 인식되고 있으며(Sharma, 2015), 차의 종류에 따라 위조 방법과 시간은 다르다. 위조 과정은 찻잎의 화학적 및 물리적 변화를 일으키며(Tomlins and Mashingaidze, 1997; Deb et al., 2016), 양질의 발효차 제품을 생산하는데 매우 중요한 역할을 한다. 위조 과정에서는 단백질과 카테킨의 함량이 감소하고 아미노산과 카페인을 증가한다고 알려져 있다(Ye et al., 2018; Jabeen et al., 2019; Li et al., 2020). 특히 위조시간과 환경에 따라 성분 함량의 변화 양상은 다른 것으로 보고되고 있다(Ye et al., 2018; Jabeen et al., 2019). 그러나, 아미노산과 카테킨 조성의 변화에 대해서는 아직까지도 충분히 알려져 있지 않은 실정이다.

최근 국내 차 소비자들의 홍차 수요 증가에 따라 홍차 수입은 지속적으로 증가하고 있다(KOSIS, 2020). 홍차 수입의 대체를 위해서는 고품질의 홍차 제품의 개발이

요구되고 있다. 그러나 국내 홍차용 품종의 개발은 거의 이루어진 바 없을 뿐 만 아니라 위조 및 발효 조건에 대한 연구 보고도 거의 없는 실정이다(Lee et al., 2016). 찻잎의 위조 정도는 다양한 요인들이 영향을 줄 수 있으며, 홍차 제다의 경우 함수율 58-62% 내외가 적당한 것으로 알려지고 있다(Liang et al., 2018). 그러나 국내 대부분의 농가에서는 위조 시간에 따른 함수량의 평가를 통해 위조 시간을 설정하는 것이 아니고, 개인적인 여건에 따라 12-24 시간 내외로 수행하고 있는 실정이다.

그러므로 본 연구에서는 제주 지역에서 많이 재배되고 있는 차 품종에서 수확한 찻잎의 위조시간을 달리 설정하고 함수량과 주요 성분의 변화를 분석하여, 고품질 홍차 제다를 위한 위조 시간 설정의 기초자료를 제공코자 수행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 시험재료

제주지역에 가장 많이 재배되고 있는 소엽종(*C. sinensis* var. *sinensis*)의 일본 품종 야부기타(Yabukita) 및 후순(Fushun)과 제주특별자치도 농업기술원에서 품종 출원하여 재배가 권장되고 있는 금설(Keumsull) 및 비취설(Beachwisull)의 4개 품종을 이용하였다. 제주특별자치도 농업기술원 농산물원종장에 재식되어 표준재배법으로 관리되고 있는 10년생 차나무에서 2020년 1번차 차기인 5월 21일에 1아3엽 또는 1아4엽의 수준에서 가반기로 채엽하여 이용하였다.

2. 위조처리

위조는 구멍 뚫린 50×70×5cm(W×D×H) 크기의 실리콘 자재 채반을 실내의 선반 위에 얹어 자연위조 방식으로 수행하였다(Fig. 1). 채엽한 찻잎은 채반에 5cm 내외의 두께로 펼쳐 정치하였으며 6시간마다 손으로 교반하였다. 이 때의 실내 온도는 12℃-19℃, 상대습도는 60%-88% 내외이었다. 위조시간의 처리는 채엽부터 30시간까지 6시간 간격으로 대조구 포함 6처리를 두었으며 3반복으로 수행하였다. 위조 처리한 찻잎은 건조기(KTI-45/65, KTI co., Ltd., Korea)를 이용하여 80℃에서 24시간 건조한 후 분쇄기(BL13, Tefal co., Ltd., China)로 분쇄하였으며, 건조 분말 시료는 밀봉하여 분석 수행 전까지 2℃의 냉장 상태에서 보관하였다.



Fig 1. Tray withering system.

3. 함수량 및 성분 함량의 분석

찾잎의 함수량은 위조 처리 후 곧바로 생체중을 측정한 후 건조기(KTI-45/65, KTI, Ltd., Korea)를 이용하여 80℃에서 24시간 건조한 다음 건물중을 측정하여 산출하였다.

건조 분말의 성분 분석에서 단백질, 총아미노산, 총폴리페놀의 정량을 위한 추출과 분석은 Chen and Zhou의 방법(2005)을 변형하여 수행하였다. 유리병에 건조 분말 3g을 450mL의 증류수와 섞고 고압멸균기(SANYO Electric, Ltd., Japan)을 이용하여 100℃에서 2시간 가열한 후 교반기(VS-1203PIN, Vision Scientific, Ltd., Korea)를 이용하여 15분간 교반하였다. 추출액을 충분히 식힌 후 2겹의 필터 페이퍼(Toyo Advantec 5C, φ110mm, Toyo Roshi Kaisha, Ltd., Japan)와 1겹의 miracloth (Cat. 475855, Calbiochem, CA, USA)를 이용하여 거른 후의 추출액에 증류수를 가하여 최종 500mL로 부피를 조정하였다.

총 아미노산 정량을 위해 추출액 1mL을 25mL 용량의 플라스크에 넣은 후 0.5mL 완충액(1/15M Na₂HPO₄, 1/15M KH₂PO₄, pH8.0)과 2%의 ninhydrin (C₄H₄O₃·H₂O) 용액 0.5mL 넣은 후 저온순환수조(Haake DC 10, Thermo, Korea)를 이용하여 95℃에서 15분 가열한 후 Techcool(LABO COOLER 360, Techcool Ltd., Japan)을 이용하여 3℃로 식힌 다음 증류수로 최종 부피 25mL로 조정하였다. 이를 분광광도계(UV-1650PC, Shimadzu, Japan)로 570nm에서 흡광도(A₅₇₀)를 측정한 후 계산식 (1)을 이용하여 총 아미노산 함량을 산출하였다.

$$\text{총 아미노산}(\%, \text{건물중 기준}) = \{[C \times L_1 / 1,000 \times L_2] / M \times m\} \times 100 \quad (1)$$

[C; 글루탐산 표준용액의 A₅₇₀ 로 산출된 농도, L₁; 추출액의 총량(mL), L₂; 반응에 사용한 추출액의 량(mL), M; 분말 시료 무게(g), m; 찾잎의 건물율]

총 아미노산 정량을 위한 2% ninhydrin의 발색 시약은 ninhydrin(Sigma-Aldrich, USA) 2g을 100mLdml DDW에 녹인 후 80mg SnCl₂·H₂O(Sigma-Aldrich, USA)를 첨가하여 잘 혼합한 다음

용액을 최소 1일간 암상태로 보관하였다. 이를 여과한 후 DDW를 가하여 최종 부피 100mL로 맞추어 사용하였다. 글루타민산의 표준용액은 L-Glutamic acid(Sigma-Aldrich, USA) 100mg을 100mL 증류수에 용해한 후 10배 희석하여 사용하였다.

총 폴리페놀의 정량을 위해 추출액 1mL를 25mL 용량의 플라스크에 넣은 후, 4mL의 증류수와 5mL의 염색시약(0.1% FeSO₄, 0.5% C₄H₄O₆KNa·4H₂O)을 넣은 다음 완충액(1/15M Na₂HPO₄, 1/15 M KH₂PO₄, pH7.5)으로 최종 25mL로 조정하여 잘 혼합하였다. 이를 분광광도계(UV-1650PC, Shimadzu, Japan)를 이용하여 540nm에서 흡광도(A₅₄₀)를 측정하고 총 폴리페놀의 함량을 화학식 (2)을 이용하여 산출하였다.

$$\text{총 폴리페놀}(\%, \text{건물중 기준}) = \frac{A_{540} \times 3.914}{1000} \times \frac{L_1 \times 100}{L_2 \times M \times m} \quad (2)$$

[3.914; gallic acid의 A₅₄₀ 흡광계수, L₁; 추출액의 총량(mL), L₂;

반응에 사용한 추출액의 량(mL), M; 분말 료 무게(g), m; 찻잎의 건물율]

총 단백질의 정량은 Bradford(1976)의 방법으로 Bio-Rad protein assay kit(Bio-Rad 500-0001, USA)를 이용하여 분석하였다.

카테킨과 카페인의 추출과 정량은 Liang et al.(2001)의 분석 방법을 변형하여 수행하였다. 건조분말 3g을 450mL의 플라스크에 넣고 고온의 증류수 250mL을 가한 후 100℃로 설정한 가열 자석교반기를 이용하여 30분간 교반하며 추출한 다음 여과 후 실온에서 냉각하였다. 이를 4℃, 13,000rpm에서 10분간 원심분리한 후 상정액의 일부를 0.45μm syringe filter로 여과한 다음 3차 증류수로 1:1 비율로 희석한 다음 HPLC(LC-20AT, Shimadzu, Japan)를 이용하여 정량하였다. 카테킨과 카페인의 표준물질로는 (+)-gallocatechin (GC), (-)-epigallocatechin (EGC), (+)-catechin (C), (-)-epicatechin (EC), (-)-epigallocatechin gallate (EGCg), (-)-gallocatechin gallate (GCg), (-)-epicatechin gallate (ECg), (-)-catechin gallate (Cg) 및 caffein을 Sigma-Aldrich Chemical Co. (St.

Louis, MO, USA)로부터 구입하여 사용하였다. 그 외의 기타 유기용매 및 시약은 HPLC용 특급을 사용하였다. HPLC의 분석 조건은 Table 1과 같다.

아미노산의 추출과 정량은 Moon et al.(2020)의 방법을 변형하여 수행하였다. 건조분말 0.5g에 100℃의 증류수 10ml를 가한 후 95℃의 항온수조에서 20분 동안 중탕한 다음 증류수 10ml를 가한 후 4℃, 15,000rpm에서 10분간 원심분리하였다. 상정액 1mL에 0.02N HCl 10mL를 가하여 혼합한 후 0.45µm syringe filter로 여과한 다음 high speed amino acid analyzer(LA8080, Hitachi, Japan)로 아미노산을 정량하였다. 아미노산의 표준 물질로는 39종의 amino acids mixture standard solution(Fujifilm Wako Pure Chemical Corp., Japan)를 사용하였다.

4. 통계분석

통계분석은 SPSS 프로그램(SPSS Statistics Ver. 22, Chicago, IL, USA)를 이용하여 유의성을 검정하였으며, 평균 간 비교는 Duncan의 다중검정을 이용하였다.

Table 1. HPLC analytic conditions for measuring catechins and caffeine in hot water extracts of tea leaves

Parameter	Conditions
Column	5 μm -Diamonsil TM C ₁₈ , 4.5 mm* 250 mm
Temperature	35°C
Mobile phase	A : Acetonitrile/acetic acid/water [6:1:193(v/v/v)] B : Acetonitrile/acetic acid/water [60:1:139(v/v/v)]
Gradient	30% mobile phase A to 100% mobile phase B for over 60min
Flow rate	1 mL·min ⁻¹
Detector	Shimadzu SPD ultraviolet detector, 280nm
Injection volume	10 μL

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 찻잎 함수량의 변화

찻잎의 위조시간에 따른 함수량의 변화는 Table 2에 나타내었다. 채엽 직후의 찻잎 함수량은 77.2-78.1% 내외로 나타났다. 위조시간에 따라 찻잎의 함수량은 점차 감소하였는데, 위조 6시간 후 75% 내외, 12시간 후 74% 내외, 18시간 후 72% 내외, 24시간 후 69% 내외, 30시간 후 62% 내외를 나타내었다. 위조시간에 따른 찻잎 함수량의 변화는 야부키타에서 약간 빨리 위조되는 경향이었으나, 품종 간 차이는 분명하지 않았다.

찻잎의 수분은 위조과정에서 점차 줄어들어 잎의 물리적 변화와 함께 주요 성분들의 화학적 변화가 수반된다(Tomlins et al., 1997). 찻잎과 줄기가 시들어 감에 따라 찻잎 표면에 광택은 사라지고 녹색도의 색깔이 변하는 동시에 풀 냄새가 사라지게 된다(Liang et al., 2018). 탈수현상으로 가수분해가 촉진되는 한편 효소 활성의 증가로 꽃향기가 유발된다(Hu et al., 2018). 찻잎 함수량은 적절한 위조의 정량적 지표로 이용되고 있으며 함수량은 58-62% 내외가 적절한 것으로 알려져 왔다(Liang et al., 2018). 또한 위조 시간을 24시간 이상으로 진행하여 수분 함량을 조절할 경우 홍차의 품질이 나빠질 수 있기 때문에 위조시간은 24시간을 넘지 않도록 하는 것이 좋다고 알려져 있다(Deb and Pou, 2016). 본 연구에서는 구멍이 있는 채반을 바닥이 뚫린 선반에 올려 자연 위조를 수행하였는데, 24시간 위조의 경우에 함수량은 69% 내외로 나타났다. 특히 한밤중과 새벽의 실내 온도가 내려가고 상대습도는 증가하였는데, 이는 홍차 제다에서 적절한 함수량으로 알려진 58-62%에는 미치지 못한 것과 관계되는 것으로 생각되었다. 그러므로 적절한 함수량을 가지도록 위조하기 위해서는 선반을 이용하는 경우에도 찻잎의 두께, 위조온도, 상대습도, 공기순화 등의 조절을 통한 적극적인 위조를 수행하여야 할 것으로 생각되었다.

Table 2. Change of moisture content (%) at different withering times in plucked tea leaves

Withering time (hrs)	Yabukita	Fushun	Keumsull	Beachwisull
0	77.2±0.2 ^a ^y	77.2±0.2 ^a	78.1±0.8 ^a	77.4±0.2 ^a
6	73.4±0.6 ^{ab}	75.1±0.4 ^{ab}	75.6±1.2 ^{ab}	75.2±1.2 ^{ab}
12	73.1±0.7 ^{ab}	72.6±0.1 ^{bc}	73.8±1.4 ^{abc}	75.1±1.1 ^{ab}
18	71.7±1.0 ^{ab}	72.7±0.3 ^{bc}	70.9±1.4 ^{bc}	71.8±0.0 ^{ab}
24	68.1±1.3 ^b	70.1±1.1 ^c	67.3±1.7 ^c	68.8±2.3 ^b
30	59.7±2.0 ^c	63.6±1.4 ^d	64.0±0.4 ^d	61.5±1.5 ^c
Significance	*	*	*	*

^aMean ±SE (n=3).

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level

2. 찻잎 주요 성분 함량의 변화

찻잎 위조에 따른 총 아미노산의 함량은 Fig 2와 같다. 위조시간이 증가함에 따라 총아미노산의 함량은 증가하였으며, 그 증가 정도는 품종에 따라 다소 차이가 있었다. 야부기타의 경우 총 아미노산의 함량은 채엽 후 3.7%에서 위조 30시간 후 4.7%로 1.3배 증가하였다. 후순에서는 2.8%에서 4.2%로 1.5배 증가하였고, 금설에서는 4.5%에서 6.3%로 증가하여 1.4배, 비취설에서는 6.7%에서 8.1%로 증가하여 1.2배 각각 증가하였다. 또한 채엽 후의 총 아미노산의 함량도 품종에 따라 큰 차이를 보였는데, 비취설에서 가장 높았고, 금설, 야부기타, 후순의 순으로 높게 나타났으며, 비취설은 후순에 비해 2배 이상의 높은 수준을 나타내었다.

일반적으로 찻잎의 총 아미노산 함량은 건물중의 1-4%를 차지하는데(Juneja et al., 1999), 위조가 진행됨에 따라 총 아미노산의 함량은 증가하며, 이는 단백질의 분해가 증가하기 때문이라고 알려져 있다(Ye et al., 2018). Jabeen et al. (2019)은 총 아미노산의 함량은 위조 온도와 시간에 따라 달라지는데, 25℃ 위조에서 위조 18시간까지 증가한 후 감소하였으나, 낮은 온도에서는 위조 9시간 전후에서 증가하여 18시간까지 높게 나타난 후 감소하였다고 보고하였다. 또한 Jabeen et al.(2019)도 채엽 후 21-24시간의 위조에서 아미노산 함량은 위조 전 1.6%에서 위조 23시간까지 점차 증가하여 1.7배 증가한 2.8%로 가장 높게 나타난 후 감소하였지만, 통계적인 유의차는 없다고 보고하였다. 본 연구 결과에서는 위조 30시간까지의 총 아미노산 함량은 계속 증가하여 이전의 보고(Jabeen et al., 2019)와는 차이가 있었다. 그러므로 위조 시간에 따른 총 아미노산 함량의 증가 양상은 위조시간은 물론 품종, 위조 온도, 함수량 등 다양한 요인에 의해 달라질 수 있다고 생각되었다.

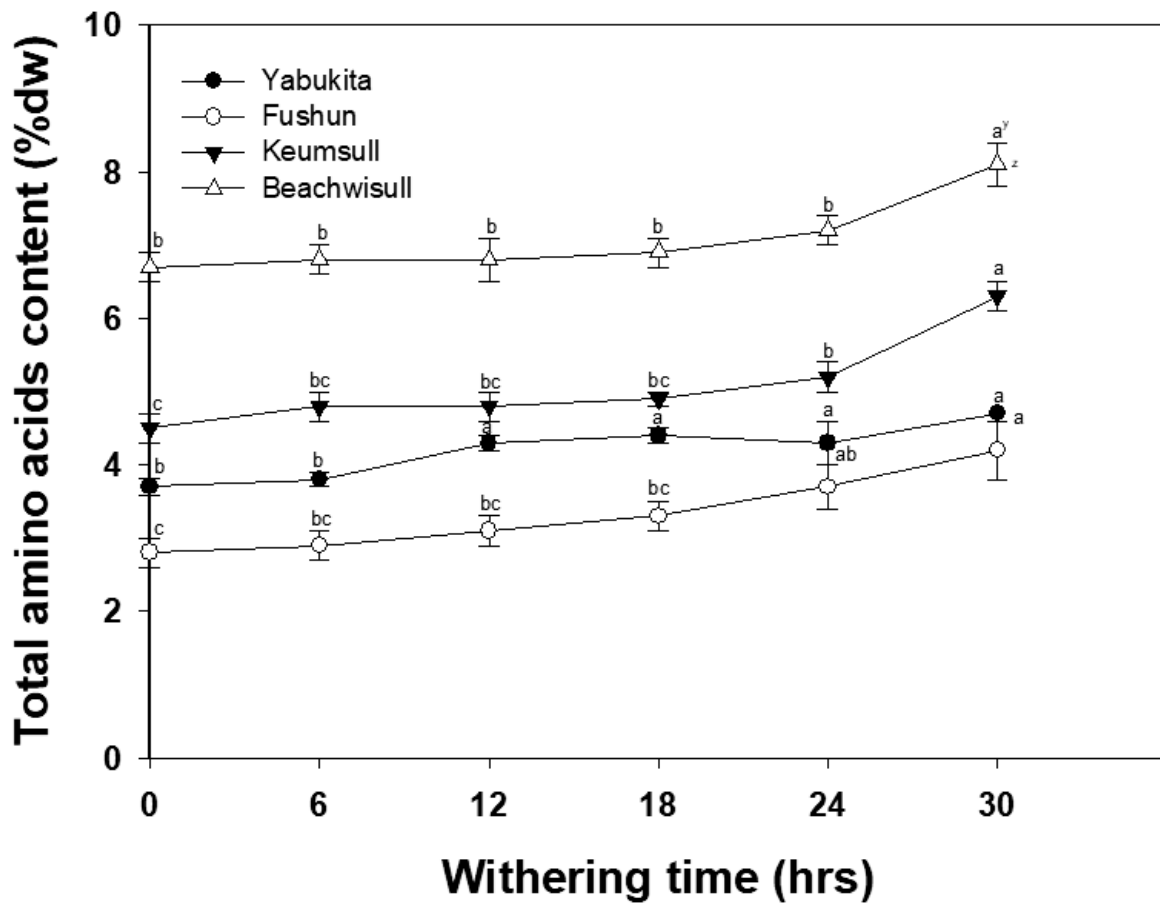


Fig 2. Change of total amino acid content at different withering time in plucked tea leaves. ^zVertical vars show SE (n=3) and ^ycolumns with same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at 5% level.

항산화 및 항암 등 다양한 질병 위험을 감소시키는 기능을 가지고 있는 것으로 알려져 있는(Khan and Mukhtar, 2007) 총 폴리페놀의 함량은 위조 시간에 따라 거의 변화하지 않은 것으로 나타났다(Table 3). 채엽 직후의 총 폴리페놀의 함량은 품종에 따라 차이가 있었는데, 금설에서 가장 낮아 14.1%를 나타냈고, 후순과 비취설에서 가장 높아 각각 18.3% 및 18.0%를 나타내었다. 이들 품종들의 채엽 후 총 폴리페놀의 함량은 위조시간이 많이 경과한 후에도 거의 변화하지 않고 유지되는 특성을 보여 주었다.

총 단백질의 함량은 위조시간에 따라 뚜렷한 변화 양상을 나타내지 않았다(Table 4). 이는 위조과정에서 아미노산 함량을 증가시키는 요인의 하나로 단백질의 감소가 이루어진다는 기존의 보고(Roberts et al., 1966; Yao et al., 2006; Chen et al., 2017; Yu et al., 2020)와 비교할 때 차이가 있었다. 찻잎의 단백질은 대부분 지용성으로 이루어져 있다고 알려져 있는데, 열수에 의한 추출이 충분히 이루어 지지 않았기 때문인지, 아니면 또 다른 원인이 있는 것인지는 분명치 않았으며, 이에 대해서는 추가적인 연구가 필요하다고 생각되었다.

찻잎의 카페인과 카테킨의 정량은 열수로 추출한 후 HPLC 로 분석하였으며, 카페인 및 8 종의 카테킨 혼합 표준용액과 추출액의 성분들의 chromatograms 은 Fig. 3 과 같다. 위조시간에 따른 카페인의 함량은 증가하였는데, 품종에 따라서도 그 정도에 차이가 있었다(Table 5). 채엽 후와 위조 30 시간 후의 카페인 함량을 비교했을 때, 야부기타 0.20%, 후순 0.17%, 금설 및 비취설 0.13%의 증가를 나타내어, 품종에 따라서 채엽 후의 카페인 함량은 물론 위조에 의한 카페인 함량의 변화 특성이 달라짐을 알 수 있었다. 찻잎의 카페인 함량은 차의 떫은맛과 쓴맛에 관여하며(Chen et al., 2010), 신초의 성숙과 재배환경에 따라서 달라지는데, 어린 잎에서 높게 나타나고, 2-3 번차 보다 1 번차에서 높게 나타난다(Owuor and Obanda, 1998; Song et al., 2011). 또한

Table 3. Change of total polyphenols content (%) at different withering times in plucked tea leaves

Withering time (hrs)	Yabukita	Fushun	Keumsull	Beachwisull
0	16.7±1.2 ^z	18.3±0.7	14.1±0.3	18.0±0.8
6	17.0±0.4	17.3±0.7	13.9±0.2	17.0±0.8
12	17.1±0.5	17.2±0.9	13.8±0.5	17.7±1.7
18	18.4±0.6	17.7±0.2	14.3±0.4	17.3±0.9
24	17.0±0.8	18.1±0.4	13.5±0.7	17.5±1.4
30	16.9±0.2	17.7±0.8	14.6±0.5	17.3±0.8
Significance	ns	ns	ns	ns

^zMean ±SE (n=3).

Table 4. Change of total protein content (mg•mL⁻¹) at different withering times in plucked tea leaves

Withering time (hrs)	Yabukita	Fushun	Keumsull	Beachwisull
0	79.50±0.99 ^z	81.71±1.22	77.03±0.39	84.89±0.90
6	83.94±0.57	78.76±1.11	77.20±0.35	85.13±1.27
12	82.78±0.52	83.89±0.03	77.57±0.63	84.23±1.15
18	80.77±0.76	84.11±0.35	78.74±0.74	84.86±1.13
24	83.81±0.29	82.91±0.28	82.06±1.06	84.53±1.74
30	84.54±0.90	86.27±0.60	79.45±0.66	82.79±1.46
Significance	ns	ns	ns	ns

^zMean ±SE (n=3).

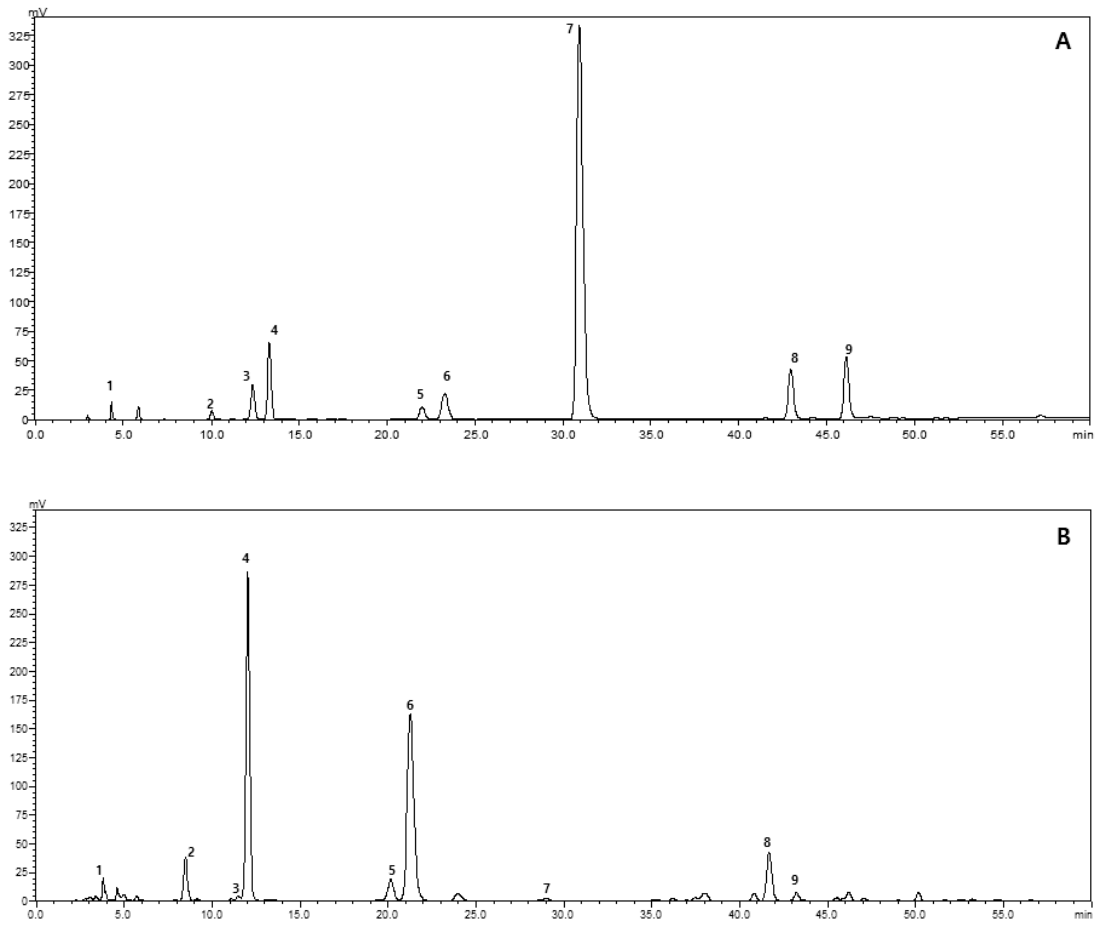


Fig 3. Representative HPLC chromatogram profiles of 8 catechins and caffeine standard (A) and distilled water extract of tea leaves (B). 1=GC, 2=EGC, 3=C, 4=Caffeine, 5=EC, 6=EGCG, 7=GCG, 8=ECG, 9=CG

Table 5. Change of caffeine content ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ dw) at different withering times in plucked tea leaves

Withering time (hrs)	Yabukita	Fushun	Keumsull	Beachwisull
0	17.25±0.53 ^z b ^y	19.88±0.16b	16.35±0.10d	17.95±0.03c
6	18.24±0.06ab	19.99±0.16ab	16.71±0.00c	18.27±0.04c
12	18.45±0.03ab	19.70±0.61b	16.81±0.04bc	18.84±0.03b
18	18.83±0.05a	20.81±0.16ab	17.06±0.06bc	19.07±0.04ab
24	19.11±0.00a	21.09±0.23ab	17.12±0.03b	19.13±0.09ab
30	19.29±0.04a	21.55±0.15a	17.66±0.09a	19.28±0.09a
Significance	*	*	*	*

^zMean ±SE (n=3).^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

위조과정에서는 아미노산의 증가 및 테오브로마인의 메틸화에 의한 합성 증가에 기인하여(Roberts et al., 1966; Olmez et al., 2010), 위조시간이 길어질수록 증가하는 것으로 알려져 있다(Owuor et al., 1986; Lin et al., 1996; Ye et al., 2018). 본 연구결과에서도 기존의 연구보고와 일치하는 경향을 나타내었다.

차잎의 위조시간에 따른 개별 카테킨 및 총 카테킨의 함량 변화는 Table 6과 Table 7에 제시하였다. 위조시간에 따른 개별 카테킨은 물론 총 카테킨의 함량에 있어서는 거의 변화가 없는 편이었다. 품종에 따라서는 약간 차이를 보였는데, 비취설에서만 위조시간에 따라 총 카테킨의 함량이 유의하게 감소하였으며, 다른 품종에서는 감소하는 경향이 분명하게 나타나지 않았다. 위조시간의 경과에 따라 총 카테킨의 함량이 감소하더라도 위조 24시간까지는 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 위조 30시간 후에 이르러서야 유의적인 차이를 나타내었다. 이는 위조시간이 경과함에 따라 카테킨의 함량이 감소한다는 기존의 보고(Tomlins and Mashingaize, 1997; Deb and Pou, 2016)와는 차이가 있었다, 차잎의 위조와 발효 과정에서 폴리페놀 산화효소의 작용으로 카테킨은 고분자의 데아플라빈과 데아루비긴으로 변환되기 때문에 감소하며, 폴리페놀 산화효소의 작용은 온도와 기질의 수화 정도에 따라 달라지기 때문에, 위조과정에서의 함수량 및 온도 등의 환경 요인들이 카테킨 함량 변화에 영향하게 된다(Tomlins and Mashingaize, 1997; Deb and Pou, 2016). 그러므로 위조과정에서의 카테킨의 함량 변화에 있어서도 보다 상세한 연구가 필요하다고 보아졌다.

카테킨의 종류에서는 EGCg의 함량이 가장 높고, 그 다음으로는 EGC, EC, GC, ECg, C, Cg 및 GCg 순으로 나타났다. 이러한 경향은 일본 녹차에서 EGCg, EGC, ECg, EC의 순으로 높게 보고한 연구(Yoshida와 Kiso, 1996)와 비교할 때 약간 차이가 있었다. 제다방법 및 추출방법에 따라서도 개별 카테킨의 함량과 조성은 달라지는 것으로 보고되고 있다(Saijo, 1981;

Table 6. Change of catechins content ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\text{ dw}$) at different withering times in the plucked leaves of Japanese tea cultivars

Cultivar	Withering time (hrs)	GC	EGC	C	EC	EGCg	GCg	ECg	Cg	Total catechins
Yabukita	0	16.5±0.89 ^a ^y	43.8±5.68	1.7±0.21	18.1±1.48	51.1±4.07	0.1±0.01	8.7±1.25b	0.1±0.07	140.0±7.02
	6	15.9±1.07a	42.8±1.56	1.6±0.19	17.8±0.34	56.3±3.15	0.1±0.01	9.0±0.90ab	0.1±0.05	143.5±4.44
	12	14.7±0.38ab	44.1±0.43	1.9±0.31	18.4±0.73	57.1±0.73	0.1±0.00	9.2±1.36ab	0.0±0.02	145.5±2.57
	18	14.8±0.48ab	45.0±0.43	2.0±0.36	18.7±0.84	58.3±0.97	0.1±0.00	9.3±1.09ab	0.1±0.01	148.1±1.92
	24	14.0±0.79ab	44.9±0.58	2.0±0.38	18.3±0.90	58.8±1.40	0.1±0.01	9.0±0.79a	0.1±0.01	147.1±2.62
	30	13.5±0.36b	42.6±0.84	2.0±0.29	17.5±0.69	56.4±0.67	0.1±0.01	8.0±0.08ab	0.1±0.00	140.1±1.96
Significance		*	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns
Fushun	0	15.4±0.22a	48.2±0.31	1.3±0.25	18.5±0.29	59.4±2.11	0.1±0.01	8.1±0.32	0.1±0.01c	150.9±2.27
	6	14.1±0.20ab	50.5±0.44	1.4±0.37	19.2±0.20	60.9±2.07	0.1±0.01	8.3±0.31	0.1±0.01c	154.4±2.26
	12	14.3±0.28ab	48.2±1.20	1.8±0.42	19.2±0.58	59.0±1.97	0.1±0.01	8.3±0.34	0.1±0.01bc	153.5±1.88
	18	13.4±0.24ab	50.1±0.58	1.4±0.35	18.9±0.35	63.2±2.50	0.1±0.02	8.7±0.42	0.2±0.06a	156.0±2.69
	24	13.7±0.31ab	47.6±0.33	1.5±0.34	18.6±0.30	58.7±3.65	0.1±0.02	8.3±0.43	0.2±0.05abc	148.7±4.15
	30	12.8±0.49a	49.5±2.75	1.6±0.49	18.0±0.33	56.8±2.54	0.1±0.01	8.4±0.42	0.2±0.03ab	147.2±1.51
Significance		*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns

^aMean ±SE (n=3).

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

GC:gallo catechin, EGC:epigallocatechin, C:catechin, EC:epicatechin, EGCg:epigallocatechin gallate, GCg:gallo catechin gallate, ECg:epicatechin gallate, Cg:catechin gallate

Table 7. Change of catechins content ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\text{ dw}$) at different withering times in the plucked leaves of Korea tea cultivars

Cultivar	Withering time (hrs)	GC	EGC	C	EC	EGCg	GCg	ECg	Cg	Total catechins
Keumsull	0	18.7±1.06 ^z	30.9±0.88	2.2±0.28	20.0±0.42	38.4±0.40ab ^y	0.1±0.01b	8.7±0.12b	0.2±0.03b	119.1±1.74
	6	18.4±1.22	30.3±0.59	2.3±0.33	20.3±0.65	39.6±0.12a	0.1±0.01a	9.0±0.10ab	0.2±0.01a	120.2±0.77
	12	18.8±1.46	29.9±0.57	2.4±0.33	20.3±0.21	39.0±0.32a	0.1±0.01ab	8.9±0.21ab	0.2±0.01a	119.5±0.90
	18	17.0±0.23	29.8±0.34	2.4±0.31	20.1±0.16	39.6±0.37a	0.1±0.00a	9.2±0.13a	0.2±0.01a	118.2±0.93
	24	15.7±0.66	29.0±0.29	2.4±0.30	19.5±0.52	37.9±0.02ab	0.0±0.01a	8.8±0.04ab	0.2±0.01a	113.4±1.27
	30	17.4±0.25	30.2±1.51	2.7±0.31	19.4±0.31	36.8±1.03b	0.0±0.00a	9.0±0.11ab	0.3±0.02a	115.7±0.82
Significance		ns	ns	ns	ns	*	*	*	*	ns
Beachwisul	0	18.0±1.30a	36.9±0.62a	1.3±0.37	22.5±0.15a	47.6±0.12a	0.0±0.00	11.3±0.04ab	0.2±0.03	137.8±0.46a
	6	17.9±0.77a	36.5±0.33a	1.3±0.39	21.9±0.41ab	48.3±0.32a	0.1±0.00	11.9±0.05a	0.2±0.01	138.0±0.30a
	12	17.3±0.28a	37.2±0.32a	1.4±0.34	22.2±0.07a	48.3±0.84a	0.1±0.00	11.5±0.31a	0.2±0.01	138.1±1.47a
	18	16.5±0.53ab	37.0±0.29a	1.4±0.36	22.0±0.09a	48.2±0.76a	0.1±0.00	11.8±0.27ab	0.2±0.01	137.1±1.76a
	24	14.6±0.42b	35.5±0.64a	1.4±0.36	21.6±0.04ab	47.0±0.67a	0.1±0.00	11.3±0.28ab	0.2±0.01	131.7±1.15b
	30	17.0±0.22a	32.1±0.55b	1.6±0.30	20.8±0.10b	41.3±0.86b	0.1±0.00	10.9±0.16b	0.2±0.02	124.0±1.33c
Significance		*	*	ns	*	*	ns	*	ns	*

^zMean ±SE (n=3).

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

GC:gallocatechin, EGC:epigallocatechin, C:catechin, EC:epicatechin, EGCg:gallocatechin gallate, GCg:epigallocatechin gallate, ECg:epicatechin gallate, Cg:catechin gallate

Nesumi and Takeda, 1997). 그러므로 본 연구에서 EGCg와 EGC를 제외한 성분들의 함량 차이의 원인에 대해서 추가적인 연구가 필요한 것으로 생각되었다. 또한 홍차의 경우 카테킨은 EGCg의 함량이 가장 높고, 그 다음으로 ECg, EC, EGC의 순으로 보고되었으며, 생엽에 비해 EGCg와 EGC의 함량은 감소하고 ECg와 EC의 함량은 증가하는 것으로 알려져 있다. 그러므로 위조과정에서의 개별 카테킨 함량의 변화(Table 6과 Table 7)를 보면, 홍차에서의 ECg와 EC의 증가는 위조과정보다는 발효과정에서의 변화와 관계가 깊은 것으로 생각되어졌다. 또한 카테킨의 함량은 품종, 일조시간 및 온도 등의 재배환경, 채엽 시기 등의 생육단계에 따라서도 달라지며(Song et al., 2011), 카테킨의 함량이 높을수록 발효차의 제다 품질이 보다 더 적합한 것으로 알려지고 있다(Kim et al., 2019). 카테킨은 항산화 및 항균, 항암 등 다양한 생리적 기능을 가지고 있으며(Dalluge and Nelson, 2000; Taylor et al., 2005; Claudia et al., 2020), 맛에서는 주로 쓰고 떫은 맛을 나타낸다고 알려져 있어, 차의 품질을 결정하는 중요한 지표 중의 하나가 되고 있다(Ye et al., 2018). 그러므로 위조과정에서의 카테킨 변화양상을 조절하는 것은 발효차 제다에서 매우 중요할 수 있다고 보아지며, 이들의 변화와 데아플라빈 및 데아루비긴 등 중합체 함량과의 관계에 대해서도 보다 더 상세히 연구가 필요하다고 생각된다.

차잎의 다양한 아미노산의 함량은 아미노산 분석기(LA8080, Hitachi, Japan)로 정량하였으며, 표준 아미노산 39종 및 추출액 성분들의 chromatograms을 Fig. 4에 나타내었다. 총 아미노산의 50% 내외를 차지하며(Graham, 1992), 아미노산 중에서는 가장 함량이 높다고 알려져 있는 데아닌을 중심으로 13종을 정량하였다. 위조과정에서 이들 아미노산 중에서는 데아닌과 아스파르트산, 아르기닌 3종만이 함량 감소를 보였고, 나머지 종류의 아미노산 함량은 증가하였다(Table 8과 Table 9). 이들 아미노산의 조성변화는 품종에 따라서도 다르게 나타났다. 데아닌의 경우 위조 전과 비교하여 야부기타에서 59.8% 수준으로 가장 많은 감소율을 나타냈고, 후순 73.5%, 금설 74.3%, 비취설 77.8% 수준이었다. 아스파르트산의 경우

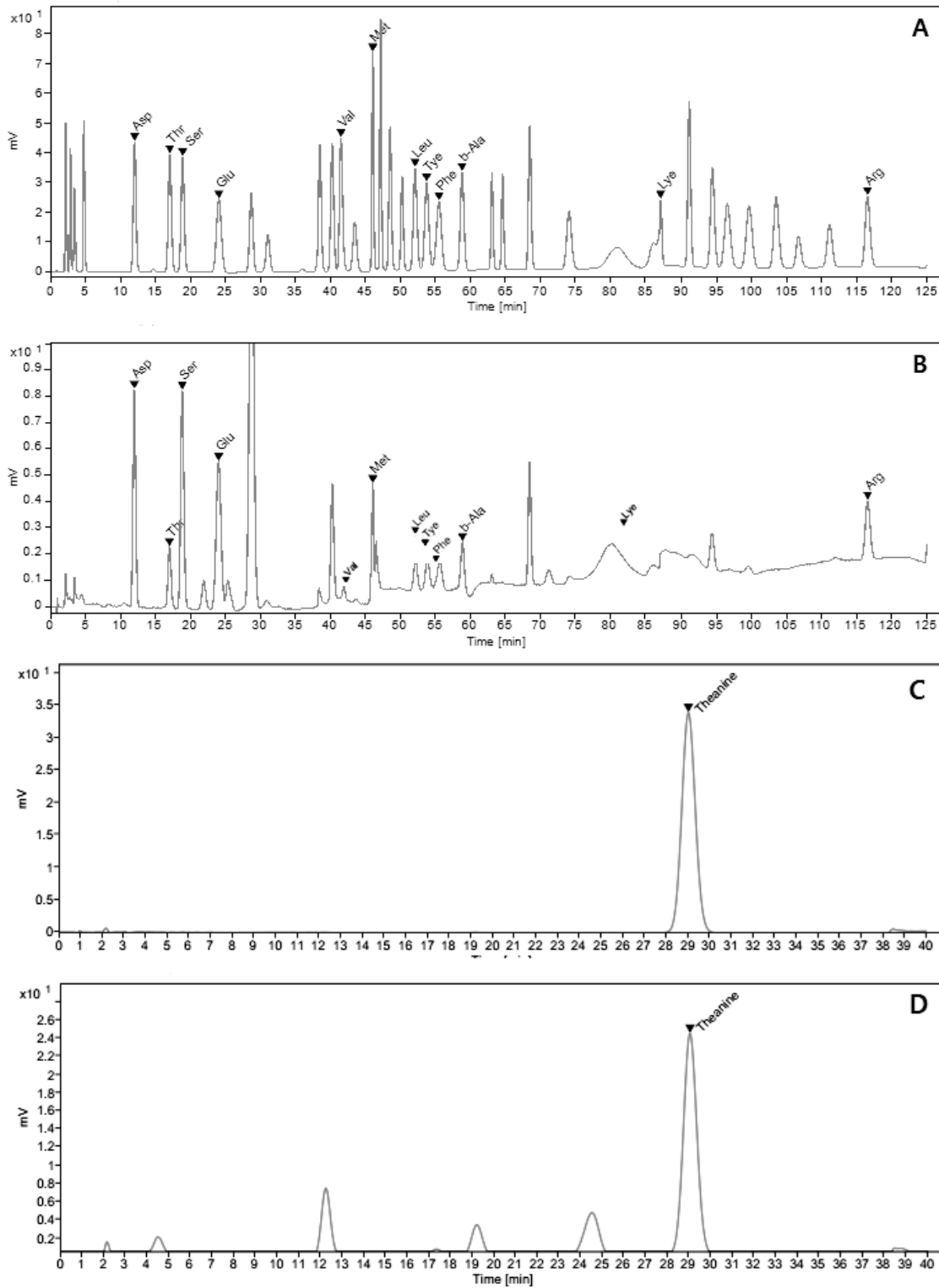


Fig 4. Chromatograms of individual amino acids and theanine standard and distilled water extract of tea leaves. Thea=Theanine, Arg=Arginine, Glu=Glutamine acid, Asp=Aspartic acid, Ser=Serine, b-Ala:β-Alanine, Val=Valine, Thr=Threonine, Lys=Lysine, Phe=Phenylalanine. A:amino acids standard, B:amino acids sample, C:theanine standard, D:theanine sample.

Table 8. Change of amino acids content ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\text{ dw}$) at different withering time in the plucked leaves of Japanese tea cultivars

Cultivar	Thea	Asp	Ser	Glu	Met	Arg	β -Ala	Val	Thr	Lys	Tyr	Leu	Phe	
Yabukita	0	19.8±0.18 ^a	5.5±0.09 ^a	3.4±0.11 ^d	3.5±0.01	3.0±0.04 ^d	1.9±0.03 ^a	1.1±0.05 ^d	1.2±0.07 ^c	0.8±0.03 ^e	0.6±0.02 ^d	0.6±0.02 ^d	0.3±0.01 ^b	
	6	17.3±0.25 ^{ab}	5.1±0.08 ^{ab}	3.8±0.06 ^c	3.7±0.02	3.2±0.04 ^{cd}	1.7±0.04 ^{ab}	1.5±0.04 ^c	1.7±0.02 ^b	1.3±0.05 ^d	0.7±0.03 ^d	0.7±0.01 ^{cd}	0.5±0.01 ^b	
	12	15.9±0.47 ^{ab}	5.0±0.03 ^{bc}	4.0±0.05 ^{bc}	3.6±0.04	3.4±0.02 ^c	1.4±0.09 ^{bc}	1.5±0.07 ^c	1.7±0.01 ^b	1.5±0.06 ^{cd}	1.2±0.09 ^c	0.7±0.01 ^{bc}	0.6±0.00 ^{bc}	0.7±0.03 ^a
	18	13.8±1.24 ^{bc}	4.9±0.04 ^{bc}	4.1±0.05 ^{bc}	4.7±1.01	3.6±0.05 ^b	1.3±0.07 ^c	1.7±0.03 ^{bc}	2.1±0.06 ^a	1.7±0.04 ^{bc}	1.5±0.09 ^{bc}	0.7±0.01 ^{bc}	0.6±0.01 ^{ab}	0.8±0.04 ^a
	24	13.5±0.93 ^{bc}	4.7±0.03 ^c	4.3±0.03 ^{ab}	3.7±0.05	3.8±0.03 ^a	1.3±0.04 ^c	1.8±0.04 ^{ab}	2.2±0.05 ^a	1.8±0.03 ^{ab}	1.6±0.06 ^{ab}	0.8±0.01 ^{ab}	0.5±0.01 ^{ab}	0.7±0.01 ^a
	30	11.9±0.53 ^c	4.2±0.06 ^d	4.6±0.07 ^a	3.7±0.01	3.9±0.05 ^a	1.2±0.02 ^c	2.0±0.04 ^a	2.2±0.05 ^a	1.9±0.04 ^a	1.9±0.06 ^a	0.8±0.02 ^a	0.6±0.01 ^a	0.8±0.02 ^a
Significance	*	*	*	ns	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
Fushun	0	14.5±0.07 ^a	4.6±0.06 ^a	3.5±0.05 ^d	3.2±0.01 ^c	3.2±0.06 ^c	1.7±0.07 ^a	1.2±0.01 ^b	1.3±0.02 ^c	0.9±0.04 ^c	0.5±0.01 ^e	0.6±0.02 ^c	0.4±0.00 ^e	
	6	13.7±0.43 ^{ab}	4.4±0.08 ^{ab}	3.6±0.05 ^d	3.3±0.01 ^c	3.2±0.02 ^c	1.5±0.14 ^{ab}	1.3±0.02 ^b	1.5±0.01 ^b	1.1±0.01 ^c	0.9±0.03 ^d	0.7±0.01 ^{bc}	0.5±0.02 ^{bc}	
	12	12.6±0.50 ^{abc}	4.4±0.12 ^{ab}	3.8±0.03 ^c	3.3±0.04 ^c	3.3±0.01 ^{bc}	1.4±0.10 ^{ab}	1.4±0.02 ^{ab}	1.5±0.03 ^b	1.4±0.03 ^b	1.2±0.04 ^{cd}	0.7±0.01 ^{ab}	0.6±0.01 ^{abc}	
	18	11.7±0.70 ^{bc}	4.2±0.05 ^{bc}	3.9±0.04 ^b	3.5±0.05 ^b	3.4±0.04 ^b	1.3±0.06 ^{ab}	1.6±0.06 ^a	1.7±0.01 ^a	1.5±0.05 ^{ab}	1.0±0.07 ^{bc}	0.7±0.02 ^a	0.5±0.02 ^{abc}	
	24	11.1±0.54 ^c	4.1±0.06 ^{bc}	4.0±0.05 ^b	3.5±0.02 ^{ab}	3.5±0.03 ^{ab}	1.2±0.04 ^b	1.6±0.05 ^a	1.7±0.02 ^a	1.6±0.05 ^a	1.2±0.01 ^b	0.7±0.01 ^a	0.6±0.01 ^{ab}	
	30	10.6±0.24 ^c	4.0±0.05 ^c	4.2±0.04 ^a	3.7±0.03 ^a	3.7±0.04 ^a	1.2±0.06 ^b	1.5±0.05 ^a	1.7±0.02 ^a	1.6±0.03 ^a	1.5±0.01 ^a	0.8±0.01 ^a	0.6±0.01 ^a	
Significance	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	

^aMean standard error (n=3).

^bMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level (n=3).

WT: Withering time, Thea: Theanine, Asp: Aspartic acid, Ser: Serine, Glu: Glutamine acid, Met: L-Methionine, Arg: Arginine, β -Ala: β -Alanine, Val: Valine, Thr: L-Threonine, Lys: Lysine, Tyr: L-Tyrosine, Leu: L-Leucine, Phe: Phenylalanine

Table 9. Change of amino acids content ($\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\text{ dw}$) at different withering times in the plucked leaves of Korean tea cultivars

Cultivar	Thea	Asp	Ser	Glu	Met	Arg	β -Ala	Val	Thr	Lys	Tyr	Leu	Phe	
Keumsull	0	16.0±1.01 ^a	4.6±0.05a	3.5±0.03c	3.0±0.04b	3.1±0.03c	1.1±0.03c	1.1±0.08b	0.8±0.02d	0.5±0.08d	0.6±0.02c	0.4±0.01b	0.4±0.02b	
	6	14.9±1.01ab	4.4±0.08ab	3.6±0.05c	3.2±0.05a	3.3±0.03bc	1.2±0.05bc	1.1±0.04b	1.1±0.05c	0.9±0.06c	0.7±0.01bc	0.5±0.02a	0.4±0.02b	
	12	13.8±0.87 ^{abc}	4.3±0.03ab	3.7±0.05bc	3.2±0.05a	3.4±0.04b	1.6±0.06ab	1.3±0.01abc	1.3±0.06ab	1.3±0.01bc	1.2±0.02b	0.7±0.01abc	0.6±0.01a	0.5±0.02ab
	18	12.5±0.53 ^{bc}	4.3±0.11ab	3.8±0.09bc	3.3±0.01a	3.6±0.05a	1.5±0.10ab	1.5±0.07ab	1.6±0.03a	1.5±0.06b	1.4±0.03b	0.7±0.02ab	0.5±0.02a	0.6±0.03a
	24	12.1±0.28c	4.2±0.05ab	4.0±0.04ab	3.3±0.02a	3.7±0.03a	1.4±0.08ab	1.5±0.11ab	1.4±0.12ab	1.8±0.05a	1.7±0.01a	0.8±0.02a	0.5±0.01a	0.6±0.04a
	30	11.9±0.70c	4.1±0.09b	4.3±0.04a	3.4±0.01a	3.7±0.02a	1.4±0.07b	1.6±0.06a	1.6±0.06a	1.8±0.04a	1.7±0.01a	0.8±0.02a	0.6±0.02a	0.6±0.03a
Significance	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
Beachwisull	0	29.0±0.95a	5.4±0.10a	3.5±0.04d	3.6±0.01b	3.3±0.02d	2.3±0.12a	1.5±0.15c	1.3±0.04c	1.2±0.09d	0.9±0.06e	0.7±0.01c	0.5±0.01b	
	6	27.3±0.57a	5.3±0.07a	3.7±0.06cd	3.6±0.01ab	3.5±0.03c	2.2±0.16ab	1.7±0.04bc	1.7±0.08c	1.3±0.06cd	1.0±0.08de	0.7±0.01bc	0.5±0.03ab	
	12	26.2±1.72ab	5.2±0.03a	3.7±0.03cd	3.7±0.02ab	3.5±0.06bc	2.1±0.04ab	1.6±0.05bc	1.8±0.13bc	1.6±0.04bcd	1.3±0.03cd	0.8±0.01abc	0.6±0.01ab	
	18	25.5±1.47ab	5.2±0.03a	3.9±0.04bc	3.6±0.06ab	3.7±0.03ab	1.9±0.04ab	1.8±0.02abc	2.3±0.06ab	1.8±0.13abc	1.6±0.06bc	0.8±0.03ab	0.5±0.01ab	
	24	24.5±1.73ab	5.2±0.07a	4.1±0.08b	3.6±0.04ab	3.7±0.02a	1.8±0.03b	2.0±0.03ab	2.4±0.17a	1.8±0.05ab	1.7±0.09ab	0.8±0.02a	0.6±0.02ab	
	30	22.5±1.66b	4.5±0.12b	4.6±0.03a	3.7±0.07a	3.8±0.03a	1.8±0.04b	2.1±0.07a	2.6±0.05a	2.1±0.05a	2.0±0.04a	0.8±0.02a	0.6±0.02a	
Significance	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	

^aMean standard error (n=3).

^bMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

WT: Withering time, Thea: Theanine, Asp: Aspartic acid, Ser: Serine, Glu: Glutamine acid, Met: L-Methionine, Arg: Arginine, β -Ala: β -Alanine, Val: Valine, Thr: L-Threonine, Lys: Lysine, Tyr: L-Tyrosine, Leu: L-Leucine, Phe: Phenylalanine

위조 전과 비교하여 야부기타에서 77.1%, 후순 85.5%, 금설 89.7%, 비취설 84.0%의 수준으로 감소하였고 아르기닌의 경우도 위조 전과 비교하여 야부기타에서 65.1%, 후순 68.9%, 금설 76.7%, 비취설 78.4%의 수준으로 감소하였다. 또한 3종의 아미노산은 모두 야부기타에서 가장 많은 감소율을 보였다.

Ye et al. (2018)은 중국 소엽종에서 가장 함량이 높은 아미노산으로는 데아닌, 글루타민산 및 아스파르트산이었으며, 위조 15시간까지의 함량 변화에서 있어서는 거의 대부분 증가하였으며, 데아닌 등 일부 아미노산은 증감이 일정하지 않은 경향을 나타내었다고 보고하였는데, 본 연구결과와는 다소 차이가 있었다. 본 연구에서는 찻잎의 위조 전 함량이 가장 높은 아미노산은 데아닌이었으며, 아스파르트산, 세린, 글루타민산 및 메티오닌의 순으로 나타났다. 위조시간에 따라서는 데아닌과 아스파르트산, 아르기닌은 지속적으로 감소하는 경향을 보였고, 다른 아미노산들은 증가하는 경향을 나타냈다. 아미노산의 함량과 조성은 품종 및 재배환경에 따라 달라질 수 있다(Suzuki, 2013; Ye et al., 2018). 또한 MA et al., (2013)은 녹차의 종류에 따라서도 아미노산의 함량과 조성을 다르게 보고하였다. 아미노산의 함량과 조성은 차의 맛을 결정하는 중요한 요인이며(Kaneko et al., 2006; Yao et al., 2006), 향기에도 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Ho et al., 2015; Chen et al., 2019). 특히 데아닌은 다른 아미노산과 달리 뿌리에서 합성되고 지상부로 이동되어 다양한 물질대사의 전구체로 작용하며(Liu et al., 2017), 찻잎의 생육단계, 온도 및 광 조건 등 재배환경에 따라 물질대사의 방향과 정도가 달라진다. 그러므로 향후 차나무의 품종, 재배환경 및 제다과정에서의 이들 아미노산의 함량과 조성에 대해 보다 상세한 추가적인 연구가 필요한 것으로 생각된다.

IV. 초록

본 연구는 찻잎의 위조과정에서 함수량 및 주요 성분들의 함량의 변화를 분석하여 발효차 제다과정의 기초자료로 활용하고자 수행하였다. 제주에서 많이 재배되고 있는 일본 품종 야부기타(Yabukita)와 후순(Fushun) 및 제주특별자치도에서 출원 등록한 금설(Keumsull)과 비취설(Beachwisull)을 이용하였으며, 1아3-4엽으로 채엽한 1번차를 대상으로 채반과 선반을 이용한 실내 자연위조 방식으로 30시간까지 위조시간을 설정하고 6시간마다 수분 및 주요 성분을 분석하였다. 찻잎의 함수량은 채엽 후 77.2-78.1% 내외이었으며, 위조시간이 경과함에 점차 감소하였으며, 위조 30시간 후 59.7-64.0% 내외가 되었다. 총 아미노산과 카페인의 함량은 각각 채엽 후 2.8-6.7% 및 1.6-2.0%에서 위조 30시간 후 4.2-8.1% 및 1.8-2.2%로 증가하였다. 개별 아미노산 분석에서는 테아닌, 아스파르트산, 아르기닌, 세린, 글루타민산, 및 메티오닌이 주요 성분으로 나타났으며 테아닌과 아스파르트산, 아르기닌은 감소하였지만 나머지 아미노산들은 유의적으로 증가하는 경향이였다. 총 폴리페놀과 단백질의 함량은 뚜렷한 변화를 보이지 않았다. 대부분의 카테킨 함량은 감소하는 경향을 보였으나, 유의성은 없었다. 본 연구결과 찻잎의 함수량을 고려할 때 실내 자연위조의 경우 24시간 내외가 요구되며, 위조과정에서 아미노산과 카페인은 민감하게 반응하여 함량 변화가 큰 편이었으나, 폴리페놀, 카테킨 및 단백질의 함량 변화는 매우 적은 편이었으며, 이들 반응의 정도에 있어서도 품종 간의 차이가 있는 것으로 나타났다.

인 용 문 헌

- Chen L, Yao MZ, Yang YJ, Yu FL** (2000) Collection, conservation, evaluation and utilization of tea (*Camellia* spp.) genetic resources in China. In JA Teixeira da Silva, ed, Floriculture, ornamental and plant biotechnology, Global Science Books, UK, pp 578-582
- Chen L, Zhou ZX** (2005) Variations of main quality components of tea genetic resources [*Camellia sinensis* (L) O. Kuntze] preserved in the China national germplasm tea repository. Plant Food Hum Nutr 60:31-35
- Chen Q, Zhao J, Guo Z, Wang X** (2010) Determination of caffeine content and main catechins contents in green tea (*Camellia sinensis* L.) using taste sensor technique and multivariate calibration. J Food Compos Anal 23:353-358
- Chen Q, Zhu Y, Dai W, Lv H, Mu B, Li P, Tan J, Ni D, Lin Z** (2019) Aroma formation and dynamic changes during white tea processing. Food Chem 274:915-924
- Chen ZM, Chen L** (2012) Delicious and healthy tea: An overview. In L Chen, Z Apostolides, ZM Chen, eds, Global Tea Breeding: Achievement, Challenges and Perspectives, Zhejiang University Press, China, pp 1-11
- Musial C, Kuban-Jankowska A, Gorska-Ponikowska M** (2020) Beneficial properties of green tea catechins. Int J Mol Sci 21:1744
- Dalluge JJ, Nelson BC** (2000) Determination of tea catechins. J Chromatogr A 881:411-424
- Deb S, Jolvis Pou KR** (2016) A Review of withering in the processing of black tea. J Biosystems Eng 41:365-372
- Graham HN** (1992) Green tea composition, consumption, and polyphenol chemistry. Prev Med 21:334-350
- Ho CT, Zheng X, Li S** (2015) Tea aroma formation. Food Sci Human Wellness 4:9-27

- Hu CJ, Li D, Ma YX, Zhang W, Lin C, Zheng XQ, Liang YR, Lu JL** (2018) Formation mechanism of the oolong tea characteristic aroma during bruising and withering treatment. *J Food Chem* 269:202-211
- Im TG, Cui Z, Park JD** (2011) Local meteorology and major ingredient changes by cultivation places and harvesting times in tea tree. *J Korean Tea Soc* 17(3):41-45
- Jabeen S, Alam S, Saleem M, Ahmad W, Bibi R, Hamid FS, Shah HU** (2019) Withering timings affect the total free amino acids and mineral contents of tea leaves during black tea manufacturing. *J Arab Chem* 12:2411-2417
- Juneja LR, Chu DC, Okubo T, Nagato Y, Yokogoshi H** (1999) L-theanine—A unique amino acid of green tea and its relaxation effect in humans. *Trends Food Sci Technol* 10:199-204
- Kaneko S, Kumazawa K, Masuda H, Henze A, Hofmann T** (2006) Molecular and sensory studies on the umami taste of Japanese green tea. *J Agric Food Chemistry* 54(7):2688-2694
- Khan N, Mukhtar H** (2007) Tea polyphenols for health promotion. *Life Sci* 81:519-533
- Kim TU, Choi SH, Hyun SK** (2019) Catechin analysis in black teas (*Camellia sinensis* L.) by region and grade of Sri Lanka. *J Korean Tea Soc* 25(4):83-86
- Lee LS, Park JD, Kim YB, Kim SH** (2016) Effect of withering time on the major phytochemical components and aroma pattern of tea. *J Korean Tea Soc* 22(4):126-130
- Liang G, Dong C, Hu B, Zhu H, Yuan H, Jiang Y, Hao G** (2018) Prediction of moisture content for congou black tea withering leaves using image features and nonlinear method. *Sci Rep-UK* 8:7854
- Liang YR, Ma JL, Lu JL, and Wu Y** (2001) Comparison of chemical compositions of *Illex latifolia* Thunb and *camellia sinensis* L. *Food Chem* 75:339-343
- Li D, Li CY, Hu CJ, Yang YS, Lin C, Zhao D, Li QS, Ye JH, Zheng XQ, Liang YR, Lu JL** (2020) Study on the accumulation mechanism of amino acids during bruising and withering treatment of oolong tea. *J Agric Food Chem* 68:14071–14080

- Lin YL, Juan IM, Chen YL, Liang YC, Lin JK** (1996) Composition of polyphenols in fresh tea leaves and associations of their oxygen-radical-absorbing capacity with antiproliferative actions in fibroblast cells. *J Agric Food Chem* 44:1387-1394
- Liu ZW, Wu ZJ, Li H, Wang YX, Zhuang J** (2017) L-theanine content and related gene expression: novel insights into theanine biosynthesis and hydrolysis among different tea plant (*Camellia sinensis* L.) tissues and cultivars. *Front Plant Sci* 498(8):1-10
- Ma LI, Liu YI, Cao D, Gong ZM, Jin XF** (2018) Quality constituents of high amino acid content tea cultivars with various leaf colors. *Turk j Agric For* 42:383-392
- Moon DG, Lee SJ, Kwon YH, Kang SY, Lee SM** (2020) Changes of the amino acid and catechins contents of 'Kemsull' and 'Yabukita' tea cultivars with different harvesting seasons and developmental stages in the temperature gradient plastic film tunnel under 30% shading. *J Korean Tea Soc* 26(3):27-38
- Nesumi A, Takeda Y** (1997) Effect of tea processing on catechin content in tea leaves. *Rep Kyushu Br Crop Sci Soc* 63:65-68
- Olmez H, Yilmaz A** (2010) Changes in chemical constituents and polyphenol oxidase activity of tea leaves with shoot maturity and cold storage. *J Food Process Pres* 34:653-665
- Owuor PO, Chavanji AB** (1986) Caffeine content of clonal tea; seasonal variations and effect of plucking standards under Kenyan conditions. *Food Chem* 20:225-233.
- Owuor PO, Obanda M** (1998) The changes in black tea quality due to variations of plucking standard and fermentation time. *Food Chem* 61:435-441.
- Roberts GR, Sanderson GW** (1966) Changes undergone by free amino-acids during the manufacture of black tea. *J Sci Food Agric* 17:182-188
- Saijo R** (1981) Changes of catechin contents in tea leaves during development. *Tea Technol Res* 61:28-30

- Sharma P, Ghosh A, Tudu B, Bhuyan LP, Tamuly P, Bhattacharyya N, Bandyopadhyay R, Das U** (2015) A quartz crystal microbalance sensor for detection of geraniol in black tea. *IEEE Sensor J* 15:1178-1185
- Song IK, Kim YD, Kim BC, Kang SG, Song KJ** (2012) Characteristics of tea shoot quality in yearly variation at different harvesting seasons and growth stages in Jeju. *J Korean Tea Soc* 18(2):60-68
- Song IK, Oh EU, Kim BC, Kim KS, Yoon JH, Kim CS, Song KJ** (2011) Changes in quality characteristics of different cultivars at different tea seasons and shoot growth stages in Jeju. *J Korean Tea Soc* 17(1):41-47
- Song R, Kelman D, Johns KL, Wright AD** (2012) Correlation between leaf age, shade levels, and characteristic beneficial natural constituents of tea (*Camellia sinensis*) grown in Hawaii. *Food Chem* 133:707-714
- Srey T, Yi K, Oh EU, Song IK, Kim BC, Lu JL, Lee MS, Song KJ** (2014) Comparison of major component contents in black teas manufactured from Korea and foreign countries. *J Korean Tea Soc* 20(1):57-62
- Suzuki M** (2013) Chemical components and their content of tea. *In* A Morita, Y Nakamura, M Suzuki, S Masuta, O Sumikawa, eds, *Function and science of tea*, Asakura Publishing, Japan, pp 98-108
- Taylor PW, Hamilton-Miller JMT and Stapleton PD** (2005) Antimicrobial properties of green tea catechins. *Food Sci Technol Bull* 2: 71–81.
- Tomlins KI, Mashingaidze A** (1997) Influence of withering, including leaf handling, on the manufacturing and quality of black teas a review. *Food Chem* 60:573-580
- Yao L, Liu X, Jiang Y, Caffin N, D'Arcy B, Singanusong R, Datta N, Xu Y** (2006) Compositional analysis of teas from Australian supermarkets. *Food Chem* 94:115-122
- Ye Y, Yan J Y, Cui J, Mao S, Li M, Liao X, Tong H** (2018) Dynamic changes in amino acids, catechins, caffeine and gallic acid in green tea during withering. *J Food Compost Anal* 66:98-108
- Yoshida Y, Kiso M** (1996) Alternations in chemical constituents of tea shoot during its development. *Tea Res J* 83:9-16

Yu X, Li Y, He C, Zhou J, Chen Y, Yu Z, Wang P, Ni D (2020) Nonvolatile metabolism in postharvest tea (*Camellia sinensis* L.) leaves: Effects of different withering treatments on nonvolatile metabolites, gene expression levels, and enzyme activity. *Food Chem* 327:126992

감사의 글

부족했던 차의 이·화학적 분야에 길라잡이가 되어 주시고 실험이라는 세계를 통해 차의 과학에 새롭고 넓은 시야를 갖게 해 주신 지도교수 송관정 교수님의 아낌없는 배려와 세심한 가르침에 두 손 모아 감사의 마음을 전합니다. 이를 통해 차의 세계관을 좀 더 넓은 시선으로 이해하며 인문학적 접근을 기본으로 과학적, 논리적으로 논고할 수 있도록 더욱 더 정진하겠습니다. 또한, 부족한 논문을 심사해 주시는 번거로움을 기꺼이 감수해 주신 조영열교수님과 한상현교수님, 그리고 식물의 생리와 통계를 지도해 주신 강훈 교수님께도 감사의 마음을 전합니다. 본 연구에 필요한 찾임을 제공해 주신 제주특별자치도 농업기술원 농산물원종장 이성문 연구사님과 윤정희 선생님 그리고 시간을 배려해 실험, 분석, 자료 정리를 도와준 오은의 박사님을 비롯해 LAP 학우들께도 감사의 마음을 전합니다.

오늘의 석사학위 과정을 무사히 마칠 수 있게 응원해 주시고 용기를 주신 매형 김관수, 누나 미향, 제수 김원형, 동생 병돈, 매제 김선민, 막내 미혜와 조카 형욱·세미 부부, 석민·유리부부, 정목·지수 부부, 연지, 태완, 현우, 기완, 민서, 그리고 조카손주 동희와 서윤에게도 사랑하고 고맙다는 말 전합니다. 그리고 먼저 하늘나라로 가신 아버님과 저를 낳아주시고 키워 주시고 돌봐주시고 걱정해 주신 사랑하는 어머니님 김행순 여사님께 이 논문을 바칩니다. 부디 건강하셔서 오래도록 저희들 곁에 머물 수 있기를 기원합니다.

마지막으로 이 모든 일들을 무사히 마칠 수 있도록 사랑으로 지켜봐 주신 하나님 아버지께 찬양과 경배를 올려 드립니다. 이번 논문을 통해 얻게 된 지식을 바탕으로 차연구에 더욱 매진하여 차산업과 차문화에 조금이나마 도움이 될 수 있도록 노력하겠습니다.