

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**TÜRK ÇAYINDAN ÜRETİLEN FARKLI OKSİDASYON DERECELERİNE
SAHİP OOLONG ÇAYLARIN BAZI FİZİKSEL, KİMYASAL VE DUYUSAL
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

Gülsüm ÖZ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEMMUZ 2021

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**TÜRK ÇAYINDAN ÜRETİLEN FARKLI OKSİDASYON DERECELERİNE
SAHİP OOLONG ÇAYLARIN BAZI FİZİKSEL, KİMYASAL VE DUYUSAL
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

Gülsüm ÖZ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEMMUZ 2021

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TÜRK ÇAYINDAN ÜRETİLEN FARKLI OKSİDASYON DERECELERİNE
SAHİP OOLONG ÇAYLARIN BAZI FİZİKSEL, KİMYASAL VE DUYUSAL
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

**Gülsüm ÖZ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

Bu tez TÜBİTAK tarafından 217O072 nolu proje ile desteklenmiştir.

TEMMUZ 2021

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TÜRK ÇAYINDAN ÜRETİLEN FARKLI OKSİDASYON DERECELERİNE
SAHİP OOLONG ÇAYLARIN BAZI FİZİKSEL, KİMYASAL VE DUYUSAL
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Gülsüm ÖZ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

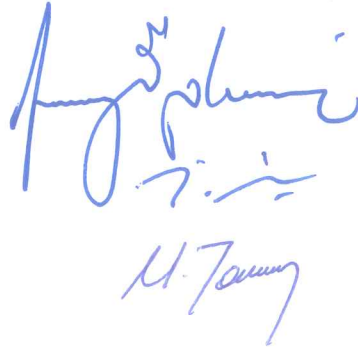
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 06/07/2021 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / ~~Oyçokluğu~~ ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Feramuz ÖZDEMİR (Danışman)

Prof. Dr. İhsan Güngör ŞAT

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet TORUN



ÖZET

TÜRK ÇAYINDAN ÜRETİLEN FARKLI OKSİDASYON DERECELERİNE SAHİP OOLONG ÇAYLARIN BAZI FİZİKSEL, KİMYASAL VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Gülsüm ÖZ

Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Feramuz ÖZDEMİR

Temmuz 2021; 91 sayfa

Çay hoşça giden lezzeti yanında içerdiği biyoaktif maddelerden ileri gelen sağlığa faydalı etkileri nedeniyle de ilgi duyulan bir içecek olmuştur. Çayın gerek lezzet üzerindeki etkili bileşenleri gerekse de fonksiyonel bileşenleri birçok faktöre bağlı olarak değişmekte olup, bu değişikliğin oluşmasındaki temel etmen ise üretimindeki işlem farklılıklarıdır. Siyah ve yeşil çaydan sonra kendine has renk, tat ve aroma özellikleriyle oolong çay tüm dünyada tanınmaya başlamış ve tüketicilerin artan ilgisi araştırmacıların da dikkatini çekmiş olup oolong çay üzerine yapılan çalışmaların son yıllarda hızla arttığı görülmüştür. Dünyada çay üretiminde ve tüketiminde önemli bir konumda bulunan ülkemizde ise daha çok siyah çay üretilmekte olup, yeşil çay ve beyaz çay üretimlerinin yapıldığı da bilinmektedir. Bu tez kapsamında Türk çaycılığındaki gelişmeler yakından takip edilerek Türk çayından oolong çay üretilmesi ve üretilen çayların bazı fiziksel, kimyasal ve duyuşsal özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Araştırma kapsamında kullanılan yaş çay ürünü 2019 yılının 1. Sürgün döneminde Atatürk Çay ve Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü (Rize) bahçesinde bulunan Ali Rıza ERTEN klonundan hasat edilmiş ve bu çaylar enstitü bünyesinde bulunan pilot ölçekli tesiste yeşil, oolong ve siyah çaya işlenmiştir. Oolong çaylar 5 farklı oksidasyon derecesine sahip olacak şekilde iki farklı yöntem uygulanarak üretilmiştir. Elde edilen çaylarda nem ve su aktivitesi, toplam kül ve suda çözünen kül, su ekstraktı, toplam fenolik madde ve toplam flavonoid madde, toplam antioksidan aktivite (DPPH ve ABTS yöntemleri kullanılarak), polifenolik madde kompozisyonu (C, CG, GC, GCG, EC, ECG, EGC, EGCG, TF, TF33'DG), gallik asit ve kafein, renk (L^* , a^* , b^* , ton açısı, doyunluk), theaflavin, thearubigin ve theabrownin analizleri yapılmıştır. Ayrıca örneklerde, uçucu bileşen analizi ve duyuşsal analiz gerçekleştirilmiştir. Çay çeşitlerinin (yeşil, 10 farklı oolong ve siyah çay) belirlenen özellikleri birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

Yapılan çalışmada çay çeşidinin nem miktarı, su aktivitesi ve suda çözünen kül miktarı, su ekstraktı, toplam fenolik madde miktarı, toplam antioksidan aktivite (DPPH ve ABTS) değerleri üzerinde ve TKM, C, CG, GC, EC, ECG, EGC ve EGCG, GA, K, TF ve TF33'DG, L^* , a^* , b^* , ton açısı, doyunluk, TF, TR, TB değerleri üzerinde $P<0.001$ seviyesinde, toplam kül, toplam flavonoid madde miktarı üzerinde $P<0.01$ önem seviyesinde etkili olduğu belirlenmiştir. Çay çeşitlerinin toplam fenolik madde miktarları 8.81-15.40 g/GAE 100 g KM, toplam flavonoid madde miktarları 2.49-3.53 g KE/100 g KM, ABTS değerleri 8.97-20.38 mM TEAC/g KM, DPPH değerleri 16.55-

33.09 g TEAA/100 g KM, L* değeri 20.81-68.99, a* değeri 11.03-43.08, b* değeri 35.59-84.93, ton açısı değeri 39.56- 82.62, doğunluk değeri 52.38-85.65 arasında değişim göstermiştir. ay çeşitlerinin tamamında EGCG en yüksek miktarda (0.93-6.48 g/100 g KM) bulunan kateşin olarak dikkat çekmiştir. rneklede diğer kateşinlerden EGC 0.69-5.88, ECG 0.52-1.54, C 0.79-1.00, EC 0.53-1.57, CG 0.47-0.51, GC 0.44-0.70, GCG 0.37-0.69, GA 0.5.-0.63, K 2.67-3.37, TF 0.48- 0.67 ve TF33'DG 0.35-1.13 g/100 g KM olarak tespit edilmiştir. Analiz edilen bu üç çeşit ayda, TF %0.20-0.84 arasında, TR %4.47-7.29 arasında ve TB %4.61-9.30 arasında değişim göstermiştir. Yeşil, oolong ve siyah çay çeşitlerinin tamamında majör uçucu bileşen olarak hekzanal; furan, 2-pentil; 6-metil-5-hepten-2-on; 3,5-oktadien-2-on; (E,E) -2,4-heptadienal; heptanal tespit edilmiştir. Duyusal analiz sonuçlarına göre iki farklı yöntem uygulanarak üretilen farklı oksidasyon derecelerine sahip oolong çay çeşitlerinin; kuru çayın görünüşü, burukluk, dolgunluk, demin aroması ve toplam beğeni üzerinde istatistiki olarak önemli bir farklılık tespit edilememekle birlikte, en yüksek toplam beğeni değerini 79.26 puan ile 1. yöntem ile üretilen 1. ve 3. eşit oolong aylar (O1.1 ve O1.3) almıştır, yani kısa ve orta süreli fermente olmuş ve ortodoks kıvrıma ile şekil verilmiş kısmen yeşil çaya yakın özellikler taşıyan oolong çaylar daha fazla beğenilmiştir.

ANAHTAR KELİMELEER: Fermentasyon derecesi, Oolong ay, Siyah ay, Türk ayı, Yeşil ay.

JÜRİ: Prof. Dr. Feramuz ÖZDEMİR

Prof. Dr. İhsan Güngör şAT

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet TORUN

ABSTRACT

DETERMINATION OF SOME PHYSICAL, CHEMICAL AND SENSORY PROPERTIES OF OOLONG TEAS HAVE DIFFERENT DEGREE OF OXIDATION PRODUCED FROM TURKISH TEA

Gülsüm ÖZ

MSc Thesis in Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Feramuz ÖZDEMİR

July 2021; 91 pages

In addition to its pleasing taste, tea has become a popular beverage due to its beneficial effects on health since it contains bioactive substances. Both the effective components on the flavour and the functional components of tea change depending on many factors, and the main factor in the formation of this change is the process differences in its production. After black and green tea, oolong tea has started to be recognized all over the world with its unique colour, taste and aroma properties, and the increasing interest of consumers has also attracted the attention of researchers and it has been seen that studies on oolong tea have increased rapidly in recent years. In our country, which has an important position in the production and consumption of tea in the world, mostly black tea is produced, and it is known that green tea and white tea are also produced. Within the scope of this thesis, it is aimed to produce oolong tea from Turkish tea by closely following the developments in Turkish tea and to determine some physical, chemical and sensory properties of the teas produced.

The fresh tea product used within the scope of the research was harvested from the Ali Rıza ERTEN clone in the garden of Atatürk Tea and Horticultural Research Institute (Rize) in the 1st shooting period of 2019 and these teas were processed into green, oolong and black tea in the pilot scale facility within the institute. Oolong teas are produced by applying two different methods to have 5 different oxidation degrees. Moisture and water activity, total ash and water-soluble ash, water extract, total phenolic substance and total flavonoid substance, total antioxidant activity (using DPPH and ABTS methods), polyphenolic composition (C, CG, GC, GCG, EC, ECG, EGC, EGCG, TF, TF33'DG), gallic acid and caffeine, color analysis (L^* , a^* , b^* , hue angle, chroma), theaflavin, thearubigin and theabrownin were analyzed. In addition, volatile component analysis and sensory analysis were performed in the samples. The determined characteristics of tea varieties (green, 10 different oolong and black tea) were compared with each other.

In the study, moisture content, water activity and water-soluble ash content, water extract, total phenolic substance content, total antioxidant activity (DPPH and ABTS) values of the tea variety and TKM, C, CG, GC, EC, ECG, EGC and EGCG, $P < 0.001$ effect on GA, K, TF and TF33'DG, L^* , a^* , b^* , hue angle, chroma, TF, TR, TB values at $P < 0.001$ level, on total ash, total flavonoid substance amount at $P < 0.01$ significance level has been determined. Total phenolic content of tea varieties 8.81-15.40 g/GAE 100 g DW, total flavonoid content 2.49-3.53 g KE/100 g DW, ABTS values 8.97-20.38

mM TEAC/g DW, DPPH values 16.55-33.09 g TEAA/100 g DW, L* value 20.81-68.99, a* value 11.03-43.08, b* value 35.59-84.93, tone angle value 39.56-82.62, chroma value 52.38-85.65. EGCG was noted as the catechin with the highest amount (0.93-6.48 g/100 g DW) in all tea varieties. Examples of other catechins are EGC 0.69-5.88, ECG 0.52-1.54, C 0.79-1.00, EC 0.53-1.57, CG 0.47-0.51, GC 0.44-0.70, GCG 0.37-0.69, GA 0.5.-0.63, K 2.67-3.37, TF 0.48-0.67 and TF33'DG were determined as 0.35-1.13 g/100 g DW. In these three types of tea analysed, TF varied between 0.20-0.84%, TR between 4.47-7.29% and TB between 4.61-9.30%. Hexanal as the major volatile component in all green, oolong and black tea varieties; furan, 2-pentyl; 6-methyl-5-hepten-2-one; 3,5-octadiene-2-one; (E,E)-2,4-heptadienal; heptanal was detected. According to the results of sensory analysis, oolong tea varieties with different oxidation degrees produced by applying two different methods; although no statistically significant difference could be detected on the appearance, astringency, fullness, brew flavour and total appreciation of the dry tea, the highest total appreciation value was 79.26 points, with the 1st and 3rd kinds of oolong teas (O1.1 and O1.3), that is, oolong teas that have been fermented for a short and medium time and shaped with orthodox curling and have partially close properties to green tea have been more appreciated.

KEYWORDS: Black tea, Fermentation degree, Green tea, Oolong tea, Turkish Tea.

COMMITTEE: Prof. Dr. Feramuz ÖZDEMİR

Prof. Dr. İhsan Güngör ŞAT

Asst. Prof. Dr. Mehmet TORUN

ÖNSÖZ

Günlük hayatımızın vazgeçilmez bir parçası olan çayın, bahçeden bardağa gelene kadar geçirdiği tüm aşamalara bizzat şahit olarak, hali hazırda üretimi gerçekleştirilen siyah ve yeşil çayın yanında ülkemizde pek fazla bilinmeyen oolong çay üretimi konusunda çalışma fırsatına sahip olduğum için kendimi şanslı hissederek çalışmamı büyük bir keyifle tamamlamaya çalıştım. İlgilenenlere faydalı olması umuduyla...

Bu konuda çalışma fırsatı veren, çalışmalarımın tüm aşamalarında desteğini her zaman hissettiğim değerli hocam Sayın Prof. Dr. Feramuz ÖZDEMİR' e çok teşekkür ederim. Çay üretimlerinin gerçekleştirilmesi sırasında sağladıkları kolaylıklardan dolayı Çaykur Genel Müdür Yardımcısı Sayın Dr. Turgay TURNA ve Atatürk Çay ve Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitü Müdür Yardımcısı Ziraat Mühendisi Sayın Ayhan HAZNEDAR'a teşekkür ederim. Zaman ayırarak teze katkıda bulunan jüri üyelerim Prof. Dr. İhsan Güngör ŞAT ve Dr. Öğr. Üyesi Mehmet TORUN hocalarıma teşekkür ederim. Çalışmamı maddi olarak destekleyen TÜBİTAK'a teşekkür ederim.

Gıda Mühendisliği Bölümündeki tüm hocalarıma ve aynı ortamı paylaştığımız güler yüzlü çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim. Tez çalışmam sırasında her an içtenlikle yanımda olan, kendisinden çok şey öğrendiğim, benden bilgi ve tecrübesini esirgemeyen, desteğini her zaman hissettiğim, doktora öğrencisi Gıda Yük. Mühendisi Sinem SALMAN'a çok teşekkür ederim. Aramızda mesafeler olsa da kalpleri benle birlikte atan, moral ve motivasyon kaynaklarım olan her koşulda yanımda olduklarını hissettiren dostlarıma teşekkür ederim.

Hayatları boyunca her zaman yanımda olan, maddi ve manevi destekleriyle bugünlere ulaşmamı sağlayan aileme çok teşekkür ederim.

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Türk Çayından Üretilen Farklı Oksidasyon Derecelerine Sahip Oolong Çayların Bazı Fiziksel, Kimyasal ve Duyusal Özelliklerinin Belirlenmesi” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

06/07/2021

Gülsüm ÖZ

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ	v
AKADEMİK BEYAN	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI	3
3. MATERYAL VE METOT	14
3.1. Materyal	14
3.2. Metot	14
3.2.1.Çayların üretim yöntemleri.....	14
3.2.2.Nem miktarı ve su aktivitesi	18
3.2.3.Toplam kül ve suda çözünen kül miktarı.....	18
3.2.4.Su ekstraktı	19
3.2.5.Çayların ekstraksiyonu	19
3.2.6.Toplam fenolik madde miktarı	19
3.2.7.Toplam flavonoid madde miktarı	19
3.2.8.Toplam antioksidan aktivite	20
3.2.9.Polifenolik madde kompozisyonu ve kafein miktarının belirlenmesi	20
3.2.10.Renk analizi	21
3.2.11.Theaflavin (TF), thearubigin (TR) ve theabrownin (TB) analizi.....	21
3.2.12.Uçucu bileşen analizi	22
3.2.13.Duyusal analiz	23
3.2.14.İstatistiksel analiz.....	24
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	25
4.1. Nem Miktarı ve Su Aktivitesi Analiz Sonuçları	25
4.2. Toplam Kül ve Suda Çözünen Kül Miktarı Analiz Sonuçları	28
4.3. Su Ekstraktı Analiz Sonuçları	30
4.4. Toplam Fenolik Madde Miktarı Sonuçları.....	33
4.5. Toplam Flavonoid Madde Miktarı Analiz Sonuçları	37

4.6. Toplam Antioksidan Aktivite Analiz Sonuçları.....	40
4.7. Polifenolik Madde Kompozisyonu ve Kafein Miktarı Analizi Sonuçları.....	43
4.8. Renk Analizi Sonuçları	52
4.9. Theaflavin, Thearubigin ve Theabrownin Analizi Sonuçları.....	55
4.10.Uçucu Bileşen Analizi.....	58
4.11.Duyusal Analiz Sonuçları.....	70
5. SONUÇLAR	74
6. KAYNAKLAR.....	77
7. EKLER	85
ÖZGEÇMİŞ	

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

μL	: Mikrolitre
μm	: Mikrometre
μM	: Mikromolar
cm	: Santimetre
d/dk	: Devir/dakika
dk	: Dakika
g	: Gram
kg	: Kilogram
L	: Litre
M	: Molar
N	: Normal
nm	: Nanometre
mg	: Miligram
mL	: Mililitre
mm	: Milimetre
mM	: Milimolar
$^{\circ}\text{C}$: Santigrat derece
rpm	: Dakikada devir sayısı
R^2	: Regresyon katsayısı
s	: Saniye
sa	: Saat
%	: Yüzde

*Tezde ondalık ayırıcı olarak nokta (.) kullanılmıştır.

Kısaltmalar

ABTS	: 2,2'-azino-bis-3-etilbenzotiyazolin-6-sülfonik asit
C	: (+)-Kateşin
CG	: (-)-Kateşin gallat
DPPH	: 2,2-Difenil-1-pikrilhidrazil
EC	: (-)-Epikateşin
ECG	: (-)-Epikateşin gallat
EGCG	: (-)-Epigallokateşin gallat
F	: F değeri
GA	: (-)-Gallik asit
GAE	: (-)-Gallokateşin gallat
GC	: (-)-Gallokateşin
GCG	: (-)-Gallokateşin gallat
GC-MS	: Gaz Kromatografisi-Kütle spektrofotometresi
HPLC	: Yüksek performanslı sıvı kromatografisi
K	: Kafein
KE	: Kateşin eşdeğeri
KM	: Kurumadde
KO	: Kareler ortalaması
M.Ö.	: Milattan önce
RI	: Alıkonma indeksi
RT	: Alıkonma süresi
SAS	: Statistical Analysis Software
SD	: Serbestlik derecesi
TB	: Theabrownin
t.e.	: Tespit edilemedi

TEAA : Troloks eşdeğeri antioksidan aktivite
TEAC : Troloks eşdeğeri antioksidan kapasite
TKM : Toplam kateşin miktarı
TF : Theaflavin
TF33'DG : Theaflavin 3,3'-digallat
TR : Thearubigin
vd. : ve diğerleri

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Farklı çay çeşitlerinin temel üretim aşamaları.....	5
Şekil 2.2. Farklı siyah çay üretim yöntemleri	7
Şekil 2.3. Polifenollerin sınıflandırılması	10
Şekil 2.4. Kateşinlerin yapıları.....	11
Şekil 2.5. Enzimatik dönüşüm ürünleri (A: Theaflavinler; R ₁ =R ₂ =H: theaflavin (TF), R ₁ =galloyl, R ₂ =H: theaflavin-3-gallat, R ₁ =H, R ₂ =galloyl: theaflavin3'-gallat, R ₁ = R ₂ =galloyl: theaflavin-3,3'- digallat, B: theasitrin, C: theanaptokinon, D: theasinensis)	12
Şekil 3.1. Çayların üretimi işlem aşamaları ve muhafazası; a) soldurma; b) buharlı ısıtma işlemi; c) ortodoks kıvrırma; d) 1. döner tamburlu kıvrırmalı kurutma; e) 2. döner tamburlu kıvrırmalı kurutma; f) son kıvrırmalı kurutma; g) fermentasyon; h) son kurutma; ı) muhafaza.....	15
Şekil 3.2. Çayların üretim akış şeması.....	17
Şekil 4.1. Çay çeşitlerinin uçucu bileşenlerine ait hiyerarşik kümeleme analizi sonuçları	67
Şekil 4.2. Çay çeşitlerinin uçucu bileşenlerine ait temel bileşen analizi	68

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Başlıca çay üreten ülkeler.....	4
Çizelge 2.2. Taze çay yaprağının içeriği.....	9
Çizelge 3.1. Kateşin ve kafein analizi HPLC şartları	21
Çizelge 3.2. GC-MS analiz şartları	23
Çizelge 3.3. Duyusal analiz formu.....	24
Çizelge 4.1. Çay çeşitlerine ait nem miktarı (%) ve su aktivitesi değerleri.....	25
Çizelge 4.2. Çay çeşitlerinin nem miktarı ve su aktivitesi değerlerine ait varyans analizi sonuçları	25
Çizelge 4.3. Çay çeşitlerinin nem miktarı ve su aktivitesi değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	27
Çizelge 4.4. Çay çeşitlerine ait toplam kül (%) ve suda çözünen kül (%) değerleri	28
Çizelge 4.5. Çay çeşitlerinin toplam kül ve suda çözünen kül değerlerine ait varyans analizi sonuçları	28
Çizelge 4.6. Çay çeşitlerinin toplam kül ve suda çözünen kül değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	29
Çizelge 4.7. Çay çeşitlerine ait su ekstraktı (%) değerleri.....	31
Çizelge 4.8. Çay çeşitlerinin su ekstraktı değerlerine ait varyans analizi sonuçları	31
Çizelge 4.9. Çay çeşitlerinin su ekstraktı değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	32
Çizelge 4.10. Çay çeşitlerine ait fenolik madde miktarı değerleri.....	34
Çizelge 4.11. Çay çeşitlerinin toplam fenolik madde miktarı değerlerine ait varyans analizi sonuçları	34
Çizelge 4.12. Çay çeşitlerinin toplam fenolik madde miktarı değerleri ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	35
Çizelge 4.13. Çay çeşitlerine ait flavonoid madde miktarı değerleri.....	37
Çizelge 4.14. Çay çeşitlerinin toplam flavonoid madde miktarı değerlerine ait varyans analizi sonuçları	37
Çizelge 4.15. Çay çeşitlerinin toplam flavonoid madde miktarı değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	38

Çizelge 4.16. Çay çeşitlerine ait antioksidan aktivite değerleri.....	40
Çizelge 4.17. Çay çeşitlerinin ABTS ve DPPH değerlerine ait varyans analiz sonuçları	40
Çizelge 4.18. Çay çeşitlerinin antioksidan aktivite değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	41
Çizelge 4.19. Çay çeşitlerine ait TKM, C, CG, GC, GCG, EC, ECG, EGC ve EGCG (g/100 g KM) değerleri	44
Çizelge 4.20. Çay çeşitlerine ait GA, K, TF ve TF33'DG (g/100 g KM) değerleri	45
Çizelge 4.21. Çay çeşitlerinin TKM, C, CG, GC, GCG, EC, ECG, EGC ve EGCG, GA, K, TF ve TF33'DG değerlerine ait varyans analizi sonuçları	46
Çizelge 4.22. Çay çeşitlerinin TKM, C, CG, GC, GCG, EC, EC, ECG, EGC ve EGCG değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	47
Çizelge 4.23. Çay çeşitlerinin GA, K TF ve TF33'DG değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	48
Çizelge 4.24. Çay çeşitlerine ait L [*] , a [*] , b [*] , ton açısı ve doygunluk değerleri.....	52
Çizelge 4.25. Çay çeşitlerinin L [*] , a [*] , b [*] , ton açısı ve doygunluk değerlerine ait varyans analizi sonuçları	53
Çizelge 4.26. Çay çeşitlerinin L [*] , a [*] , b [*] , ton açısı ve doygunluk değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	53
Çizelge 4.27. Çay çeşitlerinin TF, TR ve TB değerleri	55
Çizelge 4.28. Çay çeşitlerinin TF, TR ve TB değerlerine ait varyans analizi sonuçları	55
Çizelge 4.29. Çay çeşitlerinin TF, TR ve TB değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	56
Çizelge 4.30. Çay örneklerinin (YÇ, O1.1, O1.2, O1.3, O1.4, O1.5) uçucu bileşenleri (% Alan)	59
Çizelge 4.31. Çay çeşitlerinin (O2.1, O2.2, O2.3, O2.4, O2.5 ve SÇ) uçucu bileşenleri (% Alan)	63
Çizelge 4.32. Çay çeşitlerine ait duyuusal analiz değerleri	71
Çizelge 4.33. Çay çeşitlerinin duyuusal analiz değerlerine ait varyans analizi sonuçları	71
Çizelge 4.34. Çay çeşitlerinin duyuusal analiz değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	72

1. GİRİŞ

Çay, *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze bitkisinin genç sürgün ve yapraklarından üretilen ve dünyada en çok tüketilen içeceklerden birisidir. Bu bitkiden siyah başta olmak üzere yeşil, oolong, beyaz, sarı ve pu-erh gibi renkleri, lezzetleri ve fonksiyonel özellikleri birbirlerinden farklı çaylar üretilebilmektedir. Hepsi aynı türün (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) taze sürgün ve yapraklarından üretilmekle birlikte aralarındaki en önemli farklılık üretim sürecinden kaynaklanmaktadır (Yi vd. 2015). Her ne kadar birçok farklı tipi olsa da çay çeşitleri genellikle yeşil çay (fermente edilmemiş), oolong çay (yarı fermente edilmiş) ve siyah çay (fermente edilmiş) olmak üzere üçe ayrılmaktadır (Sang vd. 2011). Çay terminolojisinde yaygın olarak kullanılan fermentasyon kavramı mikroorganizmaların söz konusu olduğu bir değişim değildir. Çay terminolojisindeki fermentasyon aslında, enzimatik esmerleşme reaksiyonlarını kasteden oksidasyon kavramı yerine kullanılmıştır ve hala kullanılmaktadır.

Dünyada 40'tan fazla ülkede tarımı yapılan çay bitkisinin yaklaşık %78'i siyah çaya, %20'si yeşil çaya ve %2'si ise oolong çaya işlenmektedir. Hasat edilen çay filizlerinin, ani yüksek ısı işlem (genellikle buhar uygulaması) sonrası kıvrılması ve kurutulmasıyla elde edilen yeşil çay daha çok Japonya, Çin ve diğer Asya ülkelerinde yaygın olarak üretilmekte ve tüketilmektedir (Graham 1992). Siyah çay, hasat edilen çay filizlerinin soldurma, kıvrırma, oksidasyon, kurutma ve sınıflandırma işlemlerine tabi tutulmasıyla elde edilmekte ve başta Güneydoğu Asya, Afrika ve Avrupa ülkeleri olmak üzere tüm dünya genelinde yaygın olarak tüketilmektedir (Özdemir 1992).

Asya ülkelerinde özellikle Çin ve Tayvan'da yaygın olarak üretilen ve tüketilen oolong çay, kendine özgü üstün ve farklı özellikleri ile dünya çapında giderek daha fazla tüketicinin ilgisini çekmektedir. Dünyadaki oolong çayın üretimi ve tüketimi son on yılda artmış ve Çin'de oolong çay üretimi 2000 ile 2007 yılları arasında yaklaşık iki katına çıkmıştır (Chen vd. 2010). Oolong çayın antioksidan, antikanserojen, antiobezite, antidiyabetik, antialerjik, antimikrobiyal, antihiperlipidemik etkiler yanında kalp ve damar hastalıkları ile hipertansiyonu önlemesi gibi sağlığa faydalı etkilerinin olması sebebiyle popülaritesi gittikçe artmaktadır (Chen vd. 2010; Ng vd. 2018; Zhang vd. 2019a).

Oolong çay dünyada giderek daha popüler hale gelmesine rağmen, yeşil ve siyah çaylarda bulunan etken maddelerle yapılan çalışmalarla kıyasla farklı oolong çayların infüzyonları hakkında yeterli sayıda araştırmanın olmadığı görülmektedir. Bunun nedeni üretiminin ve tüketiminin belirli ülkelerle sınırlı kalmasıdır. Üretim sırasındaki uygulamalara ve koşullara bağlı olarak oolong çayın kalite özellikleri farklılıklar göstermektedir. Çayda bulunan ve çayın tat, lezzet, içim özelliklerini etkileyen kateşin, gallik asit ve kafein içeriği ve oksidasyon ürünü fenolik bileşikler, işlenen çay yapraklarının kalitesine ve işleme sırasındaki oksidasyon derecesine bağlı olarak değişmektedir (Zuo vd. 2002).

Türkiye'de üretilen çayların büyük çoğunluğu siyah çaya işlenmekte, bunun yanı sıra az miktarda da yeşil çay, beyaz çay, yeşil çay pudrası gibi ürünler üretilmektedir. Ülkemizde üretilmeyen dolayısı ile çok fazla bilinmeyen bir çay çeşidi olan oolong çay hem fermente olmuş siyah çayın hem de fermente olmamış yeşil çayın bazı özelliklerini bir arada bulunduran bir çay çeşididir. Sağlığa faydalı pek çok etkisinin yanında siyah

çay ve yeşil çay arasındaki tadı ve rengi nedeniyle de oolong çay ilgi çekmektedir. Bu tez projesi kapsamında oolong çayın ülkemizde bilimsel bir proje çerçevesinde üretilmesi amaçlanmış, farklı seviyelerde fermente edilmiş farklı özellikler taşıyan oolong çay üretilerek Türk damak zevkine göre hangi özellikleri taşıyan oolong çayların tercih edildiği belirlenmeye çalışılmıştır.

Bu tez kapsamında ÇAYKUR'a bağlı Atatürk Çay ve Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsünde bulunan pilot tesiste 2019 yılının 1. sürgün döneminde hasat edilen yaş çay yaprakları iki farklı yöntem uygulanarak 5 farklı oksidasyon derecesinde toplam 10 farklı oolong çaya işlenmiştir. Belirlenen koşullarda üretilen oolong çaylar ile kıyaslanabilmesi için aynı sürgün döneminde aynı hammaddeden siyah ve yeşil çay üretimleri de gerçekleştirilmiştir. Üretilen çayların kalite özellikleri yapılan bazı fiziksel, kimyasal, duyu analizi sonuçlarına göre karşılaştırılmış ve üretilen oolong çayların tamamı pek çok kimyasal özellik açısından farklı olmasına rağmen panelistlerce beğenilmiştir.

2. KAYNAK TARAMASI

Çay, yapraklarını dökmeyen çalı formundaki *Camellia sinensis* bitkisinin genç sürgün ve taze yapraklarının farklı şekillerde işlenmesi ve kaynatılmış su ile demlenmesi sonucu elde edilen, dünyada sudan sonra en çok tüketilen içecektir (Saberî 2010).

Çin mitolojisine göre çay M.Ö. 2737 yılında Çin imparatoru Shen Nung tarafından bir gezi sırasında ormanlık alanda su kaynatılan kaba kuru çay yapraklarının düşmesiyle oluşan kahverengi suyun insanda dinçlik ve zindelik oluşturduğunu gözlemlemesiyle keşfedilmiştir (Harbowy vd. 1997; Kaçar 2010). Tarihsel açıdan bakıldığında Çin’de ilk olarak ilaç amaçlı tüketilmeye başlanan çay M.S. 5. yüzyılın sonunda Türk tüccarlar tarafından batıya doğru, 6. yüzyılın başlarında Japonya’ya taşınmış ve Çin’de 6. yüzyıl sonlarında ferahlatıcı bir içecek halini almıştır. 17. yüzyıl başlarında Hollandalılar çayı Avrupa’ya ve Amerika’ya taşımışlar, ortalarında İngiltere’de içilmeye başlanmış ve bu başlangıçtan sonra İngilizler çayın yaygınlaşmasında önemli rol oynamıştır. 17. yüzyıl sonlarında Çin Rusya arasında çay ticareti başlamıştır. 17. yüzyılda Kuzeydoğu Hindistan ormanların da benzer yabancı çay bitkisinin keşfedilmesiyle Hindistan ve Seylan’da üretilmeye başlanarak popüler bir içecek haline gelmiştir (Willson ve Clifford 2012).

1600’lü yıllardan itibaren ülkemizde bilinen ve tüketilen çayın yetiştirilmeye başlanması amacıyla 1888 yılında Japonya’dan çay tohumları getirilerek Bursa’da belli bölgelere dikilmiş ancak ekolojik koşulların uygun olmaması nedeniyle girişimler başarılı olamamıştır. Yapılan araştırmalar sonucu 1924 yılında Rusya’dan getirilen çay tohumları Doğu Karadeniz bölgesinde yetiştirilmeye başlanmıştır (Seyis vd. 2019). Çalışmalar sonunda 1938 yılında hasat edilen 135 kg yaş çay işlenerek yaklaşık 30 kg siyah çay üretimi gerçekleştirilmiştir (Özdemir 1992). Ülkemizde çayın üretimi diğer üretici ülkelere göre daha geç başlamış olsa da kısa sürede gelişme göstererek önemli seviyeye ulaşmıştır.

Çay bitkisi, türe özgü farklılığa bakılmaksızın botanik olarak *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze olarak adlandırılmaktadır (Willson ve Clifford 2012). Morfolojik özelliklerine göre Çin çayı (*C. sinensis* var. *sinensis*), Assam çayı (*C. sinensis* var. *assamica*) ve Kamboçya çayı (*C. sinensis* var. *cambodiensis*) olmak üzere üç varyetede sınıflandırılmaktadır. Günümüzde oldukça heterojen şekilde var olan çay çeşitleri bu üç türün serbestçe melezleşmesiyle ortaya çıkmıştır (Sabhaponit vd. 2012). Dünya çapında bilinen ve ticari olarak üretilen iki ana tür ise Çin çayı ve Assam çayıdır (Graham 1992). Çin çayı yaygın olarak Çin, Japonya ve Tayvan’da yetiştirilmekte; soğuğa, hastalıklara ve kuraklığa karşı daha dayanıklı olarak bilinmektedir. Daha yüksek fenolik madde içeriğine ve enzim aktivitesine sahip olan assam çayı ise Güney ve Güneydoğu Asya ile Avustralya da yetiştirilmektedir (Chan vd. 2007; Kaçar 2010; Engelhardt 2013). Ülkemizde yetiştirilen çaylar ise Çin çayının hakim olduğu melezlerden oluşmaktadır (Tüfekci ve Güner 1997).

Doğal haline bırakıldığında ağaç formuna ulaşabilen, yapraklarını dökmeyen, çok yıllık bir bitki olan *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze, kuzey yarım kürede 42. enlem derecesinden, güney yarım kürede 27. enlem derecesi arasında kalan tropikal ve subtropikal bölgelerde; yüksek nemli, ılıman iklime sahip, asidik topraklarda yetişebilmektedir. Ülkemizde ise Doğu Karadeniz Bölgesinde, Gürcistan sınırından

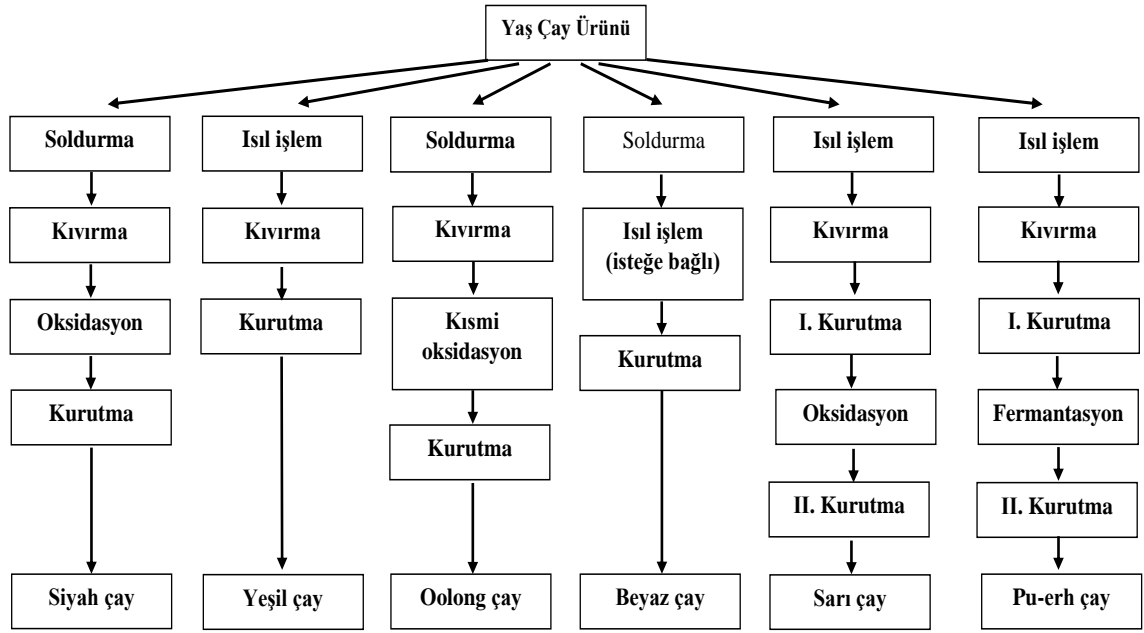
başlayan ve batıda Fatsa'ya kadar uzanan sahil şeridinde, kıyından yer yer 30 km derinlikte ve 1000 m yüksekliğe kadar ulaşan bir alan içerisinde ekonomik olarak yetiştiriciliği yapılmaktadır (Kasapoğlu 2021).

Dünyada çay üretiminin %87'si Asya kıtasında, %11.5'i Afrika kıtasında, %1.4'ü Amerika kıtasında ve geri kalan %0.1'lik kısım ise Okyanusya kıtasında bulunmak üzere 40'tan fazla ülkede yapılmaktadır. 2019 yılı FAO istatistiki verilerine göre, Dünya'da üretilen çay miktarı 6.497.443 tondur ve ülkemiz 84.880 ha alanda, 261.000 ton çay üretimiyle Çin, Hindistan, Kenya, Sri Lanka ve Vietnam'ın ardından 6. sırada yer almaktadır (Çizelge 2.1) (Anonymous 1).

Çizelge 2.1. Başlıca çay üreten ülkeler (Anonymous 1)

Ülkeler	Kuru çay üretim miktarı (Ton)
Çin	2 777 200
Hindistan	1 390 080
Kenya	458 850
Sri Lanka	300 120
Vietnam	269 281
Türkiye	261 000
Endonezya	137 803
Myanmar	132 494
İran	90 832
Bangladeş	90 685
Diğer	589 098
Toplam	6 497 443

Camellia sinensis'in yapraklarından farklı üretim yöntemleri kullanılarak 300'den fazla farklı çay üretilmektedir. İşlenmiş kuru çaylar üretim sürecine göre fermente olmamış (yeşil çay), yarı fermente olmuş (oolong çay) ve tam fermente olmuş (siyah çay) çaylar olmak üzere 3 temel gruba ayrılmaktadır. Bunların dışında beyaz çay, post fermente çaylar (sarı çay ve pu-erh çay) da özellikle Çin ve bu bölgedeki diğer bazı ülkelerde üretilmektedir (Sang vd. 2011; Engelhardt 2013) (Şekil 2.1). Dünya'da üretilen çayın yaklaşık %78'ini siyah çay, %20'sini yeşil çay %2'den azını ise oolong çay oluşturmaktadır (Katiyar ve Mukhtar 1996).



Şekil 2.1. Farklı çay çeşitlerinin temel üretim aşamaları (Salman ve Özdemir 2018)

Şekil 2.1’de görüldüğü üzere çay üretimi, üretilmek istenen çay çeşidine göre; ısıtma işlemi, soldurma, kıvrma, oksidasyon ve kurutma gibi farklı üretim aşamalarını içerebilmektedir. Acı tadı ve çimenimsi kokusu olan yeşil çay yaprağından aromatik ve lezzetli bir çay üretilmesi bir takım biyokimyasal işlemlere dayanmaktadır. Üretilen çayın çeşidi işleme yöntemine göre değişmekte iken çayın kalitesi işleme yöntemi yanında kullanılan çay yaprağının çeşidine ve yetiştirme koşullarına dolayısı ile de taze yaprağın bileşimine bağlıdır (Bokuchava vd. 1980; Graham 1992).

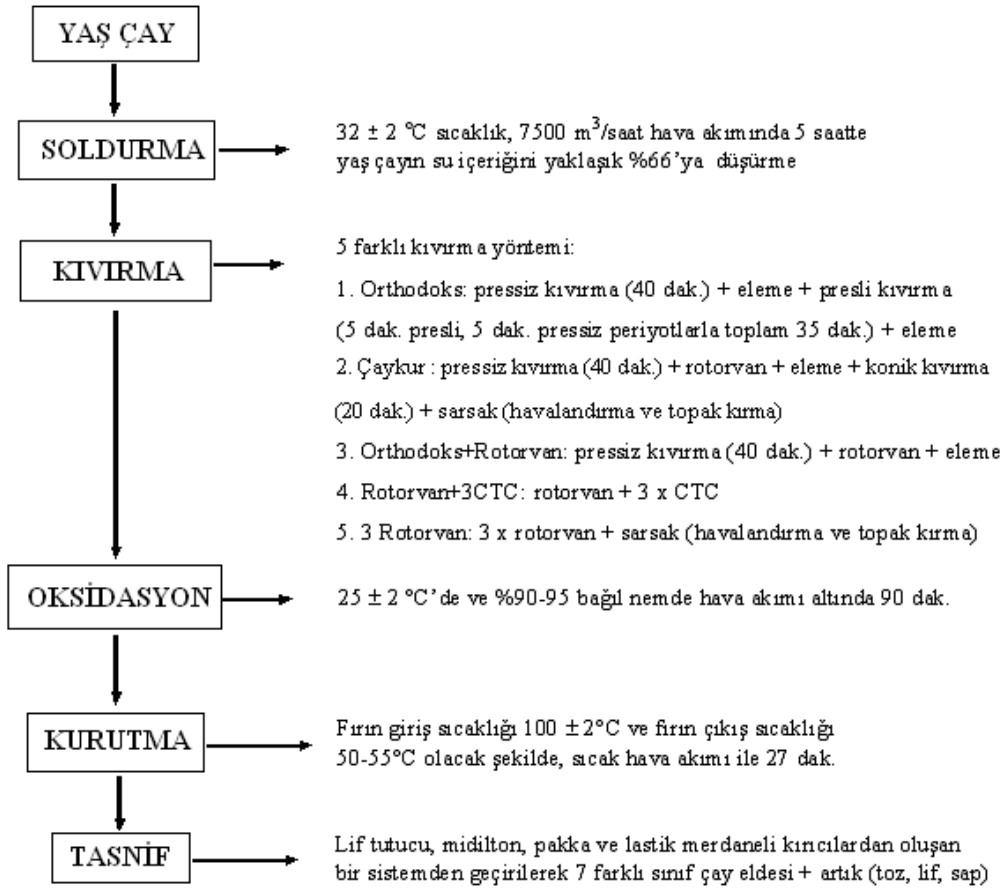
Beyaz ve sarı çay ve pu-erh çay Çin’e özgü az bilinen çaylardır. Ancak her birisi kendine özgü tadı, aroması ve sağlık üzerine olası faydalarından dolayı dünyada giderek tanınmaya başlamıştır. Beyaz çay Çin’de *Camellia Sinensis*’in sadece tomurcukları diğer üretici ülkelerde ise tomurcuk ve ilk taze yaprak birlikte kullanılarak minimal bir üretim prosesi uygulanarak üretilmektedir (Hilal ve Engelhardt 2007). En az bilinen sarı çay, üretimi sırasında “sealed yellowing” adı verilen işlem aşamasından dolayı diğer çaylardan ayrılmaktadır (Xu vd. 2018). Pu-erh çay ise mikrobiyal fermentasyon içermesi sebebiyle diğer çaylardan ayrılmakta, üretimi özellikle Çin ve Japonya ile sınırlı kalmakla beraber son yıllarda dikkatleri üzerine çekmeye başlamış bir çay çeşididir (Zheng vd. 2015).

Yeşil çay, fermente olmayan yani yaş çay yaprağında bulunan fenolik bileşiklerin oksidasyona uğramasına izin verilmeden üretilen çay çeşididir. Japonya, Çin ve Kuzey Afrika’nın bazı bölgelerinde geleneksel olarak tüketilmekte olan yeşil çayın, son zamanlarda sağlığa olan faydalarının öğrenilmesiyle beraber tüm dünyada tüketimi artmaya başlamış, bazı ülkelerde toplam çay tüketiminin %20’sine ulaşmıştır (Balentine vd. 1997; Engelhardt 2013).

Yeşil çay üretimi için genellikle daha düşük kateşin ve kafein ve daha fazla aminoasit içeriğine sahip olan Çin hibritleri kullanılmaktadır (Gulati vd. 2003). Yeşil çay üretimi hasat edilen çay filizlerine ısı işlem uygulanarak enzimlerin inaktive edilmesi, kıvrılması ve kurutulması gibi işlem aşamalarını içermektedir. Kıvrırma ve kurutma işlemleri genellikle iki ya da üç kez tekrar edilebilmektedir. Her aşamadaki kurutma hızı ve nem içeriği üretilen çayın yapısı, rengi, tadı, aroması ve dem rengi açısından kalitesini önemli ölçüde etkilemektedir (Mizukami vd. 2006). Enzimlerin inaktivasyon yöntemine bağlı olarak Çin usulü (kuru sıcak hava-pan firing) ve Japon usulü (buhar-steaming) olmak üzere iki farklı yeşil çay üretim yöntemi bulunmaktadır (Bokuchava vd. 1980). Ülkemizde de 2004 yılında ticari olarak üretimine başlanan yeşil çayın enzim inaktivasyonu buhar uygulaması yöntemiyle gerçekleştirilmekte, 100-110°C sıcaklıkta 1-3 dk süre ile buhar uygulanarak yaş yaprakta bulunan enzimler inaktif hale getirilmektedir. Enzim inaktivasyonundan sonra sıcaklık 20-25°C'ye düşürülerek yaprakların yüzeyinde kalan suyun uzaklaşması ve soğutulması sağlanmaktadır. Bu aşamada yaş çay yaprakların durumuna göre; çok taze ve körpe olduğu dönemlerde Kıvrırma esaslı üretim diğer dönemlerde ise CTC esaslı üretim (yaş çay yaprakları sırasıyla rotarvan ve CTC makinalarından geçirilerek) olmak üzere iki farklı yöntem kullanılabilir. Her iki yöntemin devamında 60-65°C sıcaklıkta 15-20 dk süre ile kısmi bir kurutma işlemi gerçekleştirilmektedir, böylece şekil vermek amacıyla 40-45 dk süren birinci kıvrırma işlemi sırasında yaprak özsuyunun kaybı önlenmektedir. Birinci kıvrırma işlemi sonrasında oluşan çay topraklarının ayrılmasını sağlamak ve havalandırmak amacıyla eleme işlemi gerçekleştirilmektedir. Bu işlemin ardından 60-90 dk süreyle 100-120°C sıcaklıkta son şekillendirme ve kurutma amacıyla kıvrırma ve kurutma işlemi uygulanarak yeşil çay elde edilmektedir (Kaçar 2010).

Siyah çay, taze çay yaprağında bulunan kateşinlerin polifenol oksidaz enzimiyle okside edilmesi sağlanarak üretilen tamamen okside olmuş ve tüm dünyada en çok tüketimi olan çay çeşididir (Balentine vd. 1997).

Siyah çay üretiminde, genel olarak soldurma, kıvrırma, oksidasyon, kurutma ve sınıflandırma gibi işlem basamakları bulunmaktadır (Özdemir 1992). Bu işleme yöntemlerinden başlıca dört tanesi Ortodoks, CTC (crushing/tearing/curling), Rotorvan ve LTP (Lawrie tea processing) olarak adlandırılmaktadır. Birbirleriyle kombine hale getirilebilen bu yöntemler arasındaki temel farklılık kıvrırma aşamasından kaynaklanmaktadır. Dünyada siyah çay üretiminde genel olarak Ortodoks kıvrırma metodu kullanılmakla beraber son yıllarda CTC yöntemi de hızla yaygınlaşmaktadır. Ülkemizde ise Rotorvan ve Ortodoks sistemin bir araya getirilmesiyle oluşturulan Çaykur metodunun kullanımı son yıllarda artış göstermiştir (Sari ve Velioglu 2013; Özdemir vd. 2018).



Şekil 2.2. Farklı siyah çay üretim yöntemleri (Özdemir 1992)

Soldurma, yaş çay yaprağında genel olarak %75-80 arasında bulunan su içeriğini %62-64 seviyelerine düşürmek için uygulanan işlemdir. İstenilen nem içeriğine ulaşabilmek için doğal soldurma veya yapay soldurma yöntemi kullanılabilir. Yaş çayın çeşidine, yaprakların niteliğine, uygulanan soldurma yönteminin koşullarına göre değişmekle birlikte genellikle 35 °C'yi geçmeyen hava sıcaklığında 6-8 saat süren soldurma işlemi kaliteli siyah çay üretmek için yeterli olmaktadır. Soldurma işlemi sonrasında yapraklardaki nem içeriği azaltılarak, hücre özsuyu konsantre hale gelmekte, hücre duvarlarının geçirgenliği artarak yapraklar kırılmak için uygun fiziksel yapıya ulaşmaktadır. Soldurma işlemi, siyah çay üretiminde sonraki aşama olan kıvrım işleminin etkinliğinde önemli rol oynamaktadır. Kıvrım işleminde temel amaç hücre özsuyunun yapraklardan sızarak tekrar yaprak yüzeyine yapışmasını sağlamaktır. Kıvrım işlemi farklı şekillerde yapılabilmektedir (Şekil 2.2). Yaprakların hücre yapısının parçalanmasıyla hücre duvarındaki enzimler hava ile temas ederek oksidasyonun (fermentasyon) başlamasını sağlar. Oksidasyon aşaması siyah çay üretiminde en önemli işlem olarak kabul edilir. Soldurma aşamasında başlayan biyokimyasal değişimler, kıvrım aşamasında devam eder, oksidasyon aşamasında nihai sonucuna ulaşır. Oksidasyon süresi yaş çay kalitesine, ortamın sıcaklığına ve oksijen konsantrasyonuna, uygulanmış olan kıvrım yöntemine göre değişebilmektedir. Üretilen çayın kalitesini belirleyen tat ve aroma oluşumu bu aşamada gerçekleşmektedir. Kurutma işlemi çay yapraklarındaki oksidasyon işlemine son vermek ve son ürünün

nem içeriğini %3-5'e düşürerek üretilen çayı stabil hale getirebilmek için uygulanan son aşamadır. Kurutma işleminden sonra çaylar liflerinden arındırılmaktadır ve partikül boyutlarına göre sınıflandırılarak paketlenmektedir (Bokuchava vd. 1980; Özdemir 1992; Özdemir vd. 1999; Kaçar 2010).

Oolong çay, geleneksel bir Çin çayı olup, kendine özgü üretim yöntemiyle işlenen, yarı fermente bir çay çeşidi olarak bilinmektedir. Ancak yarı fermentasyon kavramı, yeşil ve siyah çay arasında bulunacak şekilde hafif, orta ve fazla olarak sınıflandırılarak geniş bir aralığı kapsamaktadır. Bazı oolong çaylar yeşil çaya bazı oolong çaylar ise siyah çaya yakın özellikler gösterebilmektedir (Engelhardt 2020).

Oolong çayın Çince isminin nereden geldiği ile ilgili Ng vd. (2018) tarafından bildirilen yaygın inanılışa göre; bir avcı ve çay yetiştiricisi olan Wu Long tarafından kazara bulunarak, adını almıştır. Wu Long bir gün çay toplarken bir geyik fark eder, topladığı çayları öylece bırakarak geyiği avlamak için peşine düşer. Geri döndüğünde toplamış olduğu çayların çoktan okside olmaya başladığını görür. Ancak çayların boşa gitmesini istemediği için çayın üretimini gerçekleştirir. Şaşırtıcı biçimde, daha önce tattığı hiçbir çaya benzemeyen yumuşak ve aromatik bir çay üretmiştir. Çok geçmeden Wu Long'un çayı il genelinde tanınmaya ve Wu Long'un çayı eş seslisi olan oolong çay olarak anılmaya başlanmıştır.

Oolong çay ilk olarak erken Song hanedanlığında üretilmiş (960-1279), Ming hanedanlığı döneminde (1368-1644) ise yaygınlaşmaya başlamıştır. Günümüzde Çin'de kuzey ve güney Fujian Eyaleti, Guangdong Eyaleti ve Tayvan eyaleti olmak üzere dört farklı bölgede, Hindistan, Nepal, Tayland, Vietnam ve Endonezya gibi bazı Güneydoğu Asya ülkelerinde de üretilmektedir (Chen vd. 2010; Ng vd. 2018).

Oolong çay üretimi yeşil ve siyah çay arasında bulunacak şekilde çok çeşitli oksidasyon derecelerinde üretilebilmekte, istenilen seviyede okside olan oolong çay üretimi için derin bir bilgi birikimi ve tecrübe gerekmektedir (Chen vd. 2010). Ng vd. (2018) Çin'de en yaygın olarak üretilen altı oolong çay çeşidini Tie Guan Yin, Da Hong Pao, Phoenix Dan Cong Tea, Dongfang Meiren, Pou Chong Oolong ve Dong Ding olarak sıralamış, çay çeşitlerinin oksidasyon derecesinin % 10 ile %90 arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Ayrıca kendine has olgun meyve ve bal aromasıyla dikkat çeken, yeşil yaprak zararlısı (*Jacobiasca formosana*)'nın istila ettiği çay yapraklarından üretilen "Oriental Beauty" adında diğer ünlü bir oolong çay çeşidi bulunmaktadır (Cho vd. 2007). Üretilen oolong çaylar uzun süre depolandıkları zaman havadan nem çekme eğiliminde olduğu için belli aralıklarla özel olarak kurutma işlemi uygulanmaktadır. Bu depolama ve kurutma işlemlerinin 5 yıldan fazla sürmesi durumunda elde edilen çay "old (yaşlı, eski) oolong çay" olarak tanımlanmaktadır (Lee vd. 2008). Oolong çayların bu şekilde depolanması ile tadının geliştiği ve sağlığa olan yararlı etkilerinin arttığı belirtilmiştir (Chen vd. 2013).

Oolong çay üretimi genel olarak güneşte soldurma, kapalı alanda soldurma, oksidasyon, ısı işlem, kıvrırma ve kurutma işlem basamaklarını içermektedir. Hasat edilen çay yaprakları direkt güneş altında veya hava üfleli kurutucuda 10-60 dk süreyle soldurma işlemine tabi tutulmaktadır. Soldurma işlemi yapraklarda nem miktarını azaltmak ve yaprakların yumuşamasını sağlamak amacıyla yapılmaktadır. Soldurma sırasında yapraklardaki proteinlerin parçalanmasıyla serbest amino asitler ve

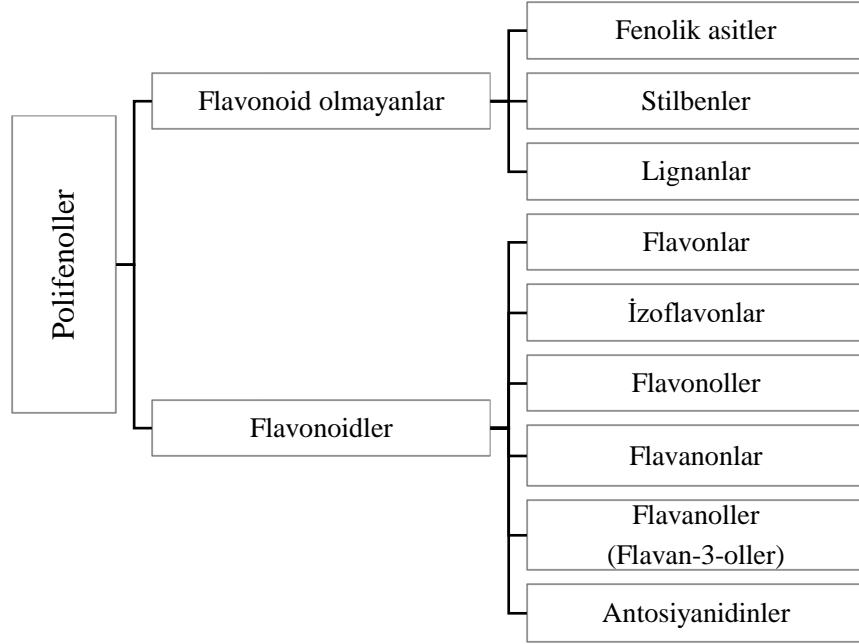
kafein miktarı artmaktadır. Soldurulan yapraklar gölge bir alanda 1-3 saat süreyle soğumaya bırakılmakta, soğuyan yapraklara 10-30 dk süreyle kıvrırma ve savurma işlemi uygulanmaktadır. Bu işlem istenilen oksidasyon derecesine kadar 5'er kez dönüşümlü olarak tekrar edilmektedir. Bu işlem sırasında sadece yaprak uçlarının okside olması sağlanmakta, yaprak uçları kırmızı-kahverengi renge döndüğünde, ısı işlem uygulamasıyla enzimler inaktive edilerek oksidasyon sonlandırılmaktadır. Oolong çay üretiminde kıvrırma işlemi yaprağı hafif bir şekilde zedelemek ve şekil vermek amacıyla gerçekleştirilmekte, bu işlem elle veya makine kullanılarak yapılmaktadır. Kıvrılmayla birlikte yaprak hücre içindeki sular dışarı sızıp yaprak yüzeylerine yapışmaktadır. İki aşamalı olacak şekilde kurutma işlemi uygulan oolong çaylar sınıflandırılarak tüketime hazır hale getirilmektedir (Bokuchava vd. 1980; Harbowy vd. 1997; Chen vd. 2010; Ng vd. 2018). Ancak geleneksel olarak Çin'de uygulanan bu oolong çay üretim yöntemi diğer ülkelerde esas işlem basamakları aynı kalarak farklı şekillerde uygulanabilmektedir. Nitekim, Salman vd. (2021) tarafından yapılan çalışmada uygulanan oolong çay üretim koşulları da yukarıda açıklanan yöntemden farklılıklar göstermektedir.

Taze çay yaprağının bileşimi çayın çeşidine, genetik yapısına, yetiştirme koşullarına, uygulanan tarımsal faaliyetlere, yaprakların yaşı gibi birçok etmene bağlı olarak değişmektedir (Özdemir vd. 2018). Genel olarak taze çay yaprağının %75-80'i sudan oluşmakla birlikte, diğer bitkiler gibi karbonhidrat, protein, lipidler, enzimler ve polifenoller, alkaloidler gibi ikincil metabolitler içermektedir (Çizelge 2.2) (Balentine vd. 1997; Lin vd. 1998).

Çizelge 2.2. Taze çay yaprağının içeriği (Balentine vd. 1997)

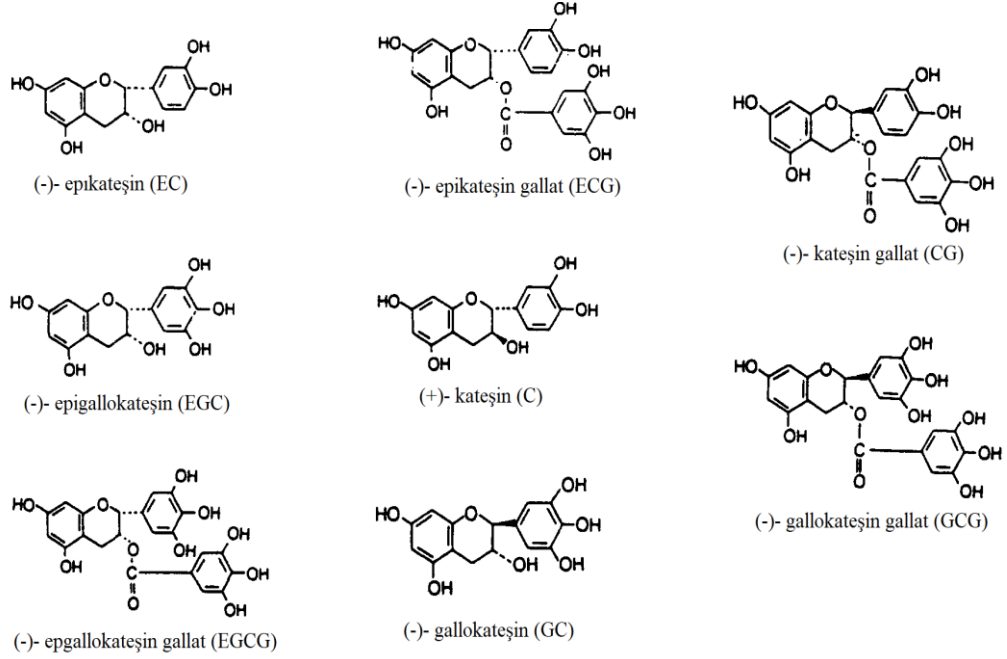
Bileşen	% Kuru ağırlık
Flavanoller	25.0
Flavonoller ve flavonol glikozitler	3.0
Fenolik asit ve depsidler	5.0
Diğer polifenoller	3.0
Kafein	3.0
Theobromin	0.2
Amino asitler	4.0
Organik asitler	0.5
Monosakkaritler	4.0
Polisakkaritler	13.0
Selüloz	7.0
Protein	15.0
Lignin	6.0
Lipidler	3.0
Klorofil ve diğer pigmentler	0.5
Kül	5.0
Uçucu bileşenler	0.1

Taze çay yaprağının ana bileşenini kuru ağırlığının %30-40'ını kapsayan polifenoller oluşturmakta, polifenollerin büyük çoğunluğu ise çay polifenollerini olarak bilinen, flavonoid sınıfına ait olan kateşinler (flavanoller) kapsamaktadır. Ayrıca flavonoller ve glikozitleri ile fenolik asit ve türevleri de önem arz etmektedir (Şekil 2.3) (Balentine vd. 1997; Ho ve Zhu 2000).



Şekil 2.3. Polifenollerin sınıflandırılması (Goszcz vd. 2017)

Taze çay yapraklarında bulunan başlıca kateşinler; (-)-epikateşin (EC), (-)-epikateşin gallat (ECG), (-)-epigallokateşin (EGC) ve (-)-epigallokateşin gallat (EGCG)'dır. Ayrıca çaylarda daha az miktarlarda olmak üzere; gallokteşin gallat (GCG), gallokteşin (GC), kateşin gallat (CG), kateşin (C), epigallokateşin digallat, epikateşin digallat, 3-O-metil EC, 3-O-metil EGC ve afzelechin 3''-O-metil-EGCG ve 4''-O-metil-EGCG gibi kateşinler de bulunmaktadır (Şekil 2.5) (Balentine vd. 1997; Sang 2016).



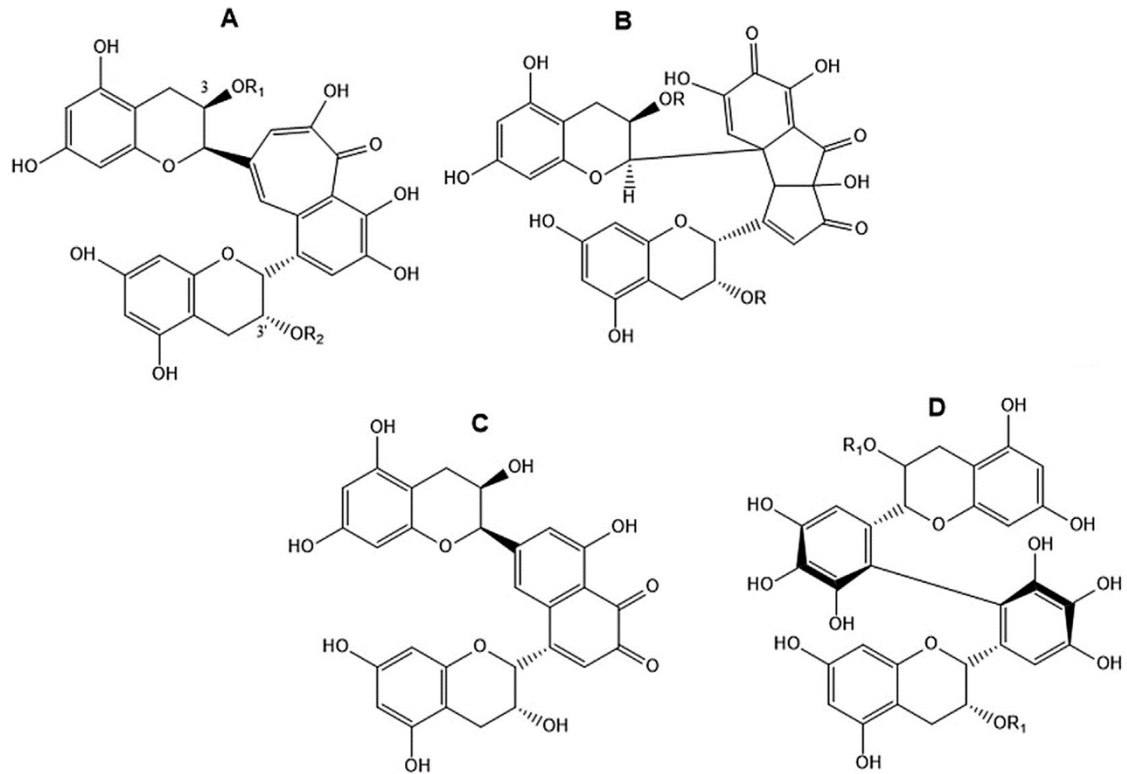
Şekil 2.4. Kateşinlerin yapıları (Goto vd. 1996)

Çay yaprakları başta kafein olmak üzere theobromin ve teofilin gibi alkaloidleri de içermektedir. Çayı diğer pek çok içecekten ayıran en önemli özelliklerinden birisi kafein içermesidir. Taze çay yapraklarında %2-4 arasında kafein bulunmaktadır (Balentine vd. 1997). Çin’de oolong çay üretiminde yaygın olarak kullanılan 22 farklı çay çeşidi ile yapılan bir çalışma sonucunda çay yapraklarının kafein miktarının kuru ağırlık bazında % 1.840-3.161 arasında, theobromin miktarının ise % 0.023-0.163 arasında değiştiği ve çay türleri arasında önemli bir farklılık olmadığı belirtilmiştir (Wang vd. 2008).

Taze çay yapraklarında çay kimyası ve işlenmesi açısından çok önemli olan başta polifenol oksidaz (PPO; EC 1.14.18.7) ve peroksidaz (POD; EC 1.11.1.7) enzimleri olmak üzere dehidroshikimat redüktaz, fenilalanalin amonyak üreaz, peptidaz, leusin- α -ketoglutarat transminaz, klorofilaz gibi bir çok enzim bulunmaktadır (Wickremasinghe 1978). Polifenol oksidaz enzimiyle polifenollerin oksidasyonu sırasında ortaya çıkan hidrojen peroksit varlığında çalışan peroksidaz enzimi birlikte çalışmaktadır (Tanaka ve Kouno 2003). Ayrıca β -primeverosidaz enzimi oolong ve siyah çay üretimi sırasında çiçek aroması oluşumunda önemli rol oynamaktadır (Sakata vd. 1999; Ma vd. 2001).

Yeşil, oolong ve siyah çayların kendilerine özgü renk, tat, lezzet ve aromaları üretim sürecinde gerçekleşen kimyasal reaksiyonlar sonucu oluşmaktadır. Oolong ve siyah çay işlenmesi sırasında oksidasyon aşamasında kateşinler enzimlerin etkisiyle oksidasyon ve polimerizasyon tepkimeleri ile dimerik, oligomerik ve polimerik bileşiklere dönüşmektedir. Çay deminin arzu edilen başlıca oksidasyon ürünleri theaflavin (TF)’ler, thearubigin (TR)’ler ve theabrownin (TB)’ler iken theaflavik asitler, theaflagallinler, theasinensinler, oolongtheanin ve theaflavate A gibi farklı oksidasyon ürünleri de siyah ve oolong çaylarda bulunmaktadır (Harbowy vd. 1997; Ho ve Zhu 2000; Engelhardt 2020).

Siyah çaydaki başlıca oksitlenmiş kateşinler theflavin ve thearubigin iken oolong çayda theasinensisler'dir. Siyah çaydaki kateşinlerin ana oksidasyon ürünleri olan TF'ler, çayın parlak kırmızı-turuncu renginden sorumludur. TF'ler kateşinlerin ve kateşin galatlarının oksidasyonu sırasında oluşmakta, başlıca theaflavinler; theaflavin, theaflavin-3-gallat, theaflavin-3'-gallat ve theaflavin-3,3'-digallat olmak üzere sırasıyla EC ve EGC, EC ve EGCG, ECG ve EGC, ECG ve EGCG kendi aralarında oksidatif olarak eşleşmesiyle ortaya çıkmaktadır. TF'lerin ve kateşinlerin daha fazla okside olmasıyla kırmızimsı-kahverengi renge sahip olan TR'ler oluşmaktadır. TR oluşumunun ilk aşamalarında enzimatik oksidasyonla birlikte theaflavinler, theasinensisler (bisflavanoller), theanapnaftokinonlar ve theasittrinler oluşmaktadır (Kuhnert vd. 2010). 'Kademeli oksidatif hipotez' ile oluştuğu açıklanmış bu ürünlere theatridimensinler de eklenmiştir (Verloop vd. 2016). TB'ler ise çay deminin koyu kahverengi-kırmızimsı renginden sorumlu olan ileri oksidasyon ürünleridir. Siyah ve pu-erh çayın önemli bir bileşeni olan ve çay kalitesi üzerinde olumsuz etkisi bulunan TB'ler ise polifenollerden, TF ve TR'lerden oksidasyon ve polimerizasyon gibi reaksiyonlar sonucu oluşmaktadır (Peng vd. 2013). Renk, burukluk, canlılık, keskinlik ve dolgunluk gibi özellikleri üzerinde etkilerinin öneminden dolayı çay içerisindeki miktarlarının tespit edilmesi çay deminin kalitesinin belirlenmesi açısından oldukça önemlidir (Özdemir 1992; Obanda vd. 2004; Yao vd. 2006; Muthumani ve Kumar 2007; Kuhnert 2010; Engelhardt 2013; Weerawatanakorn vd. 2015; Sang 2016; Zhang vd. 2019b; Koch 2020).



Şekil 2.5. Enzimatik dönüşüm ürünleri (A: Theaflavinler; $R_1=R_2=H$: theaflavin (TF), $R_1=galloyl$, $R_2=H$: theaflavin-3-gallat, $R_1=H$, $R_2=galloyl$: theaflavin3'-gallat, $R_1=R_2=galloyl$: theaflavin-3,3'- digallat, B: theasittrin, C: theanapnaftokinon, D: theasinensis) (Engelhardt 2020)

Taze çay yapraklarında aroma bileşikleri az miktarda bulunmaktadır (Çizelge 2.2) (Balentine vd. 1997). Proses sırasında taze yeşil yaprağın aroma bileşenlerinin miktar ve kompozisyonunda önemli değişiklikler olmaktadır. Bu değişiklikler soldurma, oksidasyon ve kurutma aşamalarında ortaya çıkmaktadır. Yeşil, siyah ve oolong çaylar arasındaki önemli aroma farklılıkları da bu işlemlerin farklılıklarından kaynaklanmaktadır. Çayın aromasını oluşturan bileşikler uçucu olan ve uçucu olmayanlar olarak iki grupta değerlendirilebilmektedir. Çayın aroması kalite parametrelerinin en önemlilerinden biri olarak kabul edilmektedir (Ho vd. 2015). Aroma oluşumunda yapraklardaki glikozitler, yağ asitleri, karatenoidler ayrıca aminoasitler ve karbonhidratlar öncü olarak kullanılmaktadır. Bu bileşenler enzimlerinde etkisiyle çay üretimi sırasında oksidasyon, hidroliz ve bozunma reaksiyonlarına uğramaktadır. Aroma oluşumunda yeşil çay üretiminde maillard reaksiyonları, siyah çayda glikozitlerin hidrolizi ve yağ asitlerinin degradasyonu, oolong çayda ise yağ asitlerinin oksidasyonu önemli rol oynamaktadır (Feng vd. 2019). Oolong çayın kendine has çiçeksi, meyvemsi ve yasemin benzeri aromalara sahip olmasında oolong çaya özgü üretim yönteminin önemli katkısı bulunmaktadır (Wang vd. 2001).

Yeşil çayda majör polifenol grubunu kateşinler oluştururken siyah çayda kateşinlerin okside olmasıyla oluşan theaflavinler ve thearubiginler oluşturmaktadır. Oolong çayda ise hem kateşinler hem de theaflavin ve thearubigin gibi dimerik ve oligomerik polifenoller birlikte içermektedir. Siyah çayda bulunan theaflavinlerin yeşil çayda bulunan kateşinler ile benzer antioksidan etkiye sahip olduğu belirtilmektedir (Leung vd. 2001). Çay içerdiği polifenoller sayesinde sağlık üzerinde olumlu etkileri bulunmaktadır. Oolong çayın antikanser, antioksidan, antihiperglisemik, anti kardiyovasküler, antiobezite ve antimikrobiyal aktivite gösterdiği yapılan çalışmalarla desteklenmektedir (Sajilata vd. 2008).

Zhang vd. (2010)'de siyah ve oolong çaylarda benzeri konularda yani bu çayların antikanser, antioksidan, anti-mikrobiyal, antihiperglisemik, anti-obezite konusunda hazırladığı derleme makalede siyah ve oolong çayların insan sağlığını olumlu yönde etkilediğini gösteren pek çok çalışmadan söz etmiştir. Araştırmacılar bu derlemede sağlığı olumlu yönde etkileyen oolong çay ve theasinensisler konusunda çalışmaların hala eksik olduğundan söz etmektedirler.

Bu çalışma kapsamında Asya ülkelerinde gerek sağlık üzerine olumlu etkileri gerekse yeşil ve siyah çaya göre farklı lezzeti nedeni ile sıklıkla tüketilen ancak ülkemizde tanınırlığı az olan oolong çayın farklı oksidasyon derecelerinde üretilmesi ve üretilen çayların özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla aynı çay klonundan 2019 yılının 1. sürgün döneminde belirlenen koşullarda 10 farklı oolong çay ve bu çaylarla kıyaslamak amacı ile yine aynı çay klonundan yeşil çay ve siyah çay üretimleri de yapılmıştır. Üretilen çayların kalite özelliklerinin belirlenmesi için ürünlerde bazı fiziksel, kimyasal ve duyu analizler gerçekleştirilmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Araştırmada kullanılan çayların üretimi için gerekli olan yaş çay; 2019 yılının 1. sürgün döneminde ÇAYKUR'a bağlı Atatürk Çay ve Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsünün bahçesinde bulunan Ali Rıza ERTEN klonundan hasat edilmiş ve Enstitü bünyesindeki pilot ölçekli tesiste işlenmiştir. Yeşil, 10 farklı oolong ve siyah çayların üretimleri iki tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.

HPLC analizlerinde kullanılan standartlar Sigma Aldrich (Taufkirchen, Almanya) firmasından satın alınmıştır. Analizlerde kullanılan kimyasallar analitik saflıkta olup Sigma ve Merck firmalarından temin edilmiştir.

3.2. Metot

3.2.1. Çayların üretim yöntemleri

Hasat edilen yaş çay sürgün ve çay yaprakları Enstitüde bulunan; soldurma (a), buharlı ısı işlem (b), ortodoks kıvrım (c), 1. döner tamburlu kıvrımlı kurutma (d), 2. döner tamburlu kıvrımlı kurutma (e), son kıvrımlı kurutma (f), fermentasyon (g), son kurutma (h) gibi işlem aşamalarını gerçekleştirebilen 3-5 kg yaş çay işleme kapasitesine sahip minyatür bir üretim hattından oluşan pilot ölçekli tesiste işlenmiştir (Şekil 3.1). Her bir üretim için 4-5 kg yaş çay ürünü (2,5-3,5 yaprak olacak şekilde hasat edilmiş) kullanılmış ve ortalama 800-1000 g kuru çay elde edilmiştir. Elde edilen çaylar analiz edilinceye kadar kilitli alüminyum torbalarda muhafaza edilmiştir (Şekil 3.1.1). Çaylar liflerinden arındırılarak, 1.4 mm gözenek boyutuna sahip elek altına geçecek büyüklükte öğütülmüş, kuru ve karanlık ortamda cam kavanozlar içinde muhafaza edilerek analizlerde kullanılmıştır.



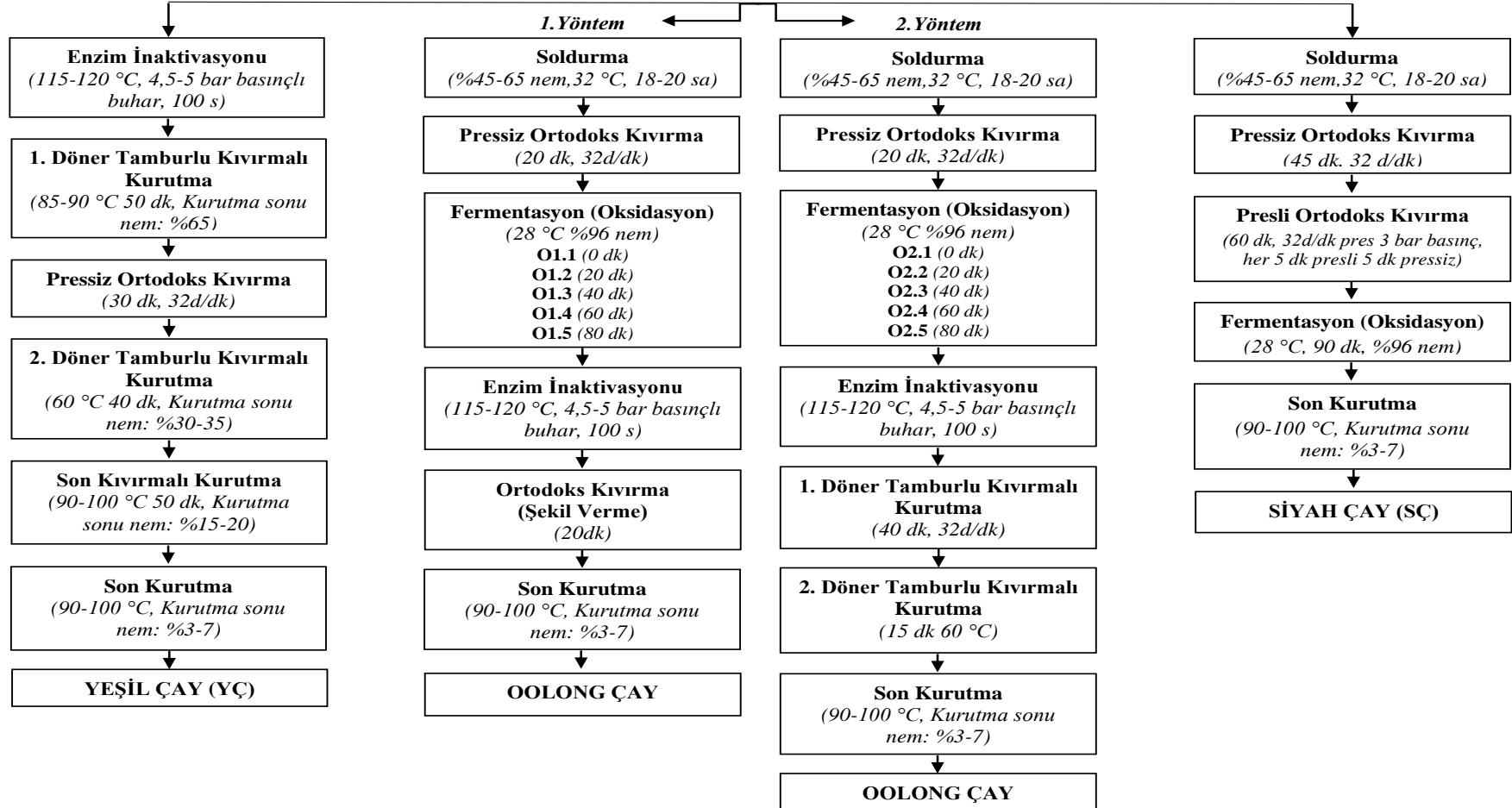
Şekil 3.1. Çayların üretimi işlem aşamaları ve muhafazası; **a)** soldurma; **b)** buharlı ısıtma işlemi; **c)** ortodoks kıvrırma; **d)** 1. döner tamburlu kıvrırmalı kurutma; **e)** 2. döner tamburlu kıvrırmalı kurutma; **f)** son kıvrırmalı kurutma; **g)** fermentasyon; **h)** son kurutma; **i)** muhafaza

Tez kapsamında üretilen yeşil, oolong ve siyah çay üretim proseslerinin detaylı işlem akış şeması Şekil 3.2’de gösterilmiştir. Yeşil ve siyah çay üretimleri pilot ölçekli tesiste rutin olarak kullanılan işleme yöntemine göre gerçekleştirilmiştir. Yeşil çay üretiminde hasat edilen taze yaş çay ve sürgünlerine ilk olarak buharlı ısıtma işlemi uygulanarak enzimler inaktive edilmiş ve yaprakların oksidasyona uğraması önlenmiştir. Siyah çay üretiminde ise soldurulan yapraklar kıvrırma işlemiyle ezilip parçalanmış ve yaprakların tam olarak okside olması sağlanmıştır.

Oolong çay üretimleri ise iki farklı yöntem kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Her iki yöntemde de hasat edilen yapraklar nem içeriği yaklaşık %65 olacak şekilde soldurulmuş, soldurulan yapraklar pressiz ortodoks kıvrırma makinasında 32 d/dk da 20 dk süre ile kıvrırma işlemine tabi tutulmuş, kıvrılan yapraklar 5 farklı sürede (0, 20, 40, 60, 80 dk) oksidasyona bırakılmıştır. Böylece 5 farklı derecede kısmen okside olan yapraklara buharlı ısıtma işlemi uygulanarak enzim inaktivasyonu gerçekleştirilmiştir. Şekil

vermek amacıyla; 1. yöntemde 20 dk süre ile ortodoks kıvrırma işlemi uygulanırken, 2. yöntemde 40 dk süre ile 1. döner tamburlu kıvrırmalı kurutma daha sonra 15 dk süre ile 2. döner tamburlu kıvrırmalı kurutma işlemi uygulanmıştır. 90-100 °C'de son nem içeriği %3-7 olacak şekilde son kurutma işlemine tabi tutularak çay üretimleri gerçekleştirilmiştir. Yeşil çay, YÇ; siyah çay, SÇ ve oolong çaylar, O olarak kısaltılmıştır. Oolong çay üretimleri iki farklı yöntem (1. ve 2.) ile oksidasyon süreleri 0 dk (1), 20 dk (2), 40 dk (3), 60 dk (4), 80 dk (5), olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Örneğin O1.4 kodlu örnek 1. yöntem ile 60 dk okside edilerek elde edilen oolong çayı simgelemektedir.

Yaş Çay



Şekil 3.2. Çayların üretim akış şeması

3.2.2. Nem miktarı ve su aktivitesi

Örneklerin nem miktarı gravimetrik olarak, sabit tartıma getirilerek darası kaydedilmiş petriye tartılan 2 g örneğin $70\pm 2^\circ\text{C}$ etüvde sabit tartıma gelene kadar kurutulması ardından hassas terazide tartılması ve kalan ağırlığın yüzde kuru madde olarak hesaplanması ile belirlenmiştir. Üretim sırasında hızlı sonuç gerektiren durumlarda (soldurma ve kurutmayı kontrol amaçlı) örneklerdeki nem miktarı değişimi infrared nem ölçüm cihazı (Kern) ile ölçülmüştür.

Su aktivitesi ise su aktivitesi ölçme cihazı (Aqualab 4TE) kullanılarak yaklaşık 2 gram örnek ile 25°C 'de belirlenmiştir.

3.2.3. Toplam kül ve suda çözünen kül miktarı

Sabit tartıma getirildikten sonra darası alınmış porselen krozelere 2 ± 0.1 g örnek tartılmış, kül fırınında $525\pm 25^\circ\text{C}$ 'de tamamen yakılmıştır. Kül fırınından çıkarılan krozeler desikatörde soğutulduktan sonra tartılmıştır. Toplam kül miktarı Eşitlik 3.1 kullanılarak kurumadde üzerinden ağırlık yüzdesi olarak hesaplanmıştır (Gürses ve Artık 1987).

$$\text{Toplam kül (\% KM)} = m_1 \times \frac{100}{m_0} \times \frac{100}{KM} \quad (3.1)$$

m_0 : Numune miktarı (g)

m_1 : Toplam kül (g)

KM : Öğütülmüş numunenin kurumadde miktarı (%)

Suda çözünen kül miktarını belirlemek için toplam kül miktarının belirlenmesinde elde edilen toplam kül kullanılmıştır. Bu amaçla toplam kül üzerine 20 mL saf su eklenmiş, hot plate üzerinde kaynama derecesine yakın bir sıcaklığa kadar ısıtılmış ve külsüz filtre kâğıdından süzümüştür. Kroze ve süzgeç kâğıdı, süzüntü ve yıkama suları toplamı 60 mL oluncaya kadar sıcak saf su ile yıkanmıştır. Filtre kâğıdı ve içindekiler krozeye alınmış, suyun uçması için elektrikli ocak üzerinde ısıtılmış ve sonra kül fırınında $525\pm 25^\circ\text{C}$ 'de tamamen yakılmış, desikatörde soğutulmuş ve ardından tartılmıştır. Suda çözünen kül miktarı Eşitlik 3.2 kullanılarak toplam küle göre ağırlıkça yüzde olarak hesaplanmıştır (Gürses ve Artık 1987).

$$\text{Suda çözünen kül (\% KM)} = (m_1 - m_2) \times \frac{100}{m_0} \times \frac{100}{KM} \quad (3.2)$$

m_0 : Numune miktarı (g)

m_1 : Toplam kül (g)

m_2 : Suda çözünmeyen kül (g)

KM : Öğütülmüş numunenin kurumadde miktarı (%)

3.2.4. Su ekstraktı

500 mL'lik balon içerisine 2 ± 000.1 g örnek tartılmış, üzerine 200 mL sıcak saf su eklenmiş ve balon arada çalkalanarak geri soğutucu altında 1 saat ısıtılmıştır. Oda sıcaklığına getirilen karışım 500 mL'ye seyreltilmiş ardından kaba filtre kâğıdından süzlmüştür. Sabit tartıma getirilerek darası kaydedilmiş petrilere süzütüden 50 mL alınmış ve etüvde $103\pm 2^\circ\text{C}$ de kurutularak desikatörde soğutulmuş ve tartılmıştır. Bu işlem birbirini izleyen iki tartım arasındaki fark 0.001 g'dan az oluncaya kadar tekrarlanmıştır. Su ekstraktı Eşitlik 3.3 kullanılarak kurumadde üzerinden ağırlık yüzdesi olarak hesaplanmıştır (Gürses ve Artık 1987).

$$Su\ ekstraktı\ (\%) = m_1 \times \frac{500}{50} \times \frac{100}{m_0} \times \frac{100}{KM} \quad (3.3)$$

m_0 : Numune miktarı (g)

m_1 : Kurutulmuş su ekstraktının ağırlığı (g)

KM : Öğütülmüş numunenin kurumadde miktarı (%)

3.2.5. Çayların ekstraksiyonu

Öğütülen numuneden 1 ± 000.1 g örnek tartılmış, 100 mL %50 metanol çözeltisi ile çalkalamalı su banyosunda (150 rpm) 50°C 'de 2 saat süre ile ekstrakte edilmiştir (Perva-Uzunalić vd. 2006). Toplam fenolik madde miktarı, toplam flavanoid madde miktarı, toplam antioksidan aktivite, polifenolik madde kompozisyonu ve kafein miktarının belirlenmesi analizleri bu ekstrakt kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.6. Toplam fenolik madde miktarı

Toplam fenolik madde miktarı analizi spektrofotometrik yöntemle gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla elde edilen çay ekstraktları 20 kat seyreltilmiş ve seyreltilmiş örneklerden 0.5 mL alınarak tüplere aktarılıp, üzerine sırasıyla 2.5 mL 0.2 N Folin Ciocalteu çözeltisi ve 2 mL Na_2CO_3 çözeltisi (%7.5) ilave edildikten sonra girdap karıştırıcıda karıştırılmış ve 50°C su banyosunda 5 dk bekletilmiştir. Bu süre sonunda oda sıcaklığında soğutulularak, absorbansı aynı şartlarda ekstrakt yerine saf su ile hazırlanmış köre karşı spektrofotometrede (Shimadzu UV-vis 160A, Japonya) 760 nm dalga boyunda belirlenmiştir (Şkerget vd. 2005). Elde edilen absorbans değerleri kullanılarak toplam fenolik madde tayini gallik asit çözeltileri ile oluşturulan eğri (Ek-1) yardımıyla g gallik asit eşdeğeri (GAE)/100 g kuru örnek ağırlığı cinsinden ifade edilmiştir.

3.2.7. Toplam flavonoid madde miktarı

Çay ekstraktları 5 kat seyreltilmiş, seyreltilen örneklerden 0.5 mL alınarak cam tüpler içerisine konularak üzerine sırasıyla 2.5 mL saf su ve 150 μL %5'lik NaNO_2 çözeltisi eklendikten sonra vortekste 30 sn karıştırılmıştır. Elde edilen çözelti 5'er dk bekletilerek önce 300 μL %10'luk AlCl_3 çözeltisi daha sonra 1 mL 1M NaOH çözeltisi ve 550 μL saf su ilave edilmiştir. 5 dk daha bekletilen çözeltinin absorbansı

spektrofotometrede 510 nm dalga boyunda ölçülmüştür (Dincer vd. 2012). Elde edilen absorbans değerleri (+)-kateşinle hazırlanan eğri (Ek-1) yardımıyla g (+)-kateşin eşdeğeri (KE)/100 g kuru örnek ağırlığı cinsinden ifade edilmiştir.

3.2.8. Toplam antioksidan aktivite

Çay örneklerinin antioksidan aktivite tayini DPPH radikalinin inhibisyonu ve ABTS radikalini temizleme yöntemleri kullanılarak analiz edilmiştir.

DPPH radikalinin inhibisyonuna dayalı antioksidan aktivite Fernández-León vd. (2013) tarafından uygulanan yöntemle göre belirlenmiştir. Bu amaçla, 50 kat seyreltilen çay ekstraktlarından 50 µL alınarak tüpe aktarılmış, üzerine metanolde 60 µM olacak şekilde hazırlanmış 950 µL DPPH ilave edilerek oda sıcaklığında karanlık bir alanda 30 dakika süre ile bekletilmiştir. DPPH çözeltisinin absorbansı bekleme süresinin başında saf metanole karşı 515 nm dalga boyunda kaydedilmiştir. 30 dakika inkübasyon sonrası absorbans ölçümü yapılmış ve DPPH çözeltisine göre absorbans farkları hesaplanmıştır. Örneklerin antioksidan aktivitesi bu absorbans farkları kullanılarak, farklı konsantrasyonlarda hazırlanmış troloks ile elde edilen eğri yardımıyla g troloks eşdeğeri antioksidan aktivite (TEAA)/100 g kuru örnek ağırlığı cinsinden belirlenmiştir.

ABTS ile antioksidan analizi Re vd. (1999) tarafından uygulanan yöntemle göre gerçekleştirilmiştir. Bu yöntem için 7 mM ABTS (2,2'-azino-bis-(3-etilbenzotiyazolin-6-sülfonik asit)) 2.45 mM potasyumbisülfat ile karıştırılarak (1:0.5) karanlık ortamda 12-16 saat bekletilmiş ve spektrofotometrede 734 nm dalga boyunda absorbansı 0.700 ± 0.02 olacak şekilde etanol ile seyreltilmiştir. Daha sonra 15 kat seyreltilmiş çay örneklerinden 10 µL alınmış ve üzerine 1mL ABTS⁺ ilave edilerek karıştırılmıştır. 6 dakika karanlıkta bekletilen örneklerin spektrofotometrede 734 nm dalga boyunda absorbansı ölçülmüştür. Elde edilen absorbans değerlerinden % inhibisyon değerleri Eşitlik 3.4'e göre hesaplanmış ve troloks (0-1750 µM) standart eğri (Ek-1) denklemine göre hesaplanan sonuçlar mM troloks eşdeğeri antioksidan kapasite (TEAC)/g kuru örnek ağırlığı cinsinden ifade edilmiştir.

$$\text{İnhibisyon } A_{734} (\%) = (1 - A_c/A_0) \times 100 \quad (3.4)$$

A_0 : Kontrol absorbansı

A_c : Örnek absorbansı

3.2.9. Polifenolik madde kompozisyonu ve kafein miktarının belirlenmesi

Çay örneklerinin kateşin kompozisyonu ve kafein miktarı Wang vd. (2003) tarafından uygulanan metot kısmen modifiye edilerek HPLC (Shimadzu-UV 160A) ile gerçekleştirilmiştir. Çay ekstraktları 20 kat seyreltilmiş ve seyreltilmiş örnekler 0.45µm'lik membran filtreden süzülerek HPLC sistemine enjekte edilmiş ve Çizelge 3.1'de belirtilen şartlarda analiz gerçekleştirilmiştir. HPLC sistemi DGU-20A5 degaz ünitesi, LC-20AD pompa ünitesi, SIL-20AD otomatik örnekleyici, CTO-20AC kolon fırını ve SPD-20M20A diode array detektörden oluşmaktadır. Ayırım Inertsil ODS 3 (250×4.6 mm, 5µm) (GL Sciences, Japonya) kolonda gerçekleştirilmiştir. Mobil faz A olarak %0.1 ortofosforik asit içeren su, mobil faz B olarak ise %0.1 ortofosforik asit

içeren metanol kullanılmıştır. Akış hızı 1 mL/dk olarak ayarlanıp, akış programı 0-5 dk %20 B, 5-7 dk %20-24 B, 7-10 dk %24 B, 10-20 dk %24-40 B ve 20-25 dk %40-50 B, 25-30 dk %50-80 B, 30-35 dk %80-40 B, 35-37 dk %40-20 B, 37-40 dk %20 B şeklinde uygulanmıştır. Dedeksiyon işlemi 280 nm dalga boyunda gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.1. Kateşin ve kafein analizi HPLC şartları

Kolon	İnertsil ODS 3
Kolon sıcaklığı	30°C
Hareketli faz	Su ve metanol (%0.1 ortofosforik asit içeren)
Akış hızı	1 mL/dk
Dedektör	Diode Array, 280 nm
Enjeksiyon miktarı	10 µL
Analiz süresi	40 dk

Tanımlama işlemi için dış standart yöntemi uygulanmış ve bu amaçla gallokateşin (GC), kateşin (C), epigallokateşin (EGC), epigallokateşin gallat (EGCG), epikateşin (EC), gallokateşingallat (GCG), kateşin gallat (CG), epikateşin gallat (ECG), gallik asit (GA), theaflavin (TF), theaflavin 3,3'-digallat (TF33'DG), ve kafein (K) standartları kullanılmıştır. Bileşenlerin tanımlanması standart pikinin alınma zamanları, UV spektrumları ve benzerlik indeksleri dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Örneklerdeki kateşinler, gallik asit, kafein ve theaflavin miktarları, örneklerle aynı koşullarda cihaza enjekte edilen 5 farklı konsantrasyondaki standart çözeltileri ile oluşturulan eğri (Ek-1) yardımıyla hesaplanmıştır. Analiz sonucu elde edilen örnek kromatogram Ek-2'de verilmiştir.

3.2.10. Renk analizi

Örneklerin renk değerleri UltraScan-VIS Hunterlab (Japonya) renk ölçüm cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. 3 g çay üzerine 125 ml sıcak saf su eklenerek çalkalamalı su banyosunda (130 rpm) 90°C de 10 dakika süre ile ekstrakte edilmiştir. Kaba filtre kâğıtından süzülen ekstraktlar içim sıcaklığına (yaklaşık 60°C) geldiğinde ölçüm gerçekleştirilmiştir. Örneklerin L* (koyuluk-açıklık), a* (yeşillik-kırmızılık), b* (mavilik-sarılık) parametreleri ölçülmüş ve bu değerlerden ton açısı (Hue angle, Eşitlik 3.5) ve doygunluk (Chroma, Eşitlik 3.6) değerleri hesaplanmıştır.

$$Ton\ açısı = \frac{180}{\pi} \times \arctan \frac{b^*}{a^*} \quad (3.5)$$

$$Doygunluk = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (3.6)$$

3.2.11. Theaflavin (TF), thearubigin (TR) ve theabrownin (TB) analizi

Çayların TF, TR ve TB değerleri Yao vd. (2006) tarafından uygulanan yöntemle göre belirlenmiştir. Bu amaçla 3 g çay üzerine 125 mL sıcak saf su eklenerek çalkalamalı su banyosunda (130 rpm) 90°C de 10 dk süre ile ekstrakte edilmiş, kaba filtre kâğıdından süzülerek oda sıcaklığına soğutulmuştur. Hazırlanan ekstrakta aşağıdaki işlemler uygulanarak Ea, Eb, Ec ve Ed çözeltileri hazırlanmış, absorbansları

spektrofotometrede 380 nm dalga boyunda %95'lik etanole karşı ölçülmüştür. Absorbans değerleri eşitliklerde yerine yazılarak TF (Eşitlik 3.7), TR (Eşitlik 3.8) ve TB (Eşitlik 3.9) değerleri hesaplanmıştır.

Ea: Erlen içerisinde çay ekstraktından 30 mL alınmış, 30 mL etil asetat eklenerek 5 dk karıştırılmıştır. Etil asetat tabakasından 2 mL alınarak etanol ile 25 mL'ye seyreltilmiştir.

Eb: Erlen içerisinde çay ekstraktından 15 mL alınmış, 15 mL n-bütanol eklenerek 3 dk karıştırılmıştır. Sulu tabakasından 2 mL alınmış, 2 mL doygun okzalik asit çözeltisi ve 6 mL saf su eklenerek etanol ile 25 mL'ye seyreltilmiştir.

Ec: Ea çözeltisinin etil asetat tabakasından başka bir erlene 15 mL alınmış, 15 mL NaHCO₃ çözeltisi (%2.5) eklenerek 30 s karıştırılmıştır. Etil asetat tabakasından 4 mL alınarak etanol ile 25 mL'ye seyreltilmiştir.

Ed: Ea çözeltisinin sulu tabakasından 2 mL alınmış, 2 mL doygun okzalik asit çözeltisi ve 6 mL saf su eklenerek etanol ile 25 mL'ye seyreltilmiştir.

$$TF(\%) = 2.25 \times Ec / (1 - M) \quad (3.7)$$

$$TR(\%) = 7.06 \times (2Ea + 2Ed - 2Eb - Ec) / (1 - M) \quad (3.8)$$

$$TB(\%) = 7.06 \times 2Eb / (1 - M) \quad (3.9)$$

M: Nem içeriği

3.2.12. Uçucu bileşen analizi

Çayların uçucu bileşen analizleri Wang vd. (2016)'ya göre GC-MS (QP2010-Ultra, Shimadzu, Japonya) ile katı faz mikroekstraksiyon (SPME) yöntemiyle yapılmıştır. Bu amaçla 0.2 gram öğütülmüş çay 20 mL hacimli cam vialle aktarılıp üzerine 5 mL saf su ilave edilerek 40°C'de 60 dk ekstraksiyon işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra 20 dk süre ile uçucu bileşenlerin fibere (50/30 µm DVB/CAR/PDMS) adaptasyonu sağlanmıştır. Ekstraksiyon sonunda uçucu bileşenlerin desorpsiyonu için fiber enjeksiyon bloğunda 3 dk bekletildikten sonra GC-MS ile analiz edilmiştir. Analiz sonucu elde edilen örnek kromatogram Ek-3'te verilmiştir.

Çizelge 3.2. GC-MS analiz şartları

Kolon	Rxi5-MS (30m, 0.25 mmID, 0.25 µm)
Fırın sıcaklık programı	50°C (5 dk bekleme), 3°C/dk hızla 210°C yükselme (3dk bekleme), 15°C/dk hızla 230°C'ye yükselme
Taşıyıcı gaz	Helyum (1 mL/dk)
Enjeksiyon modu	Split 10
Enjeksiyon bloğu sıcaklığı	250°C
Arayüzey sıcaklığı	250°C
İyon kaynağı sıcaklığı	200°C
Kütle aralığı	30-500 m/z
Tarama hızı	769 tarama/s
Analiz süresi	62.67 dk

Örnekte belirlenen uçucu bileşenlerin alıkonma indeksleri aynı metotla yürütülen alkan standardının alıkonma zamanları kullanılarak cihaz yazılımı (GCMSSolution 5.60) ile hesaplanmıştır. Bileşenlerin tanımlanması kütle spektrumlarının cihaz yazılımında bulunan Wiley 7 ve NIST 02 kütüphaneleri benzetilmesi ve alıkonma sürelerinin (RT) literatür verileri karşılaştırılması ile gerçekleştirilmiştir.

3.2.13. Duyusal analiz

Duyusal analizler, Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi lisansüstü öğrencilerinden oluşan 8 kişilik (günlük hayatında çayı sıklıkla tüketen ve sigara içmeyen) bir panel kullanılarak yapılmıştır. Duyusal analizlerde çaylar renk, parlaklık, bulanıklık, canlılık, koku, tat, burukluk ve genel beğeni bakımından Çizelge 3.3'te verilen tanımlamalar kullanılarak değerlendirilmiştir. Dem hazırlama koşulları Gürses ve Artık (1987)'a göre belirlenmiştir. Bu amaçla 2.83 g çay tartılarak özel porselen kaba konulmuş üzerine 140 mL kaynar saf su eklenmiş 5-6 dk demlendikten sonra tadım gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.3. Duyusal analiz formu

Duyusal özellik	Değerlendirmede istenilen özellikler	Puan	Numune																	
			63	27	19	38	75	75	54	46	21	75								
Kuru çayın görünüşü	Koyu yeşilimsi kahverengi, kıvrımlı yapıda, homojen partikül büyüklüğüne sahip olmalı, toz, lif ve sap içermemeli	10																		
Dem rengi	Yeşilimsi sarı ile açık amber renk aralığında olmalı, mat, bulanık tortulu olmamalı	25																		
Burukluk, dolgunluk	Dili çekebilecek kadar buruk, sert ve dolgun olmalı	30																		
Dem artığının (posa) rengi, kokusu	Yeşilimsi kahve, haki, bakırsı yeşil renk tonlarında olmalı, renk tekdüze olmalı, siyah ve yeşil renkler olmamalı	15																		
Dem aroması	Çaya özgü otsu ve çiçeksi bir aroma olmalı, siyah ve yeşil çay arasında özgün bir aromaya sahip olmalı	20																		
Toplam beğeni		100																		

3.2.14. İstatistiksel analiz

Çaylar (1 sürgün dönemi, 10 oolong, 1 siyah 1 de yeşil olmak üzere 12 farklı çay) 2 tekerrürlü olarak üretilmiş (1x12x2) ve ürünlerde kalite analizleri paralelli olarak gerçekleştirilmiştir. Tesadüf parselleri faktöriyel deneme desenine göre yürütülmüş olan çalışmada elde edilen veriler varyans analizine tabi tutulmuş, önemli bulunan farklılıklar Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile belirlenmiştir (Düzgüneş vd. 1987). İstatistiki hesaplamalar SAS 9.0 paket programı ile gerçekleştirilmiştir. Veriler ortalama \pm standart hata olarak sunulmuştur. Çay çeşitlerinde çok sayıda uçucu bileşen tespit edilmesi nedeniyle sonuçların yorumlanabilmesi zorlaşmıştır. Sonuçların daha rahat yorumlanmasını sağlamak amacıyla temel bileşen ve hiyerarşik kümeleme analizi “Addinsoft, New York, USA” yazılımı ile gerçekleştirilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Nem Miktarı ve Su Aktivitesi Analiz Sonuçları

Yeşil, siyah ve iki farklı yöntem uygulanarak üretilen farklı oksidasyon derecelerine sahip oolong çaylara ait nem miktarı ve su aktivitesi değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir. Çizelge 4.1 incelendiğinde üretilen çayların nem miktarı değerlerinin %2.75-8.30 arasında, su aktivitesi değerlerinin ise 0.21 ile 0.60 arasında değiştiği görülmektedir.

Çizelge 4.1. Çay çeşitlerine ait nem miktarı (%) ve su aktivitesi değerleri

	Çay Çeşidi	Nem miktarı (%)	Su aktivitesi
	YÇ	4.42 ± 0.23	0.37 ± 0.02
1. Yöntem	O1.1	5.97 ± 0.02	0.49 ± 0.01
	O1.2	6.87 ± 0.35	0.50 ± 0.00
	O1.3	4.83 ± 0.25	0.42 ± 0.01
	O1.4	8.30 ± 0.21	0.60 ± 0.01
	O1.5	7.86 ± 0.25	0.58 ± 0.00
2. Yöntem	O2.1	2.75 ± 0.29	0.21 ± 0.00
	O2.2	3.87 ± 0.12	0.31 ± 0.00
	O2.3	4.55 ± 0.09	0.34 ± 0.00
	O2.4	5.32 ± 0.26	0.38 ± 0.01
	O2.5	4.08 ± 0.23	0.34 ± 0.01
	SÇ	4.20 ± 0.14	0.25 ± 0.02

Yeşil, siyah ve iki farklı yöntem uygulanarak üretilen farklı oksidasyon derecelerine sahip oolong çaylara ait nem miktarı ve su aktivitesi değerlerine ait varyans analiz tablosu Çizelge 4.2’de verilmiştir. Çay çeşidinin nem miktarı ve su aktivitesi üzerinde $P < 0.001$ seviyesinde önemli olduğu gözlenmiştir.

Çizelge 4.2. Çay çeşitlerinin nem miktarı ve su aktivitesi değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Nem miktarı (%)		Su aktivitesi	
		KO	F	KO	F
Çay Çeşidi	11	5.67358939	56.89***	0.3058598	198.40***
Hata	12	0.099725		0.000154	

(***), $P < 0.001$ seviyelerinde farklılık ifade eder.

Yeşil, siyah ve iki farklı yöntem uygulanarak üretilen farklı oksidasyon derecelerine sahip oolong çaylara ait nem miktarı ve su aktivitesi değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.3’te verilmiştir. Nem miktarı değerleri incelendiğinde O2.3, YÇ, SÇ ve O2.5 kodlu çayların kendi aralarında istatistiksel açıdan benzerlik gösterdiği, diğer çay çeşitleriyle aralarında ise

$P < 0.05$ önem seviyesinde farklılık bulunduğu görülmektedir. Su aktivitesi değerleri incelendiğinde ise O1.1 ve O1.2, O1.5 ve O1.4 kodlu oolong çaylar kendi aralarında benzerlik gösterirken diğer çay çeşitleriyle aralarında $P < 0.05$ önem seviyesinde farklılık bulunmaktadır.

Çay işlenmesi sırasında en son aşama olarak uygulanan kurutma işlemi elde edilen son ürünün kalitesi ve stabilitesi üzerinde oldukça önemlidir. Bu nedenle kurutma işlemi ile çayın nem içeriğinin %3-5 arasındaki değerlere düşürülmesi hedeflenmektedir (Hazarika vd. 2006). Ancak çay higroskopik yapıya sahip olduğundan dolayı son ürünün nem içeriğinin en çok %7 olmasına izin verilmektedir (Anonim 1).

Wetherilt vd. (1991) yerli ve yabancı çayları kapsayan 12 farklı siyah çay çeşidinde yaptıkları çalışma sonucunda çayların nem miktarlarının %1.3-9.8 arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Yapılan bir başka çalışmada ise on farklı firmaya ait siyah çay örneklerinin nem miktarları analiz edilmiş ve çayların nem miktarı değerlerinin % 5.67-7.18 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Yentür vd. 2007). Gamlı (2011) tarafından yeşil ve siyah çayın bazı özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmada siyah ve yeşil çayın nem miktarları sırasıyla %4.3 ve %4.7; su aktivitesi değerleri ise 0.36 ve 0.47 olarak belirlenmiştir.

Çalışmamızda elde edilen sonuçlar literatür ile benzerlik göstererek genel olarak istenilen sınır değerler içerisinde yer almakla beraber bazı örnekler %7'den daha yüksek nem içeriğine sahip olmuştur. Çaylarda nem içeriği %12 seviyesini geçtiğinde mikrobiyolojik bozulmalar görülebilmektedir. Araştırma sonuçlarımız çay çeşitleri arasında nem içeriği bakımından farklılıklar olduğunu göstermiştir. Ancak şurası da bir gerçektir ki bu farklılık üretilen çay çeşidinden ziyade üretim sırasında uygulanan kurutma sıcaklığı ve süresi ile daha çok ilişkilidir. Kurutma işleminin yapıldığı günkü havanın nispi nem miktarı da çayların nem içeriği üzerinde etkili olabilmektedir. Su aktivitesi değerleri açısından çayların tamamının mikrobiyolojik bir bozulmaya karşı emniyetli alanda bulunduğu görülmektedir.

Çizelge 4.3. Çay çeşitlerinin nem miktarı ve su aktivitesi değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Nem miktarı (%)	Çay çeşidi	O2.1	O2.2	O2.5	SÇ	YÇ	O2.3	O1.3	O2.4	O1.1	O1.2	O1.5	O1.4
		2.75 ^s ± 0.29	3.87 ^f ± 0.12	4.08 ^{fe} ± 0.23	4.20 ^{fe} ± 0.14	4.42 ^{fe} ± 0.23	4.55 ^{fe} ± 0.09	4.83 ^{de} ± 0.25	5.32 ^{dc} ± 0.26	5.97 ^c ± 0.02	6.87 ^b ± 0.35	7.86 ^a ± 0.25	8.30 ^a ± 0.21
Su aktivitesi	Çay çeşidi	O2.1	SÇ	O2.2	O2.3	O2.5	YÇ	O2.4	O1.3	O1.1	O1.2	O1.5	O1.4
		0.21 ^l ± 0.00	0.25 ^h ± 0.02	0.31 ^s ± 0.00	0.34 ^{ef} ± 0.00	0.34 ^{ef} ± 0.01	0.37 ^{ed} ± 0.02	0.38 ^d ± 0.01	0.42 ^c ± 0.01	0.49 ^b ± 0.01	0.50 ^b ± 0.00	0.58 ^a ± 0.00	0.60 ^a ± 0.01

Aynı satırdaki farklı harfler ortalamaların P<0.05 seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

4.2. Toplam Kül ve Suda Çözünen Kül Miktarı Analiz Sonuçları

Yeşil, siyah ve iki farklı yöntem uygulanarak üretilen farklı oksidasyon derecelerine sahip oolong çaylara ait toplam kül ve suda çözünen kül miktarı değerleri Çizelge 4.4'te verilmiştir. Üretilen çayların toplam kül miktarları %5.34-5.87 arasında değişim gösterirken, suda çözünen kül miktarı değerlerinin ise %61.91-66.90 arasında değiştiği görülmüştür.

Çizelge 4.4. Çay çeşitlerine ait toplam kül (%) ve suda çözünen kül (%) değerleri

	Çay Çeşidi	Toplam kül (%)	Suda çözünen kül (%)
	YÇ	5.38 ± 0.04	61.91 ± 0.75
1. Yöntem	O1.1	5.81 ± 0.02	65.07 ± 0.23
	O1.2	5.69 ± 0.03	64.43 ± 0.30
	O1.3	5.72 ± 0.05	63.53 ± 0.88
	O1.4	5.73 ± 0.02	65.86 ± 0.04
	O1.5	5.79 ± 0.09	66.26 ± 0.65
	2. Yöntem	O2.1	5.71 ± 0.08
O2.2		5.79 ± 0.04	65.35 ± 0.01
O2.3		5.83 ± 0.02	65.69 ± 0.13
O2.4		5.83 ± 0.02	66.90 ± 0.34
O2.5		5.87 ± 0.11	66.51 ± 0.55
	SÇ	5.64 ± 0.04	66.18 ± 0.14

Yeşil, siyah ve ve iki farklı yöntem uygulanarak üretilen farklı oksidasyon derecelerine sahip oolong çaylara ait toplam kül ve suda çözünen kül miktarı değerlerine ait varyans analizi sonuçları (Çizelge 4.5) incelendiğinde çay çeşidinin toplam kül üzerinde P<0.01 seviyesinde, suda çözünen kül üzerinde ise P<0.001 seviyesinde önemli etkisi olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.5. Çay çeşitlerinin toplam kül ve suda çözünen kül değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Toplam Kül (%)		Suda Çözünen Kül (%)	
		KO	F	KO	F
Çay Çeşidi	11	0.03388939	5.51**	4.08	8.81***
Hata	12	0.00615000		0.46335000	

(**), P<0.01; (***), P<0.001 seviyelerinde farklılık ifade eder.

Çizelge 4.6. Çay çeşitlerinin toplam kül ve suda çözünen kül değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Toplam kül (%)	Çay çeşidi	YÇ	SÇ	O1.2	O2.1	O1.3	O1.4	O1.5	O2.2	O1.1	O2.3	O2.4	O2.5
		5.38 ^c ± 0.04	5.64 ^b ± 0.04	5.69 ^{ba} ± 0.03	5.71 ^{ba} ± 0.08	5.72 ^{ba} ± 0.05	5.73 ^{ba} ± 0,02	5.79 ^{ba} ± 0,09	5.79 ^{ba} ± 0.04	5.81 ^{ba} ± 0.02	5.83 ^{ba} ± 0.02	5.83 ^{ba} ± 0.02	5.87 ^a ± 0.11
Suda çözünen kül (%)	Çay çeşidi	YÇ	O1.3	O2.1	O1.2	O1.1	O2.2	O2.3	O1.4	SÇ	O1.5	O2.5	O2.4
		61.91 ^e ± 0.75	63.53 ^d ± 0.88	64.31 ^{dc} ± 0.64	64.43 ^{dc} ± 0.30	65.07 ^{bdc} ± 0.23	65.35 ^{bac} ± 0.01	65.69 ^{bac} ± 0.13	65.86 ^{bac} ± 0.04	66.18 ^{ba} ± 0.14	66.26 ^{ba} ± 0.65	66.51 ^{ba} ± 0.55	66.90 ^a ± 0.34

Aynı satırdaki farklı harfler ortalamaların P<0.05 seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

Çay çeşitlerinin toplam kül ve suda çözünen kül değerleri ortalamalarına ait Duncan Çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.6'da verilmiştir. En yüksek kül içeriği O2.5 kodlu oolong çayda bulunurken en düşük kül içeriği yeşil çayda tespit edilmiş, onu siyah çay takip etmiştir. Çay çeşitlerinin kül içerikleri üzerinde yeşil, siyah ve 2. yöntem kullanılarak üretilen O2.5 kodlu oolong çaylar ve geri kalan diğer çaylar arasında istatistiki açıdan $P<0.05$ düzeyinde farklılık tespit edilmiştir. Ancak 10 farklı oolong çay arasında kül içerikleri açısından istatistiki olarak bir fark ($P<0.05$) olmadığı görülmüştür. Sonuçlar yeşil ve siyah çaylar arasında kül içeriği açısından önemli derecede ($P<0.05$) istatistiksel fark olduğunu göstermiştir. Kanaatimize göre bu farklılık proses sırasında çayların farklı makinelerde farklı sürelerde kalması ve teması ile ilgili olabileceği yönündedir. Suda çözünen kül miktarı en yüksek yeşil çayda, en düşük O2.4 kodlu oolong çayda bulunmuştur. Bazı çay çeşitleri arasında benzerlikler olsa da çay çeşitlerinin suda çözünen kül miktarı üzerinde istatistiki olarak $P<0.05$ düzeyinde önemli etkisinin bulunduğu görülmektedir.

Wetherilt vd. (1991) tarafından 12 farklı siyah çay üzerinde yapılan çalışma sonucunda çayların toplam kül miktarlarının %4.3-5.6 arasında, suda çözünen kül miktarlarının ise %33-65 arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Yentür vd. (2007) tarafından yapılan çalışmada ise 10 farklı firmaya ait siyah çay örnekleri incelenmiş, tüm çayların toplam kül miktarı ortalaması %5.62 olarak tespit edilmiş, suda çözünen kül miktarı değerlerinin ise %50.31-60.08 arasında değiştiği görülmüştür. Bir diğer çalışmada ise toplam kül değerlerinin yeşil çayda % 5.31, siyah çayda % 4.87-5.00 arasında değiştiğinin tespit edilmiştir (Atalay ve Erge 2017).

Sri Lanka'da marketlerde satışa sunulan farklı yeşil çayların kalite özelliklerinin incelendiği bir çalışmada toplam kül miktarı %5.0-6.6 arasında değişirken, suda çözünen kül içeriği %44.6-61.2 arasında değişim göstermiştir (Jayawardhane vd. 2016).

Siyah ve yeşil çaylarda toplam kül miktarlarının en az 4 en fazla 8 olması istenirken, suda çözünen kül miktarlarının en az %45 olması istenmektedir (Anonim 1). Çalışmamızda elde edilen sonuçlar istenilen aralıkta yer almaktadır. Aynı hammadde kullanılmasına rağmen çay çeşitleri arasında tespit edilen toplam kül ve suda çözünen kül miktarlarındaki farklılıkların üretim prosesinde uygulanan işlem ve sürelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.3. Su Ekstraktı Analiz Sonuçları

Yeşil, siyah ve iki farklı yöntem uygulanarak üretilen farklı oksidasyon derecelerine sahip oolong çaylara ait su ekstraktı değerleri Çizelge 4.7'de verilmiştir. Çay çeşitlerinin su ekstraktı değerleri % 33.47- 40.65 arasında değişim göstermiştir.

Çizelge 4.7. Çay çeşitlerine ait su ekstraktı (%) değerleri

	Çay Çeşidi	Su ekstraktı (%)		
	YÇ	40.65	±	0.76
1. Yöntem	O1.1	38.88	±	0.26
	O1.2	39.54	±	0.75
	O1.3	39.33	±	0.14
	O1.4	38.18	±	0.07
	O1.5	38.51	±	0.13
	2. Yöntem	O2.1	40.48	±
O2.2		39.08	±	0.14
O2.3		38.41	±	0.73
O2.4		38.52	±	0.51
O2.5		39.66	±	0.21
	SÇ	33.47	±	0.12

Yeşil, siyah ve iki farklı yöntem uygulanarak üretilen farklı oksidasyon derecelerine sahip oolong çaylara ait su ekstraktı değerlerine ait varyans analiz değerleri Çizelge 4.8’de verilmiştir. Sonuçlar çay çeşidinin su ekstraktı üzerinde önemli düzeyde ($P<0.001$) etkisinin olduğunu göstermiştir.

Çizelge 4.8. Çay çeşitlerinin su ekstraktı değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Su ekstraktı (%)	
		KO	F
Çay Çeşidi	11	6.70949545	16.75***
Hata	12	0.40046667	

(***), $P<0.001$ seviyesinde farklılık ifade eder.

Yeşil, siyah ve iki farklı yöntem uygulanarak üretilen farklı oksidasyon derecelerine sahip oolong çaylara ait su ekstraktı değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.9’da verilmiştir. Çizelge 4.9 incelendiğinde su ekstraktının en yüksek miktarda yeşil çayda (%40.65) en düşük miktarda ise siyah çayda (% 33.47) olduğu belirlenmiştir. Çay çeşidinin su ekstraktı değeri üzerine önemli derecede ($P<0.05$) etkili olduğu; O1.1, O1.4, O1.5, O2.3, O2.4 kodlu oolong çaylar ve O1.2, O1.3, O2.5 kodlu oolong çayların kendi aralarında istatistiki açıdan önemli derecede ($P<0.05$) bir farklılık olmadığı görülmektedir.

Çizelge 4.9. Çay çeşitlerinin su ekstraktı değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Su ekstraktı (%)	Çay çeşidi	SÇ	O1.4	O2.3	O1.5	O2.4	O1.1	O2.2	O1.3	O1.2	O2.5	O2.1	YÇ
		33.47 ^d ± 0.12	38.18 ^c ± 0.07	38.41 ^c ± 0.73	38.51 ^c ± 0.13	38.52 ^c ± 0.51	38.88 ^c ± 0.26	39.08 ^{bc} ± 0.14	39.33 ^{bac} ± 0.14	39.54 ^{bac} ± 0.75	39.66 ^{bac} ± 0.21	40.48 ^{ba} ± 0.54	40.65 ^a ± 0.76

Aynı satırdaki farklı harfler ortalamaların P<0.05 seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

Yapılan bir çalışmada 5 farklı Türk siyah çayı ile iki farklı Çin orjinli yeşil çayın su ekstraktı değerleri karşılaştırılmış, siyah çaylarda bu değerler %33.68-37.96 arasında değiştiği; yeşil çaylarda ise %45.12 ve %45.82 olduğu görülmüştür (Özdemir ve Karkacier 1997). 10 farklı firmaya ait siyah çay örneklerini incelendiği bir diğer çalışmada ise su ekstraktı değerleri %26.46-33.84 arasında değişim göstermiştir (Yentür vd. 2007).

Polat (2013) farklı klonlar kullanarak ürettiği siyah çayların kalite parametrelerini incelediği çalışmada, en yüksek su ekstraktı değerinin Tuğlalı-10 klonunda bulunduğu, farklı çay sınıflarında değerlerin %35.33-37.49 arasında değiştiği bildirilmiştir. 1. sürgün döneminde üretilen beş farklı çeşit yeşil çayın incelendiği çalışmada yeşil çayların su ekstraktı değerleri %38.48-43.05 arasında değişim göstermiştir (Müezzinoğlu 2011). Sri Lanka'da marketlerde satışa sunulan farklı yeşil çayların kalite özelliklerinin incelendiği bir çalışmada ise su ekstraktı değerleri %34.8-49.7 arasında belirlenmiştir (Jayawardhane vd. 2016). Aynı hammadde kullanılarak üretilen çaylarda su ekstraktı değerleri yeşil çayda 4.90 mg/g, oolong çayda 3.54 mg/g, siyah çayda 3.00 mg/g olarak bulunmuştur (Lin vd. 2014).

Su ekstraktı değerlerinin siyah çayda en az %29 olması istenirken yeşil çayda bu değerler en az %32 olması istenmektedir (Anonim 1). Çalışmamızda elde edilen sonuçlar istenilen değerler arasında yer almakta ve literatür ile paralellik göstermektedir. Ancak piyasada satışa sunulan çay örneklerinde tespit edilen su ekstraktı değerlerinin (Yentür vd. 2007) çok üzerinde bulunmakta olup, bunun en temel sebebi bu araştırmada kullanılan çayların oldukça taze ve 2.5-3.5 yapraklı oluşmasıdır. Halbuki ülkemizde çay hasadı daha kaba olarak yapılmakta, çaylıklarda bakım ve budamaya, çaylığın yaşına ve diğer kültürel tedbirlere bağlı olarak sürgün miktarı az, tek ve yaşlı yaprakların oransal olarak yüksek olduğu yaş çay ürünü işlenmektedir. Bu nedenle örneklerimizde belirlediğimiz ekstrakt değerleri Türkiye'de üretilen ve markete sunulan çayların ekstrakt değerlerinden oldukça yüksektir. Bu husus diğer bileşenler için de geçerlidir. Elde ettiğimiz sonuçları ticari çay örnekleri ile karşılaştırırken bu konu önemle dikkate alınmalıdır.

4.4. Toplam Fenolik Madde Miktarı Sonuçları

Yeşil, siyah ve iki farklı yöntem uygulanarak üretilen farklı oksidasyon derecelerine sahip oolong çaylara ait toplam fenolik madde değerleri Çizelge 4.10'da verilmiştir. Çay çeşitlerinin toplam fenolik madde miktarları 8.81-15.40 g GAE/100 g KM arasında değişim göstermiştir.

Çizelge 4.10. Çay çeşitlerine ait fenolik madde miktarı değerleri

Çay Çeşidi		Toplam Fenolik Madde (g GAE/100 g KM)	
1. Yöntem	YÇ	15.40	± 0.14
	O1.1	13.93	± 0.21
	O1.2	13.77	± 0.05
	O1.3	13.34	± 0.36
	O1.4	12.41	± 0.51
	O1.5	12.25	± 0.03
2. Yöntem	O2.1	14.69	± 0.01
	O2.2	14.34	± 0.36
	O2.3	13.11	± 0.55
	O2.4	13.01	± 0.22
	O2.5	13.29	± 0.29
SÇ		8.81	± 0.29

Yeşil, siyah ve iki farklı yöntem uygulanarak üretilen farklı oksidasyon derecelerine sahip oolong çaylara ait toplam fenolik madde miktarı değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.11’de verilmiştir. Buna göre çay çeşidinin toplam fenolik madde miktarı üzerinde önemli düzeyde ($P<0.001$) etkisi olduğu gözlenmiştir.

Çizelge 4.11. Çay çeşitlerinin toplam fenolik madde miktarı değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Toplam Fenolik Madde (g GAE/100 g KM)	
		KO	F
Çay Çeşidi	11	5.46196667	29.32***
Hata	12	0.186292	

(***), $P<0.001$ seviyesinde farklılık ifade eder.

Çizelge 4.12. Çay çeşitlerinin toplam fenolik madde miktarı değerleri ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Toplam Fenolik Madde (g GAE/100 g KM)	Çay çeşidi	SÇ	O1.5	O1.4	O2.4	O2.3	O2.5	O1.3	O1.2	O1.1	O2.2	O2.1	YÇ
		8.81 ^g ± 0.29	12.25 ^f ± 0.03	12.41 ^{ef} ± 0.51	13.01 ^{efd} ± 0.22	13.11 ^{efd} ± 0.55	13.29 ^{ed} ± 0.29	13.34 ^{ecd} ± 0.36	13.77 ^{bcd} ± 0.05	13.93 ^{bcd} ± 0.21	14.34 ^{bc} ± 0.36	14.69 ^{ba} ± 0.01	15.40 ^a ± 0.14

Aynı satırdaki farklı harfler ortalamaların P<0.05 seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

Yeşil, siyah ve iki farklı yöntem uygulanarak üretilen farklı oksidasyon derecelerine sahip oolong çaylara ait toplam fenolik madde miktarı değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.12’de verilmiştir. Çizelge 4.12 incelendiğinde toplam fenolik madde içeriğinin en yüksek miktarda yeşil çayda (15.40 ± 0.14 g GAE/100 g KM), en düşük miktarda ise siyah çayda (8.81 ± 0.29 g GAE/100 g KM) olduğu belirlenmiştir. Çay çeşidinin toplam fenolik madde içeriği üzerine önemli derecede ($P < 0.05$) etkili olduğu; 1. yöntem uygulanarak üretilen O1.1 ve O1.2 kodlu oolong çaylar; 2. Yöntem uygulanarak üretilen O2.3 ve O2.4 kodlu oolong çaylar arasında istatistikî açıdan önemli derecede ($P < 0.05$) bir farklılık olmadığı görülmektedir. Oolong çay üretiminde uygulanan her iki yöntemde de genel olarak oksidasyon derecesinin artmasıyla toplam fenolik madde miktarının azaldığı görülmektedir.

Özdemir vd. (2008) Türk çayının fenolik madde kompozisyonu üzerine rakım, sürgün dönemi ve çay sınıfının etkisini incelediği çalışmada siyah çay örneklerinde fenolik madde miktarının %3.79-8.36 arasında değiştiğini, test edilen değişkenlerin çayın toplam fenolik madde içeriği üzerinde önemli seviyede etkisinin bulunduğunu belirtmişlerdir. Polat (2013) tarafından yapılan çalışmada ise farklı klonlar kullanarak üretilen siyah çayların kalite parametreleri incelenmiş, Tuğlalı-10 klonundan üretilen farklı sınıf siyah çaylarda toplam polifenol miktarının %10.32-10.95 arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Yapılan bir çalışmada 1. sürgün döneminde üretilen beş farklı yeşil çayın toplam polifenol içeriğinin %14.29-16.76 arasında değiştiği belirlenmiştir (Müezzinoğlu 2011). Diğer bir çalışmada yeşil çayın toplam fenolik madde içeriği 105.16 mg/g iken siyah çaylarda 61.94-58.2 mg/g arasında değiştiği tespit edilmiş (Atalay ve Erge 2017), başka bir çalışmada ise toplam fenolik madde içeriği yeşil çayda 169.03 mg GAE/g, siyah çayda 107.10 mg GAE/g olarak belirlenmiştir (Akbulut vd. 2019).

Gorjanović vd. (2012) tarafından yapılan çalışmada toplam fenolik madde içeriği en yüksek yeşil çayda (819 ± 8 mg GAE/L) ardından oolong çayda (555 ± 33 mg GAE/L) ve en düşük ise siyah çaylarda (973 ± 29 mg GAE/L) olarak tespit edilmiştir. Çin’de yaygın olarak bilinen yeşil, oolong ve siyah çay örneklerini içeren 30 farklı çayda yapılan çalışmada, toplam fenolik madde içeriğinin sırasıyla; yeşil çay (205.16 mg GAE/g KM), oolong çay (108.91 mg GAE/g KM) ve siyah çay (75.66 mg GAE/g KM) olarak azaldığı ifade edilmiştir (Zhao vd. 2019).

Fenolik maddeler bitkilerde yaygın olarak bulunan ikincil metabolitlerdir. Çay yapraklarında da %25’ini kapsayan, çaya özgü polifenoller olarak bilinen kateşinler (flavanoller) bulunmaktadır. Folin Ciocalteu reaktifi fenolik olmayan (C vitamini, aromatik aminler, kükürt dioksit gibi) bileşikler tarafından da indirgenebildiğinden dolayı sadece fenolik bileşiklere özgü değildir. Ancak uygulamasının basit ve tekrarlanabilir olmasından dolayı rutin olarak kullanılmaktadır. Ayrıca bu yöntem ile antioksidan aktivitenin belirlenmesinde kullanılan ABTS ve DPPH yöntemleri arasında doğrusal bir korelasyon bulunmaktadır (Magalhães vd. 2008).

Çalışmamız kapsamında üretilen çayların toplam fenolik madde miktarı yukarıda bahsedilen bazı yerli ve yabancı çayları kapsayan çalışmalarla benzerlik göstermiş ancak ülkemizde satışı sunulan çaylardan oldukça yüksek bulunmuştur. Buna sebep

olarak fabrikalarda işlenen çay yapraklarının hasadının daha kaba olarak yapılması, farklı bölgelerden ve yüksekliklerden elde edilen çayların kullanılması ve üretim yöntemi farklılıkları gösterilebilmektedir.

4.5. Toplam Flavonoid Madde Miktarı Analiz Sonuçları

Yeşil, siyah ve iki farklı yöntem uygulanarak üretilen farklı oksidasyon derecelerine sahip oolong çaylara ait toplam flavonoid madde miktarları Çizelge 4.13'te verilmiştir. Çay çeşitlerinin toplam flavonoid madde miktarları 2.49-3.53 g KE/100 g KM arasında değişim göstermiştir.

Çizelge 4.13. Çay çeşitlerine ait flavonoid madde miktarı değerleri

	Çay Çeşidi	Toplam Flavonoid Madde (g KE/100 g KM)	
1. Yöntem	YÇ	3.53	± 0.02
	O1.1	2.49	± 0.28
	O1.2	3.37	± 0.03
	O1.3	3.25	± 0.13
	O1.4	3.21	± 0.03
	O1.5	3.20	± 0.14
2. Yöntem	O2.1	2.88	± 0.00
	O2.2	2.84	± 0.23
	O2.3	3.13	± 0.02
	O2.4	2.96	± 0.04
	O2.5	3.07	± 0.02
	SÇ	3.11	± 0.03

Yeşil, siyah ve iki farklı yöntem uygulanarak üretilen farklı oksidasyon derecelerine sahip oolong çaylara ait toplam flavonoid madde miktarı değerlerinin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.14'te verilmiştir. Çay çeşidinin toplam flavonoid madde miktarı üzerinde önemli düzeyde ($P<0.01$) etkisinin olduğu gözlenmiştir.

Çizelge 4.14. Çay çeşitlerinin toplam flavonoid madde miktarı değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Toplam Flavonoid Madde (g KE/100 g KM)	
		KO	F
Çay Çeşidi	11	0.1464803	5.19**
Hata	12	0.028242	

(**), $P<0.01$ seviyesinde farklılık ifade eder.

Çizelge 4.15. Çay çeşitlerinin toplam flavonoid madde miktarı değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Toplam Flavonoid Madde (g KE/100 g KM)	Çay çeşidi	O1.1	O2.2	O2.1	O2.4	O2.5	SÇ	O2.3	O1.5	O1.4	O1.3	O1.2	YÇ
		2.49 ^e ± 0.28	2.84 ^{de} ± 0.23	2.88 ^{dc} ± 0.00	2.96 ^{bdc} ± 0.04	3.07 ^{bdc} ± 0.02	3.11 ^{bdc} ± 0.03	3.13 ^{bdac} ± 0.02	3.20 ^{bdac} ± 0.14	3.21 ^{bdac} ± 0.03	3.25 ^{bac} ± 0.13	3.37 ^{ba} ± 0.03	3.53 ^a ± 0.02

Aynı satırdaki farklı harfler ortalamaların P<0.05 seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

Yeşil, siyah ve iki farklı yöntem uygulanarak üretilen farklı oksidasyon derecelerine sahip oolong çayların toplam flavonoid madde miktarı değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.15'te verilmiştir. Çizelge 4.15 incelendiğinde toplam flavonoid madde içeriğinin en yüksek miktarda yeşil çayda (3.53 ± 0.02 g KE/100 g KM), en düşük miktarda ise 1. Yöntem uygulanarak üretilen O1.1 kodlu en az okside olmuş oolong çayda (2.49 ± 0.28 g KE/100 g KM) olduğu belirlenmiştir. Çay çeşidinin (yeşil, oolong, siyah) toplam flavonoid madde içeriği üzerine önemli derecede ($P < 0.05$) etkili olduğu gözlenmiştir. Ancak 1. yöntem uygulanarak üretilen O1.4 ve O1.5 kodlu oolong çaylar ile 2. yöntem uygulanarak üretilen O2.3 kodlu oolong çaylar arasında; 2. yöntem uygulanarak üretilen O2.4 ve O2.5 kodlu oolong çaylar ile siyah çay arasında istatistikî açıdan önemli derecede ($P < 0.05$) bir farklılık olmadığı görülmektedir.

Farklı ekstraksiyon süre ve sıcaklıklarının çaydan deme geçen fenolik ve alkaloid madde miktarı üzerine etkisinin incelendiği çalışmada toplam flavonoid miktarının yabancı menşeli yeşil çayda 14.34-28.38 mg/g arasında, Çaykur'dan temin edilen farklı sınıf siyah çaylarda ise 7.46-20.30 mg/g arasında değiştiği belirlenmiştir (Hanay 2011).

Atalay ve Erge (2017) tarafından yapılan çalışma sonucunda toplam flavonoid içeriği yeşil çayda 20.56 mg/g iken siyah çaylarda 8.6-10.99 mg/g arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Carloni vd. (2013) tarafından yapılan çalışmada ise toplam flavonoid madde miktarının aynı hammadde kullanarak üretilen yeşil çayda siyah çaya göre daha fazla olduğu bildirilmiştir.

Yapılan bir çalışmada (Yang ve Liu 2013) flavonoid içeriği yeşil çayda 24.4 mg/g ile en yüksek miktarda bulunurken, oolong çayda 14.2 mg/g ve siyah çayda 13.6 mg/g olarak tespit edilmiş, çayların antioksidan aktivitelerinin içerdiği fenolik ve flavonoid madde miktarlarıyla pozitif bir korelasyon gösterdiği rapor edilmiştir. Benzer şekilde ürettiğimiz çaylarda da en yüksek flavonoid içeriği okside olmayan yeşil çayda bulunurken, kısmen fermente olan bazı oolong çaylar ve tam fermente olan siyah çay arasında toplam flavonoid madde miktarı birbirine yakın bulunmuştur.

Polifenoller içerisinde en önemli grubu oluşturan flavonoidler C3-C6-C3 iskelet yapısına sahip, temel molekül yapısındaki heterosiklik oksijen halkasının yapısı ve konfigürasyonuna göre flavonlar, izoflavonlar, flavonoller, flavononlar, flavanoller (kateşinler), antosiyanidinler olarak sınıflandırılabilir (Yao vd. 2004). Kateşinler yeşil çayda en fazla bulunan flavonoidler iken, theaflavin ve thearubiginler siyah çayda bulunan baskın flavonoidler olmaktadır (Wang vd. 2000).

Çalışmamız kapsamında üretilen çaylarda belirlenen toplam flavonoid madde miktarlarının literatürde karşılaşılan sonuçlardan oldukça fazla bulunduğu görülmektedir. Kullandığımız yaş çay hammaddesinin taze uç sürgünlerden oluşması buna neden olarak gösterilebilir. Nitekim taze çay filizlerinde polifenol ve kafein miktarı daha fazla olmakta ve bu taze yapraklar kullanılarak üretilen çayların daha kaliteli olduğu bilinmektedir (Teshome 2019).

4.6. Toplam Antioksidan Aktivite Analiz Sonuçları

Yeşil, siyah ve iki farklı yöntem uygulanarak üretilen farklı oksidasyon derecelerine sahip oolong çayların ABTS ve DPPH radikalleri kullanılarak elde edilen antioksidan aktivite sonuçlarına ilişkin elde edilen değerler Çizelge 4.16’da verilmiştir. Üretilen çayların ABTS yöntemi ile elde edilen antioksidan aktivite değerleri 8.97-20.38 mM TEAC/g KM arasında değişim gösterirken, DPPH yöntemi kullanılarak elde edilen antioksidan aktivite değerleri 16.55-33.09 g TEAA/100g KM arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Çizelge 4.16. Çay çeşitlerine ait antioksidan aktivite değerleri

Çay Çeşidi	ABTS (mM TEAC/g KM)		DPPH (g TEAA/100 g KM)	
YÇ	20.38	± 0.18	33.09	± 0.50
1. Yöntem	O1.1	18.56 ± 1.57	30.33	± 0.27
	O1.2	17.94 ± 0.51	28.57	± 0.67
	O1.3	17.56 ± 0.13	28.22	± 0.23
	O1.4	14.70 ± 0.11	26.03	± 0.76
	O1.5	15.08 ± 0.08	24.74	± 0.13
2. Yöntem	O2.1	19.35 ± 0.80	30.99	± 0.75
	O2.2	16.82 ± 0.15	31.11	± 0.71
	O2.3	16.60 ± 0.15	27.46	± 0.08
	O2.4	15.34 ± 0.16	28.48	± 0.59
	O2.5	13.86 ± 0.58	29.29	± 0.49
SÇ	8.97	± 0.58	16.55	± 0.47

Yeşil, siyah ve iki farklı yöntem uygulanarak üretilen farklı oksidasyon derecelerine sahip oolong çayların antioksidan aktivite değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.17’de verilmiştir. Çay çeşitlerinin her iki yöntemle de elde edilen antioksidan aktivite değerleri üzerinde istatistiki açıdan oldukça önemli ($P < 0.001$) etkisinin olduğu gözlenmiştir.

Çizelge 4.17. Çay çeşitlerinin ABTS ve DPPH değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	ABTS (mM TEAC/g KM)		DPPH (g TEAA/100 g KM)	
		KO	F	KO	F
Çay Çeşidi	11	18.2332894	26.18***	36.0163409	65.06***
Hata	12	0.696533		0.553608	

(***), $P < 0.001$ seviyesinde farklılık ifade eder.

Çizelge 4.18. Çay çeşitlerinin antioksidan aktivite değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

ABTS (mM TEAC/g KM)	Çay çeşidi	SÇ	O2.5	O1.4	O2.4	O1.5	O2.3	O2.2	O1.3	O1.2	O1.1	O2.1	YÇ
		8.97 ^g ± 0.58	13.86 ^f ± 0.58	14.70 ^{ef} ± 0.11	15.34 ^{edf} ± 0.16	15.08 ^{edf} ± 0.08	16.60 ^{edc} ± 0.15	16.82 ^{dc} ± 0.15	17.56 ^{bc} ± 0.13	17.94 ^{bc} ± 0.51	18.56 ^{bac} ± 1.57	19.35 ^{ba} ± 0.80	20.38 ^a ± 0.18
DPPH (g TEAA/100 g KM)	Çay çeşidi	SÇ	O1.5	O1.4	O2.3	O1.3	O2.4	O1.2	O2.5	O1.1	O2.1	O2.2	YÇ
		16.55 ^h ± 0.47	24.74 ^g ± 0.13	26.03 ^{gf} ± 0.76	27.46 ^{ef} ± 0.08	28.22 ^{ed} ± 0.23	28.48 ^{ed} ± 0.59	28.57 ^{ed} ± 0.67	29.29 ^{cd} ± 0.49	30.33 ^{cb} ± 0.27	30.99 ^{cb} ± 0.75	31.11 ^b ± 0.71	33.09 ^a ± 0.50

Aynı satırdaki farklı harfler ortalamaların P<0.05 seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

Yeşil, siyah ve iki farklı yöntem uygulanarak üretilen farklı oksidasyon derecelerine sahip oolong çayların antioksidan aktivite değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.18’de verilmiştir. Çizelge 4.18 incelendiğinde her iki yöntem ile elde edilen antioksidan aktivite değerlerinin en yüksek miktarda yeşil çayda, en düşük miktarda ise siyah çayda olduğu belirlenmiştir. Çay çeşidinin antioksidan aktivite değerleri üzerine önemli derecede ($P<0.05$) etkili olduğu görülmektedir. ABTS yöntemiyle elde edilen sonuçlar incelendiğinde O1.2 ve O1.3 kodlu oolong çaylar arasında istatistiki açıdan önemli derecede ($P<0.05$) bir farklılık olmadığı görülmektedir. DPPH yöntemiyle elde edilen sonuçlar incelendiğinde ise O1.2, O1.3 ve O2.4 kodlu oolong çaylar kendi arasında; O1.1 ve O2.1 kodlu oolong çaylar kendi arasında benzerlik göstererek diğer çaylardan ayrılmışlardır. Oolong çay üretiminde uygulanan her iki yöntemde de genel olarak oksidasyon derecesinin artmasıyla antioksidan aktivitenin azaldığı görülmektedir.

Farklı çayların antioksidan aktivitelerinin belirlenmesi ve çaylar arasındaki farklılıkların antioksidan aktivite değerlerine göre ayırt edilebilmesinin amaçlandığı çalışmada, 6 farklı yeşil çay örneğinde DPPH radikal süpürücü aktivitenin ortalama değeri 2143 ± 419 mM TEAA/g KM olarak bulunurken, 6 farklı oolong çay örneğinde bu değer 1372 ± 35 mM TEAA/g KM olarak tespit edilmiştir (Zhang vd. 2013).

Zhao vd. (2019) farklı çaylarda ABTS kullanarak yaptıkları çalışmada antioksidan aktivite değerlerinin sırasıyla; yeşil çay (1899.19 ± 315.79 μ mol TEAC/g KM), oolong çay (1211.28 ± 176.81 μ mol TEAC/g KM) ve siyah çay (809.97 ± 237.04 μ mol TEAC/g KM) olarak azaldığını ifade etmiştir.

Carloni vd. (2013) tarafından yapılan çalışmada aynı hammadde kullanılarak üretilen çaylarda en yüksek antioksidan aktivite değeri (ABTS yöntemiyle) yeşil çayda (55.0 mM TEAC), en düşük ise siyah çayda (25.5-34.0 mM TEAC) bulunduğu tespit edilmiş, antioksidan aktivite değerleriyle toplam fenolik madde ve toplam flavonoid madde miktarları arasında güçlü bir korelasyon olduğu rapor edilmiştir. Yapılan bir diğer çalışmada aynı çay varyetesi kullanılarak üretilen yeşil, oolong ve siyah çay infüzyonlarında ABTS radikal katyonu süpürme değerleri sırasıyla 1.02, 1.09 ve 2.16 μ mol TEAC/ g infüzyon olarak belirlenmiş, antioksidan aktivite değerlerinin işleme sırasında uygulanan oksidasyon ile birlikte azalış gösterdiği belirtilmiştir (Lin vd. 2014).

Farklı çaylarda antoksidan aktivitenin incelendiği çalışmada ABTS yöntemiyle elde edilen antioksidan aktivite değerlerinin yeşil çayda 7.68 mM TEAC, oolong çayda 0.74 mM TEAC, siyah çayda 2.90 mM TEAC olduğu; DPPH yöntemiyle elde edilen antioksidan aktivite değerlerinin ise yeşil çayda 4.80 mM TEAA, oolong çayda 3.88 mM TEAA, siyah çayda 4.45 mM TEAA olduğu görülmüştür (Gorjanović vd. 2012).

Atalay ve Erge (2017) tarafından yapılan çalışmada ide ABTS yöntemiyle elde edilen antioksidan aktivite değerlerinin yeşil çayda 9.7 μ M TEAC/g olduğu ve siyah çaylarda 4.35-2.75 μ M TEAC/g arasında değiştiği; DPPH yöntemiyle elde edilen antioksidan aktivite değerlerinin ise yeşil çayda 0.073 mg örnek/mL EC_{50} olduğu, siyah çayda 0.509-0.497 mg örnek/mL EC_{50} arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Yaptığımız çalışma sonuçları genel olarak incelendiğinde ABTS ve DPPH yöntemi ile yapılan antioksidan aktivite tayinleri birbirleri ile paralellik göstererek en yüksek yeşil çayda en düşük siyah çayda bulunmuş, oolong çaylar yeşil ve siyah çay arasında yer almıştır. Oksidasyon derecesinin artmasıyla birlikte antioksidan aktivitenin azaldığı gözlenmektedir. Ancak elde ettiğimiz sonuçların literatürde karşılaşılan değerlerden oldukça yüksek bulunduğu görülmektedir. Bunun temel nedeni olarak ekstraksiyon koşullarının farklı olmasından kaynaklandığı söylenebilir.

4.7. Polifenolik Madde Kompozisyonu ve Kafein Miktarı Analizi Sonuçları

Yeşil, siyah ve iki farklı yöntem uygulanarak üretilen farklı oksidasyon derecelerine sahip oolong çaylarda incelenen kateşinlerin (TKM, C, CG, GC, GCG, EC, ECG, EGC ve EGCG) miktarları Çizelge 4.19'da; GA, K, TF ve TF33'DG miktarları Çizelge 4.20'de verilmiştir.

Çizelge 4.19 incelendiğinde çay çeşitlerinin toplam kateşin miktarlarının 4.56-18.17 g/100 g KM arasında değişim gösterdiği, en düşük siyah çayda ve en yüksek ise yeşil çayda olduğu tespit edilmiştir. Oolong çaylar ise yeşil ve siyah arasında yer almış, her iki yöntemde de oksidasyon derecesinin artmasıyla toplam kateşin miktarının azaldığı görülmüştür. Çay çeşitlerinin tamamında en fazla bulunan kateşin EGCG (0.93-6.48 g/100 g KM) olurken, EGC değeri 0.69-5.88, ECG değeri 0.52-1.54, C değeri 0.79-1.00, EC değeri 0.53-1.57, CG değeri 0.47-0.51, GC değeri 0.44-0.70, GCG değeri ise 0.37-0.69 g/100 g KM arasında değişim göstermiştir.

Çizelge 4.20 incelendiğinde çay çeşitlerinin GA miktarlarının 0.5-0.63, K miktarlarının 2.67-3.37, TF miktarları 0.48-0.67 ve TF33'DG miktarlarının ise 0.35-1.13 arasında değişim gösterdiği görülmektedir.

Çizelge 4.19. Çay çeşitlerine ait TKM, C, CG, GC, GCG, EC, ECG, EGC ve EGCG (g/100 g KM) değerleri

Çay Çeşidi	TKM	C	CG	GC	GCG	EC	ECG	EGC	EGCG
YÇ	18.17 ± 0.26	0.86 ± 0.04	0.48 ± 0.01	0.70 ± 0.06	0.69 ± 0.00	1.57 ± 0.03	1.54 ± 0.05	5.88 ± 0.16	6.48 ± 0.06
1. Yöntem									
O1.1	13.55 ± 0.36	0.80 ± 0.00	0.50 ± 0.01	0.69 ± 0.00	0.37 ± 0.25	1.29 ± 0.03	1.38 ± 0.02	3.45 ± 0.00	5.07 ± 0.06
O1.2	12.35 ± 0.06	0.89 ± 0.01	0.51 ± 0.00	0.63 ± 0.01	0.61 ± 0.01	1.22 ± 0.02	1.27 ± 0.00	2.86 ± 0.04	4.37 ± 0.04
O1.3	11.26 ± 0.05	0.91 ± 0.01	0.50 ± 0.00	0.59 ± 0.01	0.59 ± 0.01	1.18 ± 0.01	1.20 ± 0.01	2.42 ± 0.00	3.90 ± 0.04
O1.4	9.99 ± 0.16	0.99 ± 0.02	0.51 ± 0.00	0.57 ± 0.00	0.60 ± 0.01	1.03 ± 0.02	1.09 ± 0.03	2.02 ± 0.04	3.21 ± 0.08
O1.5	9.93 ± 0.04	0.98 ± 0.00	0.51 ± 0.00	0.57 ± 0.01	0.59 ± 0.00	1.00 ± 0.01	1.06 ± 0.00	2.08 ± 0.00	3.13 ± 0.04
2. Yöntem									
O2.1	14.66 ± 0.02	0.79 ± 0.01	0.49 ± 0.01	0.68 ± 0.00	0.63 ± 0.00	1.41 ± 0.02	1.46 ± 0.01	3.76 ± 0.04	5.47 ± 0.03
O2.2	12.33 ± 0.22	0.86 ± 0.01	0.49 ± 0.01	0.62 ± 0.01	0.61 ± 0.02	1.26 ± 0.03	1.30 ± 0.02	2.77 ± 0.05	4.45 ± 0.10
O2.3	11.01 ± 0.08	0.95 ± 0.01	0.49 ± 0.00	0.59 ± 0.01	0.59 ± 0.01	1.16 ± 0.00	1.19 ± 0.01	2.31 ± 0.04	3.76 ± 0.02
O2.4	10.49 ± 0.03	1.00 ± 0.01	0.49 ± 0.00	0.57 ± 0.00	0.58 ± 0.01	1.12 ± 0.00	1.14 ± 0.00	2.14 ± 0.01	3.47 ± 0.03
O2.5	10.53 ± 0.16	0.98 ± 0.00	0.49 ± 0.00	0.57 ± 0.00	0.58 ± 0.01	1.12 ± 0.02	1.14 ± 0.02	2.18 ± 0.05	3.48 ± 0.06
SÇ	4.56 ± 0.36	0.89 ± 0.03	0.47 ± 0.00	0.44 ± 0.00	0.58 ± 0.01	0.53 ± 0.02	0.52 ± 0.04	0.69 ± 0.00	0.93 ± 0.05

Çizelge 4.20. Çay çeşitlerine ait GA, K, TF ve TF33'DG (g/100 g KM) değerleri

Çay Çeşidi	GA	K	TF	TF33'DG
YÇ	0.51 ± 0.01	2.67 ± 0.12	0.48 ± 0.00	0.35 ± 0.00
1. Yöntem				
O1.1	0.53 ± 0.00	3.22 ± 0.05	0.57 ± 0.00	0.44 ± 0.01
O1.2	0.59 ± 0.01	3.29 ± 0.03	0.63 ± 0.01	0.54 ± 0.01
O1.3	0.60 ± 0.00	3.25 ± 0.02	0.64 ± 0.00	0.60 ± 0.01
O1.4	0.63 ± 0.01	3.15 ± 0.04	0.68 ± 0.01	0.73 ± 0.02
O1.5	0.62 ± 0.00	3.31 ± 0.01	0.67 ± 0.01	0.76 ± 0.01
2. Yöntem				
O2.1	0.52 ± 0.01	3.32 ± 0.02	0.55 ± 0.00	0.41 ± 0.00
O2.2	0.57 ± 0.00	3.23 ± 0.05	0.59 ± 0.01	0.49 ± 0.01
O2.3	0.59 ± 0.01	3.24 ± 0.05	0.64 ± 0.01	0.62 ± 0.01
O2.4	0.60 ± 0.00	3.23 ± 0.00	0.65 ± 0.00	0.68 ± 0.01
O2.5	0.60 ± 0.01	3.37 ± 0.08	0.65 ± 0.01	0.71 ± 0.01
SÇ	0.53 ± 0.01	3.07 ± 0.04	0.69 ± 0.00	1.13 ± 0.05

Yeşil, siyah ve iki farklı yöntem uygulanarak üretilen farklı oksidasyon derecelerine sahip oolong çaylara ait GA, GC, EGC, C, K, EGCG, EC, GCG, ECG, CG, TF33'DG ve TF değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.21'de verilmiştir. Buna göre çay çeşidinin GA, GC, EGC, C, K, EGCG, EC, ECG, CG, TF33'DG ve TF değerleri üzerinde istatistiki açıdan önemli seviyede ($P < 0.001$) etkili olduğu, GCG değeri üzerine ise istatistiksel açıdan önemli etkisinin olmadığı gözlenmiştir.

Çizelge 4.21. Çay çeşitlerinin TKM, C, CG, GC, GCG, EC, ECG, EGC ve EGCG, GA, K, TF ve TF33'DG değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	C		CG		GC		GCG		TKM	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Çay Çeşidi	11	0.01084394	19042***	0.00035871	12.30***	0.01001212	15.40***	0.01097576	1.05	20.9330042	289.45***
Hata	12	0.000558		0.000029		0.00065		0.010483		0.072321	
Varyasyon Kaynakları	SD	EC		ECG		EGC		EGCG			
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F		
Çay Çeşidi	11	0.1265803	185.24***	0.13254394	128.27***	3.17991023	535.56***	3.8558303	599.35***		
Hata	12	0.000683		0.001033		0.005938		0.006433			
Varyasyon Kaynakları	SD	GA		K		TF		TF33'DG			
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F		
Çay Çeşidi	11	0.00335871	47.42***	0.06675	11.31***	0.00719508	246.69***	0.08630114	140.90***		
Hata	12	0.000071		0.0059		0.000029		0.000613			

(***), P<0.001 seviyelerinde farklılık ifade eder.

Çizelge 4.22. Çay çeşitlerinin TKM, C, CG, GC, GCG, EC, EC, ECG, EGC ve EGCG değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

TKM	Çay Çeşidi	SÇ	O1.5	O1.4	O2.4	O2.5	O2.3	O1.3	O2.2	O1.2	O1.1	O2.1	YÇ
		4.56 ^{ch} ± 0.36	9.93 ^s ± 0.04	9.99 ^s ± 0.16	10.49 ^{fg} ± 0.03	10.53 ^{fg} ± 0.16	11.01 ^{fe} ± 0.08	11.26 ^e ± 0.05	12.33 ^d ± 0.22	12.35 ^d ± 0.06	13.55 ^c ± 0.36	14.66 ^b ± 0.02	18.17 ^{a±} 0.26
C	Çay Çeşidi	O2.1	O1.1	YÇ	O2.2	O1.2	SÇ	O1.3	O2.3	O1.5	O2.5	O1.4	O2.4
		0.79 ^d ± 0.01	0.80 ^{d±} 0.00	0.86 ^c ± 0.04	0.86 ^c ± 0.01	0.89 ^c ± 0.01	0.89 ^c ± 0.03	0.91 ^{bc} ± 0.01	0.95 ^{ba} ± 0.01	0.98 ^a ± 0.00	0.98 ^a ± 0.00	0.99 ^{a±} 0.02	1.00 ^a ± 0.01
CG	Çay Çeşidi	SÇ	YÇ	O2.1	O2.2	O2.3	O2.4	O2.5	O1.1	O1.3	O1.2	O1.4	O1.5
		0.47 ^e ± 0.00	0.48 ^{de} ± 0.01	0.49 ^{dc} ± 0.01	0.49 ^{dc} ± 0.01	0.49 ^{bc} ± 0.00	0.49 ^{bc} ± 0.00	0.49 ^{bc} ± 0.00	0.50 ^{ba} ± 0.01	0.50 ^{ba} ± 0.00	0.51 ^a ± 0.00	0.51 ^a ± 0.00	0.51 ^a ± 0.00
GC	Çay Çeşidi	SÇ	O1.4	O1.5	O2.4	O2.5	O1.3	O2.3	O2.2	O1.2	O2.1	O1.1	YÇ
		0.44 ^d ± 0.00	0.57 ^{c±} 0.00	0.57 ^c ± 0.01	0.57 ^c ± 0.01	0.57 ^c ± 0.00	0.59 ^c ± 0.01	0.59 ^c ± 0.01	0.62 ^c ± 0.01	0.63 ^{bc} ± 0.01	0.68 ^{ba} ± 0.00	0.69 ^a ± 0.00	0.70 ^{a±} 0.06
GCG	Çay Çeşidi	O1.1	O2.4	O2.5	SÇ	O1.5	O2.3	O1.3	O1.4	O1.2	O2.2	O2.1	YÇ
		0.37 ^b ± 0.25	0.58 ^{ba} ± 0.01	0.58 ^{ba} ± 0.01	0.58 ^{ba} ± 0.01	0.59 ^{ba} ± 0.00	0.59 ^{ba} ± 0.01	0.59 ^{ba} ± 0.01	0.60 ^{ba} ± 0.01	0.61 ^{ba} ± 0.01	0.61 ^{ba} ± 0.02	0.63 ^a ± 0.00	0.69 ^{a±} 0.00
EC	Çay Çeşidi	SÇ	O1.5	O1.4	O2.4	O2.5	O2.3	O1.3	O1.2	O2.2	O1.1	O2.1	YÇ
		0.53 ^b ± 0.02	1.00 ^s ± 0.01	1.03 ^{s±} 0.02	1.12 ^f ± 0.00	1.12 ^f ± 0.02	1.16 ^f ± 0.00	1.18 ^{fe} ± 0.01	1.22 ^{de} ± 0.02	1.26 ^{dc} ± 0.03	1.29 ^c ± 0.03	1.41 ^b ± 0.02	1.57 ^{a±} 0.03
ECG	Çay Çeşidi	SÇ	O1.5	O1.4	O2.4	O2.5	O2.3	O1.3	O1.2	O2.2	O1.1	O2.1	YÇ
		0.52 ⁱ ± 0.04	1.06 ^b ± 0.00	1.09 ^{gh} ± 0.03	1.14 ^{gf} ± 0.00	1.14 ^{gf} ± 0.02	1.19 ^f ± 0.01	1.20 ^{ef} ± 0.01	1.27 ^{ed} ± 0.00	1.30 ^d ± 0.02	1.38 ^c ± 0.02	1.46 ^b ± 0.01	1.54 ^{a±} 0.05
EGC	Çay Çeşidi	SÇ	O1.4	O1.5	O2.4	O2.5	O2.3	O1.3	O2.2	O1.2	O1.1	O2.1	YÇ
		0.69 ^b ± 0.00	2.02 ^{s±} 0.04	2.08 ^s ± 0.00	2.14 ^{fg} ± 0.01	2.18 ^{fg} ± 0.05	2.31 ^{fe} ± 0.04	2.42 ^e ± 0.00	2.77 ^d ± 0.05	2.86 ^d ± 0.04	3.45 ^c ± 0.00	3.76 ^b ± 0.04	5.88 ^{a±} 0.16
EGCG	Çay Çeşidi	SÇ	O1.5	O1.4	O2.4	O2.5	O2.3	O1.3	O1.2	O2.2	O1.1	O2.1	YÇ
		0.93 ^b ± 0.05	3.13 ^s ± 0.04	3.21 ^{s±} 0.08	3.47 ^f ± 0.03	3.48 ^f ± 0.06	3.76 ^e ± 0.02	3.90 ^e ± 0.04	4.37 ^d ± 0.04	4.45 ^d ± 0.10	5.07 ^c ± 0.06	5.47 ^b ± 0.03	6.48 ^{a±} 0.06

Aynı satırdaki farklı harfler ortalamaların P<0.05 seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

Çizelge 4.23. Çay çeşitlerinin GA, K TF ve TF33'DG değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

GA	Çay Çeşidi	YÇ	O2.1	O1.1	SÇ	O2.2	O1.2	O2.3	O1.3	O2.4	O2.5	O1.5	O1.4
		0.51 ^e ± 0.01	0.52 ^{ed} ± 0.01	0.53 ^d ± 0.00	0.53 ^d ± 0.01	0.57 ^c ± 0.00	0.59 ^b ± 0.01	0.59 ^b ± 0.01	0.60 ^b ± 0.00	0.60 ^b ± 0.00	0.60 ^b ± 0.01	0.62 ^a ± 0.00	0.63 ^a ± 0.01
K	Çay Çeşidi	YÇ	SÇ	O1.4	O1.1	O2.2	O2.4	O2.3	O1.3	O1.2	O1.5	O2.1	O2.5
		2.67 ^d ± 0.12	3.07 ^c ± 0.04	3.15 ^{bc} ± 0.04	3.22 ^{bac} ± 0.05	3.23 ^{bac} ± 0.05	3.23 ^{bac} ± 0.00	3.24 ^{bac} ± 0.05	3.25 ^{bac} ± 0.02	3.29 ^{ba} ± 0.03	3.31 ^{ba} ± 0.01	3.32 ^{ba} ± 0.02	3.37 ^a ± 0.08
TF	Çay Çeşidi	YÇ	O2.1	O1.1	O2.2	O1.2	O1.3	O2.3	O2.4	O2.5	O1.5	O1.4	SÇ
		0.48 [±] 0.00	0.55 ^h ± 0.00	0.57 ^g ± 0.00	0.59 ^f ± 0.01	0.63 ^e ± 0.01	0.64 ^{dc} ± 0.00	0.64 ^{dc} ± 0.01	0.65 ^c ± 0.00	0.65 ^{dc} ± 0.01	0.67 ^b ± 0.01	0.68 ^{ba} ± 0.01	0.69 ^a ± 0.01
TF33'DG	Çay Çeşidi	YÇ	O2.1	O1.1	O2.2	O1.2	O1.3	O2.3	O2.4	O2.5	O1.4	O1.5	SÇ
		0.35 ^h ± 0.00	0.41 ^g ± 0.00	0.44 ^{fg} ± 0.01	0.49 ^{fe} ± 0.01	0.54 ^e ± 0.01	0.60 ^d ± 0.01	0.62 ^d ± 0.01	0.68 ^c ± 0.01	0.71 ^{cb} ± 0.01	0.73 ^{cb} ± 0.02	0.76 ^b ± 0.01	1.13 ^a ± 0.05

Aynı satırdaki farklı harfler ortalamaların P<0.05 seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

Çay çeşitlerinin TKM, C, CG, GC, GCG, EC, EC, ECG, EGC ve EGCG değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.22'de, GA, K TF ve TF33'DG değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.23'te gösterilmiştir. TKM, GC, GCG, EC, ECG, EGC ve EGCG miktarlarının en fazla yeşil çayda bulunduğu, en fazla C miktarının O2.4 kodlu çayda, en fazla CG miktarının ise O1.5 kodlu çayda bulunduğu tespit edilmiştir. En düşük TKM, CG, GC, EC, ECG, EGC ve EGCG miktarlarının siyah çayda, en düşük C miktarının O2.1 kodlu çayda, en düşük GCG miktarının ise O1.1 kodlu çayda bulunduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.22). Çizelge 4.23 incelendiğinde en düşük GA, K, TF ve TF33'DG miktarlarının yeşil çayda bulunduğu, en yüksek GA miktarının O1.4 kodlu çayda, en yüksek K miktarının O2.5 kodlu çayda, en yüksek TF ve TF33'DG miktarının ise beklenildiği üzere siyah çayda bulunduğu tespit edilmiştir.

Oolong çay üretiminde uygulanan her iki yöntemde de oksidasyon derecesinin artması ile birlikte TF ve TF33'DG miktarları artış göstermiştir. Genel olarak bakıldığında oolong çay çeşitleri kendi aralarında benzerliklere sahip olsalar da TKM, C, CG, GC, EC, ECG, EGC, EGCG, GA, K, TF, TF33'DG içeriği bakımından yeşil ve siyah çaydan istatistiki olarak önemli düzeyde ($P < 0.05$) farklı olduğu görülmektedir (Çizelge 4.22 ve Çizelge 4.23).

Aynı hammadde kullanılarak üretilen oksidasyon dereceleri %0, %10, %25 ve %85 olacak şekilde sınıflandırılan dört farklı çayda, oksidasyon işlemi ile birlikte EGCG, EGC, ECG, EC, C ve GCG içeriklerinin giderek azaldığı, bunun aksine GA miktarının artış gösterdiği, K miktarının ise düşük (%10-25) oksidasyon derecesine sahip olan çaylarda değişmediği ancak yüksek (%85) oksidasyon derecesine sahip olan çayda önemli miktarda bir artış gösterdiği belirlenmiştir (Lin vd. 1998).

Zuo vd. (2002) tarafından yapılan çalışma sonucunda araştırmacılar yeşil, oolong ve siyah çaylarda EGCG içeriği 3.79-62.4 mg/g arasında, EGC içeriği 5.71-37.6 mg/g arasında, EC içeriği 1.36-10.3 mg/g arasında, ECG içeriği 4.45-21.8 mg/g arasında, GA içeriği 0.37-2.07 mg/g arasında, K içeriği 7.44-28.5 mg/g arasında olduğu; yeşil çayların oolong çaylardan daha yüksek düzeyde, siyah çayın ise oldukça düşük düzeyde kateşin içerdiğini, çay çeşitlerinin tamamında önemli miktarda kafein bulunduğunu bildirmişlerdir.

Farklı bölgelerden toplanan fermente olmayan (yeşil çay), yarı fermente (oolong) ve fermente çayları (siyah ve pu-erh) içeren 45 farklı çay çeşidinin incelendiği çalışmada yeşil, oolong ve siyah çaylarda EGCG miktarının 11.8-103.5 mg/g, EGC miktarının 3.9-45.3 mg/g, ECG miktarının 4.4-45.6 mg/g, EC miktarının 3.5-21.2 mg/g, GA miktarının 0.3-4.5 mg/g, K miktarının 25.7-67.4 mg/g arasında değiştiği tespit edilmiştir. Yeşil çaylarda kateşin içeriklerinin özellikle EGCG ve EGC miktarlarının daha yüksek olduğu, GA miktarının siyah çaylarda oksidasyonla birlikte önemli ölçüde artış gösterdiği, K miktarlarının ise fermente çaylarda daha yüksek, yeşil ve oolong çaylarda ise orta düzeyde bulunduğu belirtilmiştir (Cabrera vd. 2003).

Özdemir vd. (2018) tarafından yapılan Türk siyah çayının fenolik madde kompozisyonu üzerine rakım, sürgün dönemi ve çay sınıfının etkisinin incelendiği çalışmada, 1. sürgün döneminde başlıca kateşinin EGCG (0.98 ± 0.03 g/100g KM) olduğu, diğer kateşin miktarları; EGC 0.78 ± 0.02 g/100 g KM, EC 0.33 ± 0.01 g/100 g

KM, ECG 0.52 ± 0.01 g/100 g KM, CG 0.03 ± 0.00 g/100 g KM, GCG 0.42 ± 0.00 g/100 g KM, C 0.28 ± 0.01 g/100 g KM olarak; kafein miktarı ise 2.17 ± 0.03 g/100 g KM olarak tespit edilmiştir. Kateşin ve kafein miktarlarını yüksek rakımlarda yetişen çay bitkilerinden elde edilen ve diğer sürgün dönemlerine kıyasla 1. sürgün döneminde elde edilen siyah çaylarda daha fazla bulunduğunu tespit etmişlerdir.

Yapılan bir diğer çalışmada ise farklı klonlar kullanarak üretilen siyah çayların kalite parametrelerini incelemiş, Tuğlalı-10 klonundan üretilen farklı sınıf siyah çaylarda EGC miktarı %0.018-0.022, C miktarı %0.015-0.022, EGCG miktarı 0.192-0.265, EC miktarı %0.311-0.398, ECG miktarı %0.083-0.0183, GA miktarı %0.152-0.168 ve K miktarı %1.871-2.006 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Polat 2013).

Müezzinoğlu (2011) tarafından yapılan çalışmada ise 1. sürgün döneminde üretilen beş çeşit yeşil çayda ortalama EGC miktarı %4.18, C miktarı %0.06, EGCG miktarı %7.30, EC miktarı %1.103, ECG miktarı %1.31, GA miktarı %0.02 ve K miktarı %2.37 olarak tespit edilmiştir.

Wang vd. (2011) yaptıkları çalışmada 27 çeşit yeşil çay, hafif, orta ve ileri okside olarak sınıflandırdıkları 27 farklı oolong çay ve 50 çeşit siyah çay içeren çeşitli çaylarda yaptıkları çalışmada yeşil, oolong ve siyah çayda sırasıyla ortalama olarak toplam kateşin miktarını 105.85 ± 35.69 , 86.91 ± 23.54 , 10.18 ± 6.68 mg/g; EGC miktarını 13.44 ± 10.58 , 16.78 ± 5.09 , 0.31 ± 0.31 mg/g; C miktarını 6.51 ± 4.47 , 4.34 ± 1.75 , 1.00 ± 1.34 mg/g; EC miktarını 5.78 ± 4.18 , 4.12 ± 1.18 , 1.21 ± 1.29 mg/g; EGCG miktarını 50.29 ± 13.88 , 38.36 ± 16.82 , 3.46 ± 1.86 mg/g; GCG miktarının 12.67 ± 15.14 , 15.30 ± 6.62 , 0.60 ± 0.26 mg/g; ECG miktarı 17.16 ± 6.73 , 8.02 ± 3.16 , 3.59 ± 2.73 mg/g olarak tespit etmişlerdir. Toplam kateşin, EGC ve EGCG miktarları en fazla yeşil çayda, en yüksek EGC miktarının ise oolong çayda bulunduğunu, oolong çaylarda oksidasyon derecesinin artmasıyla birlikte kateşin miktarlarının azaldığını gözlemlemişlerdir.

Çin'de farklı bölgelerden toplanan oolong çaylarda GC içeriği 0.204-1.601 mg/g, EGC içeriği 0.451-1.904 mg/g, EGCG içeriği 2.426-4.885 mg/g, EC içeriği 0.217-1.247 mg/g, GCG içeriği 0.092-0.441 mg/g, ECG içeriği 0.428-1.880 mg/g, K içeriği 3.144-9.969 mg/g arasında değiştiği tespit edilmiştir (Wang vd. 2012).

Zhang vd. (2013) tarafından yapılan çalışmada GA, GC, EGC, EC, EGCG, GCG, ECG miktarları sırasıyla 6 farklı yeşil çayda ortalama olarak 1.880 ± 0.35 , 1.773 ± 0.635 , 9.84 ± 1.83 , 6.111 ± 1.105 , 63.45 ± 5.37 , 4.161 ± 0.823 , 19.56 ± 2.064 mg/g; 6 farklı oolong çayda ortalama olarak 0.832 ± 0.348 , 3.064 ± 0.204 , 21.28 ± 3.41 ; 4.887 ± 0.241 , 44.89 ± 4.21 , 1.873 ± 0.124 , 7.621 ± 1.526 mg/g bulunduğu tespit edilmiştir. Ayrıca kateşin bileşenlerinden özellikle EGCG'nin çayın antioksidan aktivitesine büyük katkı sağladığı, oksidasyon sırasında azaldığı ve çayın antioksidan aktivitesinin azalmasına yol açtığı belirtilmiştir. Çalışma sonuçları GA, EC, EGCG, GCG, ECG miktarlarının yeşil çayda daha fazla bulunduğunu, GC ve EGC miktarlarının ise oolong çayda daha fazla olduğunu göstermiştir.

Yi vd. (2015) 17 farklı yeşil çay, 13 farklı oolong çay ve 8 farklı siyah çay içeren çeşitli çaylarda yaptıkları çalışmada, yeşil, oolong ve siyah çayda sırasıyla ortalama olarak toplam kateşin miktarını 112.72 mg/g, 75.15 mg/g, 7.22 mg/g; GA miktarını 2.01 ± 0.92 , 0.69 ± 0.71 , 4.43 ± 1.47 mg/g; GC miktarını 4.02 ± 2.19 , 5.02 ± 1.10 , 0.14 ± 0.30

mg/g; EGC miktarını 15.48±9.02, 26.89±5.63, 0.78±0.58 mg/g; C miktarını 5.37±1.73, 1.01±0.28, 0.52±0.77; EC miktarını 7.25±2.26, 7.00±1.24, 0.71±0.57 mg/g; EGCG miktarını 54.06±6.83, 27.44±3.66, 2.19±2.40 mg/g; GCG miktarını 9.44±1.97, 2.70±0.74, 0.23±0.46 mg/g; ECG miktarını 17.10±3.34, 5.09±0.74, 0.23±0.46 mg/g; K miktarını 34.86±4.32, 19.67±2.95, 28.54±3.68 mg/g olarak belirlemiştir. Bu bileşenler arasında en fazla miktarda EGCG ve kafein yeşil çayda bulunmuştur. Siyah çayda, yeşil çaya göre kateşin miktarları önemli ölçüde azalırken GA miktarı önemli ölçüde artmıştır. Oolong çay ise en fazla EGC ve en az K miktarlarıyla diğer çaylardan ayrılmıştır.

Farklı yarı oksidasyon süreleri ile üretilen Tieguanyin oolong çayında yarı oksidasyon süresinin artmasıyla paralel olarak toplam kateşin miktarı (380.85-389.81 mg/L), EGCG (126.65–146.60 mg/L) ve GCG (21.59-28.79 mg/L), ECG (37.73–43.32 mg/L) miktarları azalış gösterirken, EGC (74.44–89.66 mg/L), EC (66.43–74.19 mg/L), GC (21.47–26.03 mg/L), TF (11.05–14.55 mg/L) ve TF33'DG (0.41–0.95 mg/L) miktarları artış göstermiştir (Liu vd. 2018).

Aynı çay varyetesi kullanılarak üretilen yeşil, oolong ve siyah çay infüzyonlarının incelendiği çalışmada yeşil ve oolong çaylarda en fazla bulunan kateşinler EGCG ve ECG iken EGCG, ECG, GCG ve GC miktarları en fazla oolong çayda, EC miktarı ise en fazla yeşil çayda bulunmuştur. Çay çeşitleri arasında toplam kateşin miktarının oksidasyon ile azaldığı, kafein ve CG miktarlarının önemli bir fark göstermediği belirtilmiştir (Lin vd. 2014).

Jiang vd. (2019) tarafından yapılan çalışmada aynı hammadde kullanılarak üretilen yeşil, oolong ve siyah çayda sırasıyla toplam kateşin miktarı 55.16, 48.46, 11.39 mg/g; EGC miktarı 11.3±2.01, 10.4±2.16, 1.02±3.98 mg/g; C miktarı 0.26±0.04, 0.26±1.01, 0.03±3.23 mg/g; EC miktarı 4.50±0.58, 4.06±1.61, 3.37±0.72 mg/g; EGCG miktarı 27.9±0.24, 25.8±1.43, 4.67±1.79 mg/g; GCG miktarı 0.87±3.21, 0.75±2.77, 0.77±1.64 mg/g; ECG miktarı 10.3±2.56, 7.25±1.11, 1.53±0.99 mg/g; GA miktarı 0.10±1.34, 0.40±0.87, 0.76±3.09 mg/g; K miktarı 15.6±3.89, 14.4±0.63, 13.4±3.17 mg/g olarak tespit etmişlerdir.

Çalışma kapsamında üretilen çay çeşitlerinde oksidasyon derecesinin artmasıyla birlikte toplam kateşin miktarları, GC, EC, ECG, EGC, EGCG miktarları azalırken GA miktarı kısmen TF ve TF33'DG miktarları ise önemli derecede artarak literatür ile benzerlik göstermiştir. Çay çeşitleri arasındaki fenolik madde, gallik asit ve kafein miktarları arasındaki farklılıkların üretim sürecinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Taze çay yaprağında bulunan enzimler inaktive edilerek, kateşinlerin okside olmasına izin verilmeden üretilen yeşil çayda kateşinler en fazla miktarda bulunurken kısmen okside olan oolong çaylarda ve tam okside olan siyah çaylarda kateşinlerin yerini oksidasyon ürünleri olan theaflavinler gibi polimerize bileşiklere bıraktığı açıkça görülmektedir.

4.8. Renk Analizi Sonuçları

Yeşil, siyah ve iki farklı yöntem uygulanarak üretilen farklı oksidasyon derecelerine sahip oolong çaylara ait L^* , a^* , b^* , ton açısı ve doygunluk değerleri Çizelge 4.24'te verilmiştir. Çay çeşitlerinin L^* değeri 20.81-68.99, a^* değeri 11.03-43.08, b^* değeri 35.59-84.93, ton açısı 39.56- 82.62 ve doygunluk değerleri ise 52.38-85.65 arasında değişim göstermiştir.

Çizelge 4.24. Çay çeşitlerine ait L^* , a^* , b^* , ton açısı ve doygunluk değerleri

Çay Çeşidi	L^*	a^*	b^*	Ton açısı	Doygunluk
YÇ	68.99 ± 0.87	11.03 ± 1.20	84.93 ± 1.75	82.62 ± 0.65	85.65 ± 1.89
1. Yöntem					
O1.1	32.90 ± 0.15	37.13 ± 0.27	56.19 ± 0.34	56.55 ± 0.04	67.35 ± 0.43
O1.2	30.62 ± 0.03	40.41 ± 0.03	52.33 ± 0.03	52.32 ± 0.04	66.12 ± 0.01
O1.3	29.67 ± 0.13	40.28 ± 0.63	50.74 ± 0.23	51.56 ± 0.56	64.79 ± 0.21
O1.4	22.43 ± 0.44	39.61 ± 0.42	38.39 ± 0.75	44.10 ± 0.25	55.16 ± 0.81
O1.5	24.13 ± 2.60	39.54 ± 1.25	41.29 ± 4.51	46.08 ± 2.24	57.20 ± 4.12
2. Yöntem					
O2.1	26.06 ± 0.50	31.37 ± 0.11	44.51 ± 0.82	54.82 ± 0.59	54.46 ± 0.61
O2.2	26.93 ± 0.60	35.26 ± 0.07	46.07 ± 0.99	52.57 ± 0.64	58.02 ± 0.75
O2.3	25.35 ± 1.11	37.29 ± 0.71	43.30 ± 1.86	49.25 ± 0.68	57.14 ± 1.88
O2.4	23.33 ± 0.11	35.67 ± 0.27	39.87 ± 0.23	48.18 ± 0.06	53.49 ± 0.35
O2.5	22.45 ± 3.62	35.43 ± 1.78	38.46 ± 6.25	46.99 ± 3.24	52.38 ± 5.80
SÇ	20.81 ± 0.44	43.08 ± 0.17	35.59 ± 0.73	39.56 ± 0.69	55.88 ± 0.34

Yeşil, siyah ve iki farklı yöntem uygulanarak üretilen farklı oksidasyon derecelerine sahip oolong çaylara ait renk analizi (L^* , a^* , b^* , ton açısı ve doygunluk) değerlerine ait varyans analiz tablosu Çizelge 4.25'te verilmiştir. Buna göre çay çeşidinin L^* , a^* , b^* , ton açısı ve doygunluk değerleri üzerinde önemli düzeyde ($P < 0.001$) etkisi olduğu gözlenmiştir.

Yeşil, siyah ve iki farklı yöntem uygulanarak üretilen farklı oksidasyon derecelerine sahip oolong çaylara ait L^* , a^* , b^* , ton açısı ve doygunluk değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.26'da verilmiştir.

Çizelge 4.25. Çay çeşitlerinin L*, a*, b*, ton açısı ve doygunluk değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	L*		a*		b*		Ton açısı		Doygunluk	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Çay Çeşidi	11	336.413064	88.37***	138.088062	111.65***	353.162059	30.74***	230.185305	76.59***	174.381782	17.52***
Hata	12	3.806992		1.236742		11.490121		3.005275		9.9538	

(***), P<0.001 seviyesinde farklılık ifade eder.

Çizelge 4.26. Çay çeşitlerinin L*, a*, b*, ton açısı ve doygunluk değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

L*	Çay çeşidi	SÇ	O1.4	O2.5	O2.4	O1.5	O2.3	O2.1	O2.2	O1.3	O1.2	O1.1	YÇ
		20.81 ^f ± 0.44	22.43 ^{fe} ± 0.44	22.45 ^{fe} ± 3.62	23.33 ^{fe} ± 0.11	24.13 ^{fe} ± 2.60	25.35 ^{fed} ± 1.11	26.06 ^{ced} ± 0.50	26.93 ^{ced} ± 0.60	29.67 ^{cbd} ± 0.13	30.62 ^b ± 0.03	32.90 ^b ± 0.15	68.99 ^a ± 0.87
a*	Çay çeşidi	YÇ	O2.1	O2.2	O2.5	O2.4	O1.1	O2.3	O1.5	O1.4	O1.3	O1.2	SÇ
		11.03 ^f ± 1.20	31.37 ^e ± 0.11	35.26 ^d ± 0.07	35.43 ^d ± 1.78	35.67 ^d ± 0.27	37.13 ^{cd} ± 0.27	37.29 ^{cd} ± 0.71	39.54 ^{cb} ± 1.25	39.61 ^{cb} ± 0.42	40.28 ^b ± 0.63	40.41 ^b ± 0.03	43.08 ^a ± 0.17
b*	Çay çeşidi	SÇ	O1.4	O2.5	O2.4	O1.5	O2.3	O2.1	O2.2	O1.3	O1.2	O1.1	YÇ
		35.59 ^f ± 0.73	38.39 ^{fe} ± 0.75	38.46 ^{fe} ± 6.25	39.87 ^{fe} ± 0.23	41.29 ^{fe} ± 4.51	43.30 ^{fed} ± 1.86	44.51 ^{ced} ± 0.82	46.07 ^{ced} ± 0.99	50.74 ^{cbd} ± 0.23	52.33 ^{cb} ± 0.03	56.19 ^b ± 0.34	84.93 ^a ± 1.75
Ton açısı	Çay çeşidi	SÇ	O1.4	O1.5	O2.5	O2.4	O2.3	O1.3	O1.2	O2.2	O2.1	O1.1	YÇ
		39.56 ^h ± 0.69	44.10 ^g ± 0.25	46.08 ^g ± 2.24	46.99 ^{fg} ± 3.24	48.18 ^{fg} ± 0.06	49.25 ^{fed} ± 0.68	51.56 ^{ced} ± 0.56	52.32 ^{cd} ± 0.04	52.57 ^{cd} ± 0.64	54.82 ^{cb} ± 0.59	56.55 ^b ± 0.04	82.62 ^a ± 0.65
Doygunluk	Çay çeşidi	O2.5	O2.4	O2.1	O1.4	SÇ	O2.3	O1.5	O2.2	O1.3	O1.2	O1.1	YÇ
		52.38 ^d ± 5.80	53.49 ^d ± 0.35	54.46 ^d ± 0.61	55.16 ^d ± 0.81	55.88 ^d ± 0.34	57.14 ^d ± 1.88	57.20 ^d ± 4.12	58.02 ^{cd} ± 0.75	64.79 ^{cb} ± 0.21	66.12 ^b ± 0.01	67.35 ^b ± 0.43	85.65 ^a ± 1.89

Aynı satırdaki farklı harfler ortalamaların P<0.05 seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

Çizelge 4.26 incelendiğinde L* (koyuluk-açıklık) değeri en yüksek yeşil çayda, en düşük siyah çayda bulunmuş, O1.4, O1.5, O2.4 ve O2.5 kodlu oolong çaylar; O2.1 ve O2.2 kodlu oolong çaylar; O1.1 ve O1.2 kodlu oolong çaylar kendi aralarında benzerlik göstermişlerdir. a* (yeşillik-kırmızılık) değeri en yüksek siyah çayda, en düşük yeşil çayda bulunmuş, O2.2, O2.4 ve O2.5 kodlu çaylar; O1.1, O1.4, O1.5 ve O2.3 kodlu oolong çaylar; O1.2 ve O1.3 kodlu oolong çaylar kendi aralarında benzerlik göstermişlerdir. b* (mavilik-sarılık) değeri en yüksek yeşil çayda, en düşük siyah çayda tespit edilmiş, O1.4, O1.5, O2.4 ve O2.5 kodlu oolong çaylar ile O2.1 ve O2.2 kodlu oolong çaylar kendi aralarında benzerlik göstermişlerdir. Ton açısı değeri en yüksek yeşil çayda, en düşük siyah çayda gözlenirken, O1.5 ve O2.5 kodlu oolong çaylar, O1.2 ve O2.2 kodlu oolong çaylar kendi aralarında benzerlik bulunmuştur. Doygunluk değeri ise en yüksek yeşil çayda, en düşük O2.5 kodlu oolong çayda bulunmakla birlikte O2.4, O2.3, O2.1, O1.4, O1.5 kodlu oolong çaylar ve siyah çay ile arasında önemli bir farklılık görülmemektedir.

Lin vd. (2014) tarafından yapılan çalışmada aynı çay varyetesi kullanılarak üretilen yeşil, oolong ve siyah çaylarda sırasıyla L* değeri 91.29 ± 0.09 , 93.74 ± 0.06 , 71.24 ± 0.09 ; a* değeri -2.78 ± 0.04 , -1.80 ± 0.07 , 12.62 ± 0.21 ; b* değeri 16.38 ± 0.08 , 15.18 ± 0.32 , 60.51 ± 0.16 olarak tespit edilmiş, oolong çayların yeşil çaya göre daha açık renkli, daha az yeşil ve daha az sarı olduğu belirtilmiştir.

Oksidasyon derecesinin artmasıyla rengin koyulaştığı, yeşilden kırmızıya ve sarıdan maviye doğru bir renk değişiminin olduğu gözlenmektedir. Lin vd. (2014) tarafından yapılan çalışma ile elde ettiğimiz sonuçlar paralellik göstermektedir. Gözlenen renk değişimlerinin çay kateşinlerinin okside olarak çayın parlak kırmızı-turuncu renginden sorumlu olan theaflavin ve koyu kahverengi kırmızısı renginden sorumlu olan thearubigin gibi polimerik yapılara dönüşmesiyle ortaya çıktığı söylenebilir.

4.9. Theaflavin, Thearubigin ve Theabrownin Analizi Sonuçları

Yeşil, siyah ve iki farklı yöntem uygulanarak üretilen farklı oksidasyon derecelerine sahip oolong çaylara ait TF (%), TR (%) ve TB (%) değerleri Çizelge 4.27’de verilmiştir. Çay çeşitlerinin TF değerleri %0.20-0.84, TR değerleri %4.47-7.29, ve TB değerleri %4.61-9.30 arasında değişim göstermiştir.

Çizelge 4.27. Çay çeşitlerinin TF, TR ve TB değerleri

Çay Çeşidi	% TF		% TR		% TB	
	KO	F	KO	F	KO	F
YÇ	0.20	± 0.04	6.20	± 0.35	4.61	± 0.01
1. Yöntem	O1.1	0.31 ± 0.00	7.29 ± 0.11		6.47 ± 0.04	
	O1.2	0.42 ± 0.01	6.64 ± 0.06		7.37 ± 0.19	
	O1.3	0.45 ± 0.01	6.59 ± 0.08		7.01 ± 0.12	
	O1.4	0.58 ± 0.02	6.28 ± 0.08		7.50 ± 0.01	
	O1.5	0.53 ± 0.01	5.97 ± 0.17		7.45 ± 0.29	
2. Yöntem	O2.1	0.36 ± 0.06	6.77 ± 0.52		6.52 ± 0.13	
	O2.2	0.39 ± 0.03	6.73 ± 0.08		7.03 ± 0.02	
	O2.3	0.48 ± 0.02	6.17 ± 0.19		6.78 ± 0.02	
	O2.4	0.50 ± 0.02	6.49 ± 0.18		6.81 ± 0.11	
	O2.5	0.65 ± 0.02	6.68 ± 0.31		6.71 ± 0.16	
SÇ	0.84	± 0.01	4.47	± 0.38	9.30	± 0.04

Yeşil, siyah ve iki farklı yöntem uygulanarak üretilen farklı oksidasyon derecelerine sahip oolong çaylara ait TF (%), TR (%) ve TB (%) değerlerine ait varyans analiz tablosu Çizelge 4.28’de verilmiştir. Buna göre çay çeşidinin TF (%), TR (%) ve TB (%) değerleri üzerinde önemli düzeyde ($P < 0.001$) etkisi olduğu gözlenmiştir.

Çizelge 4.28. Çay çeşitlerinin TF, TR ve TB değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	% TF		% TR		% TB	
		KO	F	KO	F	KO	F
Çay Çeşidi	11	0.05591212	48.97***	0.94944848	7.45***	222.830.909	70.52***
Hata	12	0.00114167		0.12740000		0.03160000	

(***), $P < 0.001$ seviyesinde farklılık ifade eder.

Çizelge 4.29. Çay çeşitlerinin TF, TR ve TB değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

(%) TF	Çay çeşidi	YÇ	O1.1	O2.1	O2.2	O1.2	O1.3	O2.3	O2.4	O1.5	O1.4	O2.5	SÇ
		0.20 ^j ±0.04	0.31 ⁱ ±0.00	0.36 ^{hi} ±0.06	0.39 ^{hpi} ±0.03	0.42 ^{hgf} ±0.01	0.45 ^{egf} ±0.01	0.48 ^{edf} ±0.02	0.50 ^{ed} ±0.02	0.53 ^{cd} ±0.01	0.58 ^{cb} ±0.02	0.65 ^b ±0.02	0.84 ^a ±0.01
(%) TR	Çay çeşidi	SÇ	O1.5	O2.3	YÇ	O1.4	O2.4	O1.3	O1.2	O2.5	O2.2	O2.1	O1.1
		4.47 ^c ±0.38	5.97 ^b ±0.17	6.17 ^b ±0.19	6.20 ^b ±0.35	6.28 ^b ±0.08	6.49 ^{ba} ±0.18	6.59 ^{ba} ±0.08	6.64 ^{ba} ±0.06	6.68 ^{ba} ±0.31	6.73 ^{ba} ±0.08	6.77 ^{ba} ±0.52	7.29 ^a ±0.11
(%) TB	Çay çeşidi	YÇ	O1.1	O2.1	O2.5	O2.3	O2.4	O1.3	O2.2	O1.2	O1.5	O1.4	SÇ
		4.61 ^f ±0.01	6.47 ^e ±0.04	6.52 ^e ±0.13	6.71 ^{ed} ±0.16	6.78 ^{ed} ±0.02	6.81 ^{ed} ±0.11	7.01 ^{cd} ±0.12	7.03 ^{cd} ±0.02	7.37 ^{cb} ±0.19	7.45 ^b ±0.29	7.50 ^b ±0.01	9.30 ^a ±0.04

Aynı satırdaki farklı harfler ortalamaların P<0.05 seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

Yeşil, siyah ve iki farklı yöntem uygulanarak üretilen farklı oksidasyon derecelerine sahip oolong çaylara ait TF, TR ve TB değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.29'da verilmiştir. Çizelge 4.29 incelendiğinde en düşük TF ve TB değerinin yeşil çayda, en yüksek TF ve TB değerinin siyah çayda bulunduğu görülmektedir. TR miktarının ise en düşük değeri siyah çayda, en yüksek değeri O1.1 kodlu çayda tespit edilmiştir.

Yao vd. (2006) tarafından yapılan çalışmada Avustralya marketlerinde satışa sunulan çaylarda TF, TR ve TB değerlerini sırasıyla yeşil çayda %0.24, %6.96 ve %1.57 olarak; siyah çayda ise %0.75, %7.61 ve %8.66 olarak tespit etmişlerdir, farklı ülke piyasalarında satılan siyah çaylarda ise TF/TR oranının 0.09-0.14 arasında değiştiği belirtilmiştir.

17 farklı siyah çay örneği ile TF, TR ve TB miktarlarının tat ile olan ilişkisinin araştırıldığı çalışmada TF, TR ve TB değerleri ortalamaları sırasıyla %0.24, %4.07 ve %7.59 olarak tespit edilmiştir (Wang vd. 2014). TF, burukluk, ağızda kalan burukluk ve zenginlik, TR ağızda kalan burukluk tadıyla pozitif ve anlamlı bir ilişki gösterirken TB acılık ile negatif korelasyon göstermiştir.

Peng vd. (2013) yaptıkları çalışmada aynı hammaddeyi kullanarak yeşil çay, kısa süre okside olan siyah çay ve siyah çay üretmişlerdir. TF, TR ve TB miktarları sırasıyla yeşil, kısa süre okside olan siyah çay ve siyah çay olacak şekilde artış göstererek, TF miktarı 0.09 ± 0.02 , 0.26 ± 0.03 , 0.42 ± 0.02 ; TR miktarı 3.09 ± 0.38 , 5.1 ± 0.20 , 9.62 ± 1.04 ; TB miktarı 2.35 ± 0.31 , 3.02 ± 0.11 , 10.73 ± 0.69 olarak tespit edilmiştir.

TF, TR miktarları ve bunların oranı (TF/TR) çay kalitesinin belirlenmesi açısından oldukça önemlidir (Kumar vd. 2011). Yao vd. (2006) TF, TR içeriği ve TF/TR oranının siyah çayın işlenmesi sırasında çay üreticileri için ve fiyatının belirlenmesi noktasında çay ihracatçıları ve ithalatçıları için önemli bir kalite kriteri olarak değerlendirilebileceğini belirtmişlerdir. Jolvis Pou (2016) kaliteli bir siyah çayda optimum TF/TR oranının 0.10 olması gerektiğini bildirmektedir. Tez kapsamında üretilen çay çeşitlerinde oksidasyon derecesinin artmasıyla birlikte TF miktarlarındaki artış net bir şekilde görülmektedir ancak ileri oksidasyon ürünleri olan TR ve TB'lerde benzer durum söz konusu değildir. Üretilen çay çeşitlerinde TF/TR oranı en düşük yeşil çayda (0.03), en yüksek siyah çayda (0.19) tespit edilmiş, oolong çaylarda ise 0.04-0.10 arasında değiştiği ve oksidasyon derecesinin artması ile birlikte artış gösterdiği belirlenmiştir.

4.10. Uçucu Bileşen Analizi

Yeşil çay ve 1. yöntem kullanılarak üretilen oolong çaylar (O1.1, O1.2, O1.3, O1.4, O1.5) ile 2. yöntem kullanılarak üretilen oolong çayların (O2.1, O2.2, O2.3, O2.4, O2.5) ve siyah çayın uçucu bileşenleri sırasıyla Çizelge 4.30 ve çizelge 4.31’de verilmiştir.

Yeşil çayda 41, siyah çayda 62, oolong çayda ise oksidasyon derecesine bağlı olarak değişmekle birlikte 1. yöntem uygulanarak üretilen oolong çaylarda 66; 2. yöntem uygulanarak üretilen oolong çaylarda ise 61 bileşen tespit edilmiştir. Çay çeşitlerinin tamamını kapsayacak şekilde listelendiğinde 71 farklı uçucu bileşen tespit edildiği görülmektedir (Çizelge 4.30 ve Çizelge 4.31). %0.2 ve üstünde kalan pik alanları değerlendirilmeye alınmış, bunlardan 7 tanesi tanımlanamamış ve “bilinmeyen” olarak isimlendirilmiştir.

Yeşil çayda en fazla bulunan ilk 10 bileşen hekzanal; 3,5-oktadien-2-on; β -siklositral; (E) β -iyonon, heptanal; 6-metil-5-hepten-2-on; furan, 2-pentil; heptan, 2,2,4,6,6-pentametil, (E,E)-2,4-heptadienal; sikloheksanon, 2,2,6-trimetil olurken; 1-etilpirol ve Z- β -ocimene bileşenleri sadece yeşil çayda tespit edilmiştir.

Siyah çayda en fazla tespit edilen 10 bileşen hekzanal; (E) 2-hekzanal; furan, 2-pentil; 3,5-oktadien-2-on; nonanal; heptanal; 6-metil-5-hepten-2-on; (E,E)-2,4-heptadienal; benzaldehit; linalol olarak bulunurken, hekzanoik asit ve (Z) -linalol oksit sadece siyah çayda tespit edilmiştir.

Oolong çaylarda bulunan bileşenlerin ortalamaları alınarak sıralandığında ise ilk 10’da hekzanal; furan, 2-pentil; 6-metil-5-hepten-2-on; 3,5-oktadien-2-on; β -siklositral; (E) β -iyonon; heptanal; geranil aseton; heptan, 2,2,4,6,6-pentametil; (E,E)-2,4-heptadienal yer almıştır. 2-metil-2-pentanal sadece 2. yöntem ile gerçekleştirilen çaylarda bulunurken; benzenetanol sadece O1.4 kodlu çayda, oktadekan ise sadece O1.2 kodlu çayda tespit edilebilmiştir.

Çay çeşitlerinin tamamında hekzanal; furan, 2-pentil; 6-metil-5-hepten-2-on; 3,5-oktadien-2-on; (E,E) -2,4-heptadienal; heptanal ilk 10 içerisinde yer alırken; 1-pentanol; (Z)-2-penten-1-ol; (E)-2-hekzanal; 2-heptanon; (E)-4-heptenal; metilpentaldehit; benzaldehit; 1-okten-3-ol; 2,3-oktandion; 2-propilfuran; (E)-2-(2-pentenil) furan; oktanal; sikloheksanon, 2,2,6-trimetil; bilinmeyen2; bilinmeyen3; linalol; nonanal; 2,6-heptanedion, 3-asetil-; α -iyonon; geranil aseton; (E) β -iyonon; dihidroaktinidiolid bulunduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.30. Çay örneklerinin (YÇ, O1.1, O1.2, O1.3, O1.4, O1.5) uçucu bileşenleri (% Alan)

No	RT	RI	İsim	1. Yöntem					
				YÇ	O1.1	O1.2	O1.3	O1.4	O1.5
1	3.946	738	(E) -2-Pental	1.00 ± 0.12	0.41 ± 0.03	0.39 ± 0.03	0.51 ± 0.01	t.e.	t.e.
2	4.208	748	1-Pentanol	1.70 ± 0.56	1.67 ± 0.12	2.14 ± 0.16	1.38 ± 0.06	2.32 ± 0.00	1.98 ± 0,02
3	4.290	752	(Z) -2-Penten-1-ol	1.63 ± 0.23	0.98 ± 0.03	1.05 ± 0.14	0.69 ± 0.01	0.99 ± 0.04	0.82 ± 0,01
4	5.054	781	Hekzanal	19.84 ± 1.51	19.38 ± 0.92	20.14 ± 1.31	21.90 ± 0.90	20.42 ± 0.20	18.83 ± 2,90
5	5.566	799	1-Etilpirol	0.36 ± 0.17	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
6	6.166	823	2-Metil-2-pentanal	0.25 ± 0.25	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
7	6.607	839	1,3-Siklopentadien, 5,5-dimetil-2-etil-	0.87 ± 0.15	0.56 ± 0.06	0.65 ± 0.02	0.41 ± 0.04	0.87 ± 0.03	0.76 ± 0,13
8	6.917	850	(E) -2-Hekzanal	0.60 ± 0.09	1.24 ± 0.07	1.49 ± 0.10	1.46 ± 0.03	1.38 ± 0.04	1.36 ± 0,09
9	7.067	856	(Z) -3-Hexen-1-ol	t.e.	0.49 ± 0.04	0.62 ± 0.01	0.49 ± 0.01	0.74 ± 0.03	0.70 ± 0.04
10	7.516	873	(E) -2-Hexen-1-ol	t.e.	t.e.	0.25 ± 0.00	0.21 ± 0.02	0.39 ± 0.01	0.39 ± 0.03
11	7.619	877	1-Hekzanol	t.e.	0.74 ± 0.07	0.83 ± 0.05	0.74 ± 0.03	1.20 ± 0.03	1.08 ± 0.01
12	8.522	911	2-Heptanon	0.68 ± 0.05	2.69 ± 0.01	2.81 ± 0.04	2.42 ± 0.01	2.15 ± 0.04	2.48 ± 0,02
13	8.906	926	(E) -4-Heptenal	2.19 ± 0.31	0.64 ± 0.07	0.64 ± 0.04	0.72 ± 0.01	0.40 ± 0.02	0.45 ± 0,06
14	8.985	928	Heptanal	5.27 ± 0.33	2.98 ± 0.27	3.04 ± 0.13	3.30 ± 0.17	2.93 ± 0.13	2.71 ± 0,40
15	10.130	968	Hekzanoik asit, metil ester	t.e.	0.31 ± 0.12	0.40 ± 0.10	0.28 ± 0.06	0.22 ± 0.07	0.41 ± 0.21
16	10.507	980	α-Thujene	0.22 ± 0.22	0.39 ± 0.39	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
17	11.007	997	3- (2-Sikloheksenilmetil) -2-siklohepten-1-on	1.07 ± 0.26	0.22 ± 0.02	0.24 ± 0.03	0.30 ± 0.03	t.e.	
18	11.583	1017	Metilpentaldehit	0.57 ± 0.12	0.44 ± 0.00	0.50 ± 0.01	0.54 ± 0.02	0.28 ± 0.01	0.40 ± 0,02
19	11.707	1021	Benzaldehit	1.29 ± 0.04	1.93 ± 0.07	1.86 ± 0.05	2.23 ± 0.02	1.62 ± 0.05	1.85 ± 0,14
20	12.346	1043	1-Heptanol	t.e.	0.27 ± 0.00	0.36 ± 0.01	0.32 ± 0.03	0.31 ± 0.04	0.34 ± 0.06

Devamı arkada

Çizelge 4.30'un devamı.

No	RT	RI	İsim	1. Yöntem					
				YÇ	O1.1	O1.2	O1.3	O1.4	O1.5
21	12.785	1058	1-Okten-3-ol	1.12 ± 0.01	1.62 ± 0.01	1,78 ± 0,11	1,53 ± 0,03	1,89 ± 0,06	1,85 ± 0,21
22	12.955	1062	Hekzanoik asit	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
23	13.040	1066	2,3-Oktandion	1.11 ± 0.37	0.71 ± 0.04	0,76 ± 0,05	0,46 ± 0,01	0,69 ± 0,03	0,60 ± 0,00
24	13.149	1070	6-Metil-5-hepten-2-on	4.34 ± 0.24	8.08 ± 0.76	7,15 ± 0,82	6,44 ± 0,09	6,11 ± 0,26	7,63 ± 1,03
25	13.275	1075	Heptan, 2,2,4,6,6-pentametil	3.74 ± 1.24	3.00 ± 2.14	2,06 ± 1,28	2,56 ± 1,56	t.e.	2,10 ± 1,50
26	13.385	1078	Furan, 2-pentil	3.98 ± 0.59	8.68 ± 0.51	8,02 ± 0,27	7,15 ± 0,03	10,11 ± 0,31	8,79 ± 0,83
27	13.603	1086	2-Propilfuran	1.55 ± 0.27	0.65 ± 0.06	0,77 ± 0,05	1,05 ± 0,05	0,32 ± 0,01	0,46 ± 0,02
28	13.871	1095	(E) -2- (2-Pentenil) furan	1.24 ± 0.01	1.24 ± 0.01	1,19 ± 0,10	1,30 ± 0,19	1,24 ± 0,04	1,27 ± 0,19
29	13.941	1097	Oktanal	1.39 ± 0.02	1.12 ± 0.10	1,07 ± 0,02	1,40 ± 0,08	1,15 ± 0,26	1,10 ± 0,33
30	14.177	1105	Bilinmeyen1	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
31	14.269	1109	(E, E) -2,4-Heptadienal	3.35 ± 0.58	2.16 ± 0.03	2,07 ± 0,09	2,85 ± 0,16	1,15 ± 0,05	1,53 ± 0,34
32	15.172	1141	Bilinmeyen1	t.e.	0.97 ± 0.32	0.70 ± 0,23	1,08 ± 0,19	0,53 ± 0,11	0,98 ± 0,30
33	15.341	1147	2-Etilhekzanol	t.e.	t.e.	t.e.	0.53 ± 0.06	0,56 ± 0,13	0,33 ± 0,15
34	15.470	1151	Siklohekzanon, 2,2,6-trimetil-	2.81 ± 0.53	2.15 ± 0.17	2,21 ± 0,12	1,57 ± 0,07	2,54 ± 0,18	2,56 ± 0,40
35	15.764	1161	(3E) -3-Okten-2-on	t.e.	0.54 ± 0.06	0.62 ± 0,00	0,69 ± 0,03	0,48 ± 0,00	0,61 ± 0,14
36	15.912	1166	Benzenasetaldehit	t.e.	0.75 ± 0.09	1.22 ± 0,01	1,28 ± 0,04	1,97 ± 0,08	1,80 ± 0,11
37	16.297	1179	Z-.beta.-ocimene	0.49 ± 0.18	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
38	16.709	1194	Bilinmeyen2	2.42 ± 0.03	2.16 ± 0.09	2,34 ± 0,04	2,12 ± 0,00	2,23 ± 0,10	2,31 ± 0,02
39	17.366	1217	3,5-oktadien-2-on	9.47 ± 0.51	5.01 ± 0.76	5,37 ± 0,31	5,86 ± 0,20	4,00 ± 0,13	4,65 ± 0,27
40	18.253	1248	(Z) -Linalol oksit	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.

Devamı arkada

Çizelge 4.30'un devamı.

No	RT	RI	İsim	1. Yöntem					
				YÇ	O1.1	O1.2	O1.3	O1.4	O1.5
41	18.491	1256	Bilinmeyen3	1.37 ± 0.00	0.98 ± 0.09	1.11 ± 0.05	1.09 ± 0.08	0.97 ± 0.01	1.09 ± 0.03
42	18.865	1270	Linalol	2.34 ± 0.53	2.24 ± 0.05	1.97 ± 0.01	1.60 ± 0.05	2.70 ± 0.08	2.23 ± 0.12
43	19.085	1278	Nonanal	2.28 ± 0.15	2.09 ± 0.16	2.02 ± 0.03	2.52 ± 0.10	2.10 ± 0.13	2.11 ± 0.16
44	19.197	1282	2,6-Heptanedion, 3-asetil-	1.07 ± 0.11	0.70 ± 0.11	0.68 ± 0.05	0.81 ± 0.03	0.48 ± 0.01	0.67 ± 0.02
45	19.448	1292	Benzenetanol	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.23 ± 0.04	t.e.
46	20.449	1330	2,7-dimetil-1-oktanol	t.e.	0.68 ± 0.03	0.63 ± 0.01	0.79 ± 0.02	0.31 ± 0.02	0.38 ± 0.03
47	20.845	1346	(E) -3-nonen-2-on	t.e.	0.39 ± 0.02	0.38 ± 0.01	0.42 ± 0.00	0.63 ± 0.03	0.34 ± 0.03
48	21.186	1358	(R, S) -5-Etil-6-metil-3E-hepten-2-on	t.e.	1.25 ± 0.08	1.19 ± 0.06	1.26 ± 0.02	0.24 ± 0.03	0.78 ± 0.05
49	21.526	1371	Bilinmeyen4	0.64 ± 0.08	0.38 ± 0.05	0.34 ± 0.01	0.46 ± 0.00	t.e.	0.28 ± 0.01
50	21.817	1383	(E) -2-Nonenal	t.e.	t.e.	t.e.	0.27 ± 0.02	t.e.	t.e.
51	22.474	1408	Bilinmeyen5	0.40 ± 0.02	0.53 ± 0.06	0.50 ± 0.05	0.59 ± 0.02	0.48 ± 0.02	0.49 ± 0.07
52	23.225	1436	(Z) -Bütanoik asit, 3-heksenil ester	t.e.	0.33 ± 0.03	t.e.	0.21 ± 0.00	0.30 ± 0.04	0.24 ± 0.01
53	23.474	1446	Bilinmeyen6	t.e.	0.45 ± 0.06	0.39 ± 0.02	0.48 ± 0.00	0.53 ± 0.05	0.47 ± 0.05
54	23.612	1451	Bilinmeyen7	t.e.	0.41 ± 0.04	t.e.	0.47 ± 0.02	t.e.	0.38 ± 0.13
55	23.747	1456	Safranal	0.53 ± 0.23	0.56 ± 0.06	0.71 ± 0.04	0.38 ± 0.03	1.40 ± 0.05	1.16 ± 0.06
56	23.877	1462	Oktadekan	t.e.	t.e.	0.45 ± 0.04	t.e.	t.e.	t.e.
57	24.084	1471	Dekanal	t.e.	t.e.	t.e.	0.27 ± 0.01	t.e.	t.e.
58	24.753	1499	β-Siklositral	7.58 ± 1.01	4.28 ± 0.30	4.45 ± 0.17	3.71 ± 0.13	4.77 ± 0.14	4.38 ± 0.27
59	25.388	1525	(Z) -3-Hekzenil 2-metilbütirat	t.e.	0.38 ± 0.01	0.32 ± 0.01	0.35 ± 0.01	0.40 ± 0.02	0.30 ± 0.02
60	25.677	1539	(E) -2-Hekzenil izovalerat	t.e.	0.46 ± 0.01	0.36 ± 0.01	0.29 ± 0.02	0.44 ± 0.04	0.40 ± 0.04

Devamı arkada

Çizelge 4.30'un devamı.

No	RT	RI	İsim	1. Yöntem					
				YÇ	O1.1	O1.2	O1.3	O1.4	O1.5
61	26.397	1568	Geraniol	t.e.	0.33 ± 0.02	0.31 ± 0.05	0.23 ± 0.01	0.43 ± 0.02	0.27 ± 0.02
62	28.430	1654	Theaspirane A	t.e.	t.e.	0.29 ± 0.02	0.22 ± 0.02	0.62 ± 0.05	0.49 ± 0.00
63	29.200	1690	Theaspirane B	0.39 ± 0.06	0.42 ± 0.03	0.60 ± 0.04	0.43 ± 0.03	1,20 ± 0,01	0,93 ± 0,02
64	29.622	1709	Dekanoik asit, metil ester	t.e.	0.27 ± 0.04	0.82 ± 0.17	0.27 ± 0.00	1.01 ± 0,21	0,63 ± 0,29
65	32.124	1826	(Z)- Hekzanoik asit, 3-hekzenil ester	t.e.	0.31 ± 0.02	0.29 ± 0.03	0.26 ± 0.00	0.50 ± 0,03	0,38 ± 0,01
66	32.506	1844	(E)- Hekzanoik asit, 2-hekzenil ester	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.38 ± 0.03	0.34 ± 0.03
67	34.094	1924	α-İyonon	0.55 ± 0.07	0.74 ± 0.09	0.76 ± 0.05	0.69 ± 0.04	0,79 ± 0,01	0,71 ± 0,01
68	35.134	1977	Geranil aseton	1.89 ± 0.18	3.60 ± 0.20	2.87 ± 0.08	2.67 ± 0.12	3,37 ± 0,11	3,46 ± 0,28
69	36.526	2049	(E) β-İyonon	6.16 ± 0.66	3.56 ± 0.46	3.53 ± 0.26	3.25 ± 0.13	3,71 ± 0,13	3,25 ± 0,00
70	38.200	2139	Dihidroaktinidiolid	0.47 ± 0.05	0.32 ± 0.05	0.35 ± 0.03	0.30 ± 0.03	0.45 ± 0,07	0,36 ± 0,03
71	49.723	2776	Kafein	t.e.	0.23 ± 0.05	t.e.	t.e.	0.46 ± 0.04	0.42 ± 0.08

Çizelge 4.31. Çay çeşitlerinin (O2.1, O2.2, O2.3, O2.4, O2.5 ve SÇ) uçucu bileşenleri (% Alan)

No	RT	RI	İsim	2. Yöntem					SÇ
				O2.1	O2.2	O2.3	O2.4	O2.5	
1	3.946	738	(E) -2-Pental	0.65 ± 0.03	0.66 ± 0.01	0.44 ± 0.07	0.51 ± 0.01	0.54 ± 0.05	0.51 ± 0.04
2	4.208	748	1-Pentanol	1.37 ± 0.14	1.21 ± 0.05	1.62 ± 0.32	1.37 ± 0.05	1.22 ± 0.07	0.75 ± 0.07
3	4.290	752	(Z) -2-Penten-1-ol	0.81 ± 0.11	0.68 ± 0.05	0.68 ± 0.08	0.68 ± 0.02	0.57 ± 0.05	0.31 ± 0.00
4	5.054	781	Hekzanal	21.61 ± 0.74	21.45 ± 0.85	20.58 ± 0.20	21.21 ± 0.65	20.98 ± 0.29	18.90 ± 0.13
5	5.566	799	1-Etilpirol	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
6	6.166	823	2-Metil-2-pental	0.95 ± 0.19	0.72 ± 0.00	0.46 ± 0.03	0.41 ± 0.04	0.52 ± 0.05	0.35 ± 0.07
7	6.607	839	1,3-Siklopentadien, 5,5-dimetil-2-etil-	0.49 ± 0.07	0.42 ± 0.00	0.48 ± 0.07	0.52 ± 0.03	0.45 ± 0.03	t.e.
8	6.917	850	(E) -2-Hekzanal	1.47 ± 0.07	1.50 ± 0.08	1.69 ± 0.13	1.63 ± 0.01	1.64 ± 0.04	8.04 ± 2.34
9	7.067	856	(Z) -3-Hexen-1-ol	0.37 ± 0.05	0.38 ± 0.01	0.54 ± 0.06	0.50 ± 0.02	0.47 ± 0.02	2.23 ± 0.58
10	7.516	873	(E) -2-Hexen-1-ol	t.e.	t.e.	0.21 ± 0.00	0.22 ± 0.00	0.23 ± 0.00	0.39 ± 0.01
11	7.619	877	1-Hekzanol	0.63 ± 0.06	0.48 ± 0.01	0.81 ± 0.13	0.73 ± 0.00	0.66 ± 0.09	0.72 ± 0.05
12	8.522	911	2-Heptanon	2.19 ± 0.11	2.11 ± 0.05	2.38 ± 0.17	2.49 ± 0.05	2.21 ± 0.11	1.48 ± 0.06
13	8.906	926	(E) -4-Heptenal	0.97 ± 0.00	0.81 ± 0.06	0.65 ± 0.06	0.75 ± 0.02	0.75 ± 0.00	0.45 ± 0.02
14	8.985	928	Heptanal	3.66 ± 0.14	3.21 ± 0.03	3.19 ± 0.06	3.31 ± 0.14	3.37 ± 0.06	3.36 ± 0.25
15	10.130	968	Hekzanoik asit, metil ester	0.22 ± 0.07	0.43 ± 0.05	t.e.	0.28 ± 0.02	0.31 ± 0.04	0.26 ± 0.06
16	10.507	980	α-Thujene	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.30 ± 0.16	t.e.
17	11.007	997	3- (2-Siklohekzenilmetil) -2-siklohepten-1-on	0.67 ± 0.26	0.51 ± 0.16	0.20 ± 0.20	0.35 ± 0.05	0.46 ± 0.08	t.e.
18	11.583	1017	Metilpentaldehit	0.52 ± 0.03	0.58 ± 0.01	0.58 ± 0.04	0.53 ± 0.04	0.61 ± 0.02	0.61 ± 0.07
19	11.707	1021	Benzaldehit	1.96 ± 0.10	2.41 ± 0.01	2.29 ± 0.12	2.31 ± 0.01	2.20 ± 0.05	2.86 ± 0.31
20	12.346	1043	1-Heptanol	0.25 ± 0.01	0.23 ± 0.02	0.37 ± 0.09	0.33 ± 0.02	0.27 ± 0.00	0.24 ± 0.00

Devamı arkada

Çizelge 4.31'in devamı.

No	RT	RI	İsim	2. Yöntem					SÇ
				O2.1	O2.2	O2.3	O2.4	O2.5	
21	12.785	1058	1-Okten-3-ol	1.37 ± 0.02	1.19 ± 0.01	1.69 ± 0,25	1,54 ± 0,02	1,46 ± 0,09	1,26 ± 0,06
22	12.955	1062	Hekzanoik asit	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.30 ± 0.01
23	13.040	1066	2,3-Oktandion	0.61 ± 0.02	0.44 ± 0.00	0.60 ± 0,12	0,44 ± 0,03	0,46 ± 0,01	0,26 ± 0,02
24	13.149	1070	6-Metil-5-hepten-2-on	6.09 ± 0.33	7.84 ± 0.05	6.25 ± 0,87	5,97 ± 0,29	6,03 ± 0,19	3,33 ± 0,54
25	13.275	1075	Heptan, 2,2,4,6,6-pentametil	2.05 ± 1.48	4.59 ± 0.59	1.89 ± 1,89	1,99 ± 1,18	4,72 ± 1,18	1,09 ± 1,09
26	13.385	1078	Furan, 2-pentil	8.04 ± 0.71	7.79 ± 0.42	6.74 ± 0,49	8,17 ± 0,08	6,88 ± 0,28	5,22 ± 0,35
27	13.603	1086	2-Propilfuran	1.10 ± 0.10	1.22 ± 0.07	0.70 ± 0,23	0,82 ± 0,10	1,07 ± 0,09	0,83 ± 0,16
28	13.871	1095	(E) -2- (2-Pentenil) furan	1.25 ± 0.05	1.19 ± 0.04	0.81 ± 0,14	1,32 ± 0,09	1,16 ± 0,04	0,92 ± 0,27
29	13.941	1097	Oktanal	1.43 ± 0.09	1.35 ± 0.08	1.40 ± 0,04	1,31 ± 0,02	1,53 ± 0,01	2,25 ± 0,24
30	14.177	1105	Bilinmeyen1	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.41 ± 0.01
31	14.269	1109	(E, E) -2,4-Heptadienal	3.11 ± 0.24	2.99 ± 0.24	2.45 ± 0,55	3,03 ± 0,26	3,30 ± 0,02	2,90 ± 0,40
32	15.172	1141	Bilinmeyen1	0.90 ± 0.18	1.31 ± 0.17	0.99 ± 0,08	0,80 ± 0,16	1,43 ± 0,08	0,63 ± 0,13
33	15.341	1147	2-Etilhekzanol	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0,39 ± 0,04
34	15.470	1151	Siklohekzanon, 2,2,6-trimetil-	1.69 ± 0.02	1.81 ± 0.07	1.53 ± 0,10	1,58 ± 0,04	1,70 ± 0,00	1,17 ± 0,10
35	15.764	1161	(3E) -3-Okten-2-on	0.68 ± 0.04	0.60 ± 0.05	0.77 ± 0,04	0,74 ± 0,01	0,75 ± 0,03	0,95 ± 0,07
36	15.912	1166	Benzenasetaldehit	0.72 ± 0.10	1.00 ± 0.01	1.47 ± 0,19	1,53 ± 0,16	1,54 ± 0,01	2,38 ± 0,10
37	16.297	1179	Z-.beta.-ocimene	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
38	16.709	1194	Bilinmeyen2	2.11 ± 0.02	2.12 ± 0.08	2.05 ± 0,13	2,20 ± 0,05	2,23 ± 0,03	2,06 ± 0,13
39	17.366	1217	3,5-oktadien-2-on	6.33 ± 0.41	5.14 ± 1.00	6.30 ± 0,06	6,14 ± 0,08	5,91 ± 0,11	4,74 ± 0,56
40	18.253	1248	(Z) -Linalol oksit	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	1.01 ± 0.09

Devamı arkada

Çizelge 4.31'in devamı.

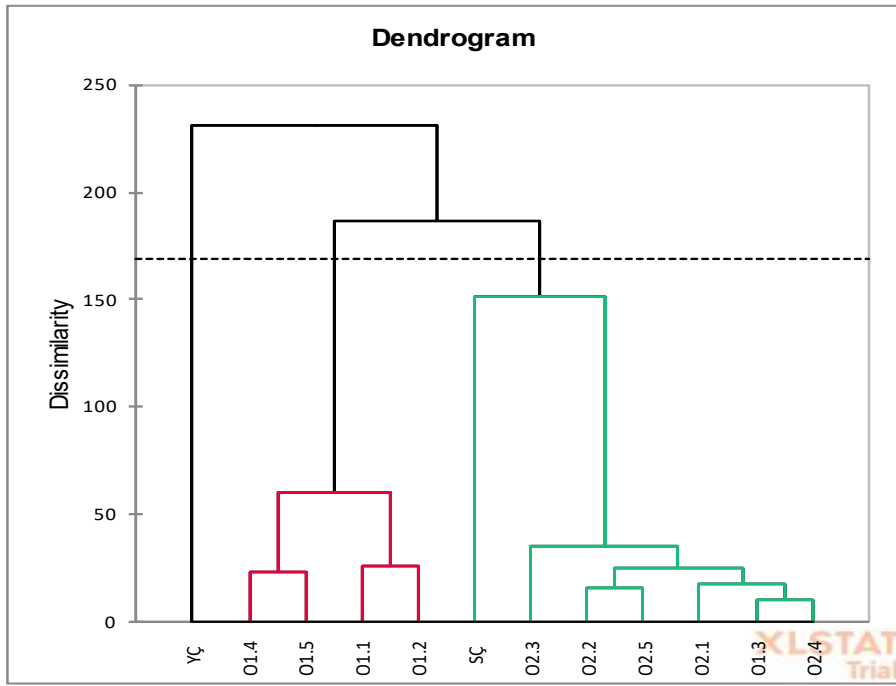
No	RT	RI	İsim	2. Yöntem					SÇ
				O2.1	O2.2	O2.3	O2.4	O2.5	
41	18.491	1256	Bilinmeyen3	1.17 ± 0.10	0.98 ± 0.06	1.25 ± 0.05	1.20 ± 0.01	1.18 ± 0.08	1.11 ± 0.06
42	18.865	1270	Linalol	1.73 ± 0.14	1.56 ± 0.06	1.74 ± 0.06	1.63 ± 0.23	1.31 ± 0.11	2.86 ± 0.08
43	19.085	1278	Nonanal	2.72 ± 0.03	2.50 ± 0.03	2.71 ± 0.14	2.45 ± 0.11	2.53 ± 0.02	4.10 ± 0.34
44	19.197	1282	2,6-Heptanedion, 3-asetil-	0.97 ± 0.02	0.66 ± 0.15	0.92 ± 0.04	0.82 ± 0.01	0.83 ± 0.03	0.68 ± 0.02
45	19.448	1292	Benzenetanol	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.22 ± 0.00
46	20.449	1330	2,7-dimetil-1-oktanol	0.73 ± 0.01	0.73 ± 0.03	0.93 ± 0.08	0.85 ± 0.01	0.76 ± 0.04	0.77 ± 0.13
47	20.845	1346	(E) -3-nonen-2-on	0.35 ± 0.02	0.32 ± 0.01	0.41 ± 0.04	0.41 ± 0.00	0.36 ± 0.01	0.41 ± 0.01
48	21.186	1358	(R, S) -5-Etil-6-metil-3E-hepten-2-on	1.18 ± 0.13	1.08 ± 0.05	1.51 ± 0.24	1.36 ± 0.02	1.15 ± 0.06	0.87 ± 0.03
49	21.526	1371	Bilinmeyen4	0.56 ± 0.06	0.50 ± 0.05	0.48 ± 0.02	0.50 ± 0.01	0.49 ± 0.01	0.36 ± 0.04
50	21.817	1383	(E) -2-Nonenal	0.23 ± 0.05	0.26 ± 0.03	0.21 ± 0.04	0.25 ± 0.02	0.27 ± 0.02	0.36 ± 0.02
51	22.474	1408	Bilinmeyen5	0.49 ± 0.03	0.46 ± 0.02	0.67 ± 0.08	0.61 ± 0.06	0.54 ± 0.04	0.61 ± 0.02
52	23.225	1436	(Z) -Bütanoik asit, 3-heksenil ester	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
53	23.474	1446	Bilinmeyen6	0.28 ± 0.00	0.27 ± 0.01	0.41 ± 0.05	0.40 ± 0.04	0.34 ± 0.02	1.70 ± 0.05
54	23.612	1451	Bilinmeyen7	0.28 ± 0.03	0.72 ± 0.07	0.39 ± 0.04	0.25 ± 0.01	0.37 ± 0.07	0.26 ± 0.05
55	23.747	1456	Safranal	0.31 ± 0.07	0.25 ± 0.01	0.48 ± 0.18	0.34 ± 0.04	0.27 ± 0.02	t.e.
56	23.877	1462	Oktadekan	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
57	24.084	1471	Dekanal	0.34 ± 0.06	0.30 ± 0.05	0.31 ± 0.05	0.32 ± 0.01	0.35 ± 0.00	0.69 ± 0.01
58	24.753	1499	β-Siklositral	4.14 ± 0.29	3.69 ± 0.10	4.17 ± 0.37	3.89 ± 0.14	3.62 ± 0.13	2.21 ± 0.04
59	25.388	1525	(Z) -3-Hekzenil 2-metilbütirat	0.23 ± 0.01	t.e.	0.36 ± 0.03	0.25 ± 0.01	t.e.	0.44 ± 0.08
60	25.677	1539	(E) -2-Hekzenil izovalerat	0.26 ± 0.06	0.23 ± 0.01	0.49 ± 0.04	0.33 ± 0.00	0.27 ± 0.01	0.26 ± 0.05

Devamı arkada

Çizelge 4.31'in devamı.

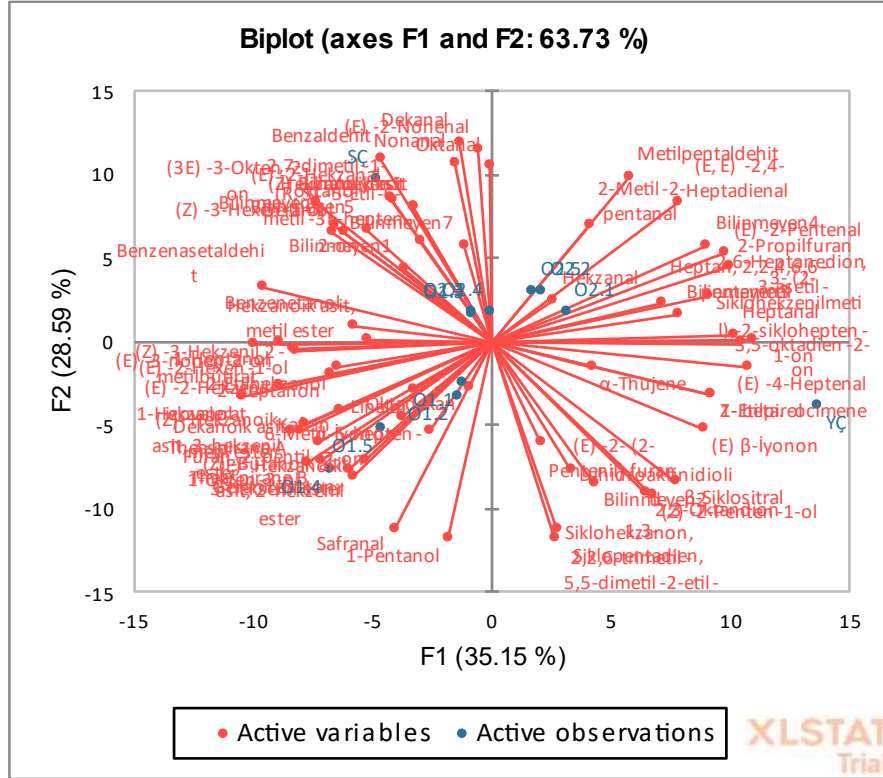
No	RT	RI	İsim	2. Yöntem					SÇ
				O2.1	O2.2	O2.3	O2.4	O2.5	
61	26.397	1568	Geraniol	t.e.	0.22 ± 0.01	0.32 ± 0.05	0.28 ± 0.06	0.26 ± 0,02	1,37 ± 0,23
62	28.430	1654	Theaspirane A	t.e.	t.e.	0.23 ± 0.07	0.21 ± 0.02	t.e.	0.26 ± 0.05
63	29.200	1690	Theaspirane B	0.25 ± 0.05	0.27 ± 0.02	0.47 ± 0.14	0.41 ± 0.03	0,32 ± 0,03	0,60 ± 0,09
64	29.622	1709	Dekanoik asit, metil ester	t.e.	t.e.	t.e.	0.25 ± 0.04	0.23 ± 0.01	0.61 ± 0.05
65	32.124	1826	(Z)- Hekzanoik asit, 3-hekzenil ester	t.e.	t.e.	0.24 ± 0.04	t.e.	t.e.	0.28 ± 0.03
66	32.506	1844	(E)- Hekzanoik asit, 2-hekzenil ester	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
67	34.094	1924	α-İyonon	0.81 ± 0.05	0.61 ± 0.06	0.88 ± 0.13	0.74 ± 0.03	0,65 ± 0,05	0,52 ± 0,01
68	35.134	1977	Geranil aseton	2.48 ± 0.20	2.72 ± 0.08	3.09 ± 0.18	2.54 ± 0.17	2,14 ± 0,02	1,84 ± 0,06
69	36.526	2049	(E) β-İyonon	3.91 ± 0.32	3.13 ± 0.22	4.18 ± 0.60	3.55 ± 0.21	3,25 ± 0,12	2,64 ± 0,08
70	38.200	2139	Dihidroaktinidiolid	0.37 ± 0.02	0.25 ± 0.03	0.41 ± 0.07	0.34 ± 0.02	0,35 ± 0,03	0,29 ± 0,07
71	49.723	2776	Kafein	t.e.	t.e.	t.e.	0.20 ± 0.14	0.32 ± 0.02	0.21 ± 0.08

Çay çeşitlerine bağlı olarak ürünün uçucu bileşenlerinin değişimini anlamlandırabilmek amacıyla elde edilen sonuçlara temel bileşen analizi ve hiyerarşik kümeleme analizi uygulanmıştır. Hiyerarşik kümeleme analizi sonuçlarına göre 3 farklı küme oluşmuştur (Şekil 4.1). Yeşil çay diğer örneklerden tamamen farklılık göstererek tek başına kümelenirken O1.3 kodlu oolong çay hariç diğer 1. yöntem kullanılarak üretilen oolong çaylar benzerlik göstererek kendi aralarında kümelenmiştir. Siyah çay ise 2. yöntem kullanılarak üretilen oolong çaylar ve 1. yöntem kullanılarak üretilen O1.3 kodlu oolong çay ile benzerlik göstererek aynı grupta kümelenmiştir.



Şekil 4.1. Çay çeşitlerinin uçucu bileşenlerine ait hiyerarşik kümeleme analizi sonuçları

Çay çeşitlerinin uçucu bileşenlerine ait temel bileşen analizi sonuçları Şekil 4.2’de gösterilmiştir. Şekil 4.2 incelendiği zaman çay çeşitlerinin dört ana grupta toplandığı görülmektedir. 1. yöntem ile üretilen O1.1, O1.2, O1.4 ve O1.5 kodlu oolong çaylar kendi aralarında; O1.3, O2.3, O2.4 kodlu oolong çaylar ve siyah çay kendi aralarında; O2.1, O2.2 ve O2.5 kodlu oolong çaylar kendi aralarında kümelenerek, fermente olmayan yeşil çay ise diğerlerinden ayrılarak dört ayrı grubu oluşturmaktadır. Çay çeşitlerinin farklı gruplarda yer almasında neden olan uçucu bileşen farklılıkları da ayrıntılı olarak görülmektedir. Yeşil ve siyah çayların oksidasyon derecesine bağlı olarak farklı gruplarda yer aldığı, oolong çayların ise yine oksidasyon derecesi ve üretim yöntemine bağlı olarak kendi aralarında benzerlikler gösterdiği söylenebilir.



Şekil 4.2. Çay çeşitlerinin uçucu bileşenlerine ait temel bileşen analizi

Yapılan bir çalışmada siyah çayın başlıca uçucu bileşenleri hekzanal, (E)-2-hekzenal, benzaldehit, benzenasetaldehit, (E)-geraniol, nerolidiol, linalool ve oksitleri; yeşil çayın (E)-geraniol, nerolidiol, linalool, (Z)-3-hekzenil ester hekzanoik asit ve nonanal; farklı oksidasyon derecelerine sahip oolong çaylarda ise nerolidol, indol, benzenasetaldehit, linalool, linalool oksitler, hekzanal, benzil nitril, (E)-geraniol ve 1-penten-3-ol uçucu bileşenleri tespit edilmiştir (Wang vd. 2011).

Lin vd. (2013) tarafından yapılan çalışmada 5 farklı varyeteden oluşan 75 farklı oolong çayda α -farnesen (% 14.18–23.73), nerolidol (% 7.81–12.21) ve indol (% 4.49–12.03) başta olmak üzere (E)- β -ocimene (% 3.52-6.18), 2-etenil-1,1 dimetil-3-metiliden-sikloheksan (% 2.51-7.55), linalool (% 2.32-5.52), benzeneasetaldehit (% 1,51-3,70), benzenetanol (% 1.11-3.39) ve benzil siyanür (% 1.57-4.40) da bol miktarda tespit edilmiştir. Ayrıca yakın kökenli çay varyetelerinin aroma profilinin benzerlik gösterebileceğini ve varyete özelliklerinin yanı sıra üretim bölgesi ve kalite gibi özelliklerinin değişmesine bağlı olarak aroma profilinde farklılıklar olabileceği ifade edilmektedir.

Yeşil, oolong ve siyah çay içeren farklı bölgelerden 38 farklı çay örneğinin aroma profilleri karşılaştırıldığı çalışmada, oksidasyon derecesinin çoğu uçucu bileşen miktarını etkilediğini, oolong çayların kendine has üretim yönteminin oolong çayın karakteristik aroma bileşenlerinin oluşmasına katkı sağladığı bildirilmiştir. (Baldermann vd. 2014).

İki farklı varyeteden üretilen oolong çaylar arasında aroma bileşenlerinin çoğunda önemli bir farklılık gözlenmemiş, benzilalkol, indol, safranal, linalool oksitler, β -iyonon ve hegzadekanoik asit metil ester, oolong çay örneklerinin genelinde tespit edilmiştir. Kullanılan hammadde, yetiştirme uygulamaları, çevre faktörleri tüm çay çeşitlerinde aroma bileşenlerini etkilediği, oolong çaylarda ise işleme yönteminin özellikle yarı oksidasyon sürecinin aroma bileşenleri üzerinde kritik etkiye sahip olduğu belirtilmiştir (Wang vd. 2016).

Zhu vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada farklı markalardan temin ettikleri hafif, orta ve ağır okside olarak sınıflandırılan üç farklı oolong çay infüzyonlarının ana uçucu bileşenlerini heptanal, linalool, benzaldehit, 1-penten-3-ol ve 5-metil-2-furfural olarak, düşük konstrasyonlarda ise β -damascenone, indol, 3-metilbütanal, ve oktanal bulunduğu tespit edilmiştir.

Yapılan bir çalışmada oolong çayların başlıca aroma bileşenleri olarak (Z)-3-hekzenil hekzanoat, nerolidol, indol, limonen ve dekanal tespit edilmiş, yarı oksidasyon süresinin artması ile benzaldehit, (Z)- β ocimen, benzeneasetaldehit, fenilasetonitril, heksil butirat, (Z)-3-hekzenil izovalerat, geraniol, fenetil asetat, indol, metil granat, heksil hekzanoat, (E)- β -farnesen, feniletil izovalerat, α farnesen, nerolidol, fenetil butirat ve miristik asit yoğunlukları artış göstermiş, oktanal, limonen, linalool, nonanal ve dekanal konsantrasyonlarında ise aynı dönemde önemli bir düşüş gözlemlenmiştir (Liu vd. 2018).

Oolong çay üretim sürecinde taze yapraklar, güneşte soldurulmuş yapraklar, kıvrılan yapraklar ve enzim inaktivasyonu gerçekleştirilen yapraklar olacak şekilde dört farklı aşamada ortaya çıkan aroma bileşikleri tespit edilerek karşılaştırılmış, uçucu bileşen değişimleri her aşamada farklı derecelerde gerçekleşirken en fazla değişim biyolojik reaksiyonlardan kaynaklı olarak kıvrırma aşamasında ve ısı kaynaklı kimyasal değişimlere neden olan enzim inaktivasyonu aşamasında gerçekleşmiştir (Ma vd. 2018).

Feng vd. (2019) yaptıkları çalışmada, aynı çeşit ve aynı koşullarda yetişen çay bitkisi kullanılarak yeşil, siyah ve oolong çaylar üretilerek, üretilen çaylarının aroma kompozisyonu incelenmiştir. Çalışma sonucunda siyah çay en yüksek aroma konsantrasyonuna sahipken yeşil çay en düşük aroma konsantrasyonuna sahip olmuştur. Oolong çayın aroma konsantrasyonu ise yeşil ve siyah çay arasında yer almıştır. En yüksek konsantrasyona sahip ilk on aroma bileşeni arasında 2- pentilfuran, heksanal, (E)- 2,6 nonadienal, nonanal, dimetil sülfid, β -iyonon her üç çay çeşidinde ortak olarak bulunmuştur.

Ozdemir vd. (2017) tarafından yapılan çalışmada uygulanan kıvrırma metodu ve depolamanın siyah çayın uçucu bileşenlerine olan etkisi incelenmiştir. Tanımlanan uçucu bileşenler sınıflandırılarak başlıca aldehitler arasında 2- heksanal, heptadekanal, furfural ve benzaldehit; başlıca ketonlar, geraniol aseton, beta iyonon ve heksahidrofarnesil; başlıca alkoller arasında 3-hekzen-1-ol, geraniol, (E)-nerolidol, geranillinalool, 1,3,12-nonadekatrien-5,14-diol ve linalool; başlıca hidrokarbon (E,E)- α farnesen; başlıca asitler hegzanoik asit, hegzadekanoik asit, ve 9-oktadekanoik asit olarak tespit edilmiştir.

Farklı kurutma sıcaklıklarının siyah çayın uçucu bileşenleri üzerindeki etkisinin incelendiği çalışmada trans-2-hekzanal en fazla miktarda bulunurken linalool en az miktarda tespit edilmiş, sıcaklık artışıyla birlikte aldehit, keton, terpen, asit ve lakton grubu uçucu bileşenlerin miktarı artarken furan, hidrokarbon, alkol ve ester grubu uçucu bileşenlerin azaldığı belirtilmiştir (Polat vd. 2018).

Can (2018) siyah çaylarda sınıflandırmanın aroma bileşenleri üzerine etkisini incelediği çalışmada 7 farklı sınıf siyah çayda ana bileşenleri; β -iyonon, bilinmeyen10, bilinmeyen1, hekzadekan, tetradekan, 2-metil-bütanal, 2-pentilfuran, 6,10-dimetil-5,9-undekadien-2-on olarak tespit etmiştir.

Ürettiğimiz yeşil, oolong ve siyah çaylarda tespit edilen uçucu bileşenler literatür ile karşılaştırıldığında benzerlikler ve farklılıklar bulunduğu görülmektedir. Kullanılan hammadde ve üretim yöntemindeki değişiklikler uçucu bileşenlerde farklılıklara neden olabilmektedir. Farklı hammadde kullanılarak aynı üretim prosesine göre işlenen oolong çaylar da benzer uçucu bileşenlere sahip olabilmektedir (Wang vd. 2016). Nitekim çalışmamızda aynı hammadde kullanılmasına rağmen farklı bileşenler elde edilmesinde (Feng vd. 2019) üretim prosesinin çayların uçucu bileşenleri üzerinde önemli etkisi olduğu söylenebilir.

4.11. Duyusal Analiz Sonuçları

Gerçekleştirilen duyusal analiz kapsamında panelistlerden oolong çayların; kuru çayın görünüşü, dem rengi, burukluk, dolgunluk, dem artığının (posa) rengi, kokusu ve demin aromasının değerlendirilmesi istenmiştir. İki farklı yöntem uygulanarak üretilen farklı oksidasyon derecelerine sahip oolong çaylara ait duyusal analiz sonuçları Çizelge 4.32’de verilmiştir. Kuru çayın görünüşü 10 puan üzerinden 6.01-7.25, dem rengi 25 puan üzerinden 18.82-21.01, burukluk, dolgunluk 20.19-23.88, dem artığının (posa) rengi kokusu 11.38-12.94, demin aroması 14.32-16.69, toplam beğeni 100 puan üzerinden 75.13- 79.26 arasında değişen puanlar almışlardır.

İki farklı yöntem uygulanarak üretilen farklı oksidasyon derecelerine sahip oolong çayların duyusal analiz değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.33’te, duyusal analiz değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.34’te verilmiştir. Çizelge 4.33 incelendiğinde çay çeşidinin kuru çayın görünüşü, burukluk, dolgunluk, demin aroması ve toplam beğeni değerleri üzerinde istatistiki açıdan önemli bir etkisi olmadığı gözlenmektedir.

Çizelge 4.32. Çay çeşitlerine ait duyu analizi değerleri

Çay Çeşidi	Kuru çayın görünüşü	Dem rengi	Burukluk, dolgunluk	Dem artığının(posa) rengi, kokusu		Demin aroması	Toplam beğeni	
				KO	F		KO	F
1. Yöntem	O1.1	7.01 ± 0.38	21.01 ± 0.88	22.69 ± 1.31	12.88 ± 0.13	15.69 ± 0.69	79.26 ± 2.63	
	O1.2	6.01 ± 0.38	20.63 ± 0.75	20.94 ± 2.56	12.94 ± 0.19	16.07 ± 0.31	76.57 ± 2.44	
	O1.3	6.69 ± 0.69	20.88 ± 0.38	23.13 ± 0.00	12.63 ± 0.13	15.94 ± 0.69	79.26 ± 1.13	
	O1.4	7.25 ± 0.00	19.94 ± 0.06	20.19 ± 1.56	12.25 ± 0.25	16.00 ± 1.25	75.63 ± 3.13	
	O1.5	6.57 ± 0.82	20.00 ± 0.00	21.13 ± 0.88	12.88 ± 0.00	15.07 ± 0.43	75.63 ± 0.50	
2. Yöntem	O2.1	6.63 ± 0.75	19.13 ± 0.50	23.69 ± 1.06	11.38 ± 0.88	14.32 ± 0.93	75.13 ± 2.63	
	O2.2	6.50 ± 0.25	20.51 ± 0.13	23.07 ± 1.31	11.82 ± 0.32	16.07 ± 0.06	77.94 ± 1.44	
	O2.3	7.01 ± 1.13	19.50 ± 0.75	23.07 ± 0.31	12.07 ± 0.57	15.82 ± 0.68	77.44 ± 0.31	
	O2.4	7.19 ± 0.94	18.82 ± 0.06	23.88 ± 1.63	12.88 ± 0.25	14.94 ± 0.31	77.69 ± 0.81	
	O2.5	6.82 ± 0.69	19.44 ± 0.81	23.63 ± 1.25	12.51 ± 0.63	16.69 ± 0.81	79.07 ± 0.44	

71

Çizelge 4.33. Çay çeşitlerinin duyu analizi değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Kuru çayın görünüşü		Dem rengi		Burukluk, dolgunluk		Dem artığının(posa) rengi, kokusu		Demin aroması		Toplam beğeni	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Çay Çeşidi	9	0.27671611	0.30	1.14512667	1.93	3.39986667	0.91	0.56952	1.61	0.95317833	0.97	4.92692	0.72
Hata	10	0.933005		0.59216		3.72482		0.35341		0.980605		6.80135	

Çizelge 4.34. Çay çeşitlerinin duyu analizi değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Kuru çayın görünüşü	Çay Çeşidi	O1.2	O2.2	O1.5	O2.1	O1.3	O2.5	O1.1	O2.3	O2.4	O1.4
		6.01 ^a ± 0.38	6.50 ^a ± 0.25	6.57 ^a ± 0.82	6.63 ^a ± 0.75	6.69 ^a ± 0.69	6.82 ^a ± 0.69	7.01 ^a ± 0.38	7.01 ^a ± 1.13	7.19 ^a ± 0.94	7.25 ^a ± 0.00
Dem rengi	Çay Çeşidi	O2.4	O2.1	O2.5	O2.3	O1.4	O1.5	O2.2	O1.2	O1.3	O1.1
		18.82 ^b ± 0.06	19.13 ^{ba} ± 0.50	19.44 ^{ba} ± 0.81	19.50 ^{ba} ± 0.75	19.94 ^{ba} ± 0.06	20.00 ^{ba} ± 0.00	20.51 ^{ba} ± 0.13	20.63 ^{ba} ± 0.75	20.88 ^a ± 0.38	21.01 ^a ± 0.88
Burukluk, dolgunluk	Çay Çeşidi	O1.4	O1.2	O1.5	O1.1	O2.2	O2.3	O1.3	O2.5	O2.1	O2.4
		20.19 ^a ± 1.56	20.94 ^a ± 2.56	21.13 ^a ± 0.88	22.69 ^a ± 1.31	23.07 ^a ± 1.31	23.07 ^a ± 0.31	23.13 ^a ± 0.00	23.63 ^a ± 1.25	23.69 ^a ± 1.06	23.88 ^a ± 1.63
Dem artığının (posa) rengi, kokusu	Çay Çeşidi	O2.1	O2.2	O2.3	O1.4	O2.5	O1.3	O1.1	O1.5	O2.4	O1.2
		11.38 ^b ± 0.88	11.82 ^{ba} ± 0.32	12.07 ^{ba} ± 0.57	12.25 ^{ba} ± 0.25	12.51 ^{ba} ± 0.63	12.63 ^{ba} ± 0.13	12.88 ^a ± 0.13	12.88 ^a ± 0.00	12.88 ^a ± 0.25	12.94 ^a ± 0.19
Demin aroması	Çay Çeşidi	O2.1	O2.4	O1.5	O1.1	O2.3	O1.3	O1.4	O1.2	O2.2	O2.5
		14.32 ^a ± 0.93	14.94 ^a ± 0.31	15.07 ^a ± 0.43	15.69 ^a ± 0.69	15.82 ^a ± 0.68	15.94 ^a ± 0.69	16.00 ^a ± 1.25	16.07 ^a ± 0.31	16.07 ^a ± 0.06	16.69 ^a ± 0.81
Toplam beğeni	Çay Çeşidi	O2.1	O1.4	O1.5	O1.2	O2.3	O2.4	O2.2	O2.5	O1.1	O1.3
		75.13 ^a ± 2.63	75.63 ^a ± 3.13	75.63 ^a ± 0.50	76.57 ^a ± 2.44	77.44 ^a ± 0.31	77.69 ^a ± 0.81	77.94 ^a ± 1.14	79.07 ^a ± 0.44	79.26 ^a ± 2.63	79.26 ^a ± 1.13

Aynı satırdaki farklı harfler ortalamaların P<0.05 seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

Çizelge 4.34 incelendiğinde iki farklı yöntem uygulanarak üretilen farklı oksidasyon derecelerine sahip oolong çaylara ait en yüksek toplam beğeni değerini 79.26 puan olarak 1. yöntem ile üretilen 1. ve 3. çeşit çaylar (O1.1 ve O1.3) almıştır. En düşük toplam beğeni değerini ise 75.13 puan olarak 2. yöntem ile üretilen 1. çeşit çay (O2.1) almıştır.

Farklı yarı oksidasyon süreleri ile üretilen Tieguanyin oolong çayının lezzet karakteristiğinin incelendiği çalışmada burukluk, acılık, umami ve ağızda kalan tatlı lezzet, yarı oksidasyon süresi ile değişim göstermiş, bu değişimin esas olarak çaydaki kateşinlerin, flavonol glikozitlerin ve serbest amino asitlerin konsantrasyon çeşitliliğinden kaynaklandığı belirtilmiştir. Yarı oksidasyon süresinin artmasıyla birlikte ağızda kalan tatlı tadın yoğunluğu artarken burukluk, acılık ve umami tatların yoğunlukları net bir eğilim göstermemiştir. Araştırmacılar acı tat yoğunluğu ile toplam kateşin ve gallatlanmış kateşinlerin yoğunluğu arasında; buruk tadın yoğunluğu ile EGC ve EC konsantrasyonları arasında önemli korelasyon olduğu belirtilmiştir (Liu vd. 2018).

5. SONUÇLAR

Çay; anavatanı olan Çin’de beş bin yıldır üretilip tüketilmekte, Türkiye’de dört yüz yıldan beri bilinmekte ve yaklaşık yüz yıldır da üretilmektedir. Türkiye kişi başına yıllık yaklaşık 3.3 kg kuru siyah çay tüketimi ile dünyada ilk sırayı almakta ve ihtiyaç duyduğu çayın tamamını kendisi üretebilmektedir. Bugün çay, Türk insanının günlük yaşamında önemli bir yer almış ve kültürümüzün önemli bir parçası haline gelmiştir. Dünya’da çay bitkisinden çok farklı çay çeşitleri üretilmektedir. Ancak siyah çay bütün dünyada en çok bilinen ve yaygın olan çay çeşididir. Bunu yeşil çay, oolong çay, pu-erh çay, beyaz çay vb. diğer çaylar takip etmektedir. Ülkemizde %99.9 oranında siyah çay üretilmekte ve tüketilmektedir. Son 15 yıldır yeşil çay da yaygınlaşmaya başlamıştır. Çay üretim alanlarının genişliği ve çay üretim ve tüketiminde ön sıralarda olan ülkemizde değişik çay çeşitlerinin tanınmaması ve üretilmemesi çok önemli bir eksikliklerdir. Oolong çay kısmi fermente olmuş bir çay olup, hiç okside olmamış yeşil ve tam okside olmuş siyah çayın arasında özelliklere sahip çok önemli bir çay çeşidi olarak dünyada hızla tanınmaya ve yayılmaya başlamıştır. Bu tez çalışmasında Türk çayından bize özgü yöntemlerle 10 farklı özellikte oolong çay üretilmiş ve bunların kimyasal, fiziksel ve duyuşal özellikleri belirlenmiştir. Tez projesinin ve tezin hazırlanması, yürütülmesi ve sonuçlandırılması tarihleri dikkate alındığında Türkiye’de oolong çay konusunda detaylı olarak yapılan ilk çalışma olması bu tezin özgünlüğünü ve önemini ortaya koymaktadır. Bu tez çalışmasında elde edilen deneyim ve sonuçların ülke çaycılığı açısından önemli olacağı düşünülmektedir. Bu deneyim ve sonuçlar ile öneriler gelecekteki araştırmacı ve endüstri çalışanlarına yol gösterebilecek nitelikte olup aşağıda sıralanmıştır.

- Oolong çaylar, Türkiye’nin ilk tescil edilmiş çay klonlarından biri olan Ali Rıza Erten klonundan (Atatürk Çay ve Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü/Rize) hasat edilen yaş çay filizlerinden üretilmiştir.
- Üretimde kullanılan yaş çay hasadı dünyaca kabul edilen yaş çay ürünü tanımlamalarına uygun olarak 1. sürgün döneminde yapılmış olup 2.5-3.5 yapraklı taze sürgünlerden oluşmuştur.
- Araştırma kapsamında yeşil çay, 10 farklı oolong çay ve bir siyah çay üretilmiştir. Oolong çay üretim yöntemleri, soldurma ve kıvırma gibi işlemlerde uygulanan süre, sıcaklık ve diğer değişkenler tamamen bu projeye özgün olup, endüstride de uygulanabilecek niteliktedir.
- Oolong çay üretimleri iki farklı yöntem uygulanarak gerçekleştirilmiş, her iki yöntemde de sonsuz sayıdaki seçenektan 5 farklı oksidasyon süresi (0, 20, 40, 60, 80 dk) uygulanmıştır.
- Üretilen oolong çaylar fiziksel, kimyasal ve duyuşal analizlere tabi tutulmuş ve elde edilen sonuçlar literatürde ortaya konan oolong çayların özellikleri ile benzerlik göstermiştir.
- Üretilen çayların, nem miktarı, su aktivitesi, toplam kül, suda çözünen kül miktarı ve su ekstraktı değerleri genel olarak çaylarda olması gereken sınır

değerler içerisinde yer almıştır. Ancak kullanılan yaprakların 2.5-3.5 yaprak olacak şekilde hasat edilmesi nedeniyle bazı değerler piyasada bulunan çaylardan daha yüksek tespit edilmiştir.

- Oolong çayların toplam fenolik madde miktarı yeşil ve siyah çay arasında yer almış, her iki yöntemde de oksidasyon derecesinin artmasıyla birlikte toplam fenolik madde miktarının azaldığı tespit edilmiştir.
- Toplam antioksidan aktivite değerleri, toplam fenolik madde içeriğiyle paralellik göstermiş, yeşil çay en yüksek, siyah çay en düşük antioksidan aktivite değerine sahip olurken, oolong çaylarda her iki yöntemde de oksidasyon derecesinin artmasıyla birlikte antioksidan aktivitenin azaldığı görülmüştür.
- Çay çeşitlerinde en fazla miktarda bulunan kateşin EGCG olmuştur. Toplam kateşin, CG, GC, EC, ECG, EGC ve EGCG miktarları en düşük siyah çayda, en yüksek yeşil çayda tespit edilmiş, oolong çaylarda her iki yöntemde de oksidasyon derecesinin artmasıyla birlikte bu değerlerin azaldığı görülmüştür. Oolong çaylarda oksidasyon derecesinin artmasıyla birlikte TF ve TF33'DG miktarlarının arttığı belirlenmiştir.
- Oksidasyon derecesinin artmasıyla birlikte çayların renginin koyulaştığı, kırmızı renge yaklaştığı ve sarı renkten uzaklaştığı tespit edilmiştir.
- Çay çeşidinin toplam TF, TR ve TB değerleri üzerinde önemli düzeyde ($P<0.001$) etkisi olduğu, oksidasyon derecesinin artması ile birlikte çay kateşinlerinin azalarak TF miktarlarının artışına katkıda bulunduğu ancak çay çeşitlerinin TR ve TB miktarlarında üretim prosesinden kaynaklandığı düşünülen farklılıkların bulunduğu belirlenmiştir.
- Yeşil çaya göre oolong ve siyah çaylarda daha fazla uçucu bileşen tespit edilmiştir. Çay çeşitlerinin tamamında majör uçucu bileşen olarak hekzanal; furan, 2-pentil; 6-metil-5-hepten-2-on; 3,5-oktadien-2-on; (E,E) -2,4-heptadienal; heptanal tespit edilmiştir. 1-etilpirol; Z- β -ocimene sadece yeşil çayda; hekzanoik asit ve (Z) -linalol oksit sadece siyah çayda; 2-metil-2-pentanal sadece 2. yöntem ile gerçekleştirilen oolong çaylarda bulunurken; benzenetanol sadece O1.4 kodlu oolong çayda, oktadekan ise sadece O1.2 kodlu oolong çayda tespit edilebilmiştir.
- Gerçekleştirilen duyuşal analiz sonuçları değerlendirildiğinde orta ve daha kısa süreli oksidasyona maruz kalmış oolong çaylar panelistler tarafından en yüksek puanı almış olsalar da oolong çay çeşitleri arasında duyuşal değerlendirme açısından istatistiki olarak fark gözlenmemiştir. Oolong çayların tamamının beğenildiği söylenebilir.
- Sonuç olarak beş farklı oksidasyon derecesinde iki farklı yöntem kullanılarak ürettiğimiz oolong çaylara ait sonuçlar literatürde ortaya konan oolong çayların özellikleri ile benzerlik göstermiştir. Türk çaylarından da istenilen oksidasyon derecesinde kaliteli oolong çaylar üretilebileceği gösterilmiş, gerekli tanıtımın

yapılmasının ardından Türk halkının da oolong çayı severek tüketeceği kanaati oluşmuştur.

6. KAYNAKLAR

- Anonim 1: Türk gıda kodeksi çay tebliği (Tebliğ no: 2015/30)
- Anonymous 1: <http://www.fao.org/faostat> [Son erişim tarihi: 20.04.2021].
- Akbulut, A., Kara, Ş.M. and Özcan, A. 2019. Siyah, yeşil ve beyaz çayların kalite kriterleri, mineral içerikleri, antioksidan ve antimikrobiyal aktivite yönünden karşılaştırılması. *Akademik Ziraat Dergisi*, 9 (2): 279-288.
- Atalay, D. and Erge, H.S. 2017. Determination of some physical and chemical properties of white, green and black teas (*camellia sinensis*). *GIDA*, 42 (5): 494-504.
- Baldermann, S., Yang, Z., Katsuno, T., Tu, V.A., Mase, N., Nakamura, Y. and Watanabe, N. 2014. Discrimination of green, oolong, and black teas by gc-ms analysis of characteristic volatile flavor compounds. *American Journal of Analytical Chemistry*, 2014.
- Balentine, D.A., Wiseman, S.A. and Bouwens, L.C. 1997. The chemistry of tea flavonoids. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 37 (8): 693-704.
- Bokuchava, M.A., Skobeleva, N.I. and Sanderson, G.W. 1980. The biochemistry and technology of tea manufacture. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 12 (4): 303-370.
- Cabrera, C., Giménez, R. and López, M.C. 2003. Determination of tea components with antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51 (15): 4427-4435.
- Can, Y. 2018. Siyah çaylarda sınıflandırmanın aroma bileşenleri üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi., Ankara Üniversitesi. 79 s.
- Carlioni, P., Tiano, L., Padella, L., Bacchetti, T., Customu, C., Kay, A. and Damiani, E. 2013. Antioxidant activity of white, green and black tea obtained from the same tea cultivar. *Food Research International*, 53 (2): 900-908.
- Chan, E.W.C., Lim, Y.Y. and Chew, Y.L. 2007. Antioxidant activity of *camellia sinensis* leaves and tea from a lowland plantation in malaysia. *Food chemistry*, 102 (4): 1214-1222.
- Chen, C.-Y., Lee, R.-J., Lee, V.S., Dou, J., Preedy, V.R., Tzen, J.T. and Lee, M.-R. 2013. Gallic acid in old oolong tea. *Tea: In health and diseases prevention*, 447-456.
- Chen, Y.L., Duan, J., Jiang, Y.M., Shi, J., Peng, L., Xue, S. and Kakuda, Y. 2010. Production, quality, and biological effects of oolong tea (*camellia sinensis*). *Food Reviews International*, 27 (1): 1-15.
- Cho, J.-Y., Mizutani, M., Shimizu, B.-I., Kinoshita, T., Ogura, M., Tokoro, K., Lin, M.-L. and Sakata, K. 2007. Chemical profiling and gene expression profiling during the manufacturing process of taiwan oolong tea "oriental beauty". *Bioscience, biotechnology, and biochemistry*, 71 (6): 1476-1486.
- Dincer, C., Topuz, A., Sahin-Nadeem, H., Ozdemir, K.S., Cam, I.B., Tontul, I., Gokturk, R.S. and Ay, S.T. 2012. A comparative study on phenolic composition,

- antioxidant activity and essential oil content of wild and cultivated sage (*salvia fruticosa miller*) as influenced by storage. *Industrial Crops and Products*, 39 170-176.
- Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O. and Gürbüz, F. 1987. Araştırma ve deneme metotları, ankara üniv. *Ziraat Fak. Yayınları*, 1021.
- Engelhardt, U.H. 2013. Chemistry of tea. *Reference Module in Chemistry, Molecular Sciences and Chemical Engineering*.
- Engelhardt, U.H. 2020. Tea chemistry—what do and what don't we know?—a micro review. *Food Research International*, 132 109120.
- Feng, Z., Li, Y., Li, M., Wang, Y., Zhang, L., Wan, X. and Yang, X. 2019. Tea aroma formation from six model manufacturing processes. *Food chemistry*, 285 347-354.
- Fernández-León, M., Fernández-León, A., Lozano, M., Ayuso, M., Amodio, M.L., Colelli, G. and González-Gómez, D. 2013. Retention of quality and functional values of broccoli 'parthenon' stored in modified atmosphere packaging. *Food Control*, 31 (2): 302-313.
- Gamlı, Ö.F. 2011. Siyah ve yeşil çayın nem adsorpsiyon özellikleri ve sorpsiyon ısısı. *Gıda*, 36 (2): 89-96.
- Gorjanović, S., Komes, D.E., Pastor, F.T., Belščak-Cvitanović, A., Pezo, L., Hečimović, I. and Sužnjević, D. 2012. Antioxidant capacity of teas and herbal infusions: Polarographic assessment. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60 (38): 9573-9580.
- Goszcz, K., Duthie, G.G., Stewart, D., Leslie, S.J. and Megson, I.L. 2017. Bioactive polyphenols and cardiovascular disease: Chemical antagonists, pharmacological agents or xenobiotics that drive an adaptive response? *British journal of pharmacology*, 174 (11): 1209-1225.
- Goto, T., Yoshida, Y., Kiso, M. and Nagashima, H. 1996. Simultaneous analysis of individual catechins and caffeine in green tea. *Journal of Chromatography A*, 749 (1-2): 295-299.
- Graham, H.N. 1992. Green tea composition, consumption, and polyphenol chemistry. *Preventive medicine*, 21 (3): 334-350.
- Gulati, A., Rawat, R., Singh, B. and Ravindranath, S. 2003. Application of microwave energy in the manufacture of enhanced-quality green tea. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51 (16): 4764-4768.
- Gürses, Ö. and Artık, N. 1987. Çay analiz yöntemleri. *Ankara: Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü Çaykur Yay (in Turkish)*.
- Hanay, N. 2011. Farklı ekstraksiyon süre ve sıcaklıklarının çaydan deme geçen fenolik ve alkaloid madde miktarı üzerine etkisi. Yüksek lisans, Akdeniz Üniversitesi, Antalya. 117 s.
- Harbowy, M.E., Balentine, D.A., Davies, A.P. and Cai, Y. 1997. Tea chemistry. *Critical reviews in plant sciences*, 16 (5): 415-480.

- Hazarika, D., Laskar, S., Sarma, A. and Sarmah, P. 2006. Pc-based instrumentation system for the detection of moisture content of tea leaves at its final stage. *IEEE transactions on Instrumentation and Measurement*, 55 (5): 1641-1647.
- Hilal, Y. and Engelhardt, U. 2007. Characterisation of white tea–comparison to green and black tea. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit*, 2 (4): 414-421.
- Ho, C.-T., Zheng, X. and Li, S. 2015. Tea aroma formation. *Food Science and Human Wellness*, 4 (1): 9-27.
- Ho, C.-T. and Zhu, N. 2000. The chemistry of tea. ACS Publications s.
- Jayawardhane, S., Madushanka, K., Mewan, K., Jayasinghe, S., Karunajeewa, N. and Edirisinghe, E. 2016. Determination of quality characteristics in different green tea products available in sri lankan supermarkets. Proceedings of the 6th symposium on plantation crop research, ss.
- Jiang, H., Yu, F., Qin, L., Zhang, N., Cao, Q., Schwab, W., Li, D. and Song, C. 2019. Dynamic change in amino acids, catechins, alkaloids, and gallic acid in six types of tea processed from the same batch of fresh tea (*camellia sinensis* l.) leaves. *Journal of Food Composition and Analysis*, 77 28-38.
- Jolvis Pou, K. R. (2016). Fermentation: The key step in the processing of black tea. *Journal of Biosystems Engineering*, 41(2), 85-92.
- Kaçar, B. 2010. Çay bitkisi biyokimyası gübrelenmesi işleme teknolojisi. *Nobel yayın dağıtım, Ankara*.
- Kasapoğlu, K. 2021. Market Markalı Ürünlerin Pazarlanmasında Pazarlama İletişiminin Önemi ve Özel Sektör Çay imalatçı Firmalarının Pazarlama İletişimi Bilgilerini Kullanma Düzeyleri İle Market Markalı Çay Satışları İlişkisine Yönelik Bir Araştırma. Patrol Matbaacılık, Rize.
- Katiyar, S. and Mukhtar, H. 1996. Tea in chemoprevention of cancer. *International journal of oncology*, 8 (2): 221-238.
- Koch, W. 2020. Theaflavins, thearubigins, and theasinensins. *Handbook of Dietary Phytochemicals*, 1-29.
- Kumar, P. S., Basheer, S., Ravi, R., & Thakur, M. S. (2011). Comparative assessment of tea quality by various analytical and sensory methods with emphasis on tea polyphenols. *Journal of food science and technology*, 48(4), 440-446.
- Kuhnert, N. 2010. Unraveling the structure of the black tea thearubigins. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 501 (1): 37-51.
- Kuhnert, N., Drynan, J.W., Obuchowicz, J., Clifford, M.N. and Witt, M. 2010. Mass spectrometric characterization of black tea thearubigins leading to an oxidative cascade hypothesis for thearubigin formation. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 24 (23): 3387-3404.
- Lee, V.S., Dou, J., Chen, R.J., Lin, R.-S., Lee, M.-R. and Tzen, J.T. 2008. Massive accumulation of gallic acid and unique occurrence of myricetin, quercetin, and kaempferol in preparing old oolong tea. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56 (17): 7950-7956.

- Leung, L.K., Su, Y., Chen, R., Zhang, Z., Huang, Y. and Chen, Z.-Y. 2001. Theaflavins in black tea and catechins in green tea are equally effective antioxidants. *The Journal of nutrition*, 131 (9): 2248-2251.
- Lin, J.-K., Lin, C.-L., Liang, Y.-C., Lin-Shiau, S.-Y. and Juan, I.-M. 1998. Survey of catechins, gallic acid, and methylxanthines in green, oolong, pu-erh, and black teas. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46 (9): 3635-3642.
- Lin, J., Zhang, P., Pan, Z., Xu, H., Luo, Y. and Wang, X. 2013. Discrimination of oolong tea (*Camellia sinensis*) varieties based on feature extraction and selection from aromatic profiles analysed by HS-SPME/GC-MS. *Food Chemistry*, 141 (1): 259-265.
- Lin, S.D., Udompornmongkol, P., Yang, J.H., Chen, S.Y. and Mau, J.L. 2014. Quality and antioxidant property of three types of tea infusions. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38 (4): 1401-1408.
- Liu, P.-P., Yin, J.-F., Chen, G.-S., Wang, F. and Xu, Y.-Q. 2018. Flavor characteristics and chemical compositions of oolong tea processed using different semi-fermentation times. *Journal of Food Science and Technology*, 55 (3): 1185-1195.
- Ma, C., Li, J., Chen, W., Wang, W., Qi, D., Pang, S. and Miao, A. 2018. Study of the aroma formation and transformation during the manufacturing process of oolong tea by solid-phase micro-extraction and gas chromatography-mass spectrometry combined with chemometrics. *Food Research International*, 108 413-422.
- Ma, S.-J., Mizutani, M., Hiratake, J., Hayashi, K., Yagi, K., Watanabe, N. and Sakata, K. 2001. Substrate specificity of β -primeverosidase, a key enzyme in aroma formation during oolong tea and black tea manufacturing. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 65 (12): 2719-2729.
- Magalhães, L.M., Segundo, M.A., Reis, S. and Lima, J.L. 2008. Methodological aspects about in vitro evaluation of antioxidant properties. *Analytica Chimica Acta*, 613 (1): 1-19.
- Mizukami, Y., Sawai, Y. and Yamaguchi, Y. 2006. Moisture content measurement of tea leaves by electrical impedance and capacitance. *Biosystems Engineering*, 93 (3): 293-299.
- Muthumani, T. and Kumar, R.S. 2007. Influence of fermentation time on the development of compounds responsible for quality in black tea. *Food Chemistry*, 101 (1): 98-102.
- Müezzinoğlu, N. 2011. Yeşil çayın fenolik ve mineral madde içerikleri üzerine üretim yöntemi, hasat dönemi ve demleme süresinin etkisi. Yüksek lisans tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum. 179 s.
- Ng, K.-W., Cao, Z.-J., Chen, H.-B., Zhao, Z.-Z., Zhu, L. and Yi, T. 2018. Oolong tea: A critical review of processing methods, chemical composition, health effects, and risk. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58 (17): 2957-2980.
- Obanda, M., Owuor, P.O., Mang'oka, R. and Kavoi, M.M. 2004. Changes in thearubigin fractions and theaflavin levels due to variations in processing conditions and their influence on black tea liquor brightness and total colour. *Food Chemistry*, 85 (2): 163-173.

- Ozdemir, F., Tontul, I., Balci-Torun, F. and Topuz, A. 2017. Effect of rolling methods and storage on volatile constituents of turkish black tea. *Flavour and Fragrance Journal*, 32 (5): 362-375.
- Özdemir, F. 1992. Farklı kıvrırma metotlarının üç sürgün dönemi çayın siyah çaya işlenmesinde uygulanma etkinliği ve üretilen siyah çayların bazı fiziksel, kimyasal ve duyuşsal özellikleri. *PhD, Atatürk University, Erzurum, Turkey (in Turkish)*.
- Özdemir, F. and Karkacier, M. 1997. Bazi siyah ve yesil cayların kimyasal bileşimi ve ekstraksiyon verimi. *Ekonomik ve Teknik Dergi Standard*, 36 86.
- Özdemir, F., Nadeem, H.Ş., Akdoğan, A., Dinçer, C. and Topuz, A. 2018. Effect of altitude, shooting period, and tea grade on the catechins, caffeine, theaflavin, and thearubigin of turkish black tea. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 42 (5): 334-340.
- Özdemir, F., Şahin, H., Akdoğan, A., Dinçer, C. and Topuz, A. 2008. Türk siyah çayının fenolik madde kompozisyonu üzerine rakım, sürgün dönemi ve çay sınıfının etkisi. *Türkiye*, 10 21-23.
- Özdemir, F., Topuz, A. and Erbaş, M. 1999. Ortodoks ve çaykur yöntemleri ile üretilen farklı sınıf siyah çayların mineral içerikleri. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23 (supp4): 809-815.
- Peng, C.-X., Liu, J., Liu, H.-R., Zhou, H.-J. and Gong, J.-S. 2013. Influence of different fermentation raw materials on pyrolyzates of pu-erh tea theabrownin by curie-point pyrolysis-gas chromatography–mass spectroscopy. *International journal of biological macromolecules*, 54 197-203.
- Perva-Uzunalić, A., Škerget, M., Knez, Ž., Weinreich, B., Otto, F. and Grüner, S. 2006. Extraction of active ingredients from green tea (*camellia sinensis*): Extraction efficiency of major catechins and caffeine. *Food chemistry*, 96 (4): 597-605.
- Polat, A. 2013. Derepazarı-7, fener-3 ve tuğlalı-10 klonlarından üretilen siyah çayların kalite parametrelerinin karşılaştırılması. Yüksek lisans tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum. 83 s.
- Polat, A., Şat, İ.G. and Ilgaz, Ş. 2018. Comparison of black tea volatiles depending on the grades and different drying temperatures. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42 (7): e13653.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M. and Rice-Evans, C. 1999. Antioxidant activity applying an improved abts radical cation decolorization assay. *Free radical biology and medicine*, 26 (9-10): 1231-1237.
- Saberi, H. 2010. Tea: A global history. Reaktion Books s.
- Sabhapondit, S., Karak, T., Bhuyan, L.P., Goswami, B.C. and Hazarika, M. 2012. Diversity of catechin in northeast indian tea cultivars. *The Scientific World Journal*, 2012.
- Sajilata, M., Bajaj, P.R. and Singhal, R. 2008. Tea polyphenols as nutraceuticals. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 7 (3): 229-254.

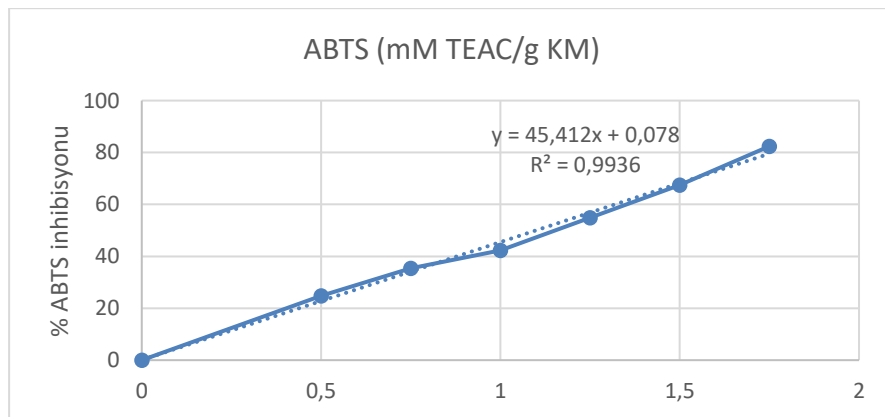
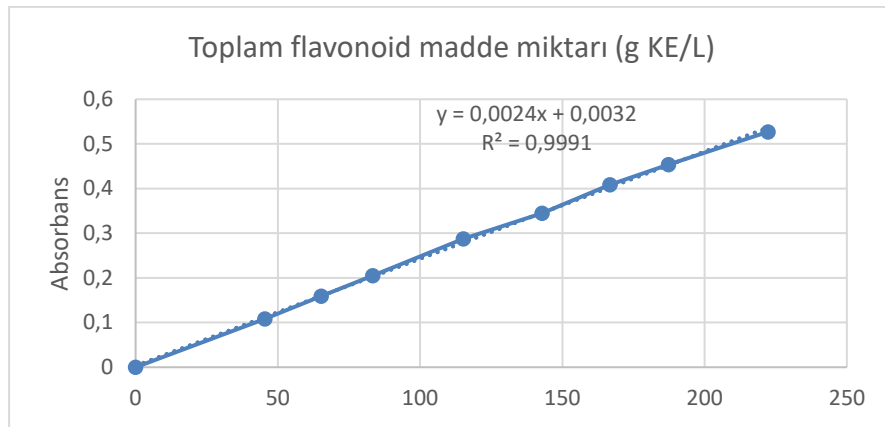
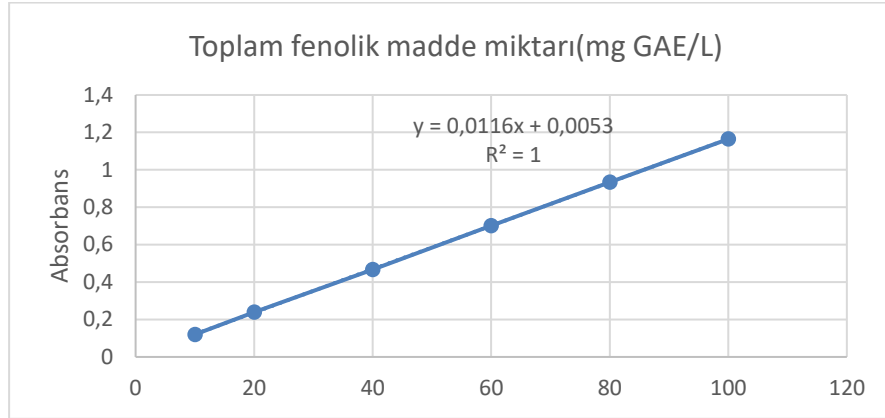
- Sakata, K., Watanabe, N. and Usui, T. 1999. Molecular basis of alcoholic aroma formation during tea processing. " Food for Health in the Pacific Rim," Third International Conference on Food Science and Technology, 1999, 93-105 ss,
- Salman, S. and Özdemir, F. 2018. Beyaz çay: Üretimi, bileşimi ve sağlık üzerine etkileri. *Akademik Gıda*, 16 (2): 218-223.
- Salman, S., Yılmaz, C., Gökmen, V. and Özdemir, F. 2021. Effects of fermentation time and shooting period on amino acid derivatives and free amino acid profiles of tea. *LWT*, 137 110481.
- Sang, S. 2016. Tea: Chemistry and processing. *Encyclopedia of food and health* s.
- Sang, S., Lambert, J.D., Ho, C.-T. and Yang, C.S. 2011. The chemistry and biotransformation of tea constituents. *Pharmacological research*, 64 (2): 87-99.
- Sari, F. and Velioglu, Y.S. 2013. Changes in theanine and caffeine contents of black tea with different rolling methods and processing stages. *European Food Research and Technology*, 237 (2): 229-236.
- Seyis, F., Yurteri, E. and Ozcan, A. 2019. Tea (*camellia sinensis*) cultivation and breeding in turkey: Past and present status. *Ekin Journal of Crop Breeding and Genetics*, 5 (2): 111-119.
- Škerget, M., Kotnik, P., Hadolin, M., Hraš, A.R., Simonič, M. and Knez, Ž. 2005. Phenols, proanthocyanidins, flavones and flavonols in some plant materials and their antioxidant activities. *Food chemistry*, 89 (2): 191-198.
- Tanaka, T. and Kouno, I. 2003. Oxidation of tea catechins: Chemical structures and reaction mechanism. *Food Science and Technology Research*, 9 (2): 128-133.
- Teshome, K. (2019). Effect of tea processing methods on biochemical composition and sensory quality of black tea (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze): A review. *Journal of Horticulture and Forestry*, 11(6), 84-95.
- Tüfekci, M. and Güner, S. 1997. The determination of optimum fermentation time in turkish black tea manufacture. *Food chemistry*, 60 (1): 53-56.
- Verloop, A.J., Vincken, J.P. and Gruppen, H. 2016. A tandem mass spectrometry method based on selected ions detects low-abundance phenolics in black tea—theatridimensins as products of the oxidative cascade. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 30 (15): 1797-1805.
- Wang, C., Lv, S., Wu, Y., Gao, X., Li, J., Zhang, W. and Meng, Q. 2016. Oolong tea made from tea plants from different locations in yunnan and fujian, china showed similar aroma but different taste characteristics. *SpringerPlus*, 5 (1): 1-15.
- Wang, D., Kubota, K., Kobayashi, A. and Juan, I.-M. 2001. Analysis of glycosidically bound aroma precursors in tea leaves. 3. Change in the glycoside content of tea leaves during the oolong tea manufacturing process. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49 (11): 5391-5396.
- Wang, D., Lu, J., Miao, A., Xie, Z. and Yang, D. 2008. Hplc-dad-esi-ms/ms analysis of polyphenols and purine alkaloids in leaves of 22 tea cultivars in china. *Journal of Food Composition and Analysis*, 21 (5): 361-369.

- Wang, H., Provan, G.J. and Helliwell, K. 2000. Tea flavonoids: Their functions, utilisation and analysis. *Trends in Food Science & Technology*, 11 (4-5): 152-160.
- Wang, H., Provan, G.J. and Helliwell, K. 2003. Hplc determination of catechins in tea leaves and tea extracts using relative response factors. *Food chemistry*, 81 (2): 307-312.
- Wang, K., Chen, Q., Lin, Y., Li, S., Lin, H., Huang, J. and Zhonghua, L. 2014. Comparison of phenolic compounds and taste of chinese black tea. *Food Science and Technology Research*, 20 (3): 639-646.
- Wang, K., Liu, F., Liu, Z., Huang, J., Xu, Z., Li, Y., Chen, J., Gong, Y. and Yang, X. 2011. Comparison of catechins and volatile compounds among different types of tea using high performance liquid chromatograph and gas chromatograph mass spectrometer. *International journal of food science & technology*, 46 (7): 1406-1412.
- Wang, Y., Li, Q., Wang, Q., Li, Y., Ling, J., Liu, L., Chen, X. and Bi, K. 2012. Simultaneous determination of seven bioactive components in oolong tea camellia sinensis: Quality control by chemical composition and hplc fingerprints. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60 (1): 256-260.
- Weerawatanakorn, M., Hung, W.-L., Pan, M.-H., Li, S., Li, D., Wan, X. and Ho, C.-T. 2015. Chemistry and health beneficial effects of oolong tea and theasinensins. *Food Science and Human Wellness*, 4 (4): 133-146.
- Wetherilt, H., Gürcan, T., Löker, M. and Güner, Ö. 1991. Türk çaylarının nesnel kalite parametrelerine göre değerlendirilmesi. *Gıda*, 16 (3).
- Wickremasinghe, R.L. 1978. Tea. *Advances in food research*. Elsevier, 229-286 s.
- Willson, K.C. and Clifford, M.N. 2012. Tea: Cultivation to consumption. Springer Science & Business Media s.
- Xu, J., Wang, M., Zhao, J., Wang, Y.-H., Tang, Q. and Khan, I.A. 2018. Yellow tea (camellia sinensis l.), a promising chinese tea: Processing, chemical constituents and health benefits. *Food Research International*, 107 567-577.
- Yao, L., Jiang, Y., Caffin, N., D'arcy, B., Datta, N., Liu, X., Singanusong, R. and Xu, Y. 2006. Phenolic compounds in tea from australian supermarkets. *Food chemistry*, 96 (4): 614-620.
- Yao, L.H., Jiang, Y.-M., Shi, J., Tomas-Barberan, F., Datta, N., Singanusong, R. and Chen, S. 2004. Flavonoids in food and their health benefits. *Plant foods for human nutrition*, 59 (3): 113-122.
- Yentür, G., Er, B., Befier, Ö. and Öktem, A.B., 2007. A study on evaluation of conformity of black teas produced in turkey with turkish food codex. Citeseer.
- Yi, T., Zhu, L., Peng, W.-L., He, X.-C., Chen, H.-L., Li, J., Yu, T., Liang, Z.-T., Zhao, Z.-Z. and Chen, H.-B. 2015. Comparison of ten major constituents in seven types of processed tea using hplc-dad-ms followed by principal component and hierarchical cluster analysis. *LWT-Food Science and Technology*, 62 (1): 194-201.

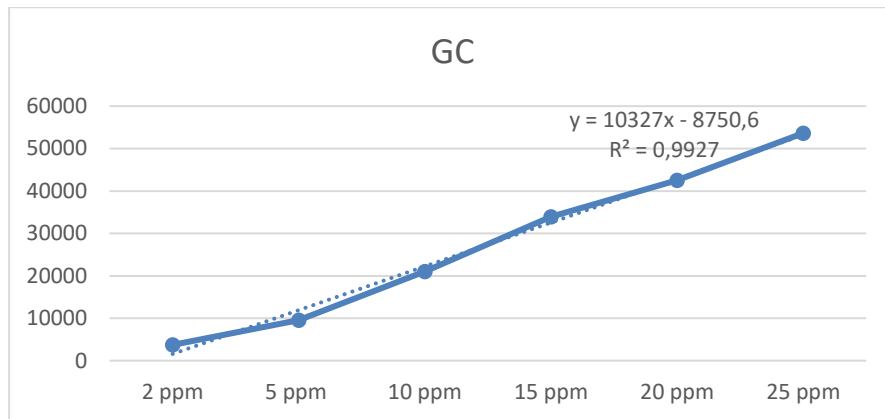
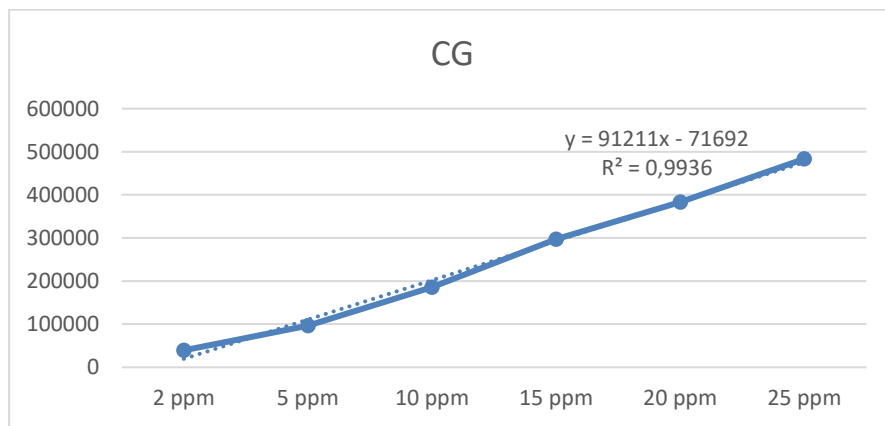
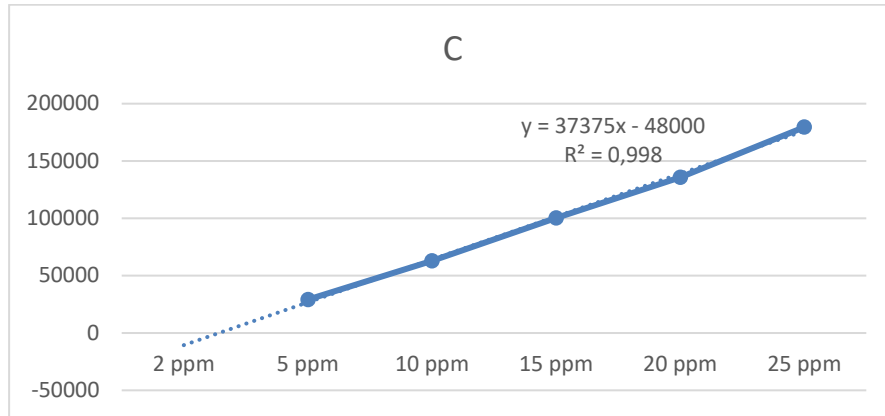
- Zhang, H., Qi, R. and Mine, Y. 2019a. The impact of oolong and black tea polyphenols on human health. *Food Bioscience*, 29 55-61.
- Zhang, L., Ho, C.T., Zhou, J., Santos, J.S., Armstrong, L. and Granato, D. 2019b. Chemistry and biological activities of processed camellia sinensis teas: A comprehensive review. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 18 (5): 1474-1495.
- Zhang, Y., Li, Q., Xing, H., Lu, X., Zhao, L., Qu, K. and Bi, K. 2013. Evaluation of antioxidant activity of ten compounds in different tea samples by means of an on-line hplc–dpph assay. *Food Research International*, 53 (2): 847-856.
- Zhao, C.-N., Tang, G.-Y., Cao, S.-Y., Xu, X.-Y., Gan, R.-Y., Liu, Q., Mao, Q.-Q., Shang, A. and Li, H.-B. 2019. Phenolic profiles and antioxidant activities of 30 tea infusions from green, black, oolong, white, yellow and dark teas. *Antioxidants*, 8 (7): 215.
- Zheng, W.-J., Wan, X.-C. and Bao, G.-H. 2015. Brick dark tea: A review of the manufacture, chemical constituents and bioconversion of the major chemical components during fermentation. *Phytochemistry Reviews*, 14 (3): 499-523.
- Zhu, J., Chen, F., Wang, L., Niu, Y., Yu, D., Shu, C., Chen, H., Wang, H. and Xiao, Z. 2015. Comparison of aroma-active volatiles in oolong tea infusions using gc–olfactometry, gc–fpd, and gc–ms. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63 (34): 7499-7510.
- Zuo, Y., Chen, H. and 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.

7. EKLER

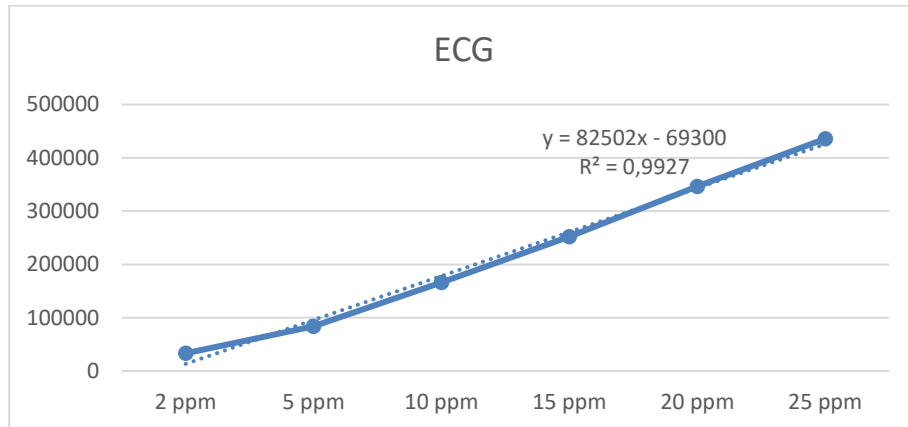
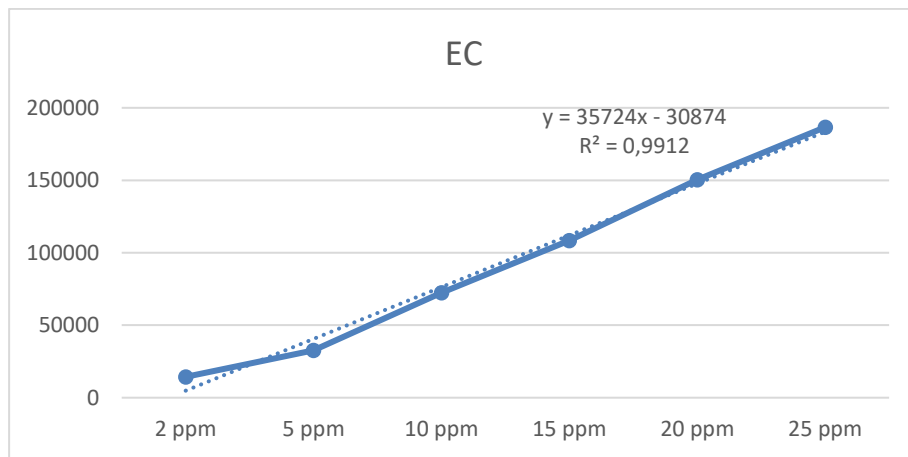
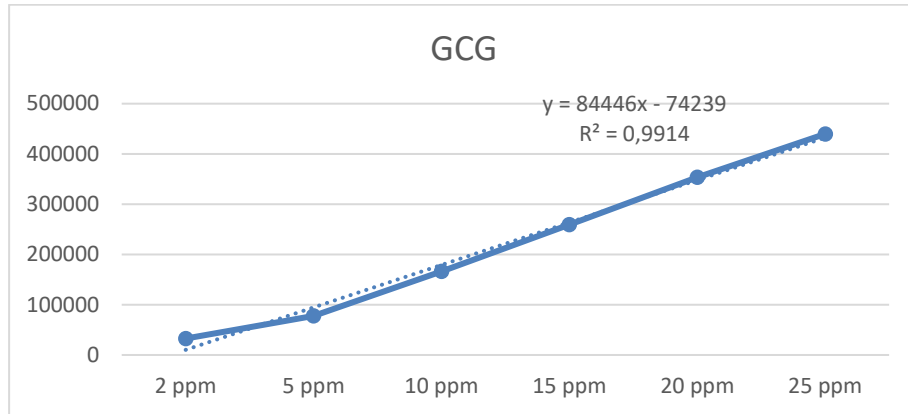
EK-1 Tez kapsamında gerçekleştirilen analizlerde kullanılan standart eğrileri



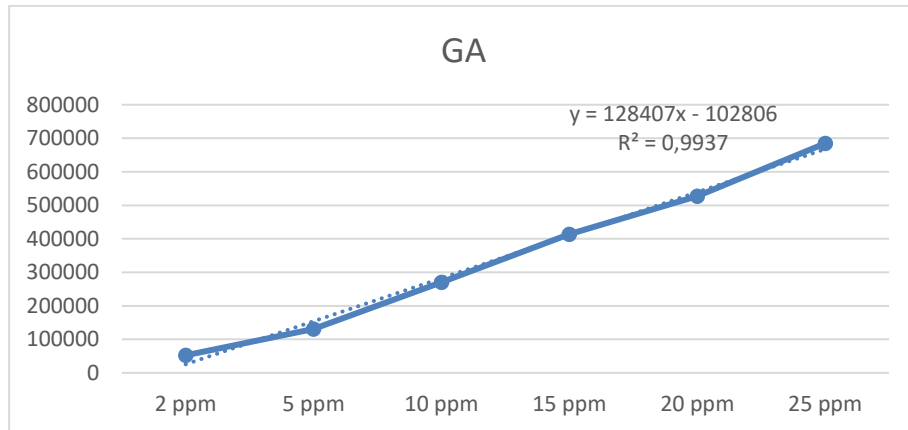
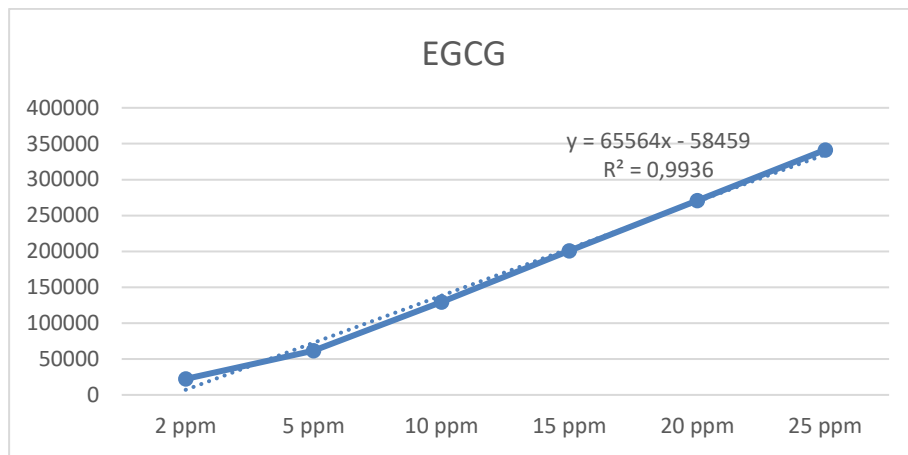
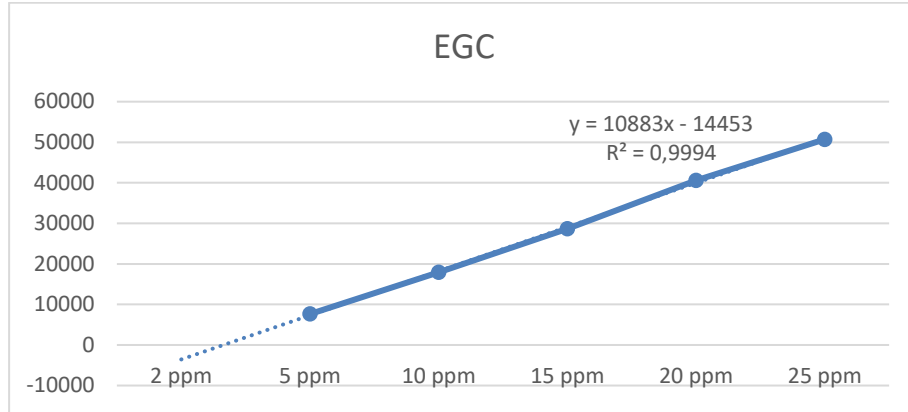
EK-1'in devamı.



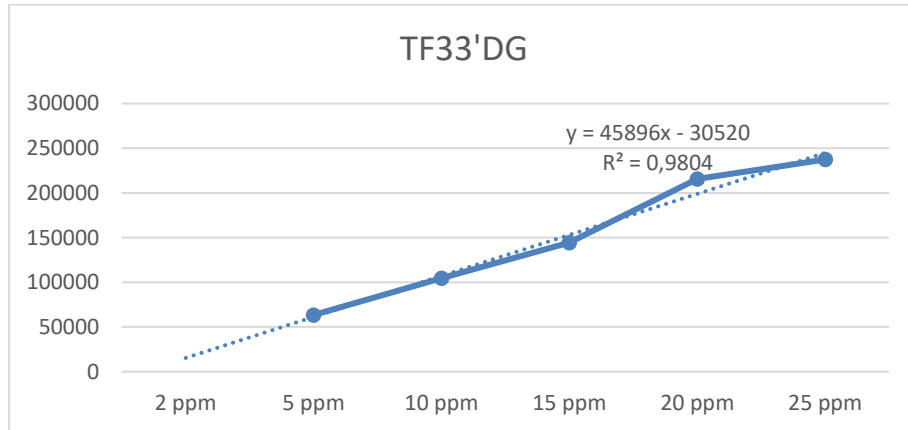
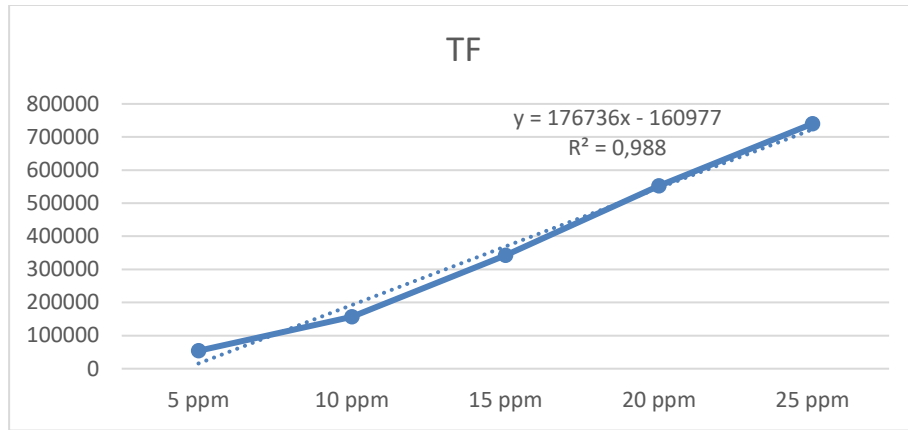
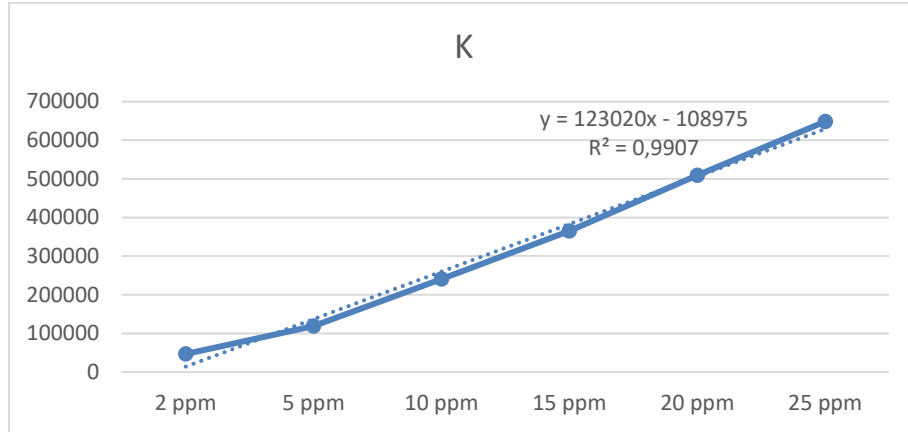
EK-1'in devamı.



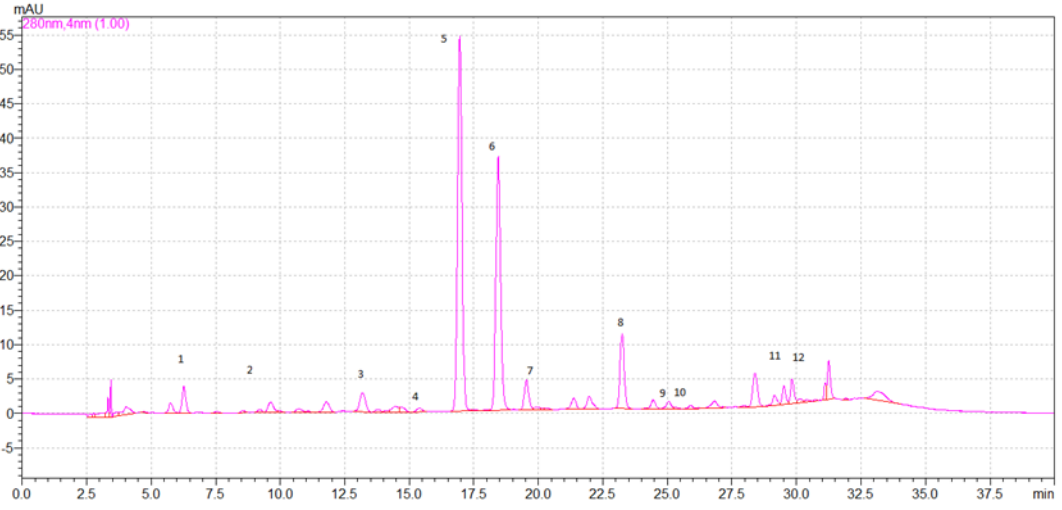
EK-1'in devamı.

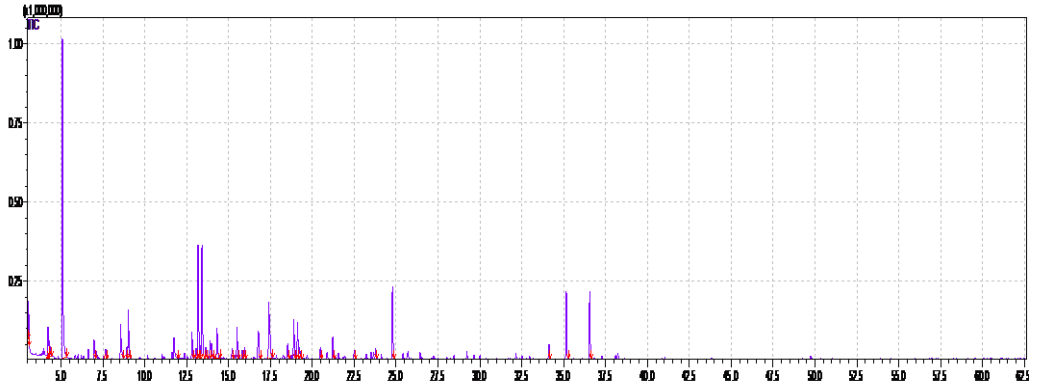


EK-1'in devamı.



EK-2 Tez kapsamında gerçekleştirilen polifenolik madde kompozisyonu ve kafein miktarı analizine ait örnek kromatogram (280 nm, 1: GA, 2: GC, 3: EGC, 4: C, 5: K, 6: EGCG, 7: EC, 8: GCG, 9: ECG, 10:CG, 11: TF33'DG, 12: TF)



EK-3 Uçucu bileşen analizi ile elde edilmiş örnek kromatogram

ÖZGEÇMİŞ

GÜLSÜM ÖZ

gulsunnoz@gmail.com



ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2018-2021	Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya
Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2012-2017	Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Antalya