

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**TÜRK ÇAYINDAN FARKLI OKSİDASYON DERECELERİNE SAHİP
OOLONG ÇAYI ÜRETİMİ VE BU ÇAYLARIN BAZI KALİTE VE
ANTİDİABETİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

Sinem SALMAN

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

Haziran 2023

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**TÜRK ÇAYINDAN FARKLI OKSİDASYON DERECELERİNE SAHİP
OOLONG ÇAYI ÜRETİMİ VE BU ÇAYLARIN BAZI KALİTE VE
ANTİDİABETİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

Sinem SALMAN

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

Haziran 2023

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TÜRK ÇAYINDAN FARKLI OKSİDASYON DERECELERİNE SAHİP
OOLONG ÇAYI ÜRETİMİ VE BU ÇAYLARIN BAZI KALİTE VE
ANTİDİABETİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

Sinem SALMAN
GIDA MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ

Bu tez çalışması TÜBİTAK tarafından 217O072 proje numarası ile desteklenmiştir.

Haziran 2023

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TÜRK ÇAYINDAN FARKLI OKSİDASYON DERECELERİNE SAHİP
OO LONG ÇAYI ÜRETİMİ VE BU ÇAYLARIN BAZI KALİTE VE ANTİDİABETİK
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Sinem SALMAN
GIDA MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ

Bu tez 19/06//2023 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Feramuz ÖZDEMİR (Danışman)

Prof. Dr. Ayhan TOPUZ

Prof. Dr. Numan HODA

Prof. Dr. Yakup Sedat VELİOĞLU

Prof. Dr. İhsan Güngör ŞAT

ÖZET

TÜRK ÇAYINDAN FARKLI OKSİDASYON DERECELERİNE SAHİP OOLONG ÇAYI ÜRETİMİ VE BU ÇAYLARIN BAZI KALİTE VE ANTİDİABETİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Sinem SALMAN

Doktora Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Feramuz ÖZDEMİR

Haziran 2023; 138 sayfa

Anavatanı Çin olan ve dünyaya buradan yayılan çay bitkisinin (*Camellia Sinensis* (L.) O. Kuntze) taze yaprak ve filizlerinden siyah çay, yeşil çay, oolong çay, beyaz çay, pu-erh çay gibi farklı çay çeşitleri üretilebilmektedir. Nitekim fenolik bileşiklerin oksidasyonuna izin verilmeden üretilen çay, yeşil çay veya beyaz çay iken, fenolik bileşiklerin ileri derecede oksidasyonuna izin verilen çaylar siyah çay olarak tanımlanır. Yeşil çay ve siyah çay arasında kısmi olarak okside olmuş çaylar ise oolong çay olarak bilinir. Güneydoğu Asya ülkelerinde yaygın olarak tüketilen bu çay son yıllarda batı dünyasında da tanınmaya, tercih edilmeye ve aranmaya başlamıştır.

Araştırma kapsamında üretimler 2018 yılı çay üretim sezonunun üç sürgün döneminde, Atatürk Çay ve Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü / Rize’de yapılmıştır. Enstitü çay bahçesinde bulunan Ali Rıza Erten klonundan (Tuğlalı 10) 2.5-3.5 yaprak olarak hasat edilen yaş çay filizlerinden yeşil çay, 4 farklı sürede oksidasyon uygulanmış oolong çaylar ve siyah çay üretilmiş, üretimler her sürgün döneminde iki tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Kontrol örneği olarak Tayvan menşeli bir oolong çay kullanılmıştır. Ayrıca yaş çay filizi örneği de karşılaştırma amacı ile çalışmaya dahil edilmiştir. Üretilen çaylarda nem miktarı ve su aktivitesi, toplam fenolik madde miktarı, toplam flavonoid madde miktarı, toplam antioksidan aktivite (DPPH ve ABTS yöntemleri ile), kafein ve polifenolik madde kompozisyonu, fenolik asit analizi, klorofil miktarı, renk analizi, teafavin, tearubijin, toplam renk ve parlaklık analizi, uçucu bileşen analizleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca üretilen çayların antidiabetik özellikleri ve duyuşal özellikleri de belirlenmiştir.

Oolong çayların toplam fenolik madde miktarlarının yeşil çay ile benzer özellik gösterdiği görülmüş, oksidasyon süresinin artması ile oolong çayların toplam fenolik madde içeriklerinin azaldığı, en düşük miktarın ise siyah çayda olduğu belirlenmiştir. Ayrıca 3. sürgün döneminde üretilen çayların toplam fenolik madde miktarları, 1. ve 2. sürgün dönemlerinde üretilen çaylardan daha düşük olduğu görülmüştür. Oolong çay üretiminde oksidasyon süresinin örneklerin fenolik içeriği ve antioksidan kapasiteleri üzerine doğrudan etkileri olduğu tespit edilmiştir. Bireysel kateşinlerin oksidasyon süresinin artması ile azaldığı, teafavinlerin ise oksidasyon süresinin artması ile arttığı belirlenmiştir. Çalışma kapsamında üretilen çaylarda, 1. 2. ve 3. sürgün dönemlerinde sırasıyla, 73, 68 ve 63 uçucu bileşen tespit edilmiştir. Bu uçucu bileşenlerden hekzanal, linanol, nonanal, limonen, beta-siklositral ve beta-iyonon 3 sürgün döneminde de bütün

ay çeşitlerinde tespit edilmiştir. Çayın akarboza göre hem α -amilaz hem de α -glukozidaz üzerinde iyi bir inhibitör etki gösterdiği ve nişastanın emiliminin ve sindiriminin azalmasına neden olduğunu belirlenmiştir. Oolong ayın diyabet riskini azaltmak ve diyabeti kontrol altına almak açısından önemli bir içecek olabileceği görülmüştür.

Sonuç olarak araştırma çalışmaları kapsamında üretilen oolong çaylar oksidasyon derecesine bağlı olarak önemli derecede farklı özellikler göstermiş, Tayvan menşeli kontrol oolong ayı ile karşılaştırıldığında iyi kalitede çaylar retilenmiştir. Çalışma süresince edinilen deneyim ve izlenimler Türk ayından kaliteli, diğer çaylar ve pazardaki oolong çaylarla rekabet edebilir nitelikte, ülkemiz için yeni bir ürün olan oolong çayın retilenbileceğini göstermiştir.

ANAHTAR KELİMELEER: ay, ay kalitesi, oolong ay, oksidasyon süresi, sürgün dönemi

JRİ: Prof. Dr. Feramuz ÖZDEMİR

Prof. Dr. Ayhan TOPUZ

Prof. Dr. Numan HODA

Prof. Dr. Yakup Sedat VELİOğLU

Prof. Dr. İhsan Güngör şAT

ABSTRACT

PRODUCTION OF OOLONG TEA WITH DIFFERENT OXIDATION DEGREE FROM TURKISH TEA AND DETERMINATION OF SOME QUALITY AND ANTIDIABETIC PROPERTIES OF THESE TEAS

Sinem SALMAN

PhD Thesis in Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Feramuz ÖZDEMİR

June 2023; 138 pages

Different types of teas such as black tea, green tea, oolong tea, white tea and pu-erh tea are produced from the fresh tea leaves and shoots of the tea plant (*Camellia Sinensis* (L.) O. Kuntze). They are originated from China and then spread all over the world. While oxidation of phenolic compounds is not allowed in green and white teas, phenolic compounds are oxidized in black tea. For oolong tea, on the other hand, a partial oxidation is required. Oolong tea, which is widely consumed in Southeast Asian countries, has started to be recognized, preferred, and sought in the western world.

Within the scope of this research, all production was carried out at Atatürk Tea and Horticultural Research Institute in Rize during the three flushing periods of the 2018 production season. Green tea, oolong tea with four different oxidation levels and black tea were produced using fresh tea leaves, which harvested as 2.5 – 3.5 leaves from the Ali Riza Erten clone (Tuglali 10) in the tea garden of the Institute. The productions were realized as two replicas in each flushing period. A batch originating from Taiwan was used as a control sample of oolong tea. A fresh tea leaf sample was also included for comparison. Moisture content and water activity, total phenolic content, total flavonoid content, total antioxidant activity (DPPH and ABTS methods), caffeine and polyphenolic composition, phenolic acid analysis, chlorophyll amount, color analysis, theaflavin, tearubigin, total color and brightness analysis, volatile component analysis were performed on tea samples produced in the study. In addition, antidiabetic properties and sensory characteristics of the teas produced were determined.

It was observed that the total phenolic content of oolong teas showed similar properties as the green tea. It was determined that the total phenolic content of oolong teas decreased with the increase in oxidation time and the lowest amount was found in black tea. In addition, the total phenolic content of the teas produced in the third flushing period was lower than the first and second flushing periods. The phenolic content and antioxidant activity of the samples were found to be directly related to the oxidation time in oolong tea production. Individual catechins decreased with increasing oxidation time, whereas theaflavins increased with increasing oxidation time. In the teas produced within the scope of the study, 73, 68 and 63 volatile components were detected in the first, second and third flushing periods, respectively. Among the volatile components detected, hexanal, linanool, nonanal, limonene, beta-cyclocitral and beta-ionone were observed as the main volatiles and were detected in all three flushing periods and in all tea types. Tea was found to have a good inhibitory effect on both α -amylase and α -glucosidase

compared to acarbose, resulting in decreased absorption and digestion of starch. Furthermore, oolong tea has been found to be an important beverage for reducing the risk of diabetes, as well as controlling it.

In conclusion, the oolong teas produced in this research showed significantly different characteristics, mostly depending on the degree of oxidation, and when compared to control oolong tea samples from Taiwan, it was shown that high-quality teas can be produced. The experience and expertise gained during this study led to the conclusion that oolong tea produced using Turkish tea, which is a new product for our country, can compete with oolong teas, as well as other teas in the market.

KEYWORDS: Tea, Turkish oolong tea, flushing period, oxidation time, tea quality

COMMITTEE: Prof. Dr. Feramuz ÖZDEMİR

Prof. Dr. Ayhan TOPUZ

Prof. Dr. Numan HODA

Prof. Dr. Yakup Sedat VELİOĞLU

Prof. Dr. İhsan Güngör ŞAT

ÖNSÖZ

Fonksiyonel özellikleri, kısmi ucuzluğu, tat, aroma ve lezzeti nedeni ile dünyada en çok tüketilen içeceklerin başında gelen çay, içeriğindeki kafein ve özellikle kateşinler nedeniyle insan sağlığı üzerine birçok olumlu etki göstermektedir. Dünya’da sıklıkla tüketilen siyah ve yeşil çay dışında aynı bitkiden farklı işleme yöntemleri ile üretilen beyaz çay, pu-erh çay ve oolong çay gibi çay çeşitleri de mevcuttur. Asya ülkelerinde özellikle Çin ve Tayvan’da yaygın olarak üretilen ve tüketilen yeşil çay ve siyah çay arasında bir karakterde olan oolong çayın popülaritesi günden güne artmaktadır. Bu nedenle çalışma kapsamında yüzyıllardır Çin ve Tayvan gibi Asya ülkelerinde üretilen ve son yıllarda lezzet, aroma ve sağlığa olan yararları nedeni ile hızla batı ülkelerinde de tanınmaya başlanan, pazardaki payı her geçen gün giderek artan oolong çayın ülkemizde, Türk damak tadına uygun olarak üretilmesi, üretim aşamalarının kritik detay ve parametrelerinin ortaya konulmasını, oolong çayının ülkemizde çay endüstrisi çalışanlarına ve konu ile ilgilenen her kesimdeki ilgililere tanıtılması amaçlanmıştır. Bu amaçla farklı karakterdeki oolong çaylar ile yeşil ve siyah çayların 3 sürgün döneminde üretimleri gerçekleştirilmiş, bu çayların bazı fiziksel, kimyasal ve duyuşsal özellikleri belirlenmiş, antidiabetik etkileri araştırılmıştır. Çalışma sonuçlarının çay üreticilerine, çay sektörüne, çay konusunda çalışma yapan araştırmacılara ve tüm çay sevenlere faydalı olmasını, Türk oolong çayının kısa süre içinde üretilmesini ve pazara çıkmasını dilerim. Çalışmasının gerçekleşmesi sırasında;

Engin bilgi ve tecrübeleri ile çalışmanın her detayında beni yönlendiren ve destekleyen yanı sıra bilgi birikimini aktararak iyi bir akademisyen olma yolunda beni yetiştiren, hayatın zor olduğu zamanlarda manevi olarak da hep desteğini hissettiğim danışman hocam Sayın Prof. Dr. Feramuz ÖZDEMİR’e,

Çalışma sırasında bilgilerini paylaşan ve çalışmaya katkıda bulunan tez izleme komitesi üyesi değerli hocalarım Prof. Dr. Ayhan TOPUZ’a ve Prof. Dr. Numan HODA’ya, jüri üyeleri hocalarım Sayın Prof. Dr. Yakup Sedat VELİOĞLU ve Prof. Dr. İhsan Gürgör ŞAT’a,

Laboratuvar çalışmalarında olduğu kadar sonrasında dostluğu ile de yanımda olan ekip arkadaşım Gülsüm ÖZ’e, varlıklarıyla bu süreçte hep destek olan dostlarıma ve diğer çalışma arkadaşlarıma,

Araştırmanın çay üretimlerinin gerçekleştirilmesi kısmında sağladıkları kolaylıklar ve misafirperverliklerinden dolayı Çaykur Genel Müdür Yardımcısı Dr. Turgay TURNA ve Yetiştiricilik ve İslah kısım müdürü Ayhan HAZNEDAR’a,

Araştırmamı finansal olarak destekleyen Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Kurumu’na (TÜBİTAK) ve Türkiye Cumhuriyeti Yükseköğretim Kurulu’nun 100/2000 doktora burs programına teşekkür ederim.

Son olarak, yaşamım boyunca bana her konuda yol gösteren, destekleyen, varlıklarıyla her zaman güç bulduğum ve gurur duyduğum, her koşulda yanımda olan, canımdan çok sevdiğim ve en büyük şansım olan annem Gülseren SALMAN’a, babam Sinan SALMAN’a ve ağabeyim Sarper SALMAN’a sonsuz teşekkür eder, bu tez çalışmasını onlara armağan ederim.

AKADEMİK BEYAN

Doktora Tezi olarak sunduğum “Türk Çayından Farklı Oksidasyon Derecelerine Sahip Oolong Çayı Üretimi ve Bu Çayların Bazı Kalite ve Antidiabetik 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.

19/06/2023

Sinem SALMAN

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ÖNSÖZ	v
AKADEMİK BEYAN	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK TARAMASI.....	3
3. MATERYAL VE METOT.....	13
3.1. Materyal	13
3.2. Metot	13
3.2.1.Çayların üretimi.....	13
3.2.2.Nem miktarı ve su aktivitesi.....	18
3.2.3.Ekstraksiyon	18
3.2.4.Toplam fenolik madde miktarının belirlenmesi	18
3.2.5.Toplam flavonoid madde miktarının belirlenmesi	18
3.2.6.Toplam antioksidan aktivitenin belirlenmesi	19
3.2.7.Polifenolik madde kompozisyonu ve kafein miktarının belirlenmesi	19
3.2.8.Fenolik asit miktarının belirlenmesi	20
3.2.9.Klorofil miktarının belirlenmesi.....	21
3.2.10.Renk analizi	22
3.2.11.Teaflavin (TF), Tearubijin (TR), toplam renk ve % parlaklık analizi	22
3.2.12.Uçucu bileşenlerin analizi.....	23
3.2.13.Antidiabetik özelliklerin belirlenmesi	23
3.2.13.1.Alfa-amilaz inhibisyon analizi	24
3.2.13.2.Alfa-glukozidaz inhibisyon analizi	24
3.2.14.Duyusal analiz	25
3.2.15.İstatistiksel analiz.....	25
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	26
4.1. Nem Miktarı ve Su Aktivitesi Analizi.....	26
4.2. Toplam Fenolik Madde Miktarı	30
4.3. Toplam Flavonoid Madde Miktarı	35

4.4. Toplam Antioksidan Aktivite.....	39
4.5. Polifenolik Madde Kompozisyonu, Gallik Asit ve Kafein Miktarı	44
4.6. Fenolik Asit Analizi	59
4.7. Klorofil Analizi	64
4.8. Renk Analizi.....	70
4.9. Teaflavin (TF), Tearubijin (TR), Toplam renk ve Parlaklık Analizi	78
4.10.Uçucu Bileşenlerin Analizi	84
4.11.Antidiabetik özelliklerin belirlenmesi	100
4.11.1.Alfa-Amilaz İnhibisyon Analizi	100
4.11.2.Alfa-Glukozidaz İnhibisyon Analizi.....	105
4.12.Duyusal Analiz	110
5. SONUÇLAR	115
6. KAYNAKLAR.....	118
7. EKLER	125
ÖZGEÇMİŞ	

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

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
AI	: Alıkonma indeksi
C	: (+)-Kateşin
CG	: (-)-Kateşin gallat
ÇAYKUR	: Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü
DM	: Diabetes Mellitus
DPPH	: 2,2-Difenil-1-pikrilhidrazil
EC	: (-)-Epikateşin
ECG	: (-)-Epikateşin gallat
EGCG	: (-)-Epigallokateşin gallat
F	: F değeri
GA	: (-)-Gallik asit
GAE	: Gallik asit eşdeğeri
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
SAS	: Statistical Analysis Software
SD	: Serbestlik derecesi
t.e.	: Tespit edilemedi

TEAA	: Troloks eşdeğeri antioksidan aktivite
TEAC	: Troloks eşdeğeri antioksidan kapasite
TF	: Teaflavin
TF3,3'DG	: Teaflavin 3,3'-digallat
TR	: Tearubijin
vd.	: ve diğerleri



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Taze çay yaprak ve filizlerinden üretilen farklı özellikteki çay çeşitleri (Salman ve Özdemir 2018)	5
Şekil 2.2. Temel çay bileşeninin kimyasal yapıları (Yi vd. 2015).....	8
Şekil 3.1. Çay hasadı.....	14
Şekil 3.2. Çayların üretim aşamaları ve muhafazası; a) soldurma; b) enzim inaktivasyonu; c) fermentasyon; d) ortodoks kıvrırma; e) 1. döner tamburlu kıvrırma; f) 2. döner tamburlu kıvrırma; g) son kıvrırmalı kurutma; h) son kurutma; ı) paketleme; i) Formosa oolong (kontrol örneği)	16
Şekil 3.3. Üretim akış şeması.....	17
Şekil 4.1. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak toplam fenolik madde miktarının değişimi	34
Şekil 4.2. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak toplam flavonoid madde miktarının değişimi	38
Şekil 4.3. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak toplam antioksidan aktivite (DPPH) değişimi	42
Şekil 4.4. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak toplam antioksidan aktivite (ABTS) değişimi	43
Şekil 4.5. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak GC miktarlarının değişimi	53
Şekil 4.6. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak EGC miktarlarının değişimi	53
Şekil 4.7. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak C miktarlarının değişimi	54
Şekil 4.8. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak EGGC miktarlarının değişimi	54
Şekil 4.9. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak EC miktarlarının değişimi	55
Şekil 4.10. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak GCG miktarlarının değişimi	55
Şekil 4.11. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak ECG miktarlarının değişimi	56
Şekil 4.12. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak CG miktarlarının değişimi	56
Şekil 4.13. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak GA miktarlarının değişimi	57
Şekil 4.14. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak K miktarlarının değişimi	57
Şekil 4.15. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak TF3,3'DG miktarlarının değişimi	58

Şekil 4.16. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak TF miktarlarının değişimi	58
Şekil 4.17. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak kafeik asit miktarlarının değişimi	62
Şekil 4.18. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak o-kumarik asit miktarlarının değişimi	63
Şekil 4.19. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak ferulik asit miktarlarının değişimi	63
Şekil 4.20. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak sirinjik asit miktarlarının değişimi	64
Şekil 4.21. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak klorofil a miktarlarının değişimi	68
Şekil 4.22. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak klorofil b miktarlarının değişimi	68
Şekil 4.23. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak toplam klorofil miktarlarının değişimi	69
Şekil 4.24. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak L* değerlerinin değişimi	75
Şekil 4.25. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak a* değerlerinin değişimi	76
Şekil 4.26. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak b* değerlerinin değişimi	76
Şekil 4.27. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak ton açısı değerlerinin değişimi	77
Şekil 4.28. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak doygunluk değerlerinin değişimi	77
Şekil 4.29. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak TF değerlerinin değişimi	82
Şekil 4.30. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak TR değerlerinin değişimi	83
Şekil 4.31. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak toplam renk değerlerinin değişimi	83
Şekil 4.32. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak parlaklık değerlerinin değişimi	84
Şekil 4.33. Birinci sürgün döneminde üretilen çayların uçucu bileşenlerine ait temel bileşen analizi sonuçları	93
Şekil 4.34. İkinci sürgün döneminde üretilen çayların uçucu bileşenlerine ait temel bileşen analizi sonuçları	94
Şekil 4.35. Üçüncü sürgün üretilen çayların uçucu bileşenlerine ait temel bileşen analizi sonuçları	95

Şekil 4.36. Birinci sürgün döneminde üretilen çaylara ait hiyerarşik kümeleme analizi sonuçları	97
Şekil 4.37. İkinci sürgün döneminde üretilen çaylara ait hiyerarşik kümeleme analizi sonuçları	98
Şekil 4.38. Üçüncü sürgün döneminde üretilen çaylara ait hiyerarşik kümeleme analizi sonuçları	99
Şekil 4.39. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak alfa-amilaz inhibisyon değerlerinin değişimi.....	103
Şekil 4.40. Çay çeşitlerinin ve akarbozun alfa-amilaz inhibisyonu üzerine etkisi	104
Şekil 4.41. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak alfa-glukozidaz inhibisyon değerlerinin değişimi.....	108
Şekil 4.42. Çay çeşitlerinin ve akarbozun alfa-glukozidaz inhibisyonu üzerine etkisi	109
Şekil 4.43. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak dem artığının (posa) rengi kokusu değerlerinin değişimi	114

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Ükelere göre çay üretim miktarları (Anonymous 1)	4
Çizelge 3.1. Kateşin, gallik asit ve kafein analizi HPLC şartları.....	20
Çizelge 3.2. Fenolik asit analizi HPLC şartları.....	21
Çizelge 3.3. Uçucu bileşen analizi GC-MS şartları	23
Çizelge 3.4. Duyusal analiz formu.....	25
Çizelge 4.1. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin nem ve su aktivitesi miktarları	26
Çizelge 4.2. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin nem ve su aktivitesi miktarlarına ait varyans analizi sonuçları	27
Çizelge 4.3. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin nem ve su aktivitesi miktarlarının ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	29
Çizelge 4.4. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin toplam fenolik madde miktarları.....	30
Çizelge 4.5. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin toplam fenolik madde miktarlarına ait varyans analizi sonuçları	31
Çizelge 4.6. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin toplam fenolik madde miktarının ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	33
Çizelge 4.7. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğine ait toplam flavonoid madde miktarları	35
Çizelge 4.8. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin toplam flavonoid madde miktarlarına ait varyans analizi sonuçları	36
Çizelge 4.9. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin toplam flavonoid madde miktarlarının ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	37
Çizelge 4.10. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin toplam antioksidan aktivitesi (DPPH ve ABTS)	39
Çizelge 4.11. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin toplam antioksidan aktivite (DPPH ve ABTS) ait varyans analizi sonuçları	40
Çizelge 4.12. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin toplam antioksidan aktivite (DPPH ve ABTS) ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	41

Çizelge 4.13. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin polifenolik madde kompozisyonu, gallik asit ve kafein miktarları	44
Çizelge 4.14. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin polifenolik madde kompozisyonu, gallik asit ve kafein miktarlarına ait varyans analizi sonuçları	47
Çizelge 4.15. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin polifenolik madde kompozisyonu, gallik asit ve kafein miktarının ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	48
Çizelge 4.16. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin fenolik asit miktarları	59
Çizelge 4.17. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin fenolik asit miktarlarına ait varyans analizi sonuçları	60
Çizelge 4.18. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin fenolik asit miktarlarının ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	61
Çizelge 4.19. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil miktarları	65
Çizelge 4.20. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil miktarlarına ait varyans analizi sonuçları	66
Çizelge 4.21. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil miktarlarının ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	67
Çizelge 4.22. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin L, a*, b*, Ton açısı ve Doygunluk değerleri	71
Çizelge 4.23. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin L, a*, b*, Ton açısı ve Doygunluk değerlerine ait varyans analizi sonuçları	72
Çizelge 4.24. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin L, a*, b*, Ton açısı ve Doygunluk değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	73
Çizelge 4.25. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong ve siyah çay ile kontrol örneğinin TF, TR, toplam renk ve parlaklık değerleri	79
Çizelge 4.26. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong ve siyah çay ile kontrol örneğinin TF, TR, toplam renk ve parlaklık değerlerine ait varyans analizi sonuçları	80
Çizelge 4.27. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong ve siyah çay ile kontrol örneğinin TF, TR, toplam renk ve parlaklık miktarlarının ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	81

Çizelge 4.28. Birinci sürgün dönemi çaylar ve kontrol örneğine ait uçucu bileşenler (% Alan).....	86
Çizelge 4.29. İkinci sürgün dönemi çaylara ait uçucu bileşenler (% Alan).....	88
Çizelge 4.30. Üçüncü sürgün dönemi çaylara ait uçucu bileşenler (% Alan).....	90
Çizelge 4.31. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin % alfa amilaz inhibisyon miktarları	100
Çizelge 4.32. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin % alfa amilaz inhibisyon miktarlarına ait varyans analizi sonuçları	101
Çizelge 4.33. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin % alfa amilaz inhibisyon miktarlarının ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	102
Çizelge 4.34. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin % alfa glukozidaz inhibisyon miktarları	105
Çizelge 4.35. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin % alfa glukozidaz inhibisyon miktarlarına ait varyans analizi sonuçları	106
Çizelge 4.36. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin % alfa glukozidaz inhibisyon miktarlarının ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	107
Çizelge 4.37. Üç sürgün döneminde üretilen oolong çaylar ile kontrol örneğinin duyusal analiz değerleri.....	111
Çizelge 4.38. Üç sürgün döneminde üretilen oolong çaylar ile kontrol örneğinin duyusal analiz değerlerine ait varyans analiz sonuçları	112
Çizelge 4.39. Üç sürgün döneminde üretilen oolong çaylar ile kontrol örneğinin duyusal analiz değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	113

1. GİRİŞ

Çay, *Camellia sinensis* L. (O) Kuntze bitkisinin genç sürgün ve yapraklarından üretilen ve dünyada en çok tüketilen içeceklerden birisidir (Baldermann vd. 2014). Anavatanı Çin olan bu bitkinin genç sürgün ve taze yapraklarından binlerce yıldan beri yeşil, siyah beyaz, oolong, sarı ve pu-erh gibi farklı çeşit ve özelliklerde çaylar üretilmektedir. Bunların hepsi aynı türün (*Camellia sinensis*) taze sürgün ve yapraklarından üretilmesine rağmen birbirleri arasında renk, tat, aroma lezzet ve bileşen açısından önemli farklılıklar bulunmaktadır. Bu çaylar arasında görülen farklılıklar öncelikle ve en önemli olarak değişik proses uygulamalarından kaynaklanmaktadır (Yi vd. 2015).

Oolong çay hem fermente olmuş siyah çayın hem de fermente olmamış yeşil çayın bazı özelliklerini bir arada barındıran bir çay çeşididir. Dünya’da tüketilen çayların %2’sini oluşturan oolong çay, siyah çay ve yeşil çay arasındaki tadı ve rengi nedeniyle Asya’da oldukça yaygındır ve Tayvan’da en popüler çay çeşidi olmuştur (Dou vd. 2007; Lee vd. 2008; Rahman vd. 2014). Oolong çay ülkemizde üretilmediği gibi piyasada yaygın bir satışı da olmayan dolayısı ile çok fazla bilinmeyen bir çay çeşididir.

Üretim sırasındaki uygulamalara ve koşullara bağlı olarak oolong çayın kalite özellikleri farklılıklar göstermektedir. İyi bir oolong çayı üretmek için genel anlamda iki önemli aşama vardır. Birincisi yaş çay kalitesi ve hasat normu, ikincisi ise prosteşte uygun yöntemin kullanılmasıdır. İşleme, çay kalitesini belirlemede en önemli kalite parametresini oluşturmaktadır (Ng vd. 2017). Oolong çayın üretim süreci genellikle soldurma, fermentasyon, 1. kurutma, kıvrırma, 2. kurutma ve kıvrırma , son kurutma ve paketlenme şeklinde 7 aşamada gerçekleştirilmekle birlikte farklı bölgelerde farklı şekillerde üretim yapılabilmektedir. (Dou vd. 2007; Lee vd. 2008). Oolong çay üretiminde taze yeşil çay filizleri hasat edilir ve bunlar gün ışığı altında veya sıcak hava uygulamasıyla 6-8 saat soldurulur (Ng vd. 2017). Böylece yapraklar ağırlıklarının %10-20’si kaybeder. Bu sırada soldurulan yapraklar kısmi olarak da okside olur. Oolong çayı, tüketicilerin talebine bağlı olarak genellikle %20 ile %80 aralığında okside olan yarı fermentasyon sürecine maruz kalmaktadır. Bu konuda uzmanlaşmış kişiler fermentasyon sürecini ampirik olarak kontrol eder (Dou vd. 2007, Lee vd. 2008; Ng vd. 2017). Bu işlemten sonra ≤ 200 °C ısıtma işlemi tabi tutularak enzim inaktivasyonu sağlanır ve ardından kıvrılır. Kıvrırma işleminden sonra tekrar kurutma yapılır. Nem içeriği yüzde 7’nin altında depolanır (Rahman vd. 2014; Ng vd. 2017). Bu işlem aşamalarının detaylarında literatürde farklılıklar da görülmektedir.

Oolong çay, yüzyıllar öncesine dayanan, kısmi fermente edilmiş geleneksel bir Çin çayıdır. Kendine özgü üstün ve farklı özellikleri ile dünya çapında giderek daha fazla tüketicinin ilgisini çekmektedir. Oolong çayının kendine has lezzeti ve kalitesi taze çay yaprağının özgün bir şekilde işlenmesine atfedilir. Aroma, lezzet, renk ve görünüm ile oolong çayının kalitesi belirlenmekle birlikte temel olarak aroma ve lezzet bileşenleri en önemli iki kalite parametresi olarak değerlendirilmektedir. Bileşimindeki kafein ve kateşinler gibi suda çözünür ana bileşenler genellikle çay ekstraktının tadından sorumluyken, uçucu bileşenler çay aromasına katkıda bulunur (Zhu vd. 2015, Nie vd. 2011). Çayın suda çözünür madde içeriği bitkinin yetiştiği toprağın özelliklerinden, diğer coğrafi özelliklerden ve iklimten, yaş çay yaprağının genotipinden ve uygulanan işleme teknolojilerinden etkilenirken, uçucu bileşen içeriği uygulanan işleme teknolojisine göre

bu bileşenlerin dönüşüme uğramasından oluşmaktadır (Fernández-Cáceres vd. 2001, Narukawa vd. 2011). Çayda uçucu bileşenler, toplam kuru maddenin yalnızca yaklaşık %0.01'ini oluşturmalarına rağmen çok düşük miktarlarda dahi etkinlik gösterebildiklerinden (düşük eşik) dolayı aroma üzerinde etkin olabilmektedir (Rawat vd. 2007, Wang vd. 2016).

Çayın kuru madde üzerinden yaklaşık %20-30'unu oluşturan polifenoller ve %2-5'ini oluşturan ve bir alkaloid olan kafein taze çay yaprağında bulunan başlıca bileşiklerdir (Balentine vd. 1997). Çayda bulunan polifenolik maddelerin önemli bir kısmını ise flavonoidler oluşturmaktadır. Çaydaki en yaygın flavonoidler ise kateşinler olarak da adlandırılan flavan-3-ol'lerdir. Diğer gıdalara kıyasla çayda oldukça yüksek miktarda bulunması nedeni ile kateşinler çayla özdeşleşmiş bileşiklerdir (Hilal ve Engelhardt 2007). İçeriğindeki bu kateşinler ve kafein nedeniyle çay fonksiyonel bir özellik kazanarak sağlık üzerine faydalı pek çok etki göstermektedir. Çay çeşitlerine göre değişen bu etkiler, çay tüketiminin her geçen gün artmasına da sebep olmaktadır. Daha çok Asya ülkelerinde özellikle de Tayvan ve Çin'de yaygın olarak tüketilen oolong çay kendine özgü aroması, tadı ve rengi yanı sıra bazı üstün fonksiyonel özellikleri nedeni ile de son yıllarda daha çok ilgi çekmeye başlamıştır. Nitekim yapılan araştırmalarda oolong çayın antioksidan, antidiabetik, antiobezite, antikanserojen, antimikrobiyal ve kalp hastalığının önlenmesi ve antialerjik etkiler gösterdiği belirlenmiştir (Zhu vd. 2002; He vd. 2009; Carloni vd. 2013; Liu vd. 2018; Ng vd. 2018; Jiang vd. 2019; Tong vd. 2019; Xu vd. 2019; Zhao vd. 2019).

Son yıllarda hızla artan tüketici talep ve ürün çeşitliliğine olan ilgi ülkemizde farklı çay ürünlerinin üretilmesini bir ihtiyaç haline getirmiştir. Doğu Karadeniz bölgesinde hızla gelişen turizm de bölgeye has özgün çay ürünlerinin üretilmesini, tanıtılmasını, yaygınlaşmasını ve pazarlanmasını teşvik eden bir faktör olarak ortaya çıkmaya başlamıştır. Bu nedenle yüzyıllardır Çin ve Tayvan gibi Asya ülkelerinde üretilen ve son yıllarda lezzet, aroma ve sağlığa olan yararları nedeni ile hızla batı ülkelerinde de tanınmaya başlanan, pazardaki payı her geçen gün giderek artan oolong çayının ülkemizde Türk damak tadına uygun olarak üretilmesi, uygun üretim parametrelerinin belirlenmesi, bu çay çeşidinin ülke içinde ve dışında tanıtılması ve pazarlanması önemli bir ihtiyaç olarak görülmeye başlanmıştır.

Bu amaçla tez kapsamında ülkemizin tescillenen ilk çay klonlarından olan Ali Rıza Erten (Tuğlalı 10) klonundan 2018 yılı üç sürgün döneminde hasat edilen yaş çay ürününden yeşil, siyah ve farklı oksidasyon derecesine sahip 4 çeşit oolong çay üretilerek bunların fiziksel, kimyasal ve duyuşal özellikleri, antidiabetik etkileri birbirleri ve ayrıca Tayvan menşeli bir oolong çay örneği ile karşılaştırılmıştır. Böylece ülkemizde bu alanda ilk ve en kapsamlı oolong çayı üretimi projesi ile ülkemiz koşullarına uygun, özgün oolong çay üretiminin proses aşamaları ve bu aşamalardaki kritik noktaların ve parametrelerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma sonuçları endüstriyel pratik uygulayıcılara ve konu ile ilgili her alandaki ilgililere detaylı, anlaşılabilir mühendislik işlem akışları sunacak şekilde sunulmuştur.

2. KAYNAK TARAMASI

Camellia sinensis L. (O) Kuntze bitkisinin genç sürgün ve yapraklarından üretilen çayın içecek olarak tarihi yaklaşık olarak M.Ö. 2700'de Çin İmparatoru Shen Nung zamanına kadar dayanmaktadır. Bununla birlikte, çaydan ilk bahsedilmesi ise M.Ö. 350 dolaylarında eski bir Çince kelime kitabı olan Erh Ya'dadır. Anavatanı Çin olan çay yaklaşık olarak 6. yüzyılda Japonya'ya gelmiş ve uzun bir süre sadece ayrıcalıklı sınıflar tarafından tüketilen bir içecek olmuştur. Son 700 yılda ise herkes için popüler bir içecek halini almıştır. Çay daha sonra Endonezya olarak bilinen bölgeye ve oradan da Hollanda sömürgecileri aracılığıyla Hollanda'ya ulaşmıştır. Benzer zamanlarda Hindistan'da da yetiştirilmeye başlanmış ve oradan İngiltere'ye ithal edilerek popüler bir hal almıştır. 17. yüzyılın ortalarında İngilizler, çayın ticarileştirilmesinde ve yaygınlaştırılmasında önemli bir rol oynamış ve hatta çay bir zamanlar para birimi olarak uluslararası ticarete önemli bir değere sahip olmuştur (Weisburger 1997). Zamanla gerek tadı ve hoş kokusu gerek tıbbi amaçla kullanılması sebebiyle dünyanın dört bir yanına dağılan çay, *Theaceae* familyasına ait yapraklarını dökmeyen tropikal ve subtropikal bölgelerin tarımsal iklim şartlarına uyumlu bir bitkidir (*Camellia sinensis* L. (O) Kuntze). 42° kuzey (Gürcistan-Türkiye) ve 27° güney (Arjantin) enlemleri arasındaki yüksek nemli, ılıman iklime sahip (yıllık ortalama sıcaklığı 18-20°C ve yıllık ortalama 2000 mm, aylara düzenli yayılmış yağışa sahip olan) değişik bölgelerde, özellikle asitli topraklarda (pH 4.5-5.5), ideal olarak 0.5-10 derece eğimli yamaçlarda ve 2000 metreye kadar yükseklikteki bölgelerde yetişebilmektedir (Williges 2004; Chang 2015). Günümüzde çay 5 kıtada 30'u aşkın, Türkiye'de ise Doğu Karadeniz Bölgesinde, Gürcistan sınırından başlayan ve batıda Fatsa'ya kadar uzanan alan içerisinde ekonomik olarak yetiştirilmektedir.

Ülkemizde ekonomik anlamda çay yetiştiriciliğine Cumhuriyetten sonra 1924 yılında başlanmış ve ilk kez 1938 yılında, 135 kg yaş çaydan yaprağından 30 kg siyah çay üretimi gerçekleştirilmiştir (Özdemir 1992). Günümüz itibarı ile 80 yıldan fazla bir süredir çay üretimi yapılmaktadır (Ozdemir ve Sahin 2007). Çay bitkisinin kış mevsimindeki soğuk hava koşulları ve kar yağışlarından sonra, bahar aylarında sıcaklıkların artmasıyla Mart ayında yaprak tomurcukları patlar ve gelişen taze sürgünler Mayıs ayı başlarında toplanmaya başlar. Böylece Mayıs ayının başlarında çay sezonu başlar (Özdemir vd. 2000). Ülkemizde çay, hava koşullarına bağlı olarak Ekim ayına kadar üç kez hasat edilmektedir. Başka bir deyişle, bir yıl içinde üç sürgün dönemi bazı yıllarda ise uygun hava koşullarına bağlı olarak 4 sürgün dönemi çay toplanabilmektedir (Ozdemir vd. 1992; Özdemir vd. 1993).

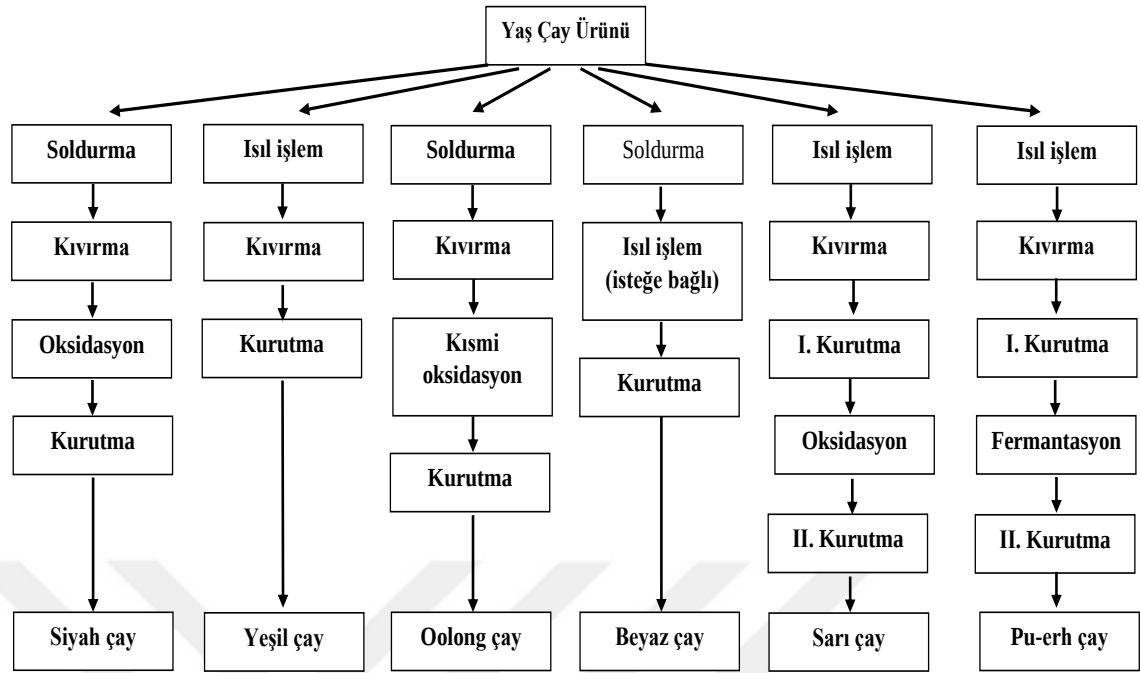
Dünyadaki yeşil, siyah ve oolong çay üretiminin %86.3'ü Asya kıtasında, %12.6'sı Afrika kıtasında, %1.2'si Amerika kıtasında yapılmaktadır. Günümüzde çay 5 kıtada 30'u aşkın ülkede yetiştirilmekle beraber Çin, Hindistan, Kenya, Türkiye, Sri Lanka, Vietnam ve Endonezya üretiminin yoğun olarak yapıldığı ülkelerdir (Çizelge 2.1). Güncel (2020 yılı) FAO istatistiki verilerine göre Dünya'da üretilen çay miktarı 6 257 428 tondur ve ülkemiz 283 500 ton çay üretimiyle Çin, Hindistan ve Kenya'nın ardından 4. sırada yer almaktadır (Anonymous 1).

Çizelge 2.1. Ülkelere göre çay üretim miktarları (Anonymous 1)

Ülkeler	Üretim miktarı (ton)
Çin	2 931 800
Hindistan	1 260 911
Kenya	569 500
Türkiye	283 500
Sri Lanka	278 489
Vietnam	243 100
Endonezya	144 064
Bangladeş	89 931
Uganda	75 692
Arjantin	73 890
Japonya	69 800
Diğer	236 751
Toplam	6 257 428

Günümüzde taze çay yapraklarından, yeşil, sarı, beyaz, oolong, siyah ve pu-erh gibi farklı özellikte çaylar üretilmektedir (Şekil 2.1). Aslında çayın anavatanı olan Çin’de bu çaylar yüzyıllardır üretilmekte ve tüketilmektedir. Ancak dünyanın geri kalan bölgelerinde ve özellikle batı dünyasında bu çaylar son yıllarda tanınmaya ve talep oluşturmaya başlamıştır. Hepsi aynı bitkinin (*Camellia sinensis*) taze genç sürgün ve yapraklarından üretilmekle birlikte çay çeşitlerinin arasındaki önemli farklılıklar öncelikle ve en önemli olarak proses farklılıklarından kaynaklanmaktadır (Yi vd. 2015). Nitekim çay çeşitleri, üretim sürecine göre fermente olmamış (yeşil çay, beyaz çay), yarı fermente olmuş (oolong çayı), tamamen fermente olmuş (siyah çay) ve post fermente olmuş (pu-erh) çaylar olarak sınıflandırılmaktadır (Baldermann vd. 2014). Bilindiği gibi çay terminolojisinde üretim aşamalarından biri olan oksidasyon aşaması fermentasyon olarak ifade edilmekte ve günümüzde hala yaygın olarak bu ifade kullanılmaktadır. Esasında enzimatik esmerleşme reaksiyonu gerçekleşen bu aşamada mikroorganizma faaliyeti sonucu şekerlerin parçalanması ve aneorobik koşullar söz konusu değildir. Ancak çay ile ilgili tüm yayınlara ait terminolojide yaygın şekilde hala fermentasyon ifadesi kullanılmaktadır.

Küresel pazarlarda çay tüketim miktarları üç çay çeşidi arasında kıyaslandığında siyah çay %78, daha ziyade Asya ve Kuzey Afrika ülkelerinde tüketilen yeşil çay %20 ve Tayvan ve Güney Çin’de sıklıkla tüketilen oolong çay %2’lik paya sahiptir. Dünyadaki oolong çayın üretimi ve tüketiminin son yıllarda arttığı belirtilmiş ve 2000 yılından 2014 yılına kadar oolong çay üretiminin 2 katına çıktığı bildirilmiştir. Ancak, yeşil çay, oolong çay ve pu-erh çay son yirmi yılda özellikle Avrupa ve Amerika’da hızla tanınmaya ve yaygınlaşmaya başlamıştır (Bode ve Dong 2003; Weerawatanakorn vd. 2015).



Şekil 2.1. Taze çay yaprak ve filizlerinden üretilen farklı özellikteki çay çeşitleri (Salman ve Özdemir 2018)

Dünya çay tüketiminin %78'ini oluşturan siyah çay, hasat edilen çay filizlerinin soldurma, kıvrırma, oksidasyon (fermantasyon), kurutma ve sınıflandırma işlemlerine tabi tutulmasıyla üretilmekte ve başta Güneydoğu Asya, Afrika ve Avrupa ülkeleri olmak üzere tüm dünya genelinde yaygın olarak tüketilmektedir (Özdemir vd. 1993). Siyah çay üretiminin önemli aşamalarından biri olan kıvrırma işlemi taze çay filiz ve yapraklarının parçalanması ve kıvrılması ile ilgili operasyonları kapsar. Genel olarak bu işlem farklı ülkelerde farklı metotlarla yapılır. Bazı ülkelerde ise tüm kıvrırma metotlarının kullanıldığı görülebilir. Yaprak ezme, parçalama ve kıvrırma amaçlı bu metotlar arasında ortodoks, CTC, rotorvan ve bunların farklı kombinasyonları en yaygın olarak kullanılanlardır. Genel olarak Hindistan, Kenya, Bangladeş daha ziyade CTC metodu ile siyah çay üreten ülkelerdir. Hindistan'da önemli miktarda ortodoks yöntemi ile de çay üretildiği bilinmektedir. Çin, Sri Lanka, Endonezya, Türkiye ise ağırlıklı olarak ortodoks yöntemi ile çay üreten ülkelerdir. Esasında Türkiye kendi koşulları gereği ortodoks ve rotorvan metotlarının bir kombinasyonunu (ÇAYKUR Metodu) geliştirmiş ve bu kombine metotla son 30 yıldır siyah çay üretir olmuştur.

Siyah çay kadar tüketimi yaygın olmayan ancak insan sağlığı üzerine olumlu etkilerinin farkına varılmasından dolayı günümüzde tüketimi hızla artan yeşil çay, dünya çay tüketiminin yaklaşık %20'sini oluşturmakta ve daha çok Japonya, Çin ve diğer Asya ülkelerinde yaygın olarak tüketilmektedir. Yeşil çayın işlenmesinde farklı metotlar kullanılmakla birlikte üretim genel olarak dört ana aşamadan oluşmaktadır. Bunlar; ısıtma işlemi, enzim inaktivasyonu, kıvrırma, kurutma ve tasnif aşamalarıdır. Her aşama, son ürün kalitesi üzerinde oldukça etkili olmaktadır (Williges 2004; Rahman vd. 2013). Ancak yeşil çay üretimindeki en kritik aşama ısıtma işlemi uygulamasıdır. Bu işlemle yaprak hücrelerinde bulunan polifenol oksidaz enzimi inaktive edilir ve bu işlemden sonra yaprak kıvrırma işlemine tabi tutulsa bile enzimatik renk esmerleşme reaksiyonu

gerçekleşemez. Böylece çay yaprakları yeşil rengini korur. Isıl işlem Çin’de geleneksel olarak ateş üzerindeki tavalarda gerçekleştirilirken, Japonya’da bu işlem yüksek sıcaklıkta buhar uygulaması ile yapılır. Türkiye’de de yeşil çay üretiminde enzim inaktivasyonu amaçlı ısıl işlem Japonya’da olduğu gibi sıcak buhar ile yapılmaktadır.

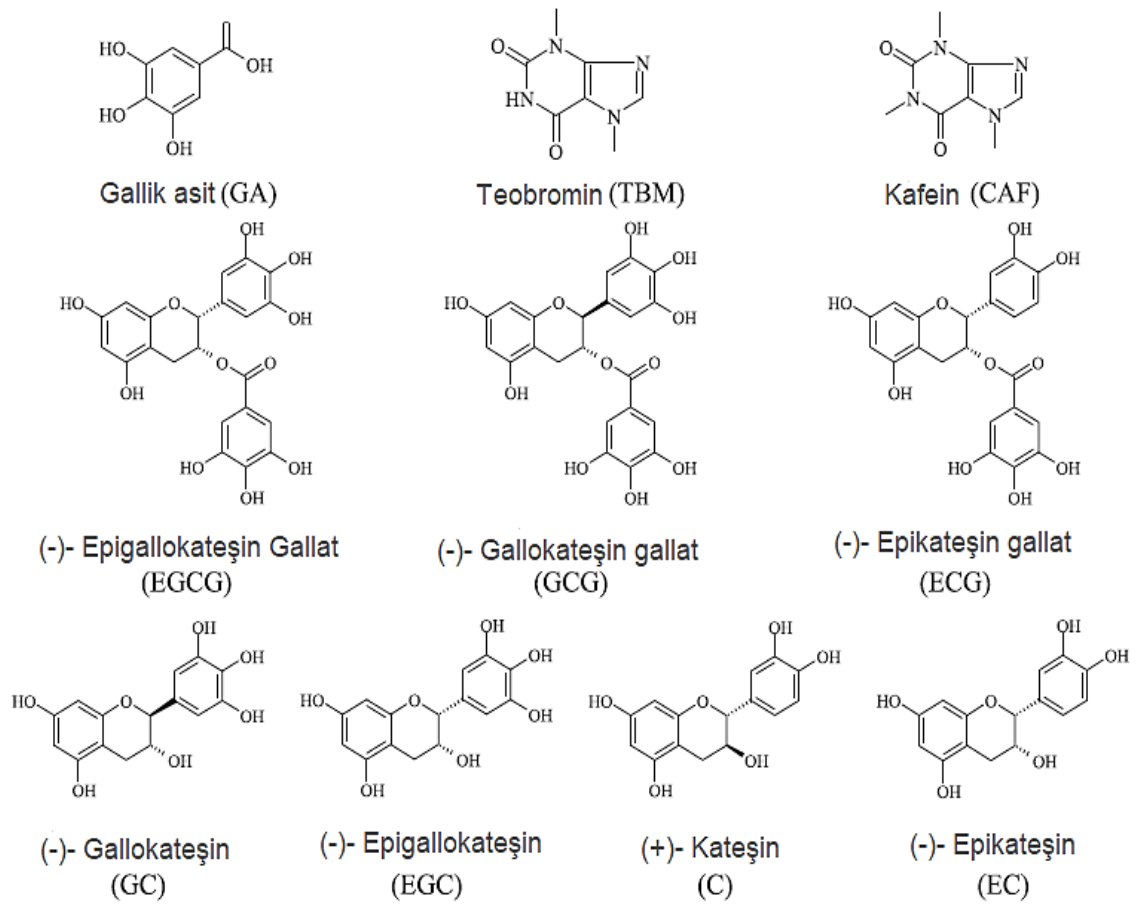
Oolong çay ise siyah ve yeşil çay gibi başta Çin olmak üzere Güney Doğu Asya ülkelerinde yaygın olarak tüketilen bir içecektir. Dünya’da tüketilen çayların %2’sini oluşturan oolong çay ile ilgili kayıtlar incelendiği zaman ilk olarak Song Hanedanlığının erken dönemlerinde (960-1279) üretildiği, Ming Hanedanlığı döneminde (1368-1644) ise yaygınlaşmaya başladığı görülmüştür. İsmi ile ilgili tarihi kayıtlar incelendiğinde ise oolong çayın Çince isminin kaynağının yaygın bir inanışa dayandığı görülmüştür. Wu Long isimli bir avcı aynı zamanda çay yetiştiricisi, bir gün çay toplarken bir geyik fark eder ve topladığı çayları öylece bırakarak geyiği avlamak için bulunduğu bölgeden uzaklaşır. Geri döndüğü zaman topladığı çayların okside olmaya başladığını görür. Ancak çayların atılıp boşa gitmesini istemediği için üretim sürecini gerçekleştirir. Şaşırtıcı bir şekilde daha önce tattığı hiçbir çaya benzemeyen bu çay, diğer çay çeşitlerinden yumuşak içimli ve aromatiktir. Çok zaman geçmeden Wu Long’un çayı olarak tüm şehir bu çayı tanımış ve daha sonra eş seslisi olan “oolong” olarak anılmaya başlanmıştır. Günümüzde oolong çay Çin’in birçok bölgesinde ve Tayvan, Hindistan, Nepal, Tayland, Vietnam ve Endonezya gibi bazı Güneydoğu Asya ülkelerinde yaygın olarak üretilip, tüketilmektedir (Ng vd. 2018). Oolong çay ülkemizde henüz üretilmediği gibi (Son yıllarda Rize’de bazı küçük işletmelerde deneme üretimleri görülmektedir) piyasada satışı olmayan dolayısı ile çok fazla bilinmeyen bir çay çeşididir. Son günlerde, başta İstanbul olmak üzere büyük şehirlerde popüler olmaya başlayan çay evlerinde ve özgün çay ürünü satan dükkanlarda yabancı menşeli oolong çaylar görülmeye başlanmıştır.

Oolong çay hem fermente olmuş siyah çayın hem de fermente olmamış yeşil çayın bazı özelliklerini bir arada barındıran bir çay çeşididir (Dou vd. 2007; Lee vd. 2008; Rahman vd. 2013). Siyah çay ve yeşil çay arasındaki tadı ve rengi nedeniyle oolong çay Tayvan’daki en popüler çay çeşidi olmuştur (Lee vd. 2008). Üretim sırasındaki uygulamalara ve koşullara bağlı olarak oolong çayın kalite özellikleri farklılıklar göstermektedir. Kaliteli bir oolong çay üretmek için genel anlamda iki önemli aşama vardır. Bunlardan birincisi kaliteli bir hammadde ve uygun hasat, ikincisi ise uygun yöntemlerle işlenmesidir. İşleme, çay kalitesini oluşturmada en önemli faktörlerin başında gelir (Ng vd. 2017). Oolong çayın üretim süreci genellikle soldurma, fermentasyon, 1. ön kurutma, kıvrırma, 2. kurutma, son kurutma ve kıvrırma ve paketleme olmak üzere 7 aşamada gerçekleştirilmekle birlikte farklı bölgelerde farklı şekillerde üretim yapılabilmektedir. Nitekim bazı bölgelerde kurutmanın bir kısmı ateş üzerinde tava ile kavurma işlemine benzer bir şekilde de yapılmaktadır (Dou vd. 2007; Lee vd. 2008). Oolong çay üretiminde taze yeşil çay sürgünleri hasat edilir. Hasat edilen sürgünler gün ışığı altında veya sıcaklık uygulamasıyla 6-8 saat soldurulur (Ng vd. 2017). Böylece yapraklar ağırlıklarının %10-20’sini kaybeder. Soldurulan yapraklar çok az miktarda da olsa bitkiden koparılan kısımdan okside olur. Ardından oolong çayı, tüketicilerin talebine bağlı olarak genellikle %20 ile %80 aralığında olacak şekilde kısmi fermentasyon sürecine tabii tutulur. Bu konuda uzmanlaşmış kişiler fermentasyon sürecini ampirik olarak kontrol etmektedir (Dou vd. 2007; Lee vd. 2008; Ng vd. 2018). Bu işlemten sonra çaylar ≤ 200 °C’de ısıl işleme tabi tutulmakta ve ardından kıvrılmaktadır. Kıvrırma işleminden sonra tekrar kurutma yapılmakta ve son ürün nem içeriği yüzde 7’nin altında

olduğu zaman kurutma sonlandırılmakta ve ürün depolanmak üzere paketlenmektedir (Rahman vd. 2014; Ng vd. 2017). Bu işlem aşamalarının detaylarında literatürde farklılıklar da görülmektedir.

Nitekim, oolong çay Çin'in esas olarak Fujian ve Tayvan'ın Guangdong bölgelerinde üretilmektedir. Keşfini takip eden uzun yıllar içinde oolong çay üretimi gelişmiş, değişmiş, yayılmış ve böylece oolong çay çeşitleri de ortaya çıkmıştır. Bunlar arasında Wuyi Rock tea, Iron Buddha tea, Red Robe tea, Golden Key tea vd. sayılabilir. Geleneksel olarak oolong çaylar üretildikleri bölgeye göre sınıflandırılır. Bu bölgelere göre çaylar Southern Fujian oolong, Horthen Fujian oolong, Taiwan oolong şeklinde sınıflandırılır. Ayrıca, işleme yöntemine bağlı olarak da sınıflandırma yapılmaktadır (Xu ve Chen 2002).

Çay, tadı, aroması, kısmi ucuzluğu ve canlandırıcı özellikleri nedeniyle sevilen bir içecek olduğu kadar, fonksiyonel özellikleri ve yapısında bulunan çeşitli biyoaktif maddeler nedeniyle de dikkat çekmektedir. Protein, karbonhidrat, aminoasit içeriğinin yanı sıra çay, polifenoller, alkaloidler, bazı vitaminler ve mineraller bakımından oldukça zengin bir içecektir. Kuru ağırlığın yaklaşık %20-30'unu oluşturan polifenoller ile bir alkaloid olan ve çay kuru maddesinin yaklaşık %2-5'ini oluşturan kafein, taze çay yaprağında bulunan başlıca bileşiklerdir (Özdemir 1992; Özdemir vd. 2008). Çayın kendine özgü içim karakterini oluşturan ve fonksiyonel bir içecek olmasında en önemli rolü oynayan bileşenler fenolik bileşiklerdir. Fenolik bileşikler, fenolik asitler ve flavonoidler olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Fenolik asitler de, sinamik asitler (veya hidroksinamik asitler) ve benzoik asitler (veya hidroksibenzoik asitler) olmak üzere 2 gruptan oluşur. Flavonoidler ise antosiyanidin'ler, flavon'lar ve flavonol'lar, flavanon'lar, kateşinler ile löykoantosiyanidinler ve proantosiyanidinler olmak üzere genelde 5 alt gruba ayrılmaktadır (Cemeroğlu 2013). Çayın başlıca polifenol bileşimini, flavonoid grubu olan flavan-3-oller (kateşinler) oluşturmaktadır (Wang vd. 2000). Diğer gıdalara kıyasla çayda oldukça yüksek miktarlarda bulunmaları nedeniyle kateşinler çayla özdeşleşmiş bileşiklerdir (Peterson vd. 2005). Çay kateşinleri, epikateşin (EC), epikateşin gallat (ECG), epigallokateşin (EGC) ve epigallokateşin gallat (EGCG) olmak üzere başlıca dört major bileşenden ve bunların epimerleri olan kateşin (C), kateşin gallat (CG), gallokteşin (GC), ve gallokteşin gallat (GCG)'den oluşmaktadır (Wang vd. 2000) (Şekil 2).



Şekil 2.2. Temel çay bileşeninin kimyasal yapıları (Yi vd. 2015)

Taze çay yaprakları, özellikle kateşinler ve kateşin türevlerini (kateşin gallatlar) kapsayan flavanoller bakımından zengin olup, bu bileşiklerin oranı ve miktarı üretilen çayların tadı ve kalitesi üzerinde etkilidir. Renksiz, suda çözünür bileşikler olan kateşinler çay deminde acılık ve burukluktan sorumludur (Chen vd. 2010). Dört ana kateşin, yani (-)-epigallocatechin-3-gallate (EGCG), (-)-epigallocatechin (EGC), (-)-epicatechin-3-gallate (ECG) ve (-)-epicatechin (EC) bileşenleri toplam kateşin fraksiyonunun yaklaşık %90'ını oluşturur (Reygaert 2018; Shi vd. 2021).

Kateşinler esas olarak oolong çay ekstraktlarının acılık ve burukluğundan sorumludur. Kateşinlerin esterleri ve kombinasyonları, oolong çay ekstraktının tadını belirleyen baskın bileşenlerdir. Isıl işlem ile kateşinler epimerizasyona ve cis-trans izomerizasyona uğrar. İzomerizasyon reaksiyonlarının bazıları, flavan-3-ol'un C-2 pozisyonunda meydana gelir. Örneğin, EGCG, EGC, ECG ve EC sırasıyla sırasıyla (-)-gallokateşin gallat (GCG), GC, (-)-kateşin gallat (CG) ve kateşin (C) 'e dönüşebilir. Kateşinlerin esterleri ayrıca monomerik kateşinler ve gallik asit içine hidrolize edilebilir. Buna ek olarak kateşinler oksidasyonla teaflavinler (TF) ve tearubijinlere (TR) dönüşürler. TF ve TR kateşinlerin oksitlenmesinin ürünüdür. Kateşinler ve oksidasyon ürünleri oolong çayının lezzet, renk ve burukluk karakterinden sorumludur (Chen vd. 2010).

Üretim süreci, kimyasal bileşimini değiştirerek çay kalitesini etkilemede çok önemli bir rol oynar. Yapılan bir çalışmada çayın birincil kimyasal bileşenleri üzerinde farklı imalat işlemlerinin etkisini araştırmak için, aynı taze çay yaprağı partisinden altı çeşit geleneksel Çin çayı üretilmiştir. Bu altı çay türü ve taze çay yaprağındaki 22 serbest amino asit, 6 kateşin, 2 alkaloid ve gallik asit (GA) dahil olmak üzere ana kimyasal bileşenlerin dinamik değişimleri analiz edilmiştir. Temel bileşen analizi (PCA), taze çay yapraklarını ve farklı yöntemlerle işlenen altı çay türünün, serbest amino asit miktarının kemometrik analizine dayalı olarak ayırt edilebildiğini göstermiştir. Toplam serbest amino asitlerin ve kateşin içeriğinin, fermentasyon sırasında büyük ölçüde azaldığı, GA içeriğinin önemli ölçüde arttığı belirlenmiştir. Çayın işlenmesi sırasında kateşinlerin epimerizasyonunun ve oksidatif bozunmanın meydana geldiği ve farklı çay türleri arasında kateşin miktarlarının büyük farklılıklar gösterdiği rapor edilmiştir. Kafein içeriğinin ise nispeten sabit, teobromin içeriğinin farklı çayların üretim sürecine göre hafifçe dalgalandığı bildirilmiştir. Sonuç olarak, farklı çayların işlenmesi sırasında birincil karakteristik metabolitlerdeki dinamik değişiklikleri doğrulanmış ve farklı çayların üretim sürecini izlemek için potansiyel biyobelirteçleri olduğunu göstermiştir (Jiang vd. 2019).

Çay çeşitlerinin tat ve lezzetleri üzerinde serbest aminoasitler önemli etkiye sahiptir. Bu anlamda önemli aminoasitler, glutamik asit, asparagin, serin, alanin, lösin ve izolösin'dir. Theanin ise çay ekstraktlarının lezzetini etkileyen en önemli aminoasitlerden biridir ve sadece çayda bulunur. Theanin, çay infüzyonunun tatlılığını artırarak acı ve burukluğu azaltıcı özelliğe sahiptir. Buna ek olarak, γ -aminobütirik asit başka bir önemli lezzet bileşimidir. Oolong çayının işlenmesi sırasında protein indirgenir, çünkü proteinler aminoasitlere hidrolizlenir ve amino asitler de aroma bileşiklerine dönüştürülebilir. Pürin alkaloidleri, ksantin, kafein, teobromin ve teofilin gibi bileşiklerden oluşan sekonder metabolitlerdir. Pürinlerin içeriği, farklı olgunluklara sahip çay yapraklarında farklılık gösterir. Genç çay yapraklarında pürin içeriği yüksek iken, yaşlı ve kart yapraklarda düşüktür (Chen vd. 2010). Yılmaz vd. (2020) yaptıkları bir çalışmada yeşil, siyah, beyaz, oolong ve pu-erh çaylarda ve Türk çayının işleme aşamalarında biyoaktif aminleri, serbest amino asitleri ve triptofan türevlerini araştırmışlardır. Bu çalışmada özellikle kinureninik asit ve GABA tüm çay çeşitlerinde tespit edilmiştir (Yılmaz vd. 2020).

Bilindiği gibi çayın aroması, yani işlenmiş bir siyah çayın, yeşil çayın veya oolong çayın ve bunlardan elde edilen demin aroması taze, işlenmemiş çay filizlerinin deminden renk, aroma ve lezzet olarak çok farklıdır. İşlenmiş çayların kendine has aroması hasattan sonra çay yapraklarının prosesi sırasında oluşur (Chaturvedula ve Prakash 2011).

Oolong çayının kendine has lezzeti ve kalitesi taze çay yaprağının özgün işleme koşullarına bağlı olarak gelişir. Oolong çayının belirgin aromasının oluşumu büyük oranda lipidlerin ve karotenoidlerin ayrışmasına bağlıdır. Bununla birlikte, hidrolize olabilen ve/veya oksitlenebilen diğer bileşikler, oolong çayın özel aromasına da katkıda bulunur. Oolong çayın işlenmesi sırasında kateşinlerin, aminoasitlerin ve şekerlerin oksidasyonu ile bazı önemli lezzet bileşikleri oluşur. Birçok farklı aroma bileşiğinin etkileşimi nedeniyle oolong çayının lezzeti karmaşıktır (Chen vd. 2010). Oolong çay, yeşil çay ve siyah çay arasında bir renge ve tada sahiptir (Dou vd. 2007; Baldermann vd. 2014; Ng vd. 2018). Bu noktada dikkat çeken aşama oolong çayın oksidasyon derecesidir. Yeşil çayın oksidasyon derecesini 0 (sıfır), siyah çayın oksidasyon derecesini de 100 (yüz)

kabul ettiğimizde oolong çaylar genellikle 10-75 arasında bir puana sahip düzeyde okside olmuş çaylardır. Buradan da kolayca anlaşılacağı gibi pek çok farklı oolong çay üretmek mümkündür. Bu durumda 50 puan alacak seviyede okside olmuş oolong çaylara, yani orta karakterdeki yarı okside olmuş tipik çayları oolong çaylar olarak adlandırmamız ve standard oolong çay kabul etmemiz uygun olabilecektir. Ancak pratikte oolong çayları, yeşil çaya daha yakın ve siyah çaya daha yakın oolong çaylar şeklinde de sınıflandırmak mümkün görünmektedir. Tüm bu sebeplerle oolong çaylar farklı aromaya sahiptir ve bu farklı aromalar çay yapraklarının işleme şekline ve oksidasyon seviyesine doğrudan bağlıdır. Örneğin nerolidol, geraniol, yasemin lakton, metil salisilat, izoeugenol, limonen ve indol, siyah çaya daha yakın nitelikteki bir oolong çayda bulunan ana uçucu bileşikler iken yeşil çaya daha yakın bir oolong çayda, linalool, linalol oksit, benzilaldehit, fenilasetaldehit, cis-jasmone, hekzenil hekzanoat, metil salisilat ve indol en önemli uçucu bileşikler olarak bildirilmiştir (Chen vd. 1998). Bu uçucu bileşiklerin oluşumu kapsamlı bir şekilde araştırılmış ve ağırlıklı olarak yüksek yağ asitlerinin alkoller ve aldehit haline dönüşümü, karotenoidin aromatik bileşiklere ayrışması ve daha az ölçüde başka birçok hidroliz ve oksidasyon reaksiyonu içerdiği rapor edilmiştir (Ravichandran ve Parthiban 2000; Chen vd. 2010).

Çay, tat, aroma ve lezzeti dışında fonksiyonel özellikleri nedeni ile de her geçen gün tüketimi artan içeceklerden biridir. İçeriğindeki kafein ve özellikle kateşinler nedeniyle çay, bazı kanser oluşumlarını engelleme, kalp damar rahatsızlıklarını önleme, bağışıklık sistemini güçlendirme, obezite ve diyabeti engelleme, kolesterolü düşürme, vücudu uyarma ve zindelik verme, yaşlanmayı geciktirme gibi sağlığa faydalı pek çok etki göstermektedir (Şahin ve Özdemir 2006). Yapılan araştırmalar sonucunda oolong çayın, antioksidan (Zhu vd. 2002; Islam vd. 2018; Ng vd. 2018; Jiang vd. 2019) antiobezite (He vd. 2009), antikanser (Weerawatanakorn vd. 2015), antidiabet (Chen vd. 2010; Meng vd. 2019) ve kalp hastalığının önlenmesi ve antialerjik etkiler sergilediği rapor edilmiştir (Weerawatanakorn vd. 2015; Ng vd. 2018).

Oolong çayın antiobezite etkilerini belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada, 6 hafta boyunca günde toplam 8 g oolong çayı, fazla kilolu veya obez 102 denneğin diyetine ilave edilmiş ve deneklerin vücut yağ seviyeleri, vücut ağırlığı ve bel ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ağırlıklı olarak obez deneklerin %70'i, vücut ağırlığında 1 kg'dan daha fazla bir düşüş göstermişlerdir; bunlardan %22'si 3 kilogramdan fazla yağ kaybetmiştir. Benzer şekilde, obez deneklerin %64'ü ve aşırı kilolu olanların %66'sı 1 kg'dan fazla vücut ağırlığından kaybetmiştir. Araştırma sonucunda oolong çayın, vücut yağ içeriğini azalttığı ve düzenli tüketimde obeziteyi önleyebileceği bildirilmiştir (He vd. 2009).

Çayda bulunan polifenollerden özellikle kateşinler, güçlü antioksidan özellikleri, antimutajenik ve antikanserojenik etkileriyle dikkat çekmektedir. Yapılan araştırmalarda çayda bulunan kateşinlerden, EGCG, ECG, EGC ve EC bileşiklerinin oldukça önemli antioksidan özellik gösterdiği, ayrıca teaflavin, teaflavin-3-gallat, teaflavin-3'-gallat ve teaflavin-3,3'-digallat bileşenlerinin de özellikle antikanserojen etkiye sahip oldukları bildirilmektedir. Araştırmacılar, farklı çay çeşitlerinin *in vitro* antioksidan fonksiyonel güce sahip olduklarını ve bu gücün çayın toplam fenolik içeriğinden kaynaklandığını rapor etmişlerdir (Hou vd. 2006; Ng vd. 2018). Fenolik bileşenler çay kuru maddesinin yaklaşık %70'ini oluşturmaktadır ve bu oolong çayının etkili antioksidan fonksiyon göstermesinin

sebebi olarak açıklanmıştır. Bununla birlikte, Zhu vd. (2002) yaptıkları bir çalışmada oolong çay infüzyonunun bireysel fraksiyonlarının, 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) temizleme yeteneği olduğu ve DNA oksidasyonuna karşı koruma sağlayabildiği, böylece antioksidan aktivitesinin olduğunu bildirmiştir.

Çay polifenollerinden kateşinlerin oksidasyon ürünü olan teaflavinler, çay infüzyonunun parlaklığından, burukluğundan, renginden ve gücünden sorumludur ve kateşinler gibi güçlü antioksidan aktiviteye sahiptirler (Bhuyan vd. 2013). Fermente edilmemiş yeşil çay çoğunlukla kateşinleri içerirken, siyah çay, daha çok bunların oksidasyon ürünleri olan TF'ler ve TR'leri içerir. Oolong çay ise oksidasyon derecesine göre kateşinler, TF'ler ve TR'lerin bir karışımını içerir. Tüm bunlar dikkate alındığında beklendiği gibi farklı çay çeşitlerinin antioksidan özellikleri de farklı olacaktır. Bazı araştırmacılar, farklı çayların antioksidan özelliklerini şöyle sıralamıştır: yeşil çay>oolong çayı>siyah çay>pu-erh çay (Karori vd. 2007). Bu nedenle, hafif fermente edilmiş oolong çaylarının antioksidan kapasitelerinin yeşil çaya eşit veya ona yakın olması beklenir. Buna karşılık, uzun süre fermente edilmiş oolong çaylarının antioksidan aktivitesinin siyah çaya yakın olması beklenmektedir (Salman vd. 2022).

Çay polifenollerinin biyolojik aktiviteler ve kanser önleyici etkileri, çeşitli hayvan modellerinde yoğun olarak araştırılmıştır. Enflamasyonun, oksidatif stres oluşturarak ve hücre büyümesini hızlandırarak karaciğer, mesane ve gastrik kanserler dahil olmak üzere birden çok kanser türünün başlamasında ve/veya progresyonunda önemli bir rol oynadığı bilinmektedir. Birçok çalışma, oolong çayının anti kanser etki gösterdiği ve bu etkinin çoğunlukla kateşinlere dayandığını bildirmiştir. Bununla birlikte, bazı araştırmacılar, theasinensinlerin antikanser etkilerini değerlendirmek için çalışmalar gerçekleştirmiştir ve sonuç olarak oolong çayın antikanser aktivitesi, antioksidan ve anti-inflamatuar etkilerinden kaynaklandığı bildirilmiştir (Weerawatanakorn vd. 2015).

Oolong çayda bulunan polisakkaritlerin iyi bir hipoglisemik etkiye sahip olduğu rapor edilmiştir. Diyabet riskini azaltmak ve şeker hastalığını kontrol altına almak için, oolong çay tüketimini değerlendiren hem hayvan deneyleri hem de klinik çalışmalar yapılmıştır (Ng vd. 2018).

Diabetes mellitus (şeker hastalığı), glikoz homeostazının yanlış dengelenmesinden kaynaklanan önemli bir kronik hastalıktır (Rossetti vd. 1990). İnsüline bağımlı diabetes mellitus (tip 1) ve insüline bağımlı olmayan diabetes mellitus (tip 2) olmak üzere iki tip diabetes mellitus bilinmektedir. Tip 1 diyabet, insülin uygulamasıyla etkili bir şekilde kontrol edilebilirken, diabetik popülasyonun %90'dan fazlasını oluşturan insüline bağımlı olmayan yapısı nedeniyle, tip 2 diyabet için etkili bir tedavi bulmak zordur (Apostolidis ve Lee 2010). Diyabet yönetiminde karşılaşılan temel zorluk, birkaç büyük dalgalanma ile kan şekeri seviyelerini mümkün olduğunca normale yakın tutmaktır (Bischoff 1994; Kwon vd. 2008).

Nişasta gibi diyet karbonhidratların hidrolizi kandaki ana glikoz kaynağıdır. Bu hidroliz, pankreatik alfa-amilaz ve intestinal alfa-glukozidazları içeren bir grup hidrolitik enzim tarafından gerçekleştirilir (Apostolidis ve Lee 2010). Alfa-amilaz ve alfa-glukozidaz, sırasıyla nişasta parçalanması ve bağırsak glukoz emiliminde yer alan anahtar enzimlerdir. Bu enzimlerin inhibisyonu, karbonhidratların kan dolaşımına geçişini yavaşlatabilir ve karışık bir karbonhidrat diyetinden sonra kan glukoz seviyesinin yemek

sonrası artışını önemli ölçüde azaltabilir ve bu nedenle tip 2 diabetesin yönetiminde önemli bir strateji olabilir (Puls vd. 1977; Kwon vd. 2008). Halihazırda kullanılan alfa-glukozidazlar ve akarboz gibi alfa-amilaz inhibitörlerini kullanmanın ana dezavantajı, abdominal distansiyon, şişkinlik ve ishal gibi yan etkilerin varlığıdır. Bu tür olumsuz etkilerin, kolonda sindirilmemiş karbonhidratların anormal bakteriyel fermantasyonu ile sonuçlanan pankreatik α -amilazın aşırı inhibisyonundan kaynaklanabileceği öne sürülmüştür (Bishoff 1985; Kwon vd. 2008). Bitki bazlı gıdaları ve ürünlerini tüketerek tip 2 diabetesin yönetimi, yüksek uyum olasılığı ve yan etkilerin olmaması nedeniyle daha etkili bir strateji olabildiği, ek olarak, çayın profilindeki birçok biyoaktif bileşen, bu önemli kronik hastalığın oksidatif bağlantılı komplikasyonlarına karşı potansiyel engeller olabildiği bildirilmiştir (Kwon vd. 2008).

Diabetesin yönetimindeki ana zorluk kan glukoz seviyelerini mümkün olduğunca normale yakın tutmaktır. Alfa-amilaz ve alfa-glukozidaz, sırasıyla nişasta parçalanması ve bağırsak glikoz emilimi ile ilgili anahtar enzimlerdir. Bu enzimlerin inhibisyonu, karbonhidratların kan dolaşımına geçişini yavaşlatabilir, karbonhidrat tüketiminden sonra kan şekeri seviyesindeki artışı önemli ölçüde azaltabilir ve bu nedenle tip 2 diabetesin yönetiminde önemli bir strateji olabilmektedir (Kwon vd. 2008).

Polifenollerin nişasta sindirimini azaltma üzerindeki etkisini açıklamak için iki olası mekanizma vardır:

1. Polifenoller nişasta ile etkileşerek enzim için bağlanma bölgelerinin sayısını azaltır.
2. Polifenoller nişasta sindirimi için enzimlerin aktivitesini inhibe eder.

Araştırmalar, çay polifenollerinin hem amilaz hem de glukozidazın aktivitesini önemli ölçüde engellediğini, dahası çay polifenollerinin, tip 2 diabetesi önlemek ve kontrol etmek için potansiyel ilaçlar olarak kabul edildiği bildirilmiştir (Tong vd. 2019).

Bu tez çalışmasında, üç sürgün döneminde hasat edilen yaş çay yaprakları yeşil, siyah ve 4 farklı seviyede fermente edilmiş oolong çaya işlenmiştir. Oolong çayın üretim süreci ülkelere göre değişim göstermekte ve hatta aynı ülkenin farklı bölgelerinde bile farklı üretim şekilleri görülmektedir. Bu durum dikkate alınarak tez kapsamında ülkemiz koşullarına uygun, etkin, pratik, kolay uygulanabilir bir işlem akış şeması oluşturulmuş ve özgün oolong çay üretimleri gerçekleştirilmiştir. Üretilen çayların kalite özelliklerinin belirlenmesi amacı ile fenolik ve alkaloid madde bileşenleri, antioksidan aktiviteleri, klorofil miktarları, renk tayinleri, uçucu aroma bileşenleri ve duyu analizi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca üretilen yeşil, 4 farklı oksidasyon derecesinde üretilen oolong çaylar, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin α -amilaz ve α -glukozidaz inhibisyon miktarları tespit edilmiş ve antidiabetik potansiyelleri belirlenmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

(+)-Kateşin (C), (-)-epikateşin (EC), (-)-gallokateşin (GC), (-)-epigallokateşin (EGC), (-)-kateşin gallat (CG), (-)- galloocatechin gallate (GCG), (-)-epicatechin gallate (ECG) ve (-)-epigallocatechin gallate (EGCG), theaflavin 3,3'-digallate, theaflavin, Trolox, gallik asit, kafeik asit, o-kumarik asit, ferulik asit ve sirinjik asit standartları Sigma-Aldrich GmbH'den (St. Louis, ABD) satın alınmıştır. Folin–Ciocalteu fenol reaktifi, 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH), ABTS [2,2'-Azino-bis (3- etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit) diamonyum tuzu] ve diğer analitik saflıktaki kimyasallar Sigma-Aldrich GmbH'den (St. Louis, ABD), Inertsil ODS 3 kolonu (250 x 4.6 mm, 5 µm), GL Sciences Inc., Tokyo, Japonya'dan temin edilmiştir. Antidiabetik aktivite analizlerinde kullanılan α -amilaz (A3176), α -glukozidaz (G5003) ve akarboz (A8980) Sigma-Aldrich GmbH'den (St. Louis, ABD), aroma analizlerinde kullanılan kolon, Rxi5-MS (30m, 0.25 mmID, 0.25 µm) Restek, Shimadzu, Japonya'dan fiber ise (50/30 µm DVB/CAR/PDMS) Supelco, ABD'den temin edilmiştir.

3.2. Metot

3.2.1. Çayların üretimi

Araştırmanın üretim denemelerinde kullanılan taze yaş çay filizleri, ÇAYKUR'a bağlı Atatürk Çay ve Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsünün Rize'deki (41° 1.257' N, 40° 30.712' E, deniz seviyesinden yaklaşık 108 m yükseklikte, yaklaşık 2300 mm yıllık yağış) araştırma ve uygulama bahçesinde bulunan Ali Rıza Erten klonundan 2.5-3.5 yaprak olacak şekilde hasat edilmiştir. 3 sürgün döneminde (Mayıs-Temmuz-Ağustos) her üretim için 4-5 kg hasat edilen taze çay filizleri bekletilmeksizin pilot ölçekli tesiste işlenmiştir.

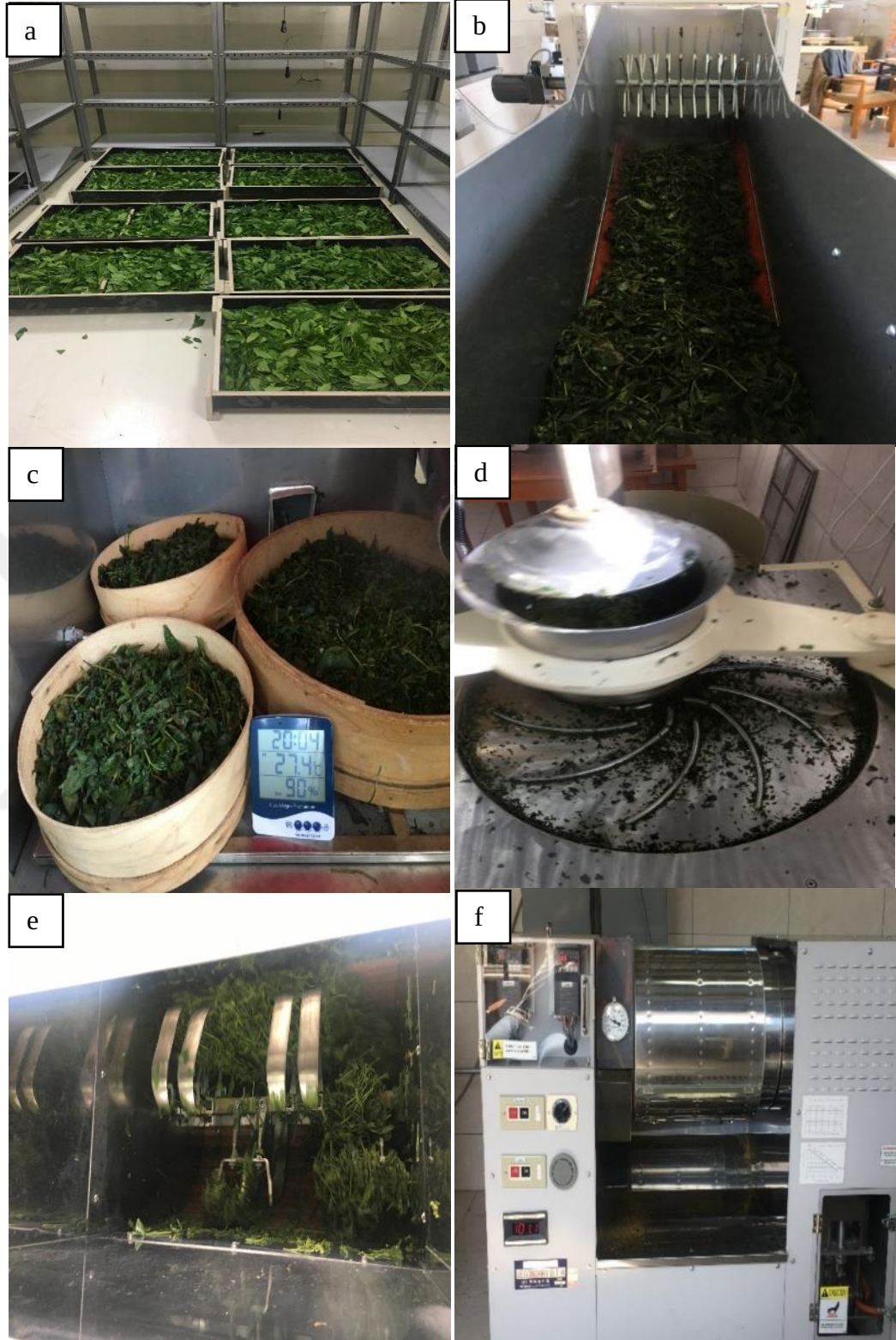
Temelde soldurma, kıvrırma, fermentasyon (oksidasyon), enzim inaktivasyonu, kurutma ve paketleme aşamaları ile her ülkede ve hatta bölgede farklı uygulamalar ile üretilen oolong çay bu teze özgün yöntemlerle üretilmiştir. Gerçekleştirilen ön denemeler sonucunda en verimli ve uygun oolong çay üretim prosesinin soldurma, ortodoks kıvrırma, fermentasyon, enzim inaktivasyonu amaçlı ısıtma işlemi, ortodoks kıvrırma ve son kurutma olacak şekilde yapılmasının uygun olacağı kararlaştırılmıştır. Soldurma işlemi, 32 °C sıcaklıkta kapalı ortamda 18-20 saat sürede gerçekleştirilmiştir. İşlem sonucunda çayların nem içeriği %60-65 düzeyine düşmüştür. Soldurulan çaylar 15 dakika süre ile 32 d/dk hızda ortodoks kıvrırma makinesinde kıvrılmıştır. Kıvrırma işlemi tamamlanan çaylar fermentasyon (oksidasyon) haznesinde 28°C 'de %96 nispi nemde fermentasyon sepetlerinde oksidasyona bırakılmıştır. Tez kapsamında üretilen oolong çaylardaki farklılıklar bu aşamada gerçekleşmiştir ve 4 farklı oksidasyon seviyesi belirlenmiştir. Üretilen oolong çayların oksidasyon süreleri sırasıyla 0, 10, 30 ve 60 dakika olarak gerçekleştirilmiş (Burada oksidasyon süresi kıvrırma işleminden sonra fermentasyon odasında geçen süreyi belirtmektedir. Bilindiği gibi kıvrırma işleminde yaprağın ezilip parçalanması ile oksidasyon başlamaktadır. Oksidasyon süresi 0 (sıfır) olan çaylar aslında en az kıvrırma süresi kadar oksidasyona tabi tutulmuştur) ve bu çaylar sırasıyla Oolong 1, Oolong 2, Oolong 3 ve Oolong 4 olarak isimlendirilmiştir. İşlem sonrasında

çayların oksidasyonunu durdurmak için ısıl işlem uygulaması ile enzim inaktivasyonu gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla çaylara 115-120 °C’de 100 saniye süre ile 4.5-5 bar basınçlı buhar uygulaması yapılmıştır. Isıl işlemi takiben soğumaya bırakılan çaylara şekil vermek amacıyla 30 dakika boyunca 32 d/dk kıvrırma işlemi uygulanmıştır. Kıvrılan çaylar son kurutma ünitesinde 90-100 °C sıcak hava uygulamasıyla nem içeriği %3-7 olacak şekilde kurutulmuş ve soğutulmuş, ardından kilitli alüminyum torbalara konularak analiz edilinceye oda sıcaklığında karanlıkta muhafaza edilmiştir. Yeşil çay ve siyah çay uygulamaları da Şekil 3.3’deki gibi yapılmış, tüm hasat ve üretimler üç sürgün döneminin ortasına denk gelen zamanlarda iki tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.

Böylece araştırmada üç sürgün döneminde, 6 farklı çay (1 yeşil çay, 1 siyah çay ve 4 farklı oolong çay) 2 tekerrürlü olmak üzere toplam 36 (3x6x2) üretim gerçekleştirilmiştir. Bu örneklerin yanı sıra tez kapsamında 3 sürgün döneminde yaş çay yaprağı da hasat edilip, bozulmayı önlemek amaçlı gölgede kurutulmuş ve analizlere dahil edilerek üretim ile olan değişimlerin izlenmesi amaçlanmıştır. Her bir üretim için 4-5 kg yaş çay filizi kullanılmış ve her üretimden ortalama 800-1100g kuru çay elde edilmiştir. Ayrıca üretilen oolong çayları karşılaştırma amacı Almanya’da bir marketten 1 kg Formosa (Tayvan menşeli) oolong çay satın alınarak analizlerde kontrol örneği olarak kullanılmıştır.

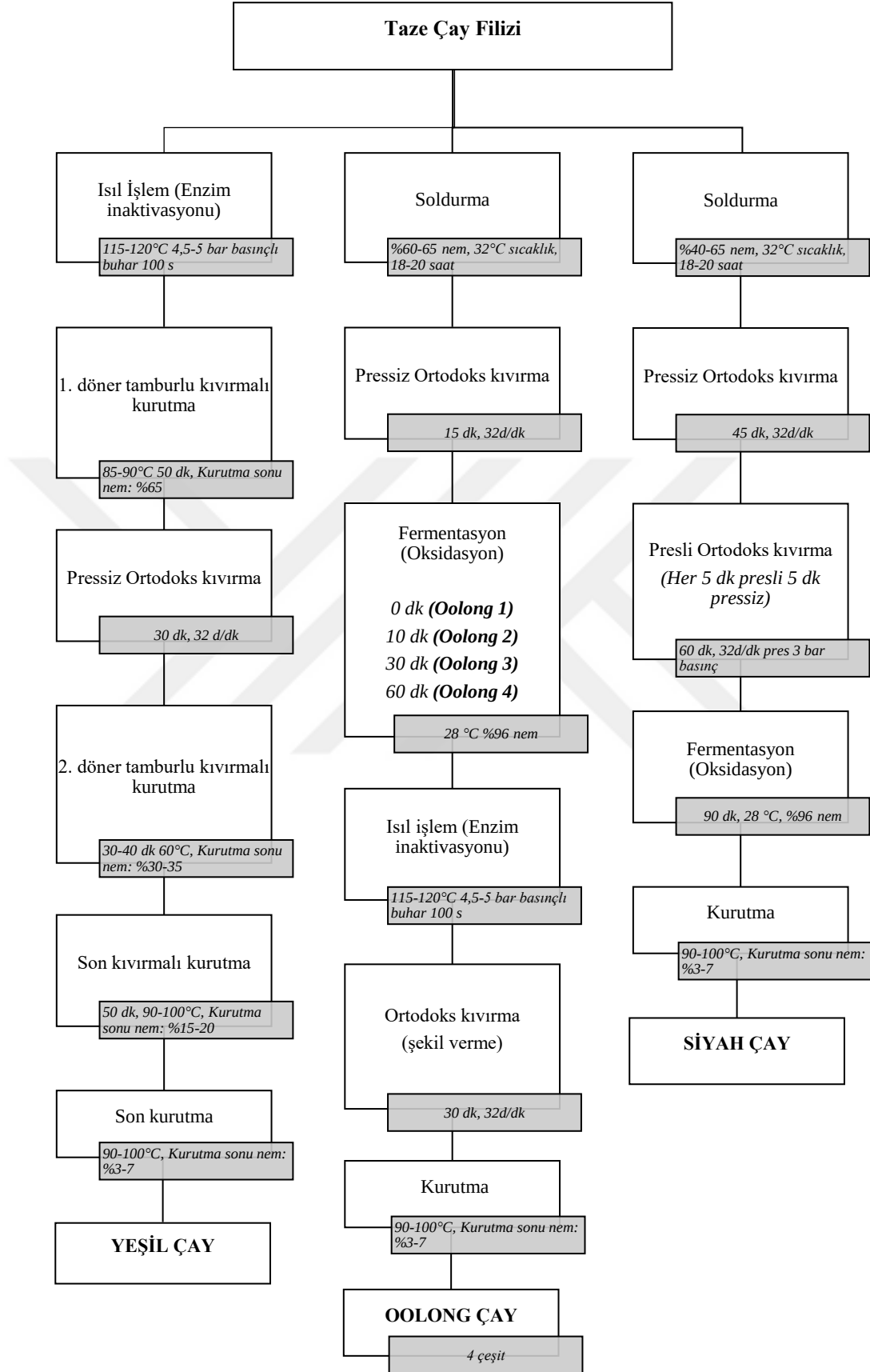


Şekil 3.1. Çay hasadı





Şekil 3.2. Çayların üretim aşamaları ve muhafazası; **a)** soldurma; **b)** enzim inaktivasyonu; **c)** fermentasyon; **d)** ortodoks kıvrırma; **e)** 1. döner tamburlu kıvrırma; **f)** 2. döner tamburlu kıvrırma; **g)** son kıvrırmalı kurutma; **h)** son kurutma; **ı)** paketleme; **i)** Formosa oolong (kontrol örneği)



Şekil 3.3. Üretim akış şeması

3.2.2. Nem miktarı ve su aktivitesi

Tez kapsamında çay örneklerinin nem miktarı analizleri gravimetrik ve infrared (kızılötesi) yöntemle gerçekleştirilmiştir. Gravimetrik yöntem için, 2 ± 0.005 çay örneği sabit tartımda darası kaydedilmiş petriye aktarılmış ve $70\pm2^\circ\text{C}$ etüvde sabit tartıma gelene kadar kurutulmuştur. Kuruma sonrası hassas terazide tartılmış ve kalan ağırlığın yüzde kuru madde olarak hesaplanması ile nem miktarı belirlenmiştir. Infrared nem ölçüm yöntemi ise üretim sırasında hızlı sonuç gerektiren soldurma, kurutma gibi işlemler sırasında kullanılmıştır. Ölçümler infrared nem ölçüm cihazı (Kern DBS 60-3, Balingen, Almanya) ile gerçekleştirilmiştir.

Örneklerin su aktivitesi (a_w) değeri 25°C 'de yaklaşık 2 g örnek ile su aktivitesi ölçme cihazı (AquaLab 4TE, ABD) kullanılarak belirlenmiştir.

3.2.3. Ekstraksiyon

Üç sürgün döneminde üretilen 4 farklı oolong, siyah ve yeşil çaylarla birlikte bu çayların hammaddesi olan yaş çay filizleri ve kontrol örneği (Formosa oolong) kaba liflerinden ayrılarak öğütülmüş ve $1400\ \mu\text{m}$ paslanmaz çelik elekten geçirilerek analize hazır hale getirilmiştir. Çay örnekleri 1 ± 0.005 g tartılarak 100 mL %50 metanol çözeltisi ile çalkalamalı su banyosunda (GFL 1092, GFL Gesellschaft Labortechnik, Burgwedel, Almanya) 150 rpm devirde, 2 saat ekstrakte edilmiştir (Perva-Uzunalić vd. 2006). Elde edilen ekstrakt toplam fenolik madde miktarı, toplam flavonoid madde miktarı, toplam antioksidan aktivite, polifenolik madde kompozisyonu ve kafein miktarı ile fenolik asit miktarının belirlenmesinde kullanılmıştır.

3.2.4. Toplam fenolik madde miktarının belirlenmesi

Tez kapsamında üretilen çay örneklerinin toplam fenolik madde miktarı analizi Folin Cioceltau yöntemi ile spektrofotometrik olarak gerçekleştirilmiştir (Şkerget vd. 2005). Çay ekstraktları 20 kat seyreltilmiş ve seyreltilmiş örneklerden 0.5 mL alınarak tüplere aktarılmıştır. Üzerine sırasıyla, 0.2 N Folin Cioceltau çözeltisinden 2.5 mL ve ortamın uygun pH değerine ulaşabilmesi için Na_2CO_3 çözeltisinden (%7.5) 2 mL ilave edilip girdap karıştırıcıda karıştırılmıştır. Ardından 50°C su banyosunda 5 dk bekletilmiştir. Bu süre sonunda deney tüpleri oda sıcaklığında soğutulmuştur. Analiz sonucunda örneklerin absorbansı aynı şartlarda ekstrakt yerine saf su ile hazırlanmış köre karşı spektrofotometrede (Shimadzu UV-vis 160A, Tokyo, Japonya) 760 nm dalga boyunda belirlenmiştir. Örnekler yerine farklı konsantrasyonlarda gallik asit çözeltileri kullanılarak eğri oluşturulmuştur (Ek-1). Toplam fenolik madde miktarı deney sonucunda elde edilen absorbans değerleri ile oluşturulan eğri yardımıyla gram gallik asit eşdeğeri olarak (GAE)/100 g kuru örnek ağırlığı cinsinden hesaplanmıştır.

3.2.5. Toplam flavonoid madde miktarının belirlenmesi

Çay örneklerinin toplam flavonoid madde miktarı Dincer vd. (2012) tarafından kullanılan yöntemle göre belirlenmiştir. Elde edilen ekstraktlar 5 kat seyreltilmiş ve bu örnekten 0.5 mL cam tüpe alınarak üzerine öncelikle 2.5 mL saf su ve 150 μL %5'lik NaNO_2 çözeltisi ilave edilerek karıştırılmış ve 5 dakika bekletilmiştir. Daha sonra 300

$\mu\text{L } \%10$ 'luk AlCl_3 çözeltisi eklenmiş ve karıştırılıp 5 dakika bekletilmiştir. Bu süre sonunda 1 mL 1M NaOH çözeltisi ve 550 μL saf su ilave edilerek tekrar karıştırılmış ve 5 dakika sonra örneklerin absorbansı spektrofotometrede 510 nm dalga boyunda ekstrakt yerine ekstraksiyon çözeltisi ile hazırlanan köre karşı kaydedilmiştir. Kateşin hidrat ile hazırlanan eğri (Ek-1) yardımıyla elde edilen absorbans değerleri mg kateşin eşdeğeri (KE) / g kuru örnek ağırlığı cinsinden belirlenmiştir.

3.2.6. Toplam antioksidan aktivitenin belirlenmesi

Toplam antioksidan aktivite tayini Radikal süpürücü aktivite (DPPH) ve Troloks eşdeğer antioksidan kapasite (ABTS) yöntemi olmak üzere iki farklı yöntem ile belirlenmiştir.

Radikal süpürücü aktivite (DPPH) Fernández-León vd. (2013)'e göre gerçekleştirilmiştir. Elde edilen çay ekstraktları deney için 50 kat seyreltilmiş ve cam deney tüplerine aktarılmıştır. Üzerine metanolde 60 μM olacak şekilde taze hazırlanmış 950 μL DPPH çözeltisi ilave edilerek vorteks ile karıştırılmıştır. Bu işlemin ardından DPPH radikalinin absorbansı saf metanole karşı 515 nm dalga boyunda kaydedilmiştir. Daha sonra tüm örneklerle birlikte oda sıcaklığında karanlık bir alanda 30 dakika bekletilmiştir. Süre sonunda da absorbans ölçümü yapılmış ve DPPH çözeltisine göre absorbans farkları hesaplanmıştır. Yanı sıra farklı konsantrasyonlarda troloks çözeltileri de hazırlanarak örnek yerine bu çözeltilerin kullanması ile eğri oluşturulmuştur. Örneklerin DPPH radikal süpürücü aktivitesi bu absorbans farkları kullanılarak, elde edilen eğri yardımıyla g troloks eşdeğeri antioksidan aktivite (TEAA)/100 g kuru örnek ağırlığı cinsinden hesaplanmıştır.

ABTS yöntemi ile troloks eşdeğer antioksidan kapasite analizi Re vd. (1999)'e göre belirlenmiştir. Deneye başlamadan önce 7 mM ABTS (2,2'-Azino-bis 3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) ve 2.45 mM potasyumbisülfat ayrı ayrı hazırlanıp 1:0.5 oranda karıştırılarak karanlık ortamda 12-16 saat bekletilmiştir. Süre sonunda çözeltinin 734 nm dalga boyundaki absorbansı 0.700 ± 0.02 'ye etanol ile seyreltilerek ayarlanmıştır. Çay örnekleri 15 kat seyreltilmiş ve bu seyreltilmiş örneklerden 10 μL alınmış ve üzerine 1 mL ABTS^+ ilave edilerek örneklerle karışması sağlanmıştır. Reaksiyonun gerçekleşmesi için örnekler 6 dakika karanlıkta bekletilmiş, ardından spektrofotometrede 734 nm dalga boyunda absorbansı ölçülmüştür. Elde edilen absorbans değerlerinden % inhibisyon değerleri Eşitlik 3.1'de verilen denkleme göre hesaplanmıştır.

$$(\text{inhibisyon } A_{734}(\%) = (1 - A_c/A_o) \times 100) \quad (3.1)$$

Trolox standart eğri denklemine (Ek-1) göre hesaplanan sonuçlar mM trolox eşdeğerliği (TEAC)/g kuru örnek ağırlığı cinsinden ifade edilmiştir (A_c =örnek absorbansı, A_o =kontrol absorbansı).

3.2.7. Polifenolik madde kompozisyonu ve kafein miktarının belirlenmesi

Çay örneklerinin kateşin kompozisyonu ve kafein miktarı HPLC (Shimadzu-UV 160A, Tokyo, Japonya) kullanılarak belirlenmiştir. Çay ekstraktları 20 kat seyreltilmiş ve seyreltilmiş örnekler 0.45 μm 'lik membran filtreden süzülerek HPLC

(Shimadzu, Japonya) sistemine enjekte edilmiş ve analiz Wang vd. (2003) tarafından uygulanan metot kısmen modifiye edilerek Çizelge 3.1’de belirtilen şartlarda gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.1. Kateşin, gallik asit ve kafein analizi HPLC şartları

Kolon	Inertsil 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

DGU-20A5 degaz ünitesi, LC-20AD pompa ünitesi, SIL-20AD otomatik örnekleyici, CTO-20AC kolon fırını ve SPD-20M20A diode array dedektörden oluşan HPLC sistemi kullanılmıştır. 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 ayarlanmış olup, 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.

Bileşenlerin tanımlanması için dış standart yöntemi uygulanmış ve bu amaçla gallokateşin (GC), kateşin (C), epigallokateşin (EGC), epigallokateşingallat (EGCG), epikateşin (EC), gallokateşingallat (GCG), kateşingallat (CG), epikateşin gallat (ECG), gallik asit (GA), teaflavin (TF), teaflavin 3,3’-digallat (TF3,3’DG), ve kafein (K) standartları kullanılmıştır. Tanımlama standard pikinin alıkonma zamanları, UV spektrumları ve benzerlik indeksleri dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Yanısıra örneklere standart çözeltiler ilave edilerek pik alanlarındaki değişimlerin incelenmesi ile doğrulanmıştır. Örneklerdeki kateşinler, gallik asit, kafein ve teaflavin miktarları, örneklerle aynı koşullarda cihaza enjekte edilen 6 farklı konsantrasyonda hazırlanan standart çözeltileri ile oluşturulan eğri yardımıyla hesaplanmıştır (Ek-1). Gerçekleştirilen analize ait örnek kromatogram Ek-2’de verilmiştir.

3.2.8. Fenolik asit miktarının belirlenmesi

Çay örneklerinin fenolik asit içerikleri Öztürk vd. (2007) tarafından belirlenen metoda göre HPLC sistemi ile gerçekleştirilmiştir. 3 sürgün döneminde üretilen oolong, siyah, yeşil çaylarla birlikte bu çayların hammaddesi olan yaş çay filizleri ve kontrol örneği (formosa oolong) ekstraktları 10 kat seyreltilmiş ve seyreltilmiş örnekler 0.45 µm gözenek boyutuna sahip şırınga ucu membran filtreden süzülerek HPLC (Shimadzu, Tokyo, Japonya) sistemine enjekte edilmiştir. Analiz Çizelge 3.2’de belirtilen şartlarda gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.2. Fenolik asit analizi HPLC şartları

Kolon	Inertsil ODS 3
Kolon sıcaklığı	40°C
Hareketli faz	A: metanol: su: formik asit (10 : 88 : 2 v/v); B: metanol: su: formik asit (90 : 8 : 2 v/v))
Akış hızı	1 mL/dk
Dedektör	Diode Array, 280 nm
Enjeksiyon miktarı	10 µL

HPLC sistemi DGU-20A5 degaz ünitesi, LC-20AD pompa ünitesi, SIL-20AD otomatik örnekleyici, CTO-20AC kolon fırını ve SPD-20M20A diode array dedektörden oluşmaktadır. Ayırım Inertsil ODS 3 (250×4.6 mm, 5µm) (GL Sciences, Tokyo, Japonya) kolonda gerçekleştirilmiştir. Mobil faz A olarak %10 metanol, %2 formik asit içeren su, mobil faz B olarak ise %8 su, %2 formik asit içeren metanol kullanılmıştır. Akış hızı 1 mL/dk olarak ayarlanıp, enjeksiyon hacmi 10µL olarak belirlenmiştir. Akış programı 0-15 dk %0 B, 15-20 dk %15 B, 20-30 dk %50 B, 30-35 dk %100 B ve 36-42 dk %0 B şeklinde uygulanmıştır. Dedeksiyon işlemi 280 nm dalga boyunda gerçekleştirilmiştir.

Tanımlama işlemi için dış standard yöntemi uygulanmış ve bu amaçla kafeik asit (CafA), o-kumarik asit (O-cum), ferulik asit (FerA), sirinjik asit (SA), p-kumarik asit ve klorojenik asit standartları kullanılmıştır. Bileşenlerin tanımlanması standart pikinin alıkonma zamanları, UV spektrumları ve benzerlik indeksleri dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca örneklere standart çözeltiler ilave edilerek pik alanlarındaki değişimlerin incelenmesi ile doğrulanmıştır. Örneklerdeki fenolik asit miktarları, örneklerle aynı koşullarda cihaza enjekte edilen 6 farklı konsantrasyondaki standart çözeltileri ile oluşturulan eğri yardımıyla hesaplanmıştır (Ek-1). Gerçekleştirilen analize ait örnek kromatogram Ek-3'de verilmiştir.

3.2.9. Klorofil miktarının belirlenmesi

Örneklerin klorofil miktarı Donloa ve Owago (2019)'a göre kolorimetrik yöntemle gerçekleştirilmiştir. 3 sürgün döneminde üretilen oolong, siyah, yeşil çaylarla birlikte işlenmemiş çay filizleri (yaş yaprak) ve kontrol örneği (formosa oolong) 500 µm'lik elekten geçirilmiş ve 0.1 gram çay 25 mL % 80 (v/v) aseton ile girdap karıştırıcı ile 5 dakika karıştırılmıştır. Örnek daha sonra filtre kağıdından (MN 640 W, Ø110 mm, Macherey–Nagel) süzölmüş ve klorofil miktarı, spektrofotometre kullanılarak 663 nm (klorofil a) ve 645 nm'de (klorofil b) kaydedilen absorbanslar üzerinden Eşitlik 3.2, Eşitlik 3.3 ve Eşitlik 3.4'e göre hesaplanmıştır:

$$\text{Klorofil a miktarı (mg / L)} = 12.7 A_{663} - 2.95 A_{645}, \quad (3.2)$$

$$\text{Klorofil b miktarı (mg / L)} = 22.9 A_{645} - 4.67 A_{663}, \quad (3.3)$$

$$\text{Toplam klorofil miktarı} = \text{Klorofil a miktarı} + \text{Klorofil b miktarı} \quad (3.4)$$

Formülde belirtilen A_{663} ve A_{645} , sırasıyla 663 ve 645 nm'de numunenin absorbansıdır ve sonuçlar verilen formül üzerinden (mg / L) olarak hesaplanmıştır.

3.2.10. Renk analizi

3 sürgün döneminde üretilen oolong, siyah, yeşil çaylarla birlikte işlenmemiş çay filizleri (yaş yaprak) ve kontrol örneği (formosa oolong) renk değerlerinin belirlenmesi için kaba partiküllerinden ayrılarak öğütülmüş ve 1400 µm'lik elekten geçirilmiştir. Ardından 3 gram çay örneği 125 mL 90°C'ye ısıtılmış saf su ile çalkalamalı su banyosunda 130 rpm'de 90°C'de 10 dakika ekstrakte edilmiştir. Ekstraktlar kaba filtre kağıdından süzölmüş ve ölçüme hazır hale gelmiştir. İçim sıcaklığında (yaklaşık 60°C) UltraScan-VIS Hunterlab (Japonya) renk ölçüm cihazı kullanılarak örneklerin L (koyuluk-açıklık), a* (yeşillik-kırmızılık), b* (mavilik-sarılık) parametreleri ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ölçülen bu değerlerden ton açısı (Hue angle) ve doygunluk (Chroma) değerleri sırasıyla Eşitlik 3.5 ve Eşitlik 3.6'ya göre hesaplanmıştır.

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

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

3.2.11. Teaflavin (TF), Tearubijin (TR), toplam renk ve % parlaklık analizi

Çay örneklerinin TF, TR, toplam renk ve % parlaklık değerleri Gürses ve Artık (1987)'e göre belirlenmiştir. Bu amaçla çay örnekleri öğütölmüş ve 1400 µm'lik elekten geçirilmiştir. Ardından 3 gram çay örneği 125 mL sıcak saf su ile çalkalamalı su banyosunda (130 rpm) 90°C'de 10 dakika ekstrakte edilmiştir. Ekstrakt kaba filtre kağıdından süzölerek oda sıcaklığında soğumaya bırakılmıştır. Daha sonra demden 10 mL alınarak üzerine 10 mL %1'lik anhidrodisodyumhidrojenfosfat eklenip karıştırılmış, karışım 10 mL etil asetat ile ekstrakte edilmiş ve ardından etil asetat tabakasından 2 mL alınıp metil alkol ile 25 mL'ye seyreltilmiştir (E1). Diğer taraftan 1 mL çay demine 9 mL saf su ilave edilip metil alkol ile 25 mL'ye tamamlanmıştır (E2). Ayrıca 1 mL %10' luk okzalik asit çözeltisine 1 mL çay demi ve 8 mL saf su ilave edilip metil alkol ile 25 mL'ye seyreltilmiştir (E3). Elde edilen ekstraktlar spektrofotometrede 380 nm ve 460 nm' de okutulmuştur. Bu değerler Eşitlik 3.7, 3.8, 3.9 ve 3.10'da verilen formüller kullanılarak TF, TR, toplam renk ve % parlaklık değerleri hesaplanmıştır.

- 380 nm'deki absorbans değeri kullanılarak,

$$\text{TF}(\%) = 2.25 \times 2E1 \quad (3.7)$$

$$\text{TR}(\%) = 7.06 \times (4E3 - 2E1) \quad (3.8)$$

- 460 nm'deki absorbans değeri kullanılarak,

$$\text{Toplam Renk} = 6.25 \times 4E2 \quad (3.9)$$

$$\text{Parlaklık}(\%) = 2E1 / E2 \times 100 \quad (3.10)$$

3.2.12. Uçucu bileşenlerin analizi

3 sürgün döneminde üretilen oolong, siyah, yeşil çaylarla birlikte işlenmemiş çay yaprak ve kontrol örneği (formosa oolong) kaba liflerinden ayrılarak öğütülmüş ve 1400 µm paslanmaz çelik elekten geçirilerek analize hazır hale getirilmiştir.

Yapılan ön denemeler sonucunda çayların uçucu bileşen analizleri Wang vd. (2016)'ya göre GC-MS (QP2010-Ultra, Shimadzu, Japonya) ile katı faz mikroekstraksiyon (SPME) yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla 0.2 g öğütülmüş çay örneği 20 mL hacimli cam vialle aktarılıp üzerine 5 mL saf su ilave edilerek 40 ° C'de 60 dakika ekstraksiyon işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra 20 dakika süre ile uçucu bileşenlerin fibere (50/30 µm DVB/CAR/PDMS Supelco, ABD) adaptasyonu sağlanmıştır. Ekstraksiyon sonunda fiber uçucu bileşenlerin desorpsiyonu için enjeksiyon bloğunda 3 dk bekletilmiştir. Bileşenler GC-MS ile analiz edilmiştir. GC-MS koşulları Çizelge 3.3'de verilmiştir:

Çizelge 3.3. Uçucu bileşen analizi GC-MS şartları

Kolon	Rxi5-MS (30m, 0.25 mm ID, 0.25 µm)
Fırın sıcaklık programı	50 °C (5dk 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
Ara yüzey sıcaklığı	250°C
İyon kaynağı sıcaklığı	200°C
Kütle aralığı	30-500 m/z
Tarama hızı	769 tarama/s
Analiz süresi	62.66 dk

GC-MS ile uçucu bileşenlerin tanımlanması kütle spektrumlarının cihaz yazılımında bulunan Wiley 7 ve NIST 02 kütüphaneleri benzetilmesi ve alıkonma sürelerinin (RT) literatür verileri karşılaştırılması ile gerçekleştirilmiştir. Belirlenen uçucu bileşenlerin alıkonma indeksleri aynı metotla yürütülen alkan standardının alıkonma zamanları kullanılarak cihaz yazılımı (GCMSSolution 4.20) ile hesaplanmıştır. Analize ait örnek kromatogram Ek-4'de verilmiştir. Tanımlamalar gerçekleştirildikten sonra veriler temel bileşen analizi (Principal Component Analysis, PCA) ve hiyerarşik kümeleme analizi (hierarchical cluster analysis, HCA) istatistiksel analizleri XLSTAT 2021 yazılımı (Addinsoft, New York, USA) ile değerlendirilmiştir.

3.2.13. Antidiabetik özelliklerin belirlenmesi

3 sürgün döneminde üretilen çayların antidiabetik potansiyelleri alfa-amilaz inhibisyon yöntemi ve alfa- glukozidaz inhibisyon yöntemi ile belirlenmiştir. Bu amaçla 3 sürgün döneminde üretilen oolong, siyah, yeşil çaylar ile işlenmemiş çay filizleri ve kontrol örneği (formosa oolong) kaba liflerinden ayrılarak öğütülmüş ve 1400 µm paslanmaz çelik elekten geçirilmiştir. Ardından 0.5 gram örnek 25 mL

kaynar su ile 15 dakika ekstrakte edilmiş ve ekstrakt süzülüp, kalan posa tekrar 25 mL kaynar su ile 15 dakika ekstrakte edilmiştir. Elde edilen ekstraktlar birleştirilip 50 mL'ye saf su ile tamamlanmıştır (Xu vd. 2019). Son ekstrakt antidiabetik özelliklerin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen alfa-amilaz inhibisyon analizi ve alfa-glukozidaz inhibisyon analizlerinde kullanılmıştır.

3.2.13.1. Alfa-amilaz inhibisyon analizi

Üretilen çayların antidiabetik potansiyelleri Alfa-amilaz inhibisyon yöntemi ile Xu vd. (2019)'e göre denenmiş ve metot, kısmen modifiye edilerek analiz gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, 250 µl ekstrakt sodyum fosfat tamponu içerisinde (0.02 M pH 6.9, 6 mM NaCl) hazırlanmış 125 µl (1 U/mL) α-amilaz ile 25°C' de 10 dakika ön inkübasyona bırakılmıştır. Daha sonra, 250 µl %1'lik nişasta çözeltisi (0.02 M pH 6.9 sodyum fosfat tamponu içerisinde hazırlanmış) test tüplerine eklemiş ve 25°C'de 10 dakika inkübasyona bırakılmıştır. Inkübasyon sonunda 1 mL dinitrosalisilikasit (DNSA) renk çözeltisi tüplere eklenmiş ve 5 dakika kaynar su banyosunda bekletilerek reaksiyon durdurulmuştur. Tüpler oda sıcaklığına soğutulduktan sonra 7 mL saf su ile seyreltilip 540 nm dalga boyunda spektrofotometrede okuma yapılmıştır. Yüzde inhibisyon miktarı aşağıdaki denklem yardımıyla hesaplanmıştır:

$$AI (\%) = [Ac - (As - Asb)] / (Ac - Acb) \times 100 \quad (3.11)$$

Eşitlikteki AI: % α-Amilaz inhibisyon miktarı, As, Asb ve Ac, Acb sırasıyla örnek, kör (enzim çözeltisi yerine fosfat tampon çözeltisi) ve kontrol (örnek yerine fosfat tampon çözeltisi), kontrol körü (örnek ve enzim çözeltisi yerine fosfat tampon çözeltisi) absorbansını temsil etmektedir. Akarboz pozitif kontrol olarak kullanılmıştır.

3.2.13.2. Alfa-glukozidaz inhibisyon analizi

Üretilen çayların antidiabetik potansiyelleri alfa-glukozidaz inhibisyon yöntemi ile Liu vd. (2014)'e göre kısmen modifiye edilerek gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, 25 µl ekstrakt, potasyum fosfat tamponu içerisinde (0.2 M pH 6.8) hazırlanmış 50 µl (2 U/mL) α-glukozidaz ile 37°C' de 10 dakika ön inkübasyona bırakılmıştır. Daha sonra, 50 µl, 3mM pNPG (0.2 M pH 6.8 potasyum fosfat tamponu içerisinde hazırlanmış) ile test tüplerine eklemiş ve 37°C'de 30 dakika inkübasyona bırakılmıştır. Inkübasyon sonunda 2 mL Na₂CO₃ (0.1 M) tüplere eklenmiş ve girdap karıştırıcıda karıştırılıp reaksiyon durdurulmuştur. Ardından 405 nm dalga boyunda spektrofotometrede okuma yapılmıştır. Akarboz pozitif kontrol olarak kullanılmıştır. Yüzde inhibisyon miktarı aşağıdaki denklem yardımıyla hesaplanmıştır:

$$GI (\%) = [Ac - (As - Asb)] / (Ac - Acb) \times 100 \quad (3.12)$$

Eşitlikteki GI: % α-glukozidaz inhibisyon miktarı, As, Asb ve Ac, Acb sırasıyla örnek, kör (enzim çözeltisi yerine fosfat tampon çözeltisi) ve kontrol (örnek yerine fosfat tampon çözeltisi), kontrol körü (örnek ve enzim çözeltisi yerine fosfat tampon çözeltisi) absorbansını temsil etmektedir. Akarboz pozitif kontrol olarak kullanılmıştır.

3.2.14. Duyusal analiz

Duyusal Analizler, Atatürk Çay ve Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü/Rize çalışanlarından oluşan 8 deneyimli personel ve Akdeniz üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü lisansüstü öğrencilerinden oluşan 8 kişilik (günlük hayatında çayı sıklıkla tüketen ve sigara içmeyen) bir panel tarafından gerçekleştirilmiştir. Dem hazırlama koşulları Gürses ve Artık (1987)'e göre belirlenmiştir. Ön denemeler sonucunda 7 farklı oolong çay üretilmiş (Ek-5) ve yapılan ilk duyusal analiz sonucunda (Rize ekibi) tez kapsamında 4 farklı oolong çay ile devam edilmesine karar verilmiştir. Çalışma kapsamında 3 sürgün döneminde üretilen çaylar, kuru çayın görünüşü, dem rengi, burukluk, dolgunluk, dem artığının (posa) rengi kokusu, dem aroması bakımından 100 puan üzerinden Çizelge 3.4'deki forma göre değerlendirilmiştir.

Çizelge 3.4. Duyusal analiz formu

Duyusal Özellik	Değerlendirmede istenilen özellikler	Puan	Numune			
			125	562	356	298
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, bakırımsı yeşil renk tonlarında olmalı, renk tekdüze olmalı, siyah ve yeşil renkler olmamalı	15				
Demin aroması	Çaya özgü otsu ve çiçeksi bir aroma olmalı, siyah ve yeşil çay arasında özgün bir aromaya sahip olmalı	20				
Toplam beğeni		100				

3.2.15. İstatistiksel analiz

Çaylar (3 sürgün dönemi, 4 oolong, 1 siyah ve 1 yeşil olmak üzere 6 farklı çay) 2 tekerrürlü olarak üretilmiş (3x6x2) ve ürünlerde kalite analizleri paralelli olarak yürütölmüştür. Tesadüf parselleri faktöriyel deneme desenine göre yürütölmüş 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 (Cary, NC, ABD) paket programı ile gerçekleştirilmiştir. Uçucu bileşen analizi sonucu elde edilen verilerde sonuçların daha kolay yorumlanabilmesi için temel bileşen analizi (Principal Component Analysis, PCA) ve hiyerarşik kümeleme analizi (hierarchical cluster analysis, HCA) istatistiksel analizleri XLSTAT 2021 yazılımı (Addinsoft, New York, USA) ile gerçekleştirilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Nem Miktarı ve Su Aktivitesi Analizi

Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin nem miktarı ve su aktivitesi analiz sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde nem miktarlarının %3.84 ile 6.86, su aktivitesi değerlerinin ise 0.25 ile 0.44 arasında değişim gösterdiği görülmektedir.

Çizelge 4.1. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin nem ve su aktivitesi miktarları

Sürgün Dönemi	Çay Çeşidi	Nem miktarı (%)	Su aktivitesi (Aw)
1. sürgün	Yaş yaprak	4.74 ± 0.01	0.45 ± 0.01
	Yeşil	3.84 ± 0.11	0.31 ± 0.03
	Oolong 1	6.86 ± 0.16	0.43 ± 0.00
	Oolong 2	5.35 ± 0.23	0.41 ± 0.04
	Oolong 3	6.16 ± 0.74	0.44 ± 0.06
	Oolong 4	6.39 ± 0.39	0.42 ± 0.02
	Siyah	5.60 ± 0.20	0.34 ± 0.01
2. sürgün	Yaş yaprak	6.48 ± 0.01	0.44 ± 0.01
	Yeşil	3.38 ± 0.21	0.25 ± 0.03
	Oolong 1	3.84 ± 0.32	0.33 ± 0.02
	Oolong 2	3.75 ± 0.62	0.31 ± 0.03
	Oolong 3	4.51 ± 0.11	0.36 ± 0.01
	Oolong 4	4.52 ± 1.23	0.31 ± 0.10
	Siyah	4.34 ± 0.13	0.25 ± 0.01
3. sürgün	Yaş yaprak	5.04 ± 0.13	0.39 ± 0.00
	Yeşil	4.08 ± 1.07	0.31 ± 0.07
	Oolong 1	5.42 ± 1.98	0.42 ± 0.13
	Oolong 2	4.34 ± 0.78	0.33 ± 0.06
	Oolong 3	3.93 ± 0.42	0.28 ± 0.05
	Oolong 4	4.41 ± 1.22	0.28 ± 0.07
	Siyah	4.24 ± 0.44	0.25 ± 0.04
Kontrol		6.29 ± 0.11	0.43 ± 0.00

Sonuçlar ortalama±standart hata olarak verilmiştir.

Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin nem miktarı ve su aktivitesi değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.2’de, bu değerlerin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.3’de verilmiştir. Çay çeşidinin, nem miktarı üzerinde $p<0.001$ düzeyinde, su aktivitesi üzerinde ise $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu görülmüştür.

Sürgün döneminin ise nem miktarı üzerinde çok önemli derecede ($p<0.001$), su aktivitesi üzerinde ise önemli derecede ($p<0.05$) etkili olduğu belirlenmiştir. Çay çeşidi-sürgün dönemi interaksyonunun ise hem nem miktarları üzerine hem de su aktivitesi üzerine istatistiki açıdan önemli bir etkisi olmadığı görülmüştür.

Çizelge 4.2. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin nem ve su aktivitesi miktarlarına ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	Nem (%)		Su aktivitesi	
		KO	F	KO	F
Çay çeşidi (Ç)	7	3.33926161	3.83***	0.0186116	4.10**
Sürgün Dönemi (S)	2	5.09275208	5.84***	0.0238583	5.25*
Ç*S	14	1.29780446	1.49	0.0028964	0.64
Hata	24	0.87250625			

(*) $p<0.05$, (**) $p<0.01$, (***) $p<0.001$ seviyelerinde farklılıkları ifade eder.

Çizelge 4.3’de Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarında verilen örneklerin ortalama nem miktarları incelendiğinde yaş yaprak, oolong 1, oolong 4 ve oolong 3, siyah, oolong 2 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 kontrol örneği, yaş yaprak, oolong 1 ve oolong 3, oolong 2, oolong 4 kodlu çayların kendi aralarında benzerlik gösterdiği yanısıra siyah ve yeşil çayların ise kendi aralarında benzerlik gösterdiği görülmektedir. Hem nem miktarı hem de su aktivitesi değerlerinin sürgün dönemine göre ortalamaları incelendiğinde ise 1. sürgün dönemi değerlerinin diğer sürgün dönemlerine göre istatistiksel olarak farklılık gösterdiği görülmektedir. Ancak sürgün dönemindeki ve çay çeşitleri arasındaki nem miktarı ve su aktivitesi farklılıkları hasat normlarından ve üretilen çay çeşidinden ziyade paketlenme öncesi yapılan kurutma işleminden kaynaklanmaktadır.

Kuru çay üretiminde çay çeşidine bağlı olmaksızın nihai hedef nem içeriğinin, %3-5 aralığında olmalıdır. Üretilen çayların soğutulup, paketlenmesi sırasında çayın higroskopik bir özellikte olmasının yanısıra üretim bölgelerinde genellikle yağışlı ve nemli havanın hakim olması nedeni ile üretilen çaylarda nem oranı bir miktar artmaktadır. Türk Gıda Kodeksi Çay Tebliği’nde kuru çaylarda nem miktarının en çok %7 olması istenmektedir (Anonim 2015).

Ülkemizde üretilen yeşil ve siyah çaylar kullanılarak yapılan bir çalışmada siyah ve yeşil çayın nem miktarları sırasıyla %4.33 ve 4.70 olarak, su aktivitesi değerleri ise 0.36 ve 0.47 olarak belirlenmiştir (Gamli 2011). Wetherilt vd. (1991) tarafından yapılan başka bir çalışmada ise 12 farklı Türk siyah çayı ile Hindistan, Seylan ve Rus çayları kullanılmış, bu çayların nem miktarlarının %1.3 ile 9.8 arasında değişim gösterdiğini bildirmiştir.

Literatür incelendiğinde kuru çayın nem içeriğinin %3-5 aralığında olması, paketlenmiş ürün nem içeriğinin %7’yi geçmemesi gerektiği rapor edilmiştir (Sinija ve Mishra 2008). Tez kapsamında üretilen çayların tamamında nem içeriğinin bu değerler arasında olduğu görülmüştür.

Tez kapsamında üretilen çayların su aktivitesi değerleri, nem miktarları ile paralellik göstermektedir. Bu değerler çayda beklenen ve olması gereken sınırlar içerisinde olup, çayın depolanması sırasında mikrobiyal gelişmeleri engelleyecek düzeydedir. Nitekim su aktivitesi değerlerinin $a_w < 0.6$ olması durumunda gıdaların mikrobiyolojik yönden genellikle stabil olduğu ve gıdada oluşabilecek bozulmanın kimyasal kaynaklı olabileceği bildirilmiştir (Fennema 1996). Çay ekstraktlarının antimikrobiyal özelliğe de sahip olması nedeni ile kuru çaylarda çeşidine bağlı olmaksızın mikrobiyolojik bozulmalar nispeten bazı ürünlere göre daha az görülmektedir. Ancak kuru çayın nem miktarının %6'nın üzerine çıkmasıyla kimyasal reaksiyonlar hızlanmakta, %12'yi geçmesi durumunda ise mikrobiyal bozulmalara rastlanabilmektedir (Stagg 1974; Wetherilt vd. 1991).



Çizelge 4.3. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin nem ve su aktivitesi miktarlarının ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Nem (%)	Çay çeşidi	Yeşil	Oolong 2	Siyah	Oolong 3	Oolong 4	Oolong 1	Yaş yaprak	Kontrol
	Sürgün dönemi	2	3	1					
		3.77 ^c ±0.31	4.48 ^{bc} ±0.40	4.73 ^{bc} ±0.31	4.87 ^{bc} ±0.48	5.10 ^{ba} ±0.61	5.38 ^{ba} ±0.76	5.42 ^{ba} ±0.12	6.30 ^a ±0.05
		4.64 ^b ±0.31	4.72 ^b ±0.32	5.65 ^a ±0.25					
Su aktivitesi	Çay çeşidi	Siyah	Yeşil	Oolong 4	Oolong 2	Oolong 3	Oolong 1	Yaş yaprak	Kontrol
	Sürgün dönemi	2	3	1					
		0.28 ^b ±0.02	0.29 ^b ±0.02	0.34 ^{ba} ±0.04	0.35 ^{ba} ±0.03	0.36 ^{ba} ±0.03	0.39 ^a ±0.04	0.42 ^a ±0.01	0.43 ^a ±0.00
		0.34 ^b ±0.02	0.34 ^b ±0.02	0.40 ^a ±0.01					

Her bir varyasyon kaynağı için aynı satırdaki farklı harfler ortalamaların P<0.05 seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

4.2. Toplam Fenolik Madde Miktarı

Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin toplam fenolik madde miktarı analiz sonuçları Çizelge 4.4’de verilmiştir. Çizelge 4.4 incelendiğinde toplam fenolik madde miktarlarının 7.14 ile 15.72 g GAE /100g KM arasında değişim gösterdiği görülmektedir.

Çizelge 4.4. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin toplam fenolik madde miktarları

Sürgün Dönemi	Çay Çeşidi	Toplam Fenolik Madde Miktarı (g GAE/ 100g KM)
1. sürgün	Yaş yaprak	13.14 ± 0.07
	Yeşil	14.21 ± 0.06
	Oolong 1	15.72 ± 0.05
	Oolong 2	15.44 ± 0.13
	Oolong 3	15.68 ± 0.17
	Oolong 4	12.47 ± 0.19
	Siyah	10.73 ± 0.06
2. sürgün	Yaş yaprak	12.89 ± 0.11
	Yeşil	15.16 ± 0.12
	Oolong 1	15.72 ± 0.15
	Oolong 2	15.36 ± 0.18
	Oolong 3	14.84 ± 0.54
	Oolong 4	14.48 ± 0.03
	Siyah	7.68 ± 0.03
3. sürgün	Yaş yaprak	13.40 ± 0.22
	Yeşil	14.80 ± 0.00
	Oolong 1	13.20 ± 0.11
	Oolong 2	12.56 ± 0.32
	Oolong 3	11.93 ± 0.34
	Oolong 4	10.89 ± 0.18
	Siyah	7.14 ± 0.36
Kontrol		12.63 ± 0.11

Sonuçlar ortalama±standart hata olarak verilmiştir.

Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin toplam fenolik madde miktarlarına ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.5’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde çay çeşidi ve sürgün döneminin toplam fenolik madde miktarı üzerinde $p<0.001$ düzeyinde önemli olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.5. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin toplam fenolik madde miktarlarına ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	Toplam Fenolik Madde Miktarı (g GAE/ 100g KM)	
		KO	F
Çay çeşidi (Ç)	7	25.8990619	331.38***
Sürgün Dönemi (S)	2	13.8870062	177.69***
Ç*S	14	2.5885039	33.12***
Hata	24	0.0781542	

(***) p<0.001 seviyesinde farklılık ifade eder.

Tez kapsamında üretilen çayların toplam fenolik madde miktarı ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.6'da verilmiştir. Çizelgede en yüksek toplam fenolik madde miktarının oolong 1 numaralı çayda, en düşük miktarın ise siyah çayda olduğu belirlenmiştir. Yeşil çay ve oolong 1 numaralı çay toplam fenolik madde içerikleri açısından istatistiksel olarak önemli bir farklılık göstermediği görülmüştür. Taze çay yaprağında bulunan fenolik bileşiklerin en önemli grubunu oluşturan kateşinlerin işleme sırasında okside olarak daha polimer bileşiklere dönüşmesi nedeni ile (Senanayake 2013; Ng vd. 2018) toplam fenolik madde miktarı, siyah çaylarda daha düşük olarak belirlenmiştir. Okside olmamış yeşil çayın kısmi okside olmuş oolong 1 nolu çaydan daha düşük toplam fenolik miktarı içerdiği görülmüştür. Bunun nedeni ise hem oksidasyon ürünü olan teaflavinlerin bulunması hem de yeşil çaya yakın miktarda kateşini bir arada içermesinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Türk siyah çayının fenolik madde kompozisyonu üzerine rakım, sürgün dönemi ve çay sınıfının etkisinin incelendiği bir çalışmada farklı özellikteki siyah çay örneklerinde toplam fenolik madde miktarının %3.79-8.36 değiştiği bildirilmiştir (Özdemir vd. 2008). Bu tez çalışmasındaki örneklerde toplam fenolik madde miktarının daha yüksek olmasının en önemli nedeni halihazırdaki araştırmadaki yaş çay ürününün tek bir klona ait olması ve hasatın 2.5-3.5 yaprak seviyesinde yapılmasıdır. Bahsedilen çalışmada ise üretilen çaylar ise makasla hasat edilmiş ticari yaş çay ürününden elde edilmiş çay örneklerine ait değerlerdir.

Yeşil, siyah, oolong, beyaz, sarı ve koyu çaylardan oluşan 30 farklı çay ekstraktının toplam fenolik madde miktarlarının incelendiği bir çalışmada, çayların toplam fenolik madde miktarının 24.77 ± 2.02 ile 252.65 ± 4.74 mg GAE/g KM arasında değişim gösterdiği bildirilmiştir. Toplam fenolik madde miktarının çay çeşitlerine göre 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 azaldığını belirtilmiştir (Zhao vd. 2019). Yapılan başka bir çalışmada, Nibir vd. (2017) Bangladeş'in farklı çay çeşitlerinin toplam polifenol miktarlarını, antioksidan ve antimikrobiyal aktivitelerini karşılaştırmalı olarak değerlendirmiş ve farklı çeşit siyah çayların toplam fenolik madde miktarının 6.78 ± 0.55 ile 8.84 ± 0.50 mg GAE/g arasında değişim gösterdiği, yeşil çayın toplam fenolik madde miktarının ise bu değerlerden daha yüksek (26.33 ± 1.73 mg GAE/g) olduğu bildirilmiştir. Buradan da açıkça görülmektedir ki, oksidasyon süresinin artması ile

toplam fenolik madde miktarının azaldığı görülmektedir. Ancak aynı çeşit çaylar arasında görülen farklılıklar ise hammaddenin çeşidi, kültürel tedbirler, hasat normu, iklim, toprak özellikleri gibi değişken faktörlerden kaynaklanmaktadır.

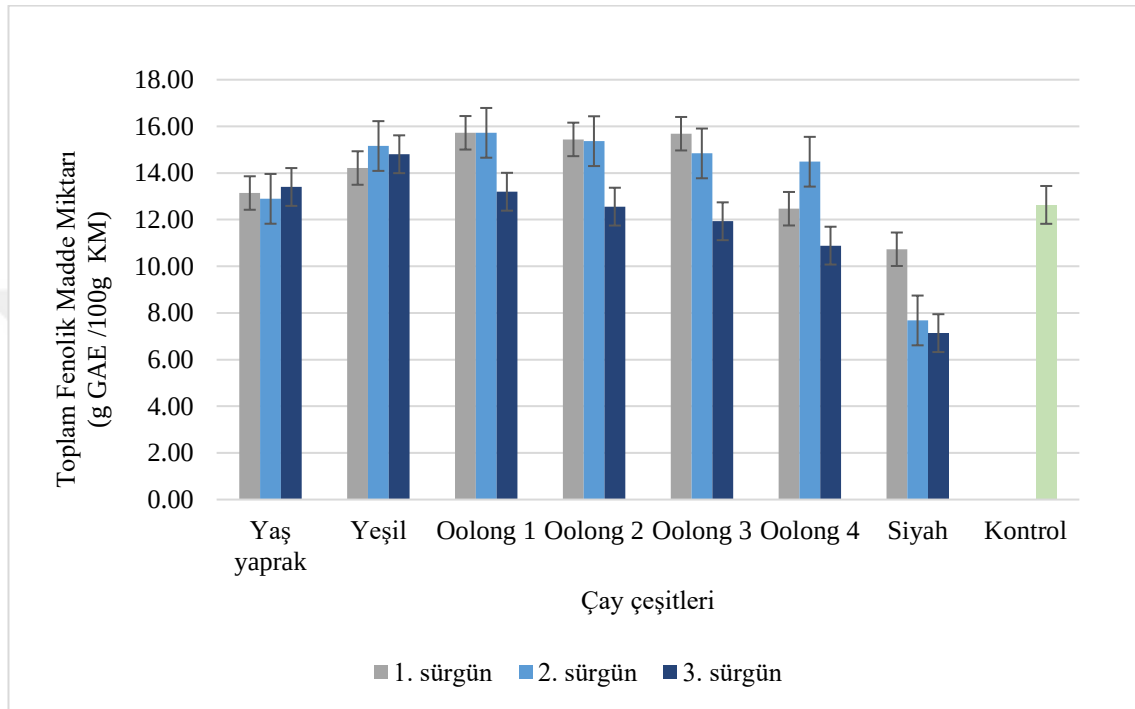
Çizelge 4.6’da farklı sürgün dönemlerinin toplam fenolik madde miktarı üzerine etkisi incelendiğinde ise 1. ve 2. sürgün dönemleri arasında istatistiki olarak fark bulunmadığı, 3. sürgün dönemi toplam fenolik madde miktarlarının ise diğer sürgün dönemlerinden $p<0.05$ düzeyinde farklı olduğu belirlenmiştir. 3. sürgün döneminde üretilen çayların toplam fenolik madde miktarları, 1. ve 2. sürgün dönemlerinde üretilen çaylardan daha düşük olduğu görülmüştür. Nitekim, Özdemir vd. (2018) yaptıkları bir çalışmada 3 sürgün döneminde üretilen siyah çayların toplam fenolik madde miktarı değişimlerini incelemiş ve en yüksek toplam fenolik madde miktarının 6.97 g GAE/100 g KM ile 1. sürgün dönemi üretilen çaylarda, en düşük değerin ise 4.75 g GAE/100 g KM olarak 3. sürgün dönemi üretilen çaylarda olduğunu belirtmiştir.

Çizelge 4.6. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin toplam fenolik madde miktarının ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Toplam Fenolik Madde Miktarı	Sürgün dönemi	3	2	1					
(g GAE/100g KM)	Çay çeşidi	Siyah	Oolong 4	Kontrol	Yaş yaprak	Oolong 3	Oolong 2	Yeşil	Oolong 1
		12.07 ^b ±0.56	13.60 ^a ±0.64	13.76 ^a ±0.44					
		8.52 ^f ±0.71	12.61 ^e ±0.66	12.64 ^e ±0.05	13.15 ^d ±0.11	14.15 ^c ±0.74	14.46 ^{bc} ±0.61	14.73 ^{ba} ±0.18	14.88 ^a ±0.54

Her bir varyasyon kaynağı için aynı satırdaki farklı harfler ortalamaların p<0.05 seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

Çay çeşitlerinin toplam fenolik madde miktarının sürgün dönemine bağlı olarak değişimi Şekil 4.1’de gösterilmiştir. Şekil incelendiğinde toplam fenolik madde miktarının 1. ve 2. sürgün dönemlerinde, 3. sürgün döneminde üretilen çay çeşitlerine göre kısmen daha yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca siyah çayın, yeşil ve oolong çaylara göre daha düşük düzeyde toplam fenolik madde içerdiği ve en düşük toplam fenolik madde miktarının ise üçüncü sürgün döneminde üretilen siyah çayda tespit edildiği görülmektedir.



Şekil 4.1. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak toplam fenolik madde miktarının değişimi

Türkiye’de çay Mayıs-Ekim ayları arasında 3 sürgün döneminde bazı yıllar ise 4 sürgün döneminde hasat edilir. Yapılan çalışmalar sürgün dönemlerinin, yaş çay yaprağının ve buna bağlı olarak üretilen kuru siyah çayın kalitesi üzerine etki eden önemli bir faktör olduğunu göstermiştir (Ozdemir vd. 1992; Ansari vd. 2011; Salman vd. 2021). Sonuçlar incelendiğinde de toplam fenolik madde miktarı üzerinde sürgün döneminin önemli etkisi olduğu görülmüştür. Tez kapsamında üretilen yeşil çay, 4 farklı seviyede okside olmuş oolong çay ve siyah çaydan oluşan ve aslında aynı hammaddeden üretilen çay çeşitlerinin analiz edilen bu özellikler üzerine önemli etkisi belirlenmiştir. Bu özelliklerin çay çeşitlerine bağlı olarak gösterdiği farklılıkların en önemli nedeninin oksidasyon seviyesi olduğu görülmüştür. Ayrıca çalışma kapsamında üretilen çayların toplam fenolik madde miktarları literatürdeki yabancı çaylarla benzer sonuçlar göstermiş ancak ülkemizde satışa sunulan yerli çay çeşitlerinden oldukça yüksek sonuçlar elde edilmiştir. Bunun nedeni ise tez kapsamında hasat normlarının 2.5-3.5 yaprak olarak belirlenmesidir. Fabrikada işlenen çaylarda hasatın kaba olarak yapılmasının yanı sıra farklı bölge, bakı, rakım, güneşlenme ve yağış miktarları hasat edilen çayların hammadde kalitesini etkilemekte ve bu farklı yaş çay filiz ve yapraklarının işlenmesi üretilen kuru çaylardaki kalite farklılıklarının oluşmasına sebep olmaktadır.

4.3. Toplam Flavonoid Madde Miktarı

Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin toplam flavonoid madde miktarı analiz sonuçları Çizelge 4.7’de verilmiştir. Çizelge 4.7 incelendiğinde toplam flavonoid madde miktarlarının 28.25 ile 52.73 mg KE/ g KM arasında değişim gösterdiği görülmektedir. En yüksek toplam flavonoid madde miktarı 1. sürgün döneminde üretilen çaylarda belirlenmiştir ve oksidasyon derecesinin artması ile çay çeşitlerindeki toplam flavonoid madde miktarının azaldığı görülmüştür.

Çizelge 4.7. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğine ait toplam flavonoid madde miktarları

Sürgün Dönemi	Çay Çeşidi	Toplam Flavonoid Madde Miktarı (mg KE/ g KM)
1. sürgün	Yaş yaprak	52.73 ± 0.36
	Yeşil	47.80 ± 0.08
	Oolong 1	50.83 ± 1.73
	Oolong 2	50.90 ± 0.10
	Oolong 3	51.49 ± 0.97
	Oolong 4	44.58 ± 1.48
	Siyah	40.78 ± 0.45
2. sürgün	Yaş yaprak	49.14 ± 0.19
	Yeşil	46.06 ± 2.69
	Oolong 1	49.44 ± 0.89
	Oolong 2	46.74 ± 0.55
	Oolong 3	43.00 ± 0.22
	Oolong 4	42.75 ± 1.77
	Siyah	28.25 ± 0.03
3. sürgün	Yaş yaprak	44.67 ± 0.26
	Yeşil	46.38 ± 1.41
	Oolong 1	42.58 ± 0.64
	Oolong 2	41.23 ± 0.69
	Oolong 3	40.92 ± 0.10
	Oolong 4	40.38 ± 0.32
	Siyah	31.01 ± 0.87
	Kontrol	48.18 ± 0.18

Sonuçlar ortalama±standart hata olarak verilmiştir.

Çizelge 4.8. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin toplam flavonoid madde miktarlarına ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	Toplam Flavonoid Madde Miktarı (mg KE/ g KM)	
		KO	F
Çay çeşidi (Ç)	7	152.54169	83.53***
Sürgün Dönemi (S)	2	173.64097	95.08***
Ç*S	14	15.002785	8.21***
Hata	24	1.826288	

(***) $p < 0.001$ seviyesinde farklılık ifade eder.

Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş çay ile kontrol örneğinin toplam flavonoid madde miktarlarına ait varyans analizi sonuçları incelendiğinde (Çizelge 4.8) örneklerin flavonoid madde miktarı üzerine çay çeşidi, sürgün dönemi ve çay çeşidi-sürgün dönemi interaksyonunun önemli ($p < 0.001$) derecede etkili olduğu görülmüştür.

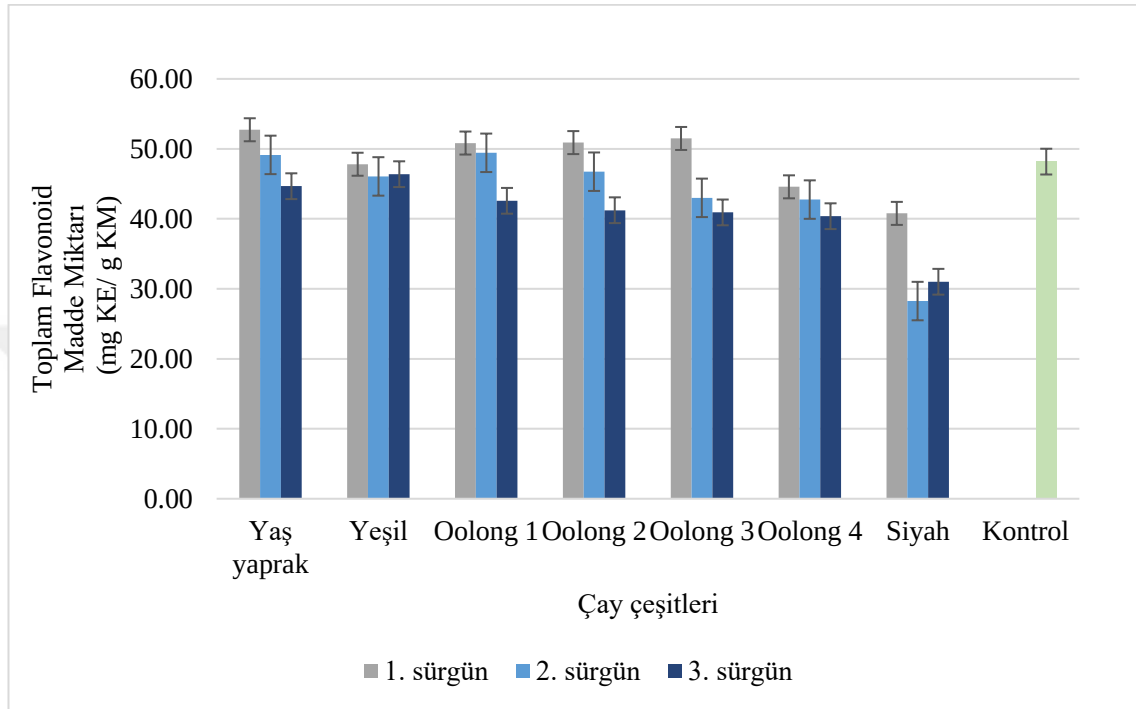
Tez kapsamında üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş çay ile kontrol örneğinin toplam flavonoid madde miktarlarının ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.9’da verilmiştir. En yüksek toplam flavonoid madde miktarının 1. sürgün döneminde olduğu belirlenirken 2. ve 3. sürgün döneminde bu değerlerin azaldığı görülmüştür. Çay çeşitlerine ait sonuçlar incelendiğinde ise oksidasyon derecesi ile flavonoid madde miktarı arasındaki bağlantı açık bir şekilde görülmektedir. Toplam flavonoid madde miktarı açısından en yüksek değer işlem görmemiş yaş çay yaprağında belirlenirken (48.85 mg KE/g KM) tam okside olmuş siyah çay örneğinde ise en düşük değer (33.35 mg KE/g KM) elde edilmiştir. Nitekim siyah, yeşil ve oolong çayın toplam flavonoid madde miktarının incelendiği bir çalışmada en yüksek değer yeşil çay örneklerinde bulunduğu tespit edilirken, oksidasyon derecesinin artmasıyla bu değer düşüğü belirtilmiştir. En düşük toplam flavonoid madde miktarı siyah çayda tespit edilmiştir (Islam vd. 2018). Toplam fenolik madde ile toplam flavonoid madde miktarları birbirlerine benzer içerikler gibi algılanabilmektedir. Fenolik maddelerin sınıflandırılma tablolarından da anlaşılabilceği üzere bu kavramlar altında yapılan analizler arasındaki temel farklılık flavonoidlerin fenolik bileşiklerin bir alt grubu olmasından ve çayda özellikle bu grup maddelerin diğer alt grup fenolik bileşiklerden daha fazla bulunmasından kaynaklanmaktadır. Ek olarak her iki grubun birimleri de farklı olarak değerlendirilmiştir. Bu nedenle elde edilen ve tartışılan sonuçlar bu tanımlamanın kapsamında değerlendirilmelidir.

Çizelge 4.9. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin toplam flavonoid madde miktarlarının ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Toplam Flavonoid Madde Miktarı (mg KE/g KM)	Sürgün dönemi	3	2	1						
		Siyah	Oolong 4	Oolong 3	Oolong 2	Yeşil	Oolong 1	Kontrol	Yaş Yaprak	
	Çay çeşidi	33.35 ^f ±2.42	42.57 ^e ±0.98	45.14 ^d ±2.06	46.29 ^{dc} ±1.79	46.75 ^{bdc} ±0.84	47.62 ^{bac} ±1.70	48.18 ^{ba} ±0.08	48.85 ^a ±1.48	

Her bir varyasyon kaynağı için aynı satırdaki farklı harfler ortalamaların $p < 0.05$ seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak toplam flavonoid madde miktarının değişimi Şekil 4.2 incelendiğinde de üretilen çayların hammaddesi olan yaş yaprağın toplam flavonoid madde miktarının 1. sürgün döneminde daha yüksek olduğu buna bağlı olarak da bu sürgün döneminde üretilen çay çeşitlerinin toplam flavonoid madde miktarlarının diğer sürgün dönemlerinde üretilen çay çeşitlerinden daha yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 4.2. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak toplam flavonoid madde miktarının değişimi

Aynı hammaddeden üretilen farklı özellikte beyaz, yeşil ve siyah çayların toplam flavonoid madde miktarlarının araştırıldığı bir çalışmada yeşil çayın toplam flavonoid içeriğinin siyah çaydan daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Carloni vd. 2013). Hanay (2011)'ın farklı süre ve sıcaklıklarda çaydan deme geçen fenolik ve alkaloid miktarlarını incelediği bir çalışmada farklı sınıf siyah çaylarda toplam flavonoid madde miktarının 7.46-20.30 mg KE/ g arasında değiştiği bildirilmiştir.

Farklı çay çeşitlerinin fenolik ve flavonoid madde miktarlarının araştırıldığı bir çalışmada yeşil çayda 24.4 mg KE/g, oolong çayda 14.2 mg KE/g, siyah çayda ise 13.6 mg KE/g toplam flavonoid madde miktarı bulunduğu belirlenmiştir. Ayrıca çayların fenolik ve flavonoid içeriklerinin çalışmamızla benzer şekilde yeşil çay > oolong çay > siyah çay olarak sıralandığı belirtilmiştir. Nitekim çay yaprağındaki polifenol oksidaz, fenoliklerin ve flavonoidlerin oksidasyonunu katalize ederek hidroksil gruplarının kaybına yol açmaktadır (Yang ve Liu 2013).

Literatür incelendiğinde, tez kapsamında üretilen çay çeşitlerinin ve bu çayların hammaddesi olan yaş yaprağın toplam flavonoid madde miktarlarının daha yüksek olduğu görülmektedir ancak bilindiği gibi çay flavonoidleri, çay çeşitlerine, hasat koşullarına, çay çeşiti ve kültürel tedbirlere ve hatta uzun süreli depolama süresine bağlı

olarak bileşenlerde ve konsantrasyonlarda önemli ölçüde farklılık göstermektedir (Shi vd. 2021). Nitekim tüm bu sebeplerle mevcut araştırmadaki çay örneklerinin belirlenen toplam flavonoid madde miktarlarının genel olarak yüksek olduğu düşünülmektedir.

4.4. Toplam Antioksidan Aktivite

Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin Radikal süpürücü aktivite (DPPH) ve Troloks eşdeğer antioksidan kapasite (ABTS) yöntemleri ile belirlenen toplam antioksidan aktivitesi Çizelge 4.10'da verilmiştir. Çizelge incelendiğinde DPPH radikalinin inhibisyonu yöntemi ile elde edilen antioksidan miktarları 13.83 ile 39.23 g TEAA/100 g KM arasında, ABTS yöntemi ile elde edilen antioksidan aktivite miktarları ise 8.38 ile 23.21 mM TEAC/g KM arasında değişim göstermiştir.

Çizelge 4.10. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin toplam antioksidan aktivitesi (DPPH ve ABTS)

Sürgün Dönemi	Çay Çeşidi	DPPH radikalinin inhibisyonu (g TEAA/100 g KM)	ABTS (mM TEAC/g KM)
1. sürgün	Yaş yaprak	31.73 ± 0.76	18.52 ± 0.10
	Yeşil	35.69 ± 0.16	21.09 ± 0.44
	Oolong 1	39.23 ± 0.93	21.28 ± 0.61
	Oolong 2	38.76 ± 0.72	20.16 ± 0.48
	Oolong 3	37.34 ± 0.39	20.48 ± 0.43
	Oolong 4	31.28 ± 0.01	17.19 ± 0.01
	Siyah	22.58 ± 0.17	11.04 ± 0.90
2. sürgün	Yaş yaprak	32.76 ± 0.06	18.47 ± 0.26
	Yeşil	35.00 ± 0.50	22.43 ± 0.24
	Oolong 1	34.48 ± 0.62	23.21 ± 0.09
	Oolong 2	33.67 ± 0.28	22.32 ± 0.02
	Oolong 3	32.68 ± 0.83	21.93 ± 1.04
	Oolong 4	31.21 ± 0.42	21.47 ± 0.61
	Siyah	14.40 ± 0.25	9.01 ± 0.15
3. sürgün	Yaş yaprak	34.31 ± 0.09	19.70 ± 0.10
	Yeşil	35.94 ± 0.47	21.69 ± 1.22
	Oolong 1	31.31 ± 0.07	19.35 ± 0.27
	Oolong 2	29.74 ± 0.42	17.47 ± 0.13
	Oolong 3	29.29 ± 2.98	16.88 ± 0.15
	Oolong 4	24.85 ± 0.15	14.51 ± 0.87
	Siyah	13.83 ± 0.14	8.38 ± 0.10
	Kontrol	25.67 ± 0.53	14.62 ± 0.05

Sonuçlar ortalama±standart hata olarak verilmiştir.

Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş çay ile kontrol örneğinin toplam antioksidan aktivite (DPPH ve ABTS) miktarlarına ait varyans analizi sonuçları (Çizelge 4.11) incelendiğinde örneklerin hem DPPH radikalının inhibisyonu hem de ABTS üzerine çay çeşidi, sürgün dönemi ve çay çeşidi-sürgün dönemi etkileşiminin önemli ($p < 0.001$) derecede etkili olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.11. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin toplam antioksidan aktivite (DPPH ve ABTS) ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	DPPH radikalının inhibisyonu (g TEAA/100 g KM)		ABTS (mM TEAC/g KM)	
		KO	F	KO	F
Çay çeşidi (Ç)	7	83.949294	72.27***	100.016	206.74***
Sürgün Dönemi (S)	2	88.239419	75.97***	27.3606	56.56***
Ç*S	14	91.708124	78.95***	5.11811	10.58***
Hata	24	1.161546		0.48377	

(***) $p < 0.001$ seviyesinde farklılık ifade eder.

Duncan Çoklu Karşılaştırma testi sonuçlarının verildiği Çizelge 4.14’de Radikal süpürücü aktivite (DPPH) ve Troloks eşdeğer antioksidan kapasite (ABTS) değerlerinin sürgün dönemine göre değişimi incelendiğinde DPPH değerlerinin birinci sürgün döneminde üretilen çaylarda en yüksek olduğu, ikinci ve üçüncü sürgün döneminde üretilen çay çeşitlerinde azaldığı görülmektedir. Ancak ABTS değerleri ikinci sürgün döneminde üretilen çaylarda daha yüksek olmuştur. Çay çeşitleri açısından sonuçlar incelendiğinde ise yeşil çay ve yeşil çaya en yakın özellik taşıyan yani en kısa süre okside olmuş oolong çay (oolong 1) örneklerinde ABTS değerleri istatistiki açıdan diğer çay çeşitlerine göre daha yüksek olarak belirlenmiştir. Diğer oolong çaylar oksidasyon derecesine göre oolong 2, oolong 3 ve oolong 4 olarak sıralanmıştır. Oolong çayların üretiminde oksidasyon süresi uzadıkça örneklerde kateşinlerin oksidasyonuna bağlı olarak ABTS değerlerinde de azalma görülmüştür. Yaş çay yaprağı ve kontrol örneği oolong çay çeşitlerinden daha az antioksidan aktivite (ABTS) göstermişken, en az etki, en fazla okside olan siyah çayda görülmüştür. Nitekim DPPH yönteminde de paralel bir sonuç olduğu görülmektedir. DPPH yönteminde oolong 1, oolong 2, oolong 3 numaralı çaylar ile yaş çay yaprağının istatistiki olarak farklı olmadığı ve antioksidan aktivitelerinin diğer çay çeşitlerinden daha yüksek olduğu görülmektedir.

Çay polifenollerini olan kateşinler, radikal süpürücü özelliklerinden dolayı en güçlü doğal antioksidanlar olarak kabul edilirler (Bancirova 2010; Ng vd. 2018; Salman vd. 2022). Fermente olmayan yeşil çay çoğunlukla kateşin içerirken, siyah çay üretiminde kateşinler okside olarak TF ve TR’ye dönüşür. Ancak oolong çay, oksidasyon derecesine göre kateşinlerin yanısıra kısmen okside oldukları için TF ve TR karışımı içerir. Tüm bunlar dikkate alındığında beklendiği gibi farklı çay türlerinin antioksidan özellikleri de farklı olacaktır. Bazı araştırmacılar farklı çayların antioksidan özelliklerini şu sırayla sıralamıştır: yeşil çay > oolong çayı > siyah çay > pu-erh çayı (Karori vd. 2007; Salman vd. 2022). Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlarda da benzer bir trend izlenmektedir.

Çizelge 4.12. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin toplam antioksidan aktivite (DPPH ve ABTS) ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

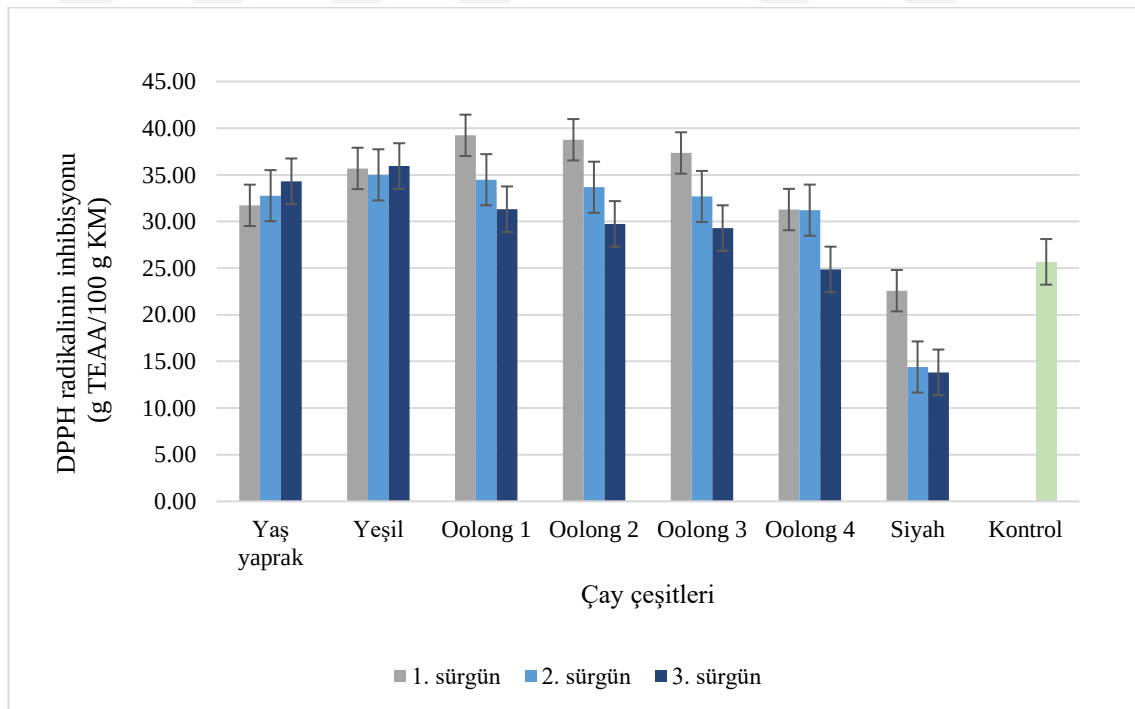
DPPH radikalinin inhibisyonu (g TEAA/100 g KM)	Sürgün dönemi	3	2	1					
		28.12 ^c ±1.69	29.98 ^b ±1.68	32.78 ^a ±1.49					
	Çay çeşidi	Siyah	Kontrol	Yeşil	Oolong 4	Oolong1	Yaş yaprak	Oolong 3	Oolong 2
		24.31 ^e ±3.97	25.67 ^d ±0.24	28.17 ^c ±4.54	31.27 ^b ±0.11	32.85 ^a ±2.69	32.93 ^a ±0.51	33.25 ^a ±1.42	33.90 ^a ±1.90
ABTS (mM TEAC/g KM)	Sürgün dönemi	3	1	2					
		16.58 ^c ±1.01	18.05 ^b ±0.88	19.18 ^a ±1.21					
	Çay çeşidi	Siyah	Kontrol	Yaş Yaprak	Oolong 4	Oolong 3	Oolong 2	Oolong 1	Yeşil
		9.48 ^f ±0.56	14.62 ^e ±0.02	18.90 ^d ±0.26	17.73 ^c ±1.31	19.76 ^b ±0.99	19.98 ^b ±0.90	21.29 ^a ±0.73	21.74 ^a ±0.42

Her bir varyasyon kaynağı için aynı satırlardaki farklı harfler ortalamaların p<0.05 seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

Yapılan bir çalışmada aynı hammadde kullanılarak üretilen farklı çaylarda ABTS yöntemi ile antioksidan aktivite analizi yapılmıştır. Bu yöntem antioksidan varlığında çözeltideki ABTS radikalinin absorbansındaki azalmanın ölçülmesine dayanmaktadır (Re vd. 1999). Çalışmada farklı yeşil çayların antioksidan aktivitesinin 44 ile 55 mM TEAC olduğu tespit edilmiştir. Siyah çaylarda ise bu değerlerin yeşil çaydan daha düşük olduğu, 25 ile 34 mM TEAC arasında değişim gösterdiği belirtilmiştir. Ayrıca çalışma kapsamında toplam fenolik madde ve toplam flavonoid madde analizleri gerçekleştirilmiş ve antioksidan aktivite sonuçları ile güçlü bir korelasyon olduğu bildirilmiştir (Carloni vd. 2013).

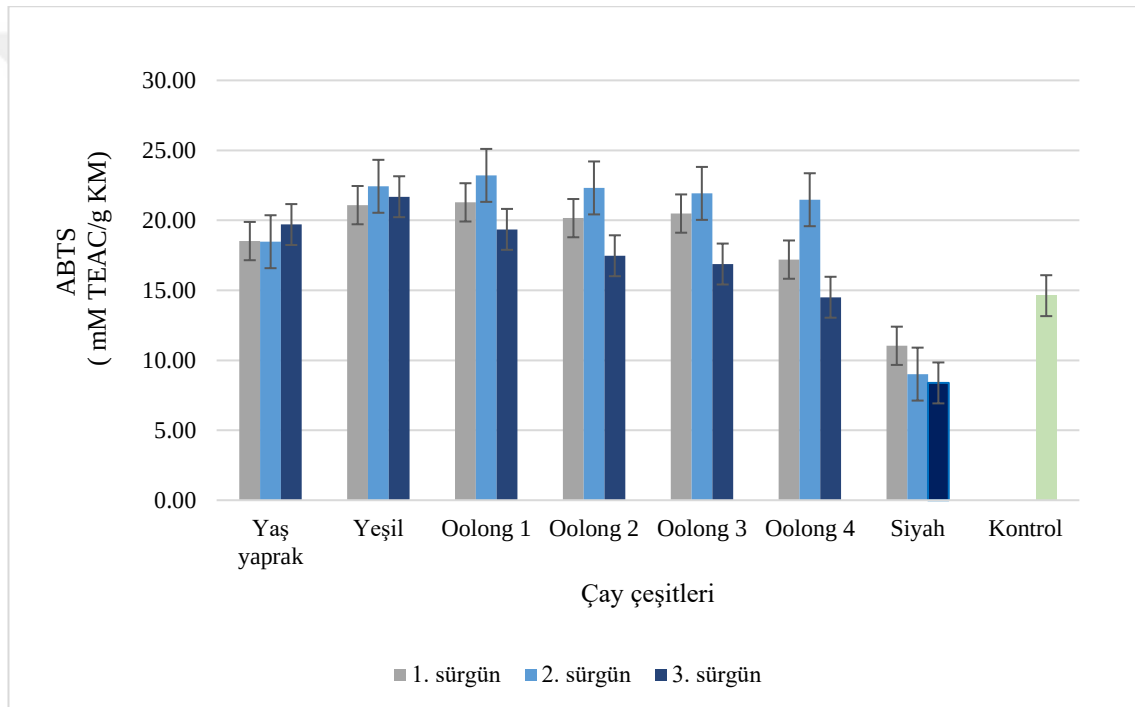
Zhao vd. (2019) siyah, oolong, yeşil, beyaz, sarı ve mikrobiyal fermente olan farklı özellikteki 30 çayın antioksidan özelliklerini incelemiş ve ABTS yöntemi ile yapılan analiz sonuçlarına göre antioksidan aktivitelerinin 166.29 ± 24.48 ile 2532.41 ± 50.18 μmol Troloks/g KM arasında değişim gösterdiğini bildirmiştir. Ayrıca yeşil çayın 1899.19 ± 315.79 μmol TEAC/g KM ile oolong çay (1211.28 ± 176.81 μmol TEAC/g KM) ve siyah çaydan (809.97 ± 237.04 μmol TEAC/g KM) daha fazla antioksidan aktivite gösterdiği rapor edilmiştir.

Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak toplam antioksidan aktivite (DPPH) miktarlarının değişimi (Şekil 4.3) incelendiğinde de üretilen çayların antioksidan aktivitelerinin yaş yaprak ve yeşil çayda 3 sürgün döneminde de birbirlerine oldukça yakinken üretilen oolong çaylarda değişim gözlenmektedir. Çay üretimindeki oksidasyon derecesinin artması ile yani oolong 1 numaralı çaydan siyah çaya doğru antioksidan aktivite azalmaktadır. Yanı sıra üretilen çayların 1. sürgün döneminde, 2. ve 3. sürgün döneminden daha yüksek antioksidan aktivite gösterdiği görülmektedir.



Şekil 4.3. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak toplam antioksidan aktivite (DPPH) değişimi

Şekil 4.4 incelendiğinde de üretilen çayların ABTS yöntemi ile belirlenen antioksidan aktivitelerinin DPPH yönteminde de olduğu gibi yaş yaprak ve yeşil çayda 3 sürgün döneminde de birbirlerine oldukça yakın olduğu, oksidasyon derecesinin artması ile azaldığı görülmektedir. Ancak ABTS yönteminde 2. sürgün döneminde üretilen çayların antioksidan aktivitesi diğer sürgün dönemlerinden daha fazla bulunmuştur. Bilindiği gibi kateşinler dahil olmak üzere çay polifenoller, *in vitro* olarak reaktif oksijen türlerinin etkili temizleyicileridir (Chen vd. 2010). Bu sebeple güçlü antioksidan özellik göstermektedirler. Oksidasyon derecesinin artmasına bağlı olarak çay polifenollerinin okside olması ve polimerlere dönüşümü (Ng vd. 2018) antioksidan aktivitenin azalmasına neden olmuştur. Buradan anlaşılmaktadır ki, kateşinler oksidasyon sürecinde dimer ve polimerlere dönüştüğünde, yani TF ve TR'lere dönüştüğünde antioksidan yeteneklerini bir miktar kaybetmektedir. Nitekim sonuçlar bu konuda yapılmış pek çok araştırma sonuçları ile paraleldir (Almajano vd. 2008; Carloni vd. 2013; Islam vd. 2018; Salman vd. 2022).



Şekil 4.4. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak toplam antioksidan aktivite (ABTS) değişimi

4.5. Polifenolik Madde Kompozisyonu, Gallik Asit ve Kafein Miktarı

Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin polifenolik madde kompozisyonu, gallik asit ve kafein miktarları Çizelge 4.13’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde çay çeşitlerinin tamamında en fazla bulunan kateşin EGCG olduğu tespit edilmiş ve EGCG miktarı 0.83 ile 8.51 g/100 g KM arasında değişim göstermiştir. Major kateşinlerinden EGC değeri 0.81 ile 3.03 arasında, C değeri 0.67 ile 2.34, ECG değeri 0.46 ile 2.00 g/100 g KM arasında değişim göstermiştir. Diğer kateşinler ise EC değeri 0.10 ile 1.59 arasında, GC değeri 0 ile 0.74 arasında, GCG değeri 0.54 ile 0.89 arasında ve CG değeri 0.08 ile 0.11 g/100 g KM arasında değişim göstermiştir. Çay çeşitlerinin gallik asit, kafein ve teflavin sonuçları incelendiğinde (Çizelge 4.13), GA değerlerinin 0.52 ile 0.73, K değerlerinin 2.19 ile 3.35 arasında, TF3,3’DG değerlerinin 0 ile 1.41 arasında, TF değerlerinin ise 0 ile 1.06 g/100 g KM arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir.

Çizelge 4.13. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin polifenolik madde kompozisyonu, gallik asit ve kafein miktarları

Sürgün Dönemi	Çay Çeşidi	GC	EGC	C	EGCG
1. sürgün	Yaş yaprak	0.53 ± 0.01	1.00 ± 0.00	0.87 ± 0.00	3.73 ± 0.08
	Yeşil	0.73 ± 0.02	1.90 ± 0.13	2.30 ± 0.08	6.72 ± 0.11
	Oolong 1	0.73 ± 0.00	2.23 ± 0.02	2.34 ± 0.10	5.85 ± 0.16
	Oolong 2	0.68 ± 0.02	2.83 ± 0.10	2.02 ± 0.03	5.74 ± 0.36
	Oolong 3	0.69 ± 0.05	3.03 ± 0.08	1.54 ± 0.06	4.61 ± 0.03
	Oolong 4	0.61 ± 0.04	2.78 ± 0.07	1.35 ± 0.06	3.60 ± 0.14
	Siyah	0.00 ± 0.00	1.59 ± 0.03	0.72 ± 0.00	0.89 ± 0.04
2. sürgün	Yaş yaprak	0.52 ± 0.01	1.05 ± 0.01	0.87 ± 0.00	4.38 ± 0.03
	Yeşil	0.74 ± 0.01	0.81 ± 0.00	2.19 ± 0.00	7.82 ± 0.11
	Oolong 1	0.67 ± 0.02	1.21 ± 0.03	1.81 ± 0.04	7.25 ± 0.08
	Oolong 2	0.67 ± 0.01	1.39 ± 0.07	1.79 ± 0.01	7.40 ± 0.31
	Oolong 3	0.65 ± 0.01	1.36 ± 0.07	1.63 ± 0.02	6.58 ± 0.17
	Oolong 4	0.62 ± 0.02	1.49 ± 0.15	1.48 ± 0.03	5.94 ± 0.40
	Siyah	0.00 ± 0.00	0.89 ± 0.00	0.75 ± 0.00	0.83 ± 0.01
3. sürgün	Yaş yaprak	0.54 ± 0.00	1.03 ± 0.00	0.86 ± 0.00	4.21 ± 0.06
	Yeşil	0.72 ± 0.01	1.48 ± 0.08	1.87 ± 0.00	8.51 ± 0.10
	Oolong 1	0.61 ± 0.02	1.72 ± 0.13	1.27 ± 0.06	6.29 ± 0.36
	Oolong 2	0.57 ± 0.00	1.96 ± 0.26	1.14 ± 0.00	5.67 ± 0.06
	Oolong 3	0.54 ± 0.00	2.03 ± 0.26	1.01 ± 0.00	4.91 ± 0.34
	Oolong 4	0.00 ± 0.00	1.79 ± 0.05	0.84 ± 0.03	3.15 ± 0.26
	Siyah	0.00 ± 0.00	0.86 ± 0.01	0.67 ± 0.00	0.88 ± 0.01
Kontrol		0.00 ± 0.00	1.25 ± 0.01	0.75 ± 0.01	1.97 ± 0.01

Sonuçlar ortalama±standart hata olarak verilmiştir.

Devamı arkada

Çizelge 4.13'ün devamı

Sürgün Dönemi	Çay Çeşidi	EC	GCG	ECG	CG
1. sürgün	Yaş yaprak	0.92 ± 0.01	0.70 ± 0.00	1.65 ± 0.00	0.08 ± 0.00
	Yeşil	1.43 ± 0.07	0.89 ± 0.02	1.62 ± 0.12	0.10 ± 0.00
	Oolong 1	1.59 ± 0.06	0.87 ± 0.02	1.77 ± 0.06	0.10 ± 0.00
	Oolong 2	1.56 ± 0.01	0.87 ± 0.02	1.78 ± 0.05	0.10 ± 0.00
	Oolong 3	1.32 ± 0.07	0.85 ± 0.01	1.60 ± 0.07	0.10 ± 0.00
	Oolong 4	1.02 ± 0.02	0.75 ± 0.00	1.24 ± 0.03	0.09 ± 0.00
	Siyah	0.27 ± 0.02	0.79 ± 0.01	0.62 ± 0.02	0.09 ± 0.00
2. sürgün	Yaş yaprak	0.66 ± 0.02	0.68 ± 0.00	1.84 ± 0.00	0.08 ± 0.00
	Yeşil	1.17 ± 0.00	0.64 ± 0.00	1.70 ± 0.02	0.08 ± 0.00
	Oolong 1	1.10 ± 0.02	0.64 ± 0.00	1.74 ± 0.03	0.10 ± 0.00
	Oolong 2	1.19 ± 0.04	0.65 ± 0.00	1.78 ± 0.08	0.11 ± 0.01
	Oolong 3	1.08 ± 0.03	0.61 ± 0.00	1.61 ± 0.06	0.11 ± 0.00
	Oolong 4	1.06 ± 0.06	0.61 ± 0.02	1.54 ± 0.11	0.08 ± 0.00
	Siyah	0.10 ± 0.00	0.54 ± 0.00	0.48 ± 0.01	0.12 ± 0.00
3. sürgün	Yaş yaprak	0.66 ± 0.02	0.69 ± 0.02	1.89 ± 0.04	0.09 ± 0.00
	Yeşil	0.97 ± 0.03	0.70 ± 0.01	2.00 ± 0.04	0.08 ± 0.00
	Oolong 1	0.72 ± 0.04	0.63 ± 0.00	1.63 ± 0.01	0.11 ± 0.00
	Oolong 2	0.72 ± 0.05	0.62 ± 0.01	1.52 ± 0.00	0.11 ± 0.00
	Oolong 3	0.69 ± 0.05	0.59 ± 0.00	1.57 ± 0.18	0.10 ± 0.01
	Oolong 4	0.45 ± 0.02	0.57 ± 0.02	1.14 ± 0.06	0.10 ± 0.00
	Siyah	0.11 ± 0.00	0.55 ± 0.00	0.46 ± 0.00	0.08 ± 0.00
Kontrol		0.38 ± 0.00	0.64 ± 0.00	1.29 ± 0.00	0.08 ± 0.00

Sonuçlar ortalama±standart hata olarak verilmiştir.

Devamı arkada

Çizelge 4.13'ün devamı

Sürgün Dönemi	Çay Çeşidi	GA	K	TF3,3'DG	TF
1. sürgün	Yaş yaprak	0.62 ± 0.01	2.89 ± 0.02	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
	Yeşil	0.44 ± 0.00	2.68 ± 0.19	0.00 ± 0.00	0.53 ± 0.00
	Oolong 1	0.50 ± 0.00	2.89 ± 0.15	0.50 ± 0.00	0.60 ± 0.01
	Oolong 2	0.53 ± 0.00	2.86 ± 0.06	0.51 ± 0.01	0.60 ± 0.01
	Oolong 3	0.58 ± 0.00	2.61 ± 0.13	0.66 ± 0.01	0.70 ± 0.00
	Oolong 4	0.61 ± 0.00	2.88 ± 0.03	0.70 ± 0.01	0.70 ± 0.01
	Siyah	0.58 ± 0.00	2.80 ± 0.03	1.41 ± 0.03	1.06 ± 0.02
2. sürgün	Yaş yaprak	0.72 ± 0.01	3.35 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
	Yeşil	0.43 ± 0.00	2.32 ± 0.04	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
	Oolong 1	0.51 ± 0.01	2.51 ± 0.08	0.43 ± 0.01	0.57 ± 0.00
	Oolong 2	0.54 ± 0.02	2.72 ± 0.03	0.46 ± 0.02	0.60 ± 0.03
	Oolong 3	0.56 ± 0.01	2.81 ± 0.02	0.55 ± 0.05	0.64 ± 0.02
	Oolong 4	0.60 ± 0.02	2.86 ± 0.14	0.62 ± 0.00	0.68 ± 0.01
	Siyah	0.52 ± 0.00	2.19 ± 0.05	1.13 ± 0.00	0.72 ± 0.00
3. sürgün	Yaş yaprak	0.70 ± 0.00	3.26 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
	Yeşil	0.44 ± 0.00	2.78 ± 0.11	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
	Oolong 1	0.59 ± 0.03	3.25 ± 0.05	0.70 ± 0.03	0.66 ± 0.00
	Oolong 2	0.63 ± 0.01	3.14 ± 0.07	0.70 ± 0.02	0.71 ± 0.02
	Oolong 3	0.69 ± 0.01	3.44 ± 0.19	0.78 ± 0.02	0.71 ± 0.00
	Oolong 4	0.71 ± 0.01	3.17 ± 0.06	1.01 ± 0.06	0.71 ± 0.05
	Siyah	0.54 ± 0.00	2.95 ± 0.02	1.14 ± 0.00	0.63 ± 0.02
Kontrol		0.73 ± 0.00	2.99 ± 0.00	1.04 ± 0.02	0.59 ± 0.01

Sonuçlar ortalama±standart hata olarak verilmiştir.

Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin polifenolik madde kompozisyonu, gallik asit ve kafein miktarlarına ait varyans analizi sonuçlarını değerlendirmek için Çizelge 4.14 incelendiğinde örneklerin CG ve ECG hariç diğer fenolik bileşik (kateşinler) miktarları, gallik asit, TF, TF3,3'DG ve kafein miktarları üzerine çay çeşidi, sürgün dönemi ve çay çeşidi-sürgün dönemi interaksiyonunun $p<0.001$ önem düzeyinde etkili olduğu görülmüştür. CG ve ECG değerlerinin ise sürgün dönemine göre istatistiksel olarak fark göstermediği görülmüştür.

Çizelge 4.14. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin polifenolik madde kompozisyonu, gallik asit ve kafein miktarlarına ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	GC		EGC		C		EGCG	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Çay çeşidi (Ç)	7	0.5160	975.17***	1.2303	63.11***	0.8157	312.47***	32.2338	466.14***
Sürgün Dönemi (S)	2	0.0724	136.78***	3.2828	168.39***	0.8599	329.41***	5.4773	79.21***
Ç*S	14	0.0294	55.63***	0.2243	11.51***	0.5060	193.84***	0.8636	12.49***
Hata	24	0.0005		0.0195		0.0026		0.0692	

(***) p<0.001 seviyesinde farklılık ifade eder.

Çizelge 4.14'ün devamı

Varyasyon Kaynağı	SD	EC		GCG		CG		ECG	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Çay çeşidi (Ç)	7	0.8769	384.05***	0.0102	58.82***	0.0005	11.66***	1.0887	143.76***
Sürgün Dönemi (S)	2	0.8878	388.8***	0.1509	872.72***	0.0001	1.4200	0.0177	2.3400
Ç*S	14	0.0622	27.22***	0.0076	43.9***	0.0002	5.21***	0.0354	4.68***
Hata	24	0.0023		0.0002		0.0000		0.0076	

(***) p<0.001 seviyesinde farklılık ifade eder.

Çizelge 4.14'ün devamı

Varyasyon Kaynağı	SD	GA		K		TF3,3'DG		TF	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Çay çeşidi (Ç)	7	0.0512	282.53***	0.2088	14.89***	1.1492	1212.37***	0.4750	1050.75***
Sürgün Dönemi (S)	2	0.0154	85.01***	0.6996	49.89***	0.0827	87.21***	0.0683	151***
Ç*S	14	0.0031	16.95***	0.0939	6.69***	0.0222	23.47***	0.0342	75.66***
Hata	24	0.0044		0.0140		0.0009		0.0005	

(***) p<0.001 seviyesinde farklılık ifade eder.

Çizelge 4.15. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin polifenolik madde kompozisyonu, gallik asit ve kafein miktarının ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

GC	Sürgün dönemi	3	2	1	Yaş yaprak	Oolong 3	Oolong 2	Oolong 1	Yeşil
	Çay çeşidi	Kontrol	Siyah	Oolong 4					
		0.37 ^b ±0.08	0.48 ^a ±0.07	0.49 ^a ±0.08					
EGC	Sürgün dönemi	2	3	1	Yeşil	Oolong 1	Oolong 4	Oolong 2	Oolong 3
	Çay çeşidi	Yaş yaprak	Siyah	Kontrol					
		1.18 ^c ±0.06	1.52 ^b ±0.11	2.08 ^a ±0.19					
		1.02 ^e ±0.01	1.12 ^{de} ±0.15	1.25 ^{dc} ±0.00	1.40 ^c ±0.20	1.72 ^b ±0.19	2.02 ^a ±0.25	2.07 ^a ±0.28	2.15 ^a ±0.32
C	Sürgün dönemi	3	2	1	Oolong 4	Oolong 3	Oolong 2	Oolong 1	Yeşil
	Çay çeşidi	Kontrol	Yaş yaprak	Siyah					
		1.05 ^c ±0.09	1.41 ^b ±0.13	1.48 ^a ±0.16					
		0.75 ^g ±0.00	0.87 ^f ±0.00	1.11 ^e ±0.24	1.36 ^d ±0.05	1.44 ^c ±0.10	1.61 ^b ±0.19	1.66 ^{ba} ±0.28	1.72 ^a ±0.33
EGCG	Sürgün dönemi	1	3	2	Oolong 4	Oolong 3	Oolong 2	Oolong 1	Yeşil
	Çay çeşidi	Siyah	Kontrol	Yaş yaprak					
		4.14 ^c ±0.49	4.45 ^b ±0.60	5.27 ^a ±0.64					
		0.87 ^f ±0.01	1.97 ^e ±0.00	4.11 ^d ±0.13	4.23 ^d ±0.56	5.37 ^c ±0.40	6.27 ^b ±0.38	6.46 ^b ±0.28	7.68 ^a ±0.33
EC	Sürgün dönemi	3	2	1	Oolong 4	Oolong 3	Oolong 1	Oolong 2	Yeşil
	Çay çeşidi	Siyah	Kontrol	Yaş yaprak					
		0.59 ^c ±0.06	0.84 ^b ±0.10	1.06 ^a ±0.12					
		0.16 ^f ±0.03	0.39 ^e ±0.00	0.75 ^d ±0.05	0.85 ^c ±0.13	1.03 ^b ±0.12	1.14 ^a ±0.16	1.16 ^a ±0.15	1.19 ^a ±0.09
GCG	Sürgün dönemi	3	2	1	Oolong 3	Yaş yaprak	Oolong 2	Oolong 1	Yeşil
	Çay çeşidi	Siyah	Kontrol	Oolong 4					
		0.62 ^b ±0.01	0.63 ^b ±0.01	0.79 ^a ±0.02					
		0.63 ^e ±0.05	0.64 ^{ed} ±0.00	0.65 ^d ±0.03	0.68 ^c ±0.05	0.69 ^c ±0.01	0.71 ^b ±0.05	0.71 ^b ±0.05	0.74 ^a ±0.05
ECG	Sürgün dönemi	3	1	2	Oolong 3	Oolong 2	Oolong 1	Yeşil	Yaş yaprak
	Çay çeşidi	Siyah	Kontrol	Oolong 4					
		1.44 ^a ±0.12	1.45 ^a ±0.09	1.50 ^a ±0.11					
		0.52 ^d ±0.03	1.30 ^c ±0.00	1.31 ^c ±0.08	1.59 ^b ±0.05	1.70 ^{ba} ±0.06	1.71 ^a ±0.08	1.77 ^a ±0.08	1.79 ^a ±0.05
CG	Sürgün dönemi	1	3	2	Siyah	Oolong 4	Oolong 3	Oolong 1	Oolong 2
	Çay çeşidi	Kontrol	Yaş yaprak	Yeşil					
		0.09 ^a ±0.00	0.10 ^a ±0.00	0.10 ^a ±0.00					
		0.09 ^c ±0.00	0.09 ^{cb} ±0.00	0.09 ^{cb} ±0.00	0.09 ^b ±0.01	0.09 ^b ±0.00	0.10 ^a ±0.00	0.11 ^a ±0.00	0.11 ^a ±0.00

Her bir varyasyon kaynağı için aynı satırdaki farklı harfler ortalamaların p<0.05 seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

Devamı arkada

Çizelge 4.15'in devamı

GA	Sürgün dönemi	1	2	3					
	Çay çeşidi	Yeşil	Oolong 1	Siyah	Oolong 2	Oolong 3	Oolong 4	Yaş yaprak	Kontrol
		0.57 ^b ±0.02	0.57 ^b ±0.03	0.63 ^a ±0.02					
		0.44 ^g ±0.00	0.53 ^f ±0.02	0.55 ^f ±0.01	0.57 ^e ±0.02	0.61 ^d ±0.03	0.64 ^c ±0.02	0.68 ^b ±0.02	0.73 ^a ±0.02
K	Sürgün dönemi	2	1	3					
	Çay çeşidi	Yeşil	Siyah	Oolong 1	Oolong 2	Oolong 3	Oolong 4	Kontrol	Yaş yaprak
		2.72 ^c ±0.09	2.83 ^b ±0.04	3.12 ^a ±0.05					
		2.59 ^c ±0.11	2.65 ^c ±0.15	2.88 ^b ±0.14	2.91 ^b ±0.08	2.95 ^b ±0.17	2.97 ^b ±0.07	3.00 ^b ±0.00	3.17 ^a ±0.09
TF3,3'DG	Sürgün dönemi	2	1	3					
	Çay çeşidi	Yaş yaprak	Yeşil	Oolong 1	Oolong 2	Oolong 3	Oolong 4	Kontrol	Siyah
		0.53 ^c ±0.10	0.60 ^b ±0.12	0.67 ^a ±0.11					
		0.00 ^f ±0.00	0.00 ^f ±0.00	0.54 ^e ±0.05	0.56 ^e ±0.05	0.67 ^d ±0.04	0.78 ^c ±0.08	1.04 ^b ±0.01	1.23 ^a ±0.06
TF	Sürgün dönemi	2	3	1					
	Çay çeşidi	Yaş yaprak	Yeşil	Kontrol	Oolong 1	Oolong 2	Oolong 3	Oolong 4	Siyah
		0.48 ^c ±0.07	0.50 ^b ±0.08	0.60 ^a ±0.07					
		0.00 ^g ±0.00	0.18 ^f ±0.11	0.59 ^e ±0.00	0.61 ^d ±0.02	0.64 ^c ±0.02	0.69 ^b ±0.02	0.70 ^b ±0.01	0.81 ^a ±0.08

Her bir varyasyon kaynağı için aynı satırdaki farklı harfler ortalamaların p<0.05 seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin polifenolik madde kompozisyonu, gallik asit ve kafein miktarının ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.15’de verilmiştir.

Renksiz, suda çözünür ve çay deminde acılık ve burukluktan sorumlu olan kateşin değerlerin ortalamalarına ait Çizelge 4.15 incelendiğinde GC, C, EGCG, EC ve GCG değerlerinin en fazla yeşil çay örneklerinde bulunduğu, ECG değerinin yaş yaprak, yeşil ve oolong 1 numaralı çaylarda, EGC değerinin ise oolong 3, oolong 2 ve oolong 4 numaralı çaylarda yüksek olduğu görülmüştür. CG değerinin ise oolong 2, oolong 1 ve oolong 3 numaralı çaylarda istatistiki açıdan farklı olmadığı ve diğer çay çeşitlerinden yüksek miktarda olduğu belirlenmiştir. EGCG, EC, GCG, ECG miktarlarının çay çeşitleri üzerine etkisine bakıldığı zaman ise düşük miktarların siyah çay örneklerinde olduğu yanı sıra GC değerlerinde kontrol örneği ve siyah çayda, EGC değerinin yaş yaprakta, CG değerininse kontrol örneğinde olduğu görülmektedir. Genel olarak değerlendirildiğinde ise açıkça görülmektedir ki kateşinler, oksidasyon süresinin uzaması ile azalmaktadır. Nitekim yapılan birçok çalışma sonucuna göre, tüm çay çeşitlerinin, oksidasyon derecelerine bağlı olarak farklı miktarlarda kateşinlere sahip olduğu, yeşil çayda önemli bir bileşik olan EGCG ve yanı sıra toplam kateşinlerin yeşil çaydan siyah çaya artan oksidasyon süresi ile azaldığı, diğer bireysel kateşinlerin de yeşil ve oolong çayda siyah çaydan daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Peterson vd. 2005; Ng vd. 2018; Salman vd. 2022).

Çay demine acılık ve burukluk veren sarı renkli bileşikler olan TF ve TF3,3’DG miktarları, çay çeşitlerine göre incelendiğinde ise en yüksek miktarların siyah çay örneklerinde olduğu görülmektedir. Bu bileşikler yeşil çayda ve yaş yaprakta tespit edilemezken ya da çok az miktarda tespit edilirken yeşil çaydan oolong çay ve siyah çaya doğru oksidasyon derecesinin artması ile paralel olarak artmaktadır. Tüm bu sonuçlar değerlendirildiğinde ise literatür ile uyumlu sonuçlara ulaşılmıştır. Bilindiği gibi kateşinler oksidasyon ile teafavinler (TF) ve tearubijinlere (TR) dönüşmektedir (Peterson vd. 2005; Ng vd. 2018).

Çayın kuru madde üzerinden yaklaşık %2-5’ini oluşturan ve bir alkaloid grubu olan kafein değerleri incelendiğinde (Çizelge 4.15) yaş yaprağın kafein içeriğinin en yüksek olduğu tespit edilmiştir. Kontrol örneği ve oolong çay çeşitlerinin kafein içeriklerinin istatistiki açıdan önemli bir fark oluşturmadığı görülmektedir. Siyah ve yeşil çay örneklerinin ise istatistiki açıdan fark göstermediği görülmektedir. GA değerleri incelendiğinde de benzer sonuçlar olduğu görülmektedir. Genel olarak değerlendirildiğinde ise oksidasyon derecesinin kafein miktarı ve gallik asit miktarı üzerine önemli bir etkisi olmadığı görülmektedir.

Çizelge 4.15 değerlendirildiğinde çay örneklerinde genel olarak kateşin miktarlarının birinci sürgün döneminde daha yüksek miktarda tespit edildiği söylenebilir. Ancak aynı klondan aynı normlarda 2.5-3.5 yaprak toplanması sürgün dönemlerine bağlı olarak içerik değişiminin azalmasını engellemiştir. Bu durum Türkiye’de tüm dünyada uygulanan yaprak toplama standardı uygulandığında sürgün döneminden bağımsız olarak sezon boyunca kaliteli çay üretilebileceğini göstermektedir. Halbuki mevcut koşullarda çay kalitesi birinci sürgün döneminden üçüncü sürgün dönemine doğru düşmektedir.

Hasat sezonunun çayın lezzet, aroma ve bileşimi üzerinde etkili olduğu bilinmektedir (Ozdemir vd. 1992; Carloni vd. 2013; Özdemir vd. 2018).

Çayın birincil kimyasal bileşenleri üzerinde farklı imalat işlemlerinin etkisini araştırmak için, aynı hammadde kullanılarak altı çeşit geleneksel Çin çayının üretildiği bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda üretilen yeşil, oolong ve siyah çayların major kateşinlerinden EGCG miktarı 27.9 ± 0.24 , 25.8 ± 1.43 , 4.67 ± 1.79 mg/g, EGC miktarı 11.3 ± 2.01 , 10.4 ± 2.16 , 1.02 ± 3.98 mg/g, ECG miktarı 11.3 ± 2.01 , 10.4 ± 2.16 , 1.02 ± 3.98 mg/g, ECG miktarı 10.3 ± 2.56 , 7.25 ± 1.11 , 1.53 ± 0.99 mg/g olarak belirlenmiştir. Kateşinlerin içeriğinin fermentasyon sırasında büyük ölçüde azaldığı ve çayın işlenmesi sırasında kateşinlerin epimerizasyonunun ve oksidatif bozunmasının meydana geldiği ve böylece farklı çay türleri arasında büyük farklılıklar olduğu rapor edilmiştir. Bu çalışmada ayrıca kafein içeriğinin oksidasyon süresine göre nispeten sabit olduğu yeşil, oolong ve siyah çayda sırasıyla 15.6 ± 3.89 , 14.4 ± 0.63 , 13.4 ± 3.17 mg/g miktarlarında bulunduğu tespit edilmiştir (Jiang vd. 2019).

Liu vd. (2018) tarafından farklı oksidasyon (yarı fermentasyon) süreleri kullanılarak üretilen oolong çayların kimyasal bileşenleri ve tat özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmada oksidasyon süresinin (12 saat-32 saat) artması ile EGCG, GCG ve ECG miktarlarının azaldığı GC, EGC ve EC miktarlarının ise arttığı bildirilmiştir. Bu farklılıkların istatistiksel olarak da $p < 0.05$ düzeyinde önemli olduğu belirtilmiştir. EGCG miktarı 146.20'den 126.25 $\mu\text{g/mL}$ 'ye, GCG miktarı 28.79'dan 21.59 $\mu\text{g/mL}$ 'ye, ECG miktarı ise 43.32'den 37.73 $\mu\text{g/mL}$ 'ye azalmıştır. EGC 74.44'den 89.66 $\mu\text{g/mL}$, EC 66.43'den 74.19 $\mu\text{g/mL}$, GC 21.47'den 26.03 $\mu\text{g/mL}$ 'ye artış olduğu bildirilmiştir. Ayrıca incelenen TF 11.05' den 14.55 $\mu\text{g/mL}$ ve TF3,3'DG ise 0.41'den 0.95 $\mu\text{g/mL}$ miktarları da artış göstermiştir. Nitekim daha önce yapılan çalışmalarda kateşinlerin çayın buruk ve acı tadına büyük ölçüde katkıda bulunduğu bildirilmiştir (Lin vd. 1998). Gallatlanmış kateşinlerin ise, basit çay kateşinlerinden daha güçlü bir acılık ve burukluğa sahip olduğu belirtilmiştir (Obanda vd. 2001). Bu çalışma sonucunda ise acı tadın yoğunluğunun, toplam kateşinlerin ve gallatlanmış kateşinlerin konsantrasyonları ile pozitif olarak ilişkili olduğu rapor edilmiştir (Liu vd. 2018).

Yapılan başka bir çalışmada yeşil, oolong ve siyah çayların da aralarında bulunduğu 7 farklı çay çeşidinden 74 farklı çay örneğinin bazı kimyasal özellikleri incelenerek karşılaştırılmıştır. Aynı çeşitlerin ortalama sonuçları bileşen bazında değerlendirildiğinde GA miktarı en az oolong çayda (0.69 ± 0.71 mg/g), daha sonra yeşil çayda (2.01 ± 0.92 mg/g) ve en çok siyah çayda (4.43 ± 1.47 mg/g) tespit edilmiştir. Kafein miktarları yeşil, oolong ve siyah çayda sırasıyla 34.86 ± 4.32 , 19.67 ± 2.95 , 28.54 ± 3.68 mg/g olarak belirlenmiştir. Kateşinlerden EGCG en fazla bulunan kateşin olarak belirlenmiş ve yeşil, oolong ve siyah çayda sırasıyla 54.06 ± 6.83 , 27.44 ± 3.66 , 2.19 ± 2.40 mg/g olarak belirlenmiştir. Oksidasyon miktarının artması ile EGCG miktarında dramatik bir azalma görülmüştür. Benzer şekilde EC, C, GCG, ECG miktarlarında da oksidasyon derecesinin artması ile azalma görülmüştür. EGC miktarı ise 26.89 ± 5.63 mg/g ile en yüksek oolong çayda bulunmuştur. Yeşil çayda 15.48 ± 9.02 mg/g, siyah çayda ise 0.78 ± 0.58 mg/g olarak tespit edilmiştir. Sonuçlar, ana bileşenlerin içeriğinin çay türleri arasında önemli ölçüde değiştiğini göstermektedir (Yi vd. 2015).

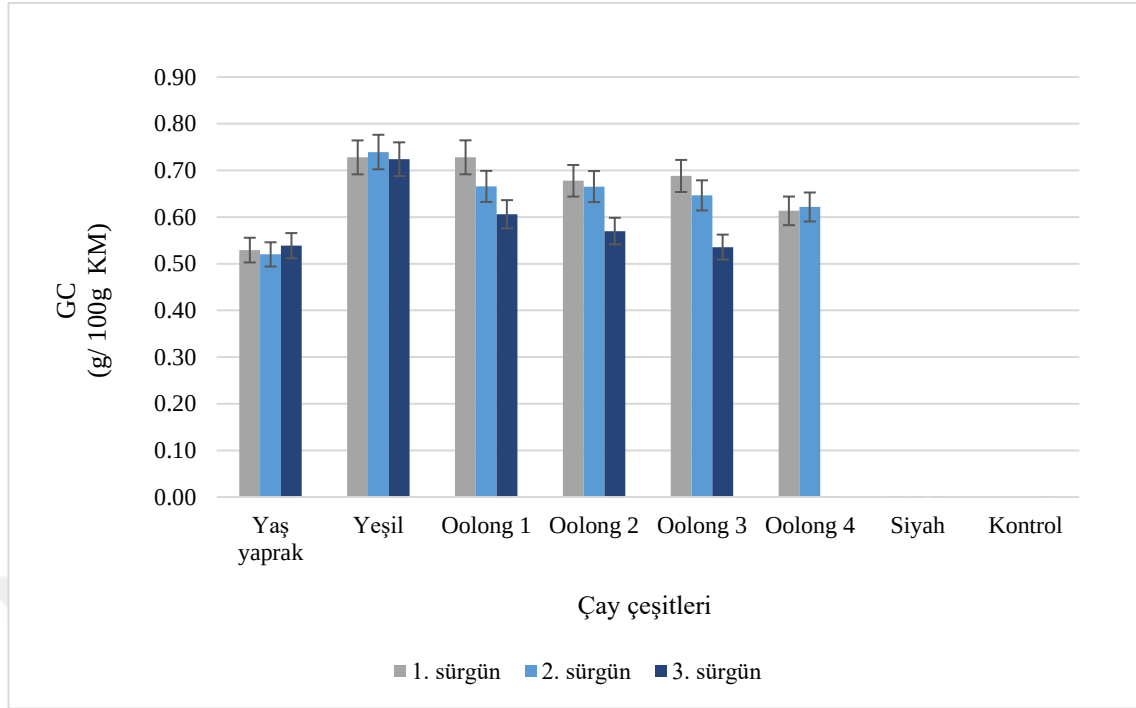
Türk siyah çayının kateşin ve kafein içeriğine rakım, sürgün dönemi ve çay sınıfının etkisinin Özdemir vd. (2018) tarafından araştırıldığı çalışmada örneklerde en

yüksek miktarda bulunan kateşinin EGCG (0.98 ± 0.03 g/100g KM) olduğu belirlenmiştir. Ayrıca bu çalışmada çaylarda kafein ($1.81\text{--}2.18$ g/100 g KM), teaflavin ($3.20\text{--}6.00$ µmol/g KM) ve tearubijin ($8.58\text{--}12.64$ g/100g KM) içerikleri de belirlenmiştir. Bu araştırmada Türkiye'de çay yetiştiriciliğine özgü olan farklı sürgün dönemlerinin, siyah çayın kalite parametrelerinin tamamına yakınına önemli ölçüde etkilediği, yüksek rakımda yetiştirilen çayların çok daha fazla miktarda kateşin içeriği bildirilmiştir. Ek olarak birinci sürgün döneminde üretilen çayın sonraki sürgün dönemlerinde toplanan örneklerle göre daha fazla kateşin içerdiği de rapor edilmiştir.

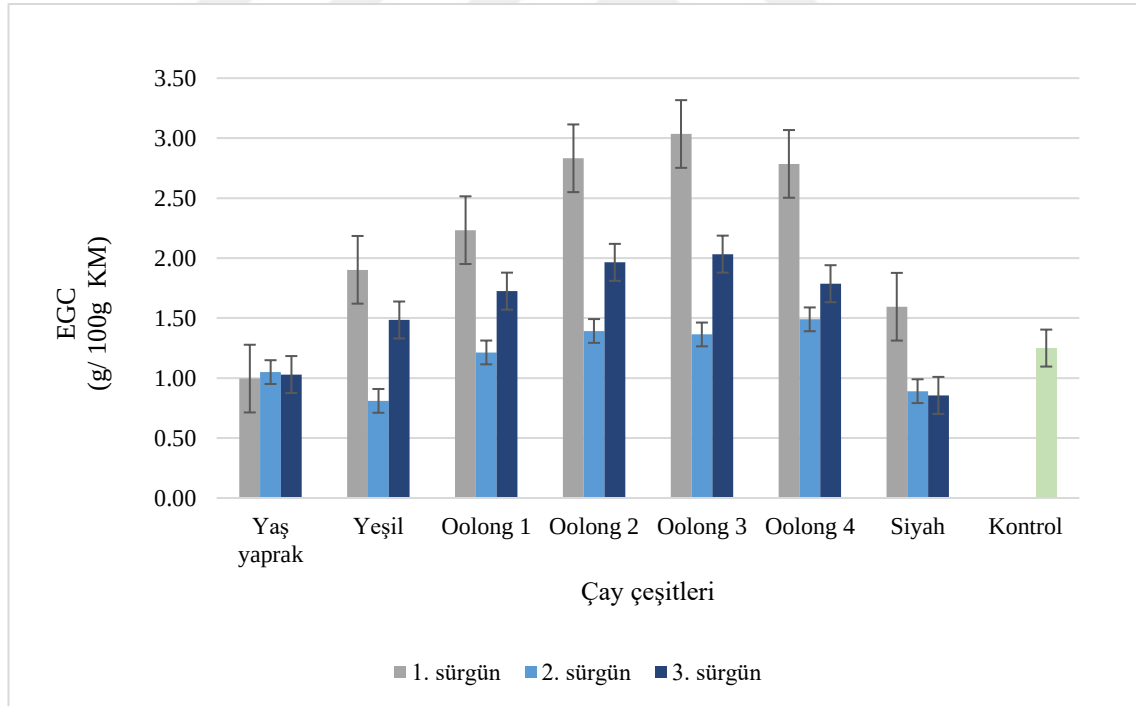
Kafein, kateşinler (GC, ECG, C, EGCG, EC, GCG, EGC, CG) ve teaflavinlerin (TF ve TF3,3'DG) çay çeşitleri ve sürgün dönemlerine göre değişimi Şekil 4.5'de verilmiştir. Şekiller incelendiğinde kateşinlerin genel olarak 1. sürgün döneminde üretilen örneklerde diğer sürgün dönemlerine göre daha yüksek miktarda olduğu görülmektedir (Şekil 4.5, Şekil 4.6, Şekil 4.7, Şekil 4.9, Şekil 4.10). Kateşinler genellikle yeşil çay örneklerinde diğer çaylara göre her sürgün dönemi içinde daha yüksek düzeyde bulunmaktadır. Ancak EGC oolong çaylarda yeşil çaydan daha yüksek düzeyde bulunmuştur. Yaş yaprak örneklerinin ECG, CG miktarı (Şekil 4.11, Şekil 4.12) yeşil çaya kısmen yakinken, diğer kateşinlerin (Şekil 4.5, Şekil 4.6, Şekil 4.7, Şekil 4.8, Şekil 4.9, Şekil 4.10, Şekil 4.6) hem yeşil çaydan hem de oolong çaylardan daha düşük miktarda bulunduğu görülmektedir. En düşük kateşin içerikleri genel olarak siyah çaylarda tespit edilmiştir. Kontrol örneği de siyah çaya yakın bir özellik göstererek daha düşük düzeyde kateşin içeriğine sahip olmuştur.

Çay çeşitlerinin kafein ve gallik asit içerikleri 3. sürgün döneminde daha yüksek düzeyde bulunmakla beraber kafein miktarının çay çeşitlerine göre dikkat çekici bir değişiklik göstermediği görülmektedir. GA miktarının ise en düşük yeşil çay örneklerinde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.13, Şekil 4.14).

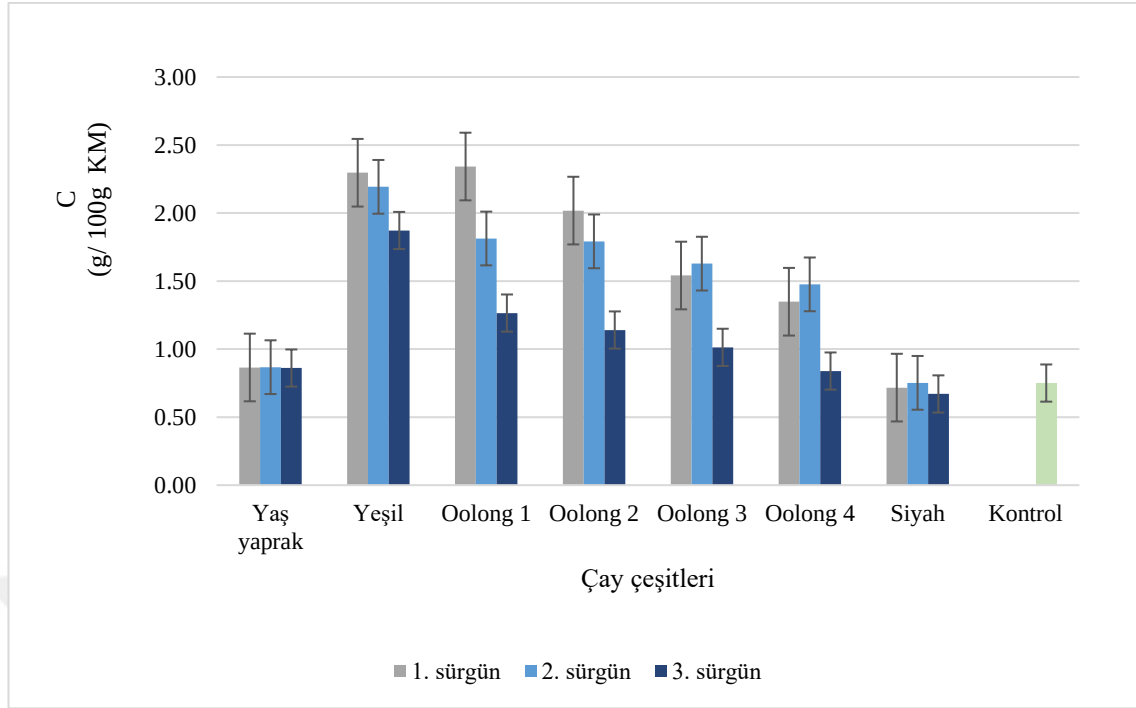
Teaflavinler (Şekil 4.15 ve Şekil 4.16) siyah çayda ve kontrol örneğinde her sürgün döneminde daha yüksek düzeyde tespit edilmiştir. Yaş yaprak ve yeşil çay örneklerinde bulunmamakla birlikte oksidasyon derecesine bağlı olarak paralel bir oranda arttığı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar kateşinlerin proses esnasındaki oksidasyonu ile ilişkilidir. Nitekim çay filizinin polifenol miktarının, çay çeşidine, sürgün dönemi ve süresine, çay klonuna, toprak ve iklim şartlarına, kültürel tedbirlere, yaprağın yaşına ve toplanış şekli gibi birçok faktöre bağlıdır. Ayrıca farklı çay çeşitlerinin üretimi esnasında uygulanan işlemlere bağlı olarak da, polifenolik madde içeriğinin değiştiği bildirilmektedir (Özdemir 1992).



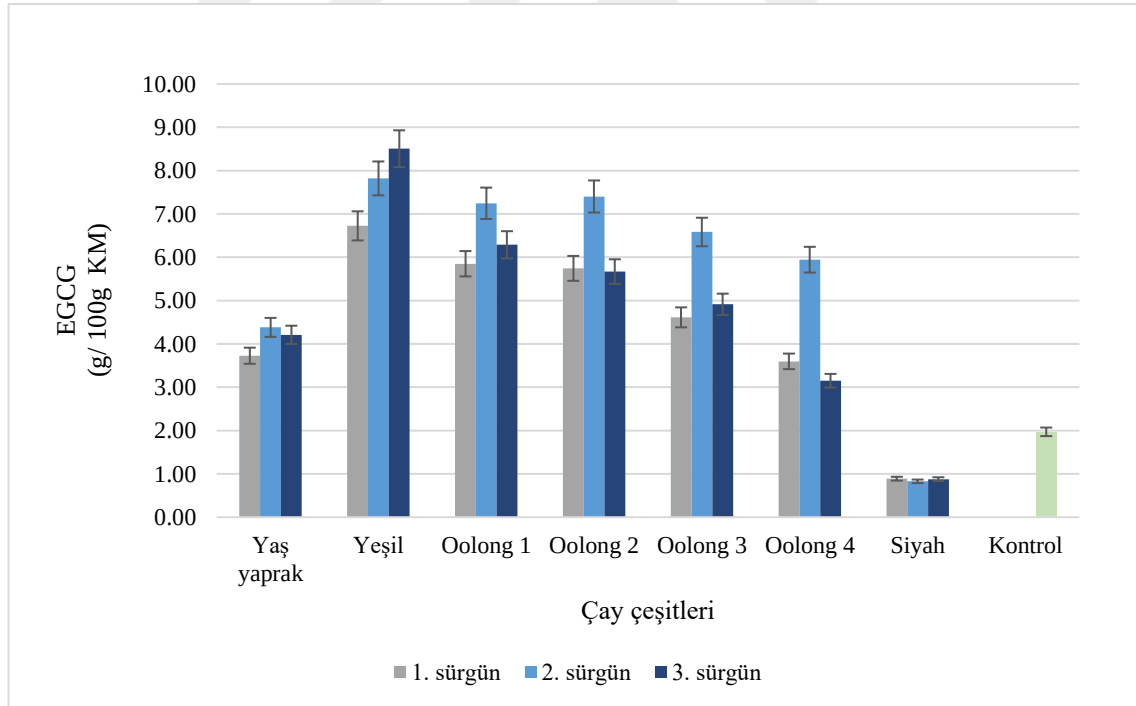
Şekil 4.5. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak GC miktarlarının değişimi



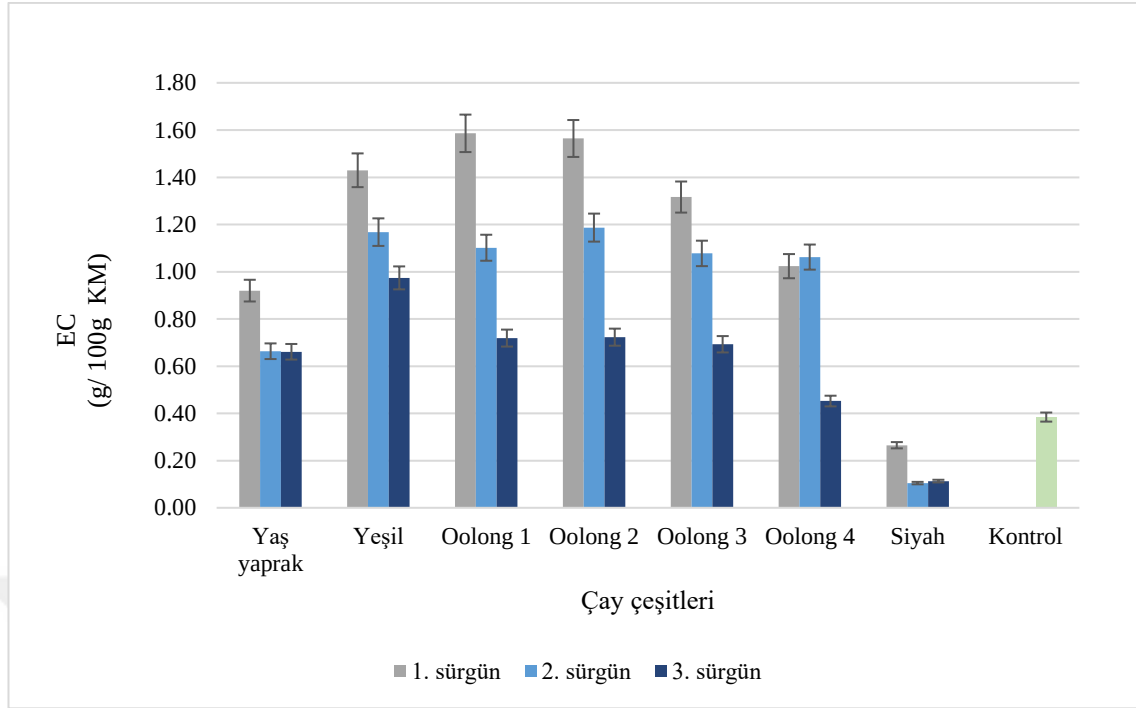
Şekil 4.6. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak EGC miktarlarının değişimi



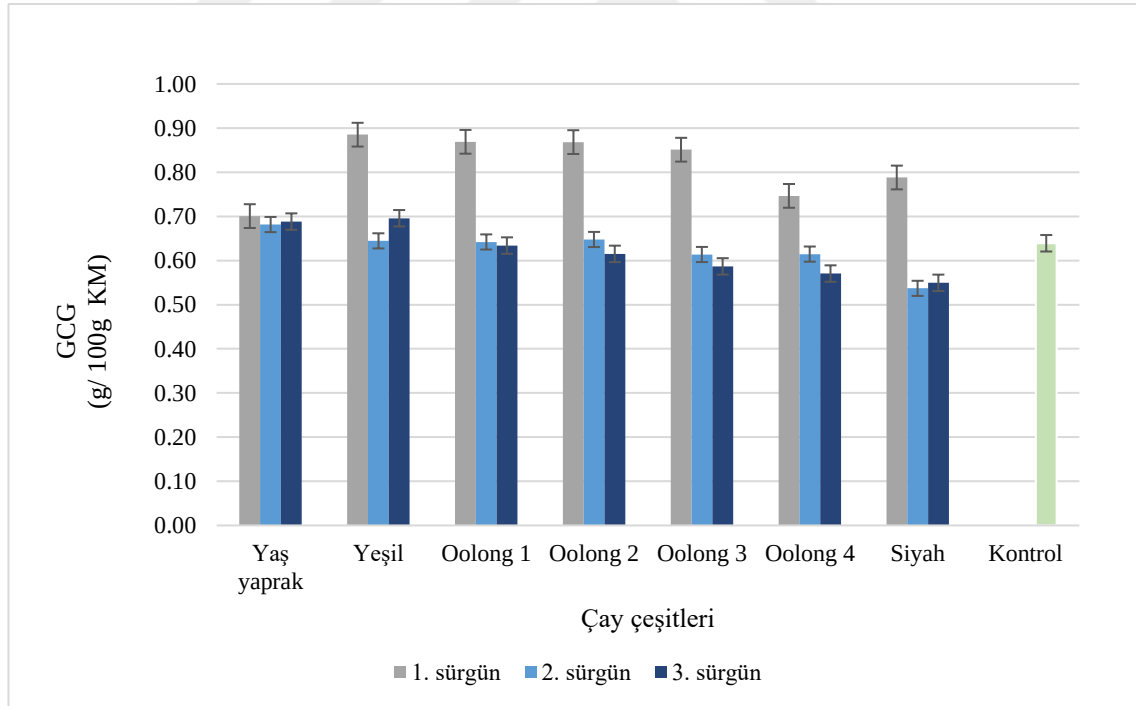
Şekil 4.7. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak C miktarlarının değişimi



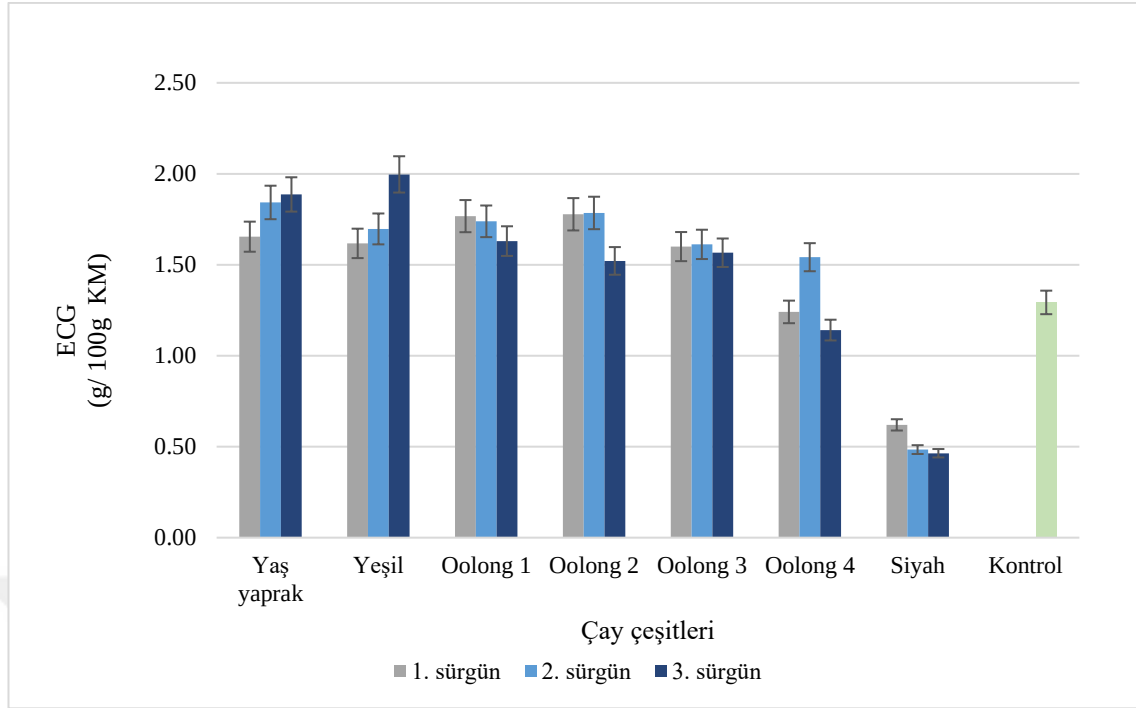
Şekil 4.8. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak EGCG miktarlarının değişimi



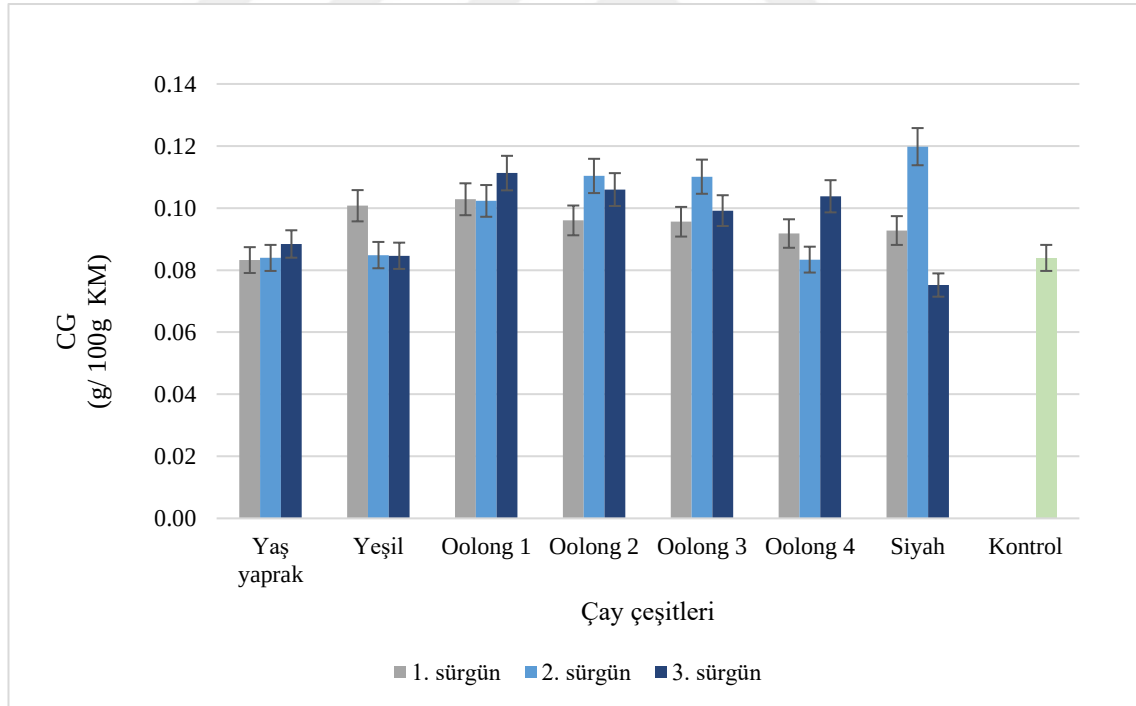
Şekil 4.9. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak EC miktarlarının değişimi



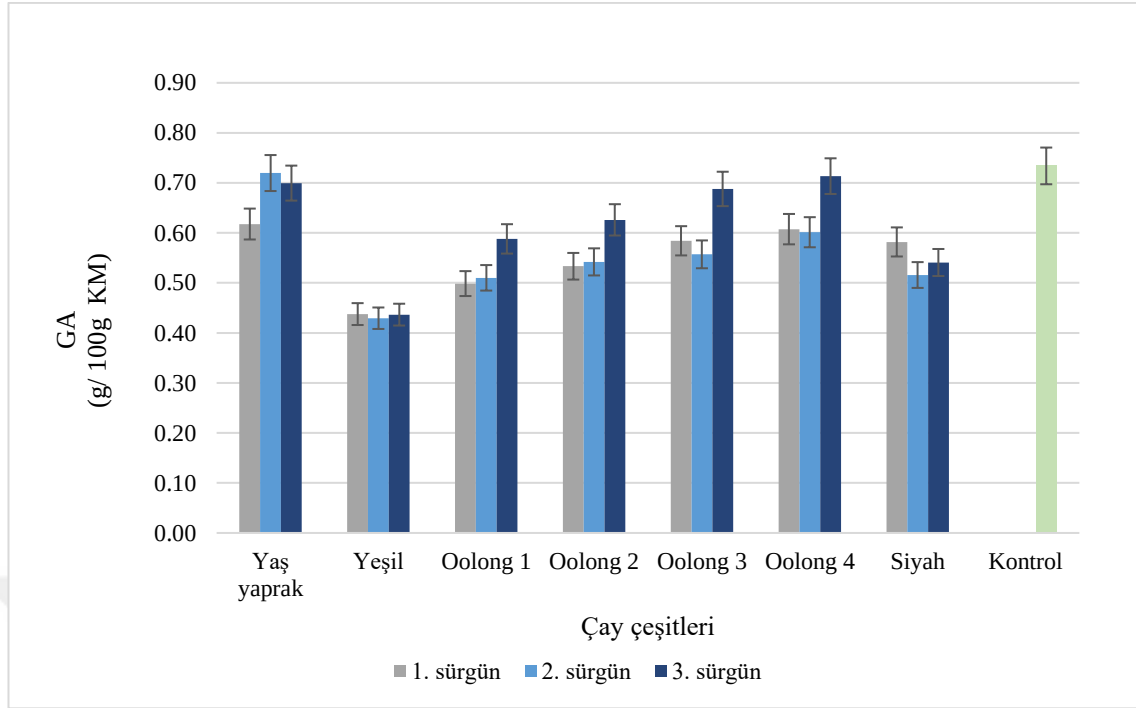
Şekil 4.10. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak GCG miktarlarının değişimi



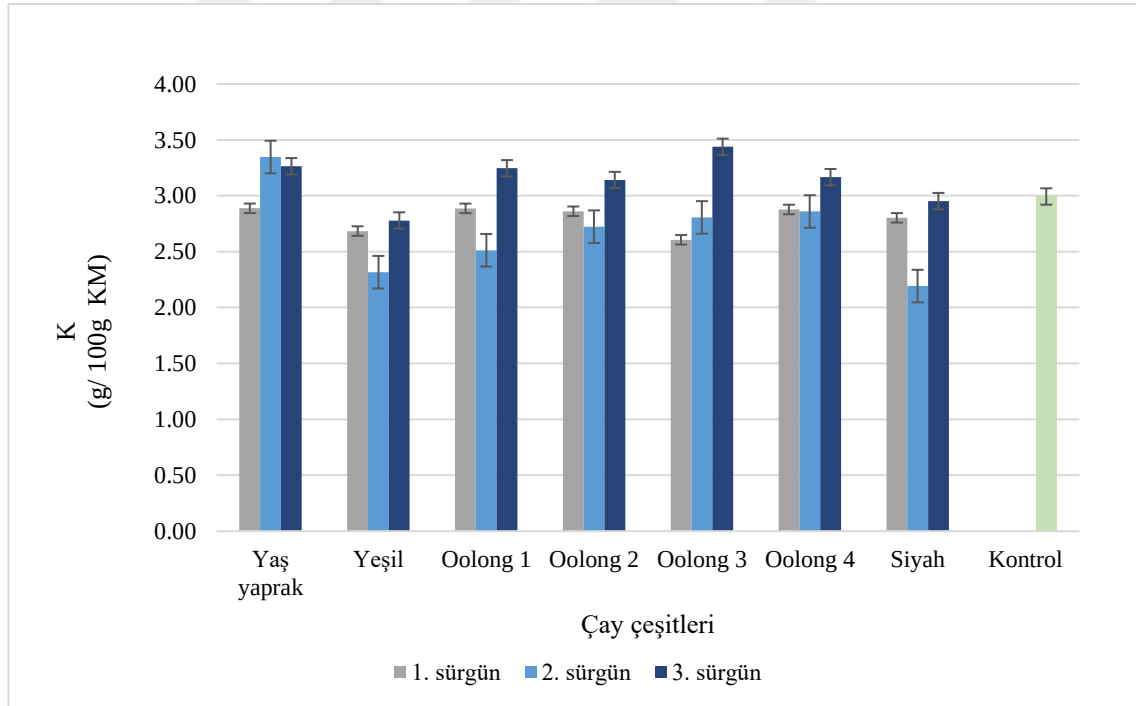
Şekil 4.11. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak ECG miktarlarının değişimi



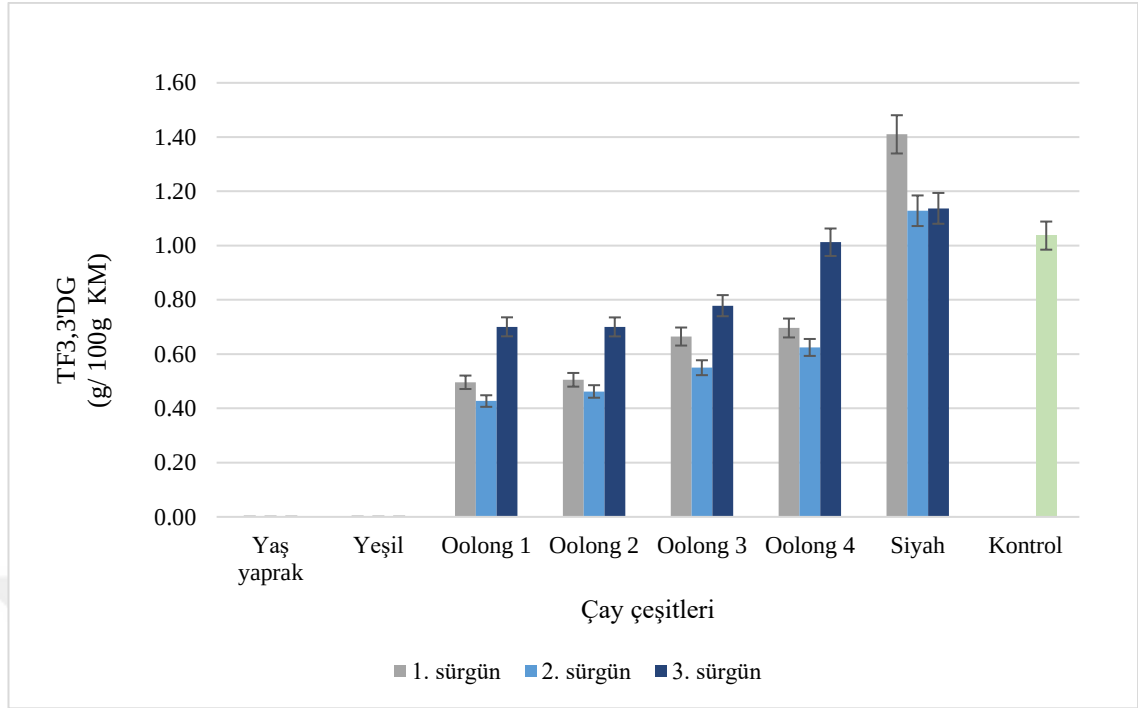
Şekil 4.12. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak CG miktarlarının değişimi



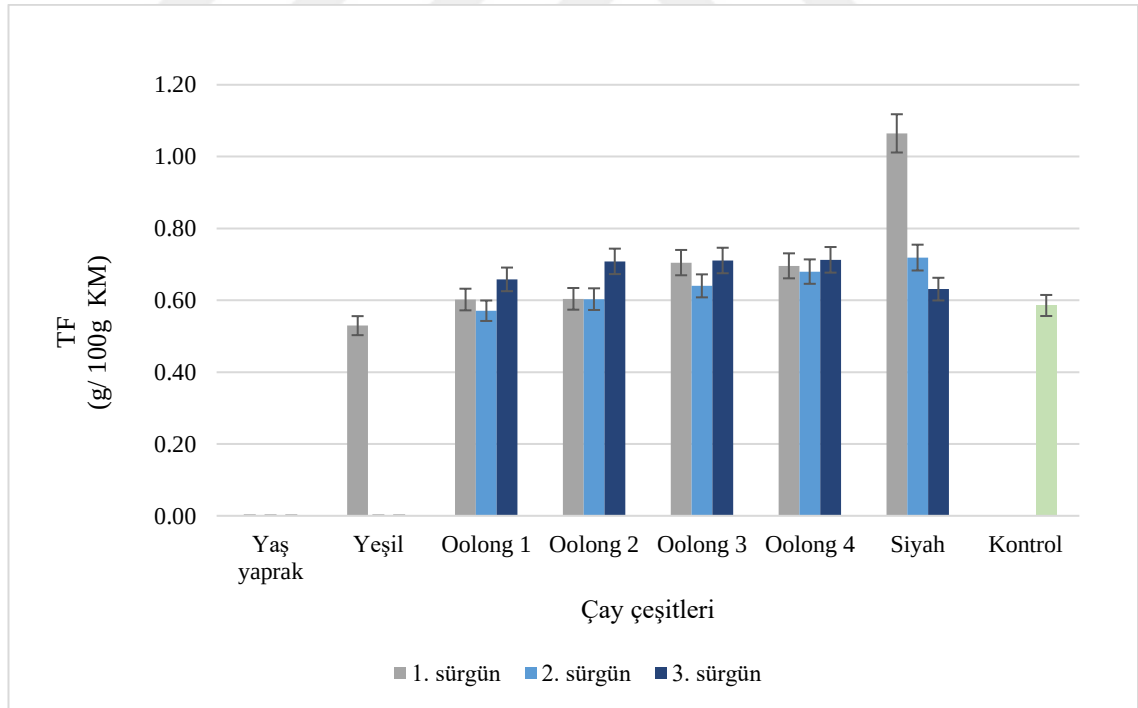
Şekil 4.13. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak GA miktarlarının değişimi



Şekil 4.14. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak K miktarlarının değişimi



Şekil 4.15. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak TF3,3'DG miktarlarının değişimi



Şekil 4.16. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak TF miktarlarının değişimi

4.6. Fenolik Asit Analizi

Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin fenolik asit miktarları Çizelge 4.16'da verilmiştir. Çizelge incelendiğinde kafeik asit miktarlarının 1.28 ile 2.21 g /100 g KM, o-kumarik asit miktarlarının 0.08-0.16 g / 100 g KM, ferulik asit miktarlarının 0.01-0.06 g / 100 g KM ve sirinjik asit miktarlarının ise 0.03-0.07 g / 100 g KM arasında değiştiği görülmektedir. Ancak ferulik asit ve sirinjik asit bazı örneklerde tespit edilememiştir. Yanı sıra klorojenik asit ve p-kumarik asit hiçbir örnekte tespit edilememiştir ve bu nedenle çizelgede belirtilmemiştir. Çalışma kapsamında üretilen çayların, incelenen fenolik asit miktarları değerlendirildiğinde kafeik asitin diğer fenolik asitlere göre daha yüksek miktarda olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.16. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin fenolik asit miktarları

Sürgün Dönemi	Çay Çeşidi	Kafeik asit (g /100g KM)	O-kumarik asit (g /100g KM)	Ferulik asit (g /100g KM)	Sirinjik asit (g /100g KM)
1. sürgün	Yaş yaprak	1.28 ± 0.00	0.09 ± 0.00	0.01 ± 0.00	t.e.
	Yeşil	1.78 ± 0.04	0.10 ± 0.00	0.01 ± 0.00	0.05 ± 0.00
	Oolong 1	1.89 ± 0.14	0.10 ± 0.00	0.03 ± 0.01	0.05 ± 0.01
	Oolong 2	1.73 ± 0.06	0.11 ± 0.00	0.06 ± 0.01	0.07 ± 0.01
	Oolong 3	1.82 ± 0.04	0.11 ± 0.00	0.05 ± 0.00	0.05 ± 0.01
	Oolong 4	1.77 ± 0.06	0.16 ± 0.00	0.08 ± 0.01	0.05 ± 0.00
	Siyah	1.61 ± 0.02	0.12 ± 0.02	0.03 ± 0.00	0.05 ± 0.01
2. sürgün	Yaş yaprak	2.04 ± 0.01	0.09 ± 0.00	0.02 ± 0.00	0.05 ± 0.01
	Yeşil	1.42 ± 0.01	0.09 ± 0.00	0.01 ± 0.01	0.03 ± 0.00
	Oolong 1	1.81 ± 0.03	0.10 ± 0.00	0.01 ± 0.01	0.07 ± 0.00
	Oolong 2	1.80 ± 0.01	0.10 ± 0.00	0.01 ± 0.01	0.07 ± 0.00
	Oolong 3	1.78 ± 0.14	0.10 ± 0.00	t.e.	0.06 ± 0.01
	Oolong 4	1.82 ± 0.06	0.10 ± 0.00	t.e.	0.05 ± 0.00
	Siyah	1.54 ± 0.01	0.09 ± 0.00	t.e.	0.04 ± 0.00
3. sürgün	Yaş yaprak	1.77 ± 0.00	0.09 ± 0.00	t.e.	t.e.
	Yeşil	1.94 ± 0.02	0.08 ± 0.00	0.01 ± 0.00	t.e.
	Oolong 1	2.16 ± 0.03	0.09 ± 0.00	0.01 ± 0.00	t.e.
	Oolong 2	2.21 ± 0.12	0.09 ± 0.00	0.01 ± 0.00	t.e.
	Oolong 3	2.11 ± 0.03	0.09 ± 0.00	0.01 ± 0.00	t.e.
	Oolong 4	2.16 ± 0.06	0.09 ± 0.00	0.01 ± 0.00	t.e.
	Siyah	1.83 ± 0.11	0.09 ± 0.00	0.01 ± 0.00	t.e.
Kontrol		1.82 ± 0.00	0.11 ± 0.00	0.02 ± 0.00	0.04 ± 0.01

Sonuçlar ortalama±standart hata olarak verilmiştir.

Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş çay ile kontrol örneğinin kafeik asit, o-kumarik asit, ferulik asit ve sirinjik asit değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.17’de, bu değerlerin ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.18’de verilmiştir.

Çizelge 4.17. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin fenolik asit miktarlarına ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	Kafeik asit		O-kumarik asit		Ferulik asit		Sirinjik Asit	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Çay çeşidi (Ç)	7	0.0817	11.69***	0.0005	11.90***	0.000	14.40***	0.0005	5.93***
Sürgün Dönemi (S)	2	0.3831	54.81***	0.0022	55.42***	0.004	198.70***	0.0098	110.00***
Ç*S	14	0.0652	9.33***	0.0003	7.66***	0.001	27.39***	0.0005	5.96***
Hata	24	0.0070		0.0000		0.000		0.0001	

(***) $p < 0.001$ seviyesinde farklılık ifade eder.

Çizelge 4.18 incelendiğinde çay çeşidi ve sürgün döneminin kafeik asit, o-kumarik asit, ferulik asit ve sirinjik asit miktarı üzerine çok önemli derecede ($p < 0.001$) etkili olduğu görülürken, çay çeşidi-sürgün dönemi interaksyonunun da incelenen fenolik asit değerleri üzerinde $p < 0.001$ önem seviyesinde etkili olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.19 incelendiğinde ise işlem görmemiş yaş çay yaprağının o-kumarik asit, ferulik asit ve sirinjik asit miktarında en düşük değerlere sahip olduğu, kafeik asit değerinin ise siyah çay örneği ile istatistiki açıdan önemli bir farklılık olmadığı ve diğer çay çeşitlerinden daha az miktarda olduğu tespit edilmiştir. Yaş yaprak örneği ile yeşil ve siyah çayların genel olarak oolong çaylardan fenolik asit içeriklerinin daha düşük olduğu görülmüştür. Sürgün dönemlerine göre fenolik asit miktarları incelendiğinde ise o-kumarik asit ve ferulik asit miktarlarının 1. sürgün dönemi örneklerde diğer sürgün dönemlerine göre daha yüksek miktarda bulunduğu, sirinjik asit miktarının ise 2. ve 1. sürgün örneklerinde daha fazla miktarda olduğu tespit edilmiştir. Kafeik asit ise en fazla 3. sürgün döneminde üretilen çaylarda bulunmuştur.

Öztürk vd. (2007) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada HPLC kullanılarak fenolik asitlerin miktarının belirlenmesi için yöntem geliştirmiş ve şarap, vişne suyu, kuşburnu, domates ve yeşil çay örnekleri üzerinde bu yöntemi uygulamışlardır. Çalışma sonucunda yeşil çay örneğinde 287.3 mg/100g KM kafeik asit, 162.6 mg / 100g KM sirinjik asit, 39 mg/100g KM ferulik asit, 1.9 mg/100g KM o-kumarik asit tespit etmişlerdir. Ayrıca yapılan çalışmada, çalışmamızla benzer şekilde klorojenik asit ve p-kumarik asit tespit edilmemiştir.

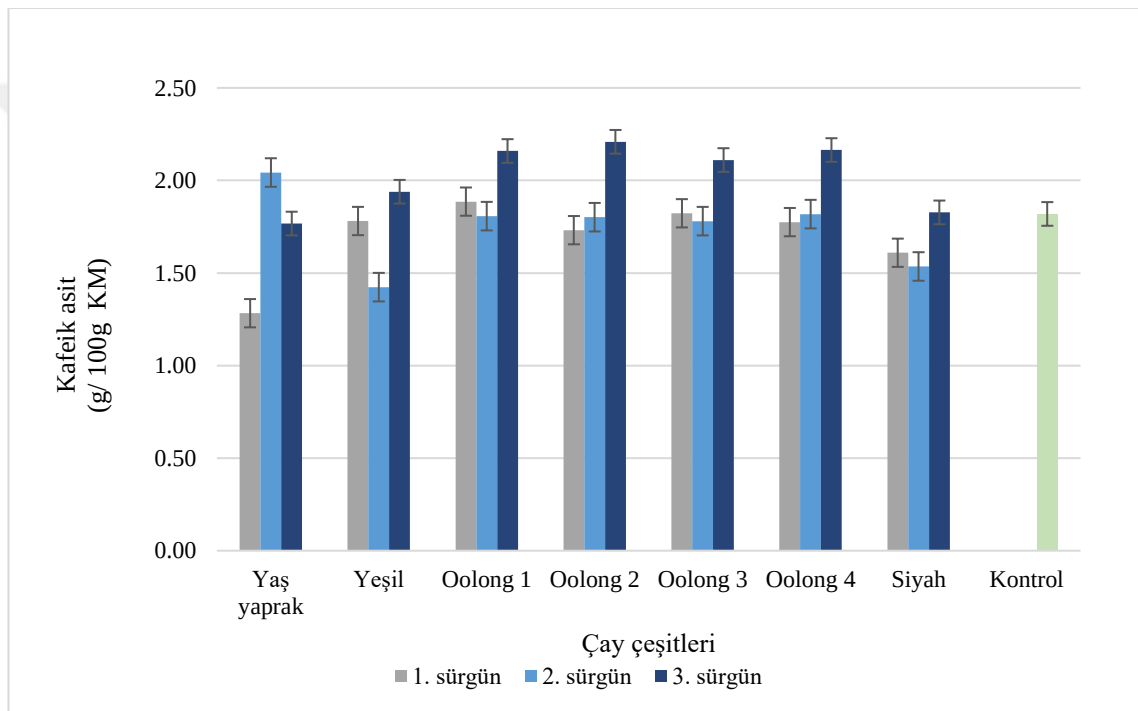
Yapılan başka bir derleme çalışmada (Bortolini vd. 2021) ise beyaz, sarı ve oolong çaylarda ferulik asit tespit edilemediği, siyah ve yeşil çayda ise sırasıyla 3.33 ile 7.14 mg/g , 4.74–8.20 mg/g oranında bulunduğu bildirilmiştir. Sonuçlar yaptığımız çalışma ile uyumlu bulunmuştur.

Çizelge 4.18. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin fenolik asit miktarlarının ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

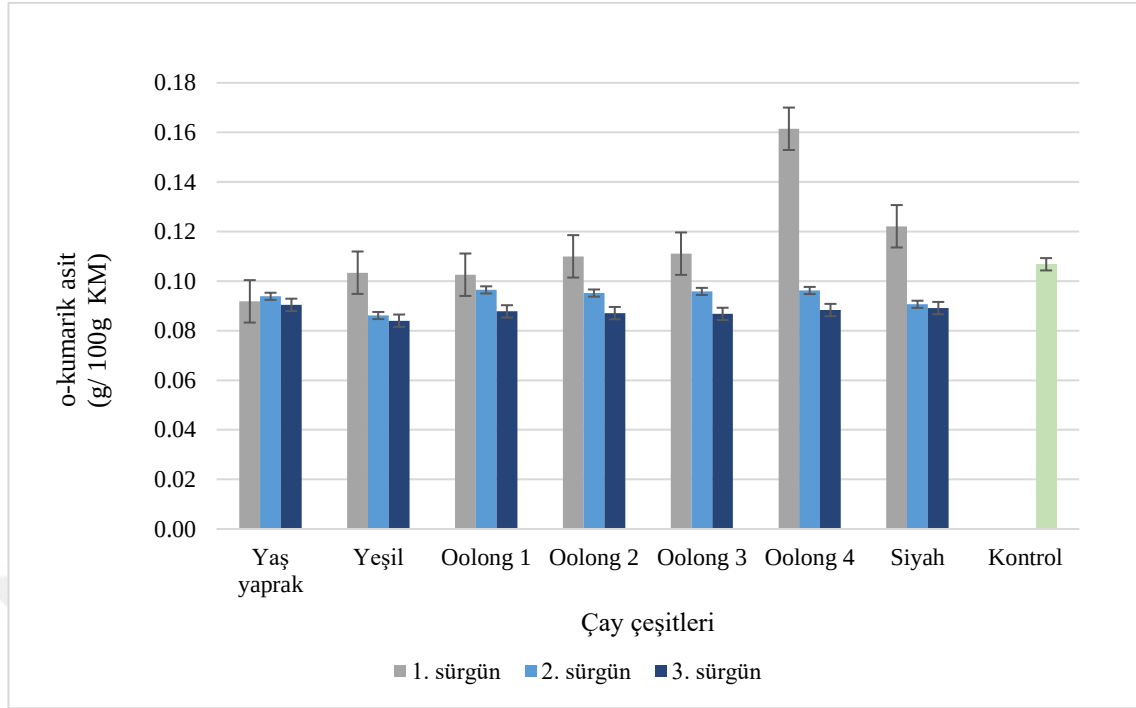
Kafeik asit (g /100g KM)	Sürgün dönemi	1	2	3					
	Çay çeşidi	Siyah	Yaş yaprak	Yeşil	Kontrol	Oolong 3	Oolong 2	Oolong 4	Oolong 1
		1.71 ^b ±0.05	1.75 ^b ±0.05	2.00 ^a ±0.05					
		1.66 ^c ±0.06	1.70 ^c ±0.14	1.72 ^c ±0.10	1.82 ^b ±0.00	1.91 ^{ba} ±0.08	1.91 ^{ba} ±0.10	1.92 ^{ba} ±0.08	1.95 ^a ±0.08
O-kumarik asit (g /100g KM)	Sürgün dönemi	3	2	1					
	Çay çeşidi	Yaş yaprak	Yeşil	Oolong 1	Oolong 2	Oolong 3	Siyah	Kontrol	Oolong 4
		0.09 ^c ±0.00	0.10 ^b ±0.00	0.11 ^a ±0.01					
		0.09 ^d ±0.00	0.09 ^{cd} ±0.00	0.10 ^{cb} ±0.00	0.10 ^{cb} ±0.00	0.10 ^b ±0.00	0.10 ^b ±0.00	0.11 ^a ±0.00	0.12 ^a ±0.01
Ferulik asit (g /100g KM)	Sürgün dönemi	2	3	1					
	Çay çeşidi	Yaş yaprak	Yeşil	Siyah	Oolong 1	Kontrol	Oolong 3	Oolong 2	Oolong 4
		0.01 ^b ±0.00	0.01 ^b ±0.00	0.04 ^a ±0.01					
		0.01 ^e ±0.00	0.01 ^e ±0.00	0.01 ^{de} ±0.01	0.02 ^{dc} ±0.01	0.02 ^{bc} ±0.00	0.02 ^{bc} ±0.01	0.03 ^{ba} ±0.01	0.03 ^a ±0.02
Sirinjik Asit (g /100g KM)	Sürgün dönemi	3	1	2					
	Çay çeşidi	Yaş yaprak	Yeşil	Siyah	Oolong 4	Oolong 1	Oolong 3	Kontrol	Oolong 2
		0.01 ^b ±0.00	0.04 ^a ±0.01	0.05 ^a ±0.00					
		0.02 ^d ±0.01	0.03 ^c ±0.01	0.03 ^{bc} ±0.01	0.04 ^{bac} ±0.01	0.04 ^{bac} ±0.01	0.04 ^{bac} ±0.01	0.04 ^{ba} ±0.00	0.04 ^a ±0.01

Her bir varyasyon kaynağı için aynı satırlardaki farklı harfler ortalamaların p<0.05 seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

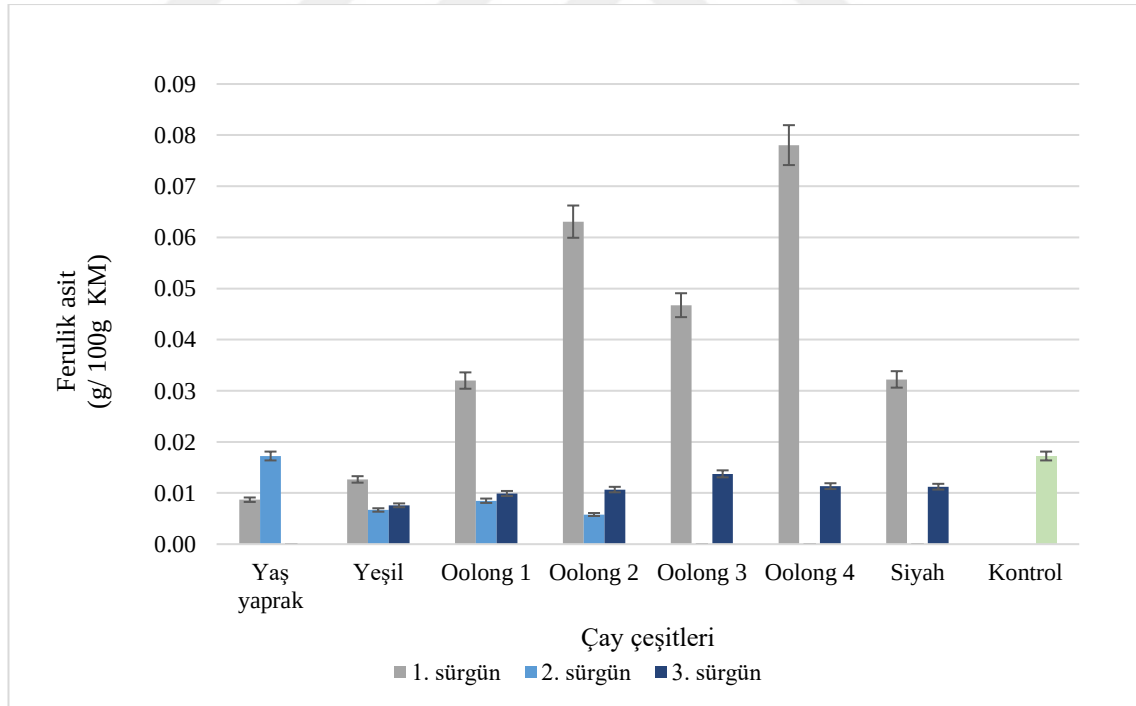
Çay çeşitleri ve sürgün dönemlerine göre fenolik asit miktarlarının değişimi Şekil 4.17-Şekil 4.20’de verilmiştir. Kafeik asit miktarları incelendiğinde 3. sürgün dönemi örneklerin miktarlarının yüksek olduğu ancak çay çeşitlerine göre önemli değişimler göstermediği görülmektedir (Şekil 4.17). Örneklerin o-kumarik asit ve ferulik asit miktarlarının oolong 4 numaralı örnekte en yüksek miktarda olduğu görülmektedir. Ayrıca tüm çay çeşitlerinde ise 1. sürgün döneminde diğer sürgün dönemlerine göre daha fazla miktarda o-kumarik asit ve ferulik asit bulunduğu belirlenmiştir (Şekil 4.18 ve Şekil 4.19). Sirinjik asit ise 2. sürgün döneminde diğer sürgün dönemlerine göre daha yüksek miktarda bulunmaktadır. 3. sürgün döneminde kontrol örneği dışında üretilen çay çeşitlerinde sirinjik asit tespit edilememiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde ise oolong çay çeşitlerinde diğer çay çeşitlerine göre daha yüksek miktarda fenolik asit belirlenmiştir.



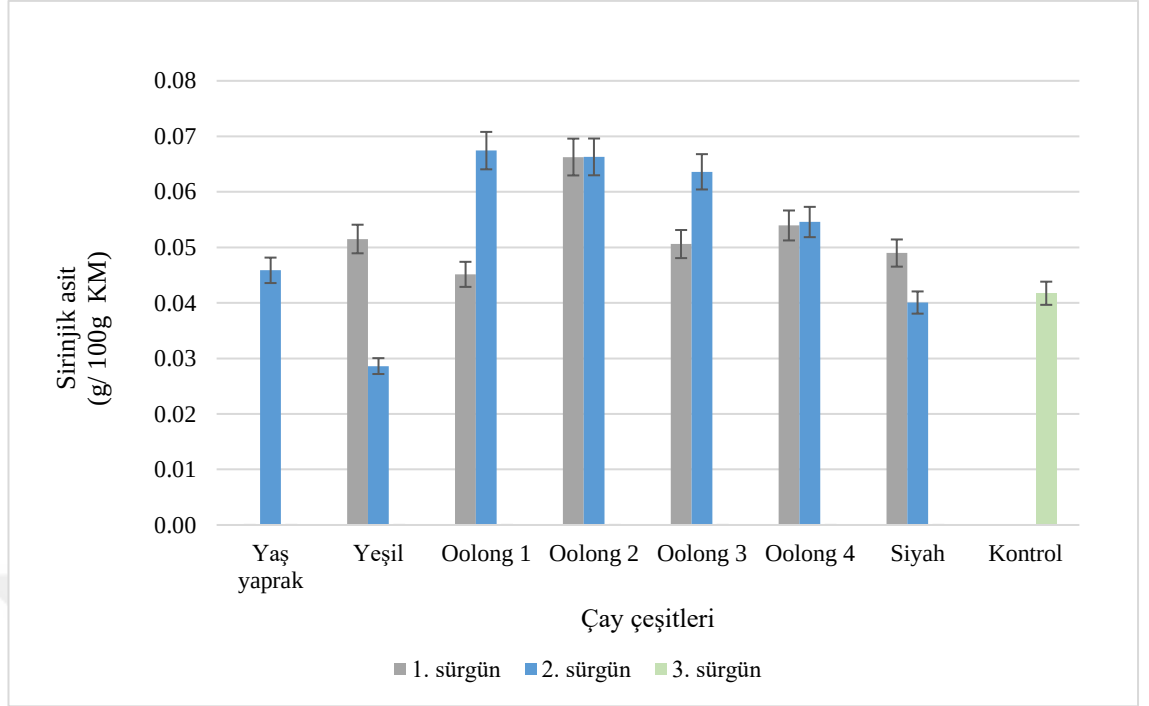
Şekil 4.17. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak kafeik asit miktarlarının değişimi



Şekil 4.18. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak o-kumarik asit miktarlarının değişimi



Şekil 4.19. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak ferulik asit miktarlarının değişimi



Şekil 4.20. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak sirinjik asit miktarlarının değişimi

4.7. Klorofil Analizi

Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil miktarı Çizelge 4.19’da verilmiştir. Çizelge incelendiğinde klorofil a değerlerinin 1.19-5.60 mg/L, klorofil b değerlerinin 0.65-1.47 mg/L, toplam klorofil miktarının ise 2.00-7.01 mg/L arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir.

Çizelge 4.19. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil miktarları

Sürgün Dönemi	Çay Çeşidi	Klorofil a (mg/L)			Klorofil b (mg/L)			Toplam Klorofil (mg/L)		
1. sürgün	Yaş yaprak	5.05	±	0.02	1.24	±	0.03	6.29	±	0.01
	Yeşil	2.61	±	0.06	0.92	±	0.09	3.53	±	0.15
	Oolong 1	1.85	±	0.04	0.56	±	0.00	2.40	±	0.04
	Oolong 2	1.98	±	0.02	0.69	±	0.09	2.67	±	0.11
	Oolong 3	2.19	±	0.14	0.65	±	0.01	2.83	±	0.13
	Oolong 4	2.15	±	0.05	0.70	±	0.01	2.85	±	0.04
	Siyah	2.07	±	0.02	0.95	±	0.02	3.01	±	0.04
2. sürgün	Yaş yaprak	5.07	±	0.00	1.47	±	0.00	6.55	±	0.00
	Yeşil	2.74	±	0.21	0.59	±	0.07	3.33	±	0.28
	Oolong 1	2.51	±	0.11	0.70	±	0.02	3.21	±	0.14
	Oolong 2	2.23	±	0.12	0.65	±	0.03	2.88	±	0.15
	Oolong 3	2.18	±	0.14	0.76	±	0.01	2.94	±	0.15
	Oolong 4	2.27	±	0.20	0.75	±	0.13	3.02	±	0.33
	Siyah	1.93	±	0.08	1.05	±	0.05	2.98	±	0.14
3. sürgün	Yaş yaprak	5.60	±	0.02	1.41	±	0.01	7.01	±	0.04
	Yeşil	2.53	±	0.12	0.98	±	0.14	3.51	±	0.26
	Oolong 1	2.22	±	0.18	0.80	±	0.12	3.02	±	0.31
	Oolong 2	2.63	±	0.05	0.99	±	0.01	3.61	±	0.04
	Oolong 3	2.72	±	0.12	1.09	±	0.07	3.81	±	0.19
	Oolong 4	2.73	±	0.00	1.17	±	0.06	3.90	±	0.06
	Siyah	2.21	±	0.21	1.38	±	0.14	3.60	±	0.36
Kontrol		1.19	±	0.02	0.81	±	0.01	2.00	±	0.04

Sonuçlar ortalama±standart hata olarak verilmiştir.

Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş çay ile kontrol örneğinin klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.20’de, bu sonuçların ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.21’de verilmiştir. Çizelge 4.20 incelendiğinde çay çeşidi ve sürgün döneminin klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil miktarı üzerine çok önemli derecede ($p<0.001$) etkili olduğu görülürken, çay çeşidi-sürgün dönemi interaksiyonunun klorofil a ve klorofil b değerleri üzerinde $p<0.01$ önem seviyesinde, toplam klorofil üzerinde ise $p<0.05$ önem seviyesinde etkili olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.20. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil miktarlarına ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	Klorofil a		Klorofil b		Toplam Klorofil	
		KO	F	KO	F	KO	F
Çay çeşidi (Ç)	7	8.2239	355.02***	0.3031	33.44***	10.9724	198.86***
Sürgün Dönemi (S)	2	0.4791	20.68***	0.3329	36.73***	1.5850	28.73***
Ç*S	14	0.0845	3.65**	0.0317	3.49**	0.1429	2.59*
Hata	24	0.0232		0.0091		0.0552	

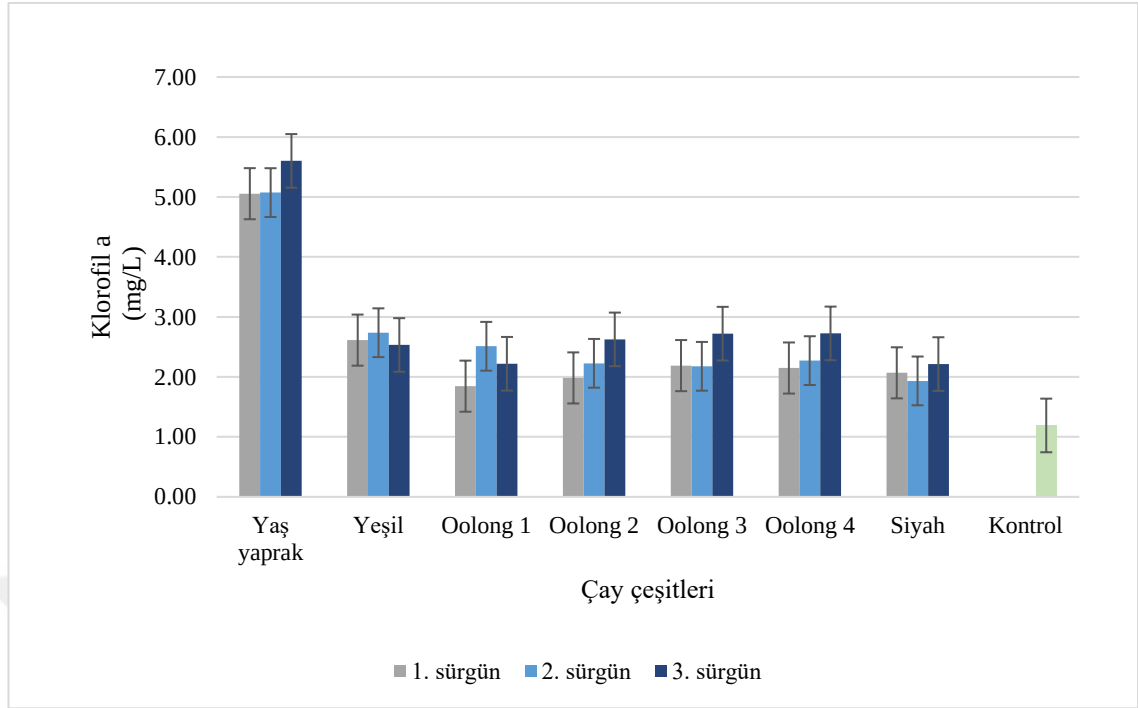
(*) $p<0.05$, (**) $p<0.01$, (***) $p<0.001$ seviyelerinde farklılıkları ifade eder.

Çizelge 4.21 incelendiğinde işlem görmemiş yaş çay yaprağının klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil miktarında üretilen diğer çay çeşitlerine göre en yüksek değere sahip olduğu tespit edilmiştir. Taze çay sürgün ve yapraklarının işleme yöntemi ile klorofil miktarında azalma olduğu belirlenmiştir. Ayrıca 3. sürgün döneminde üretilen çay çeşitlerinin tüm incelenen tüm klorofil değerlerinin diğer sürgün dönemlerinden daha yüksek olduğu görülmektedir.

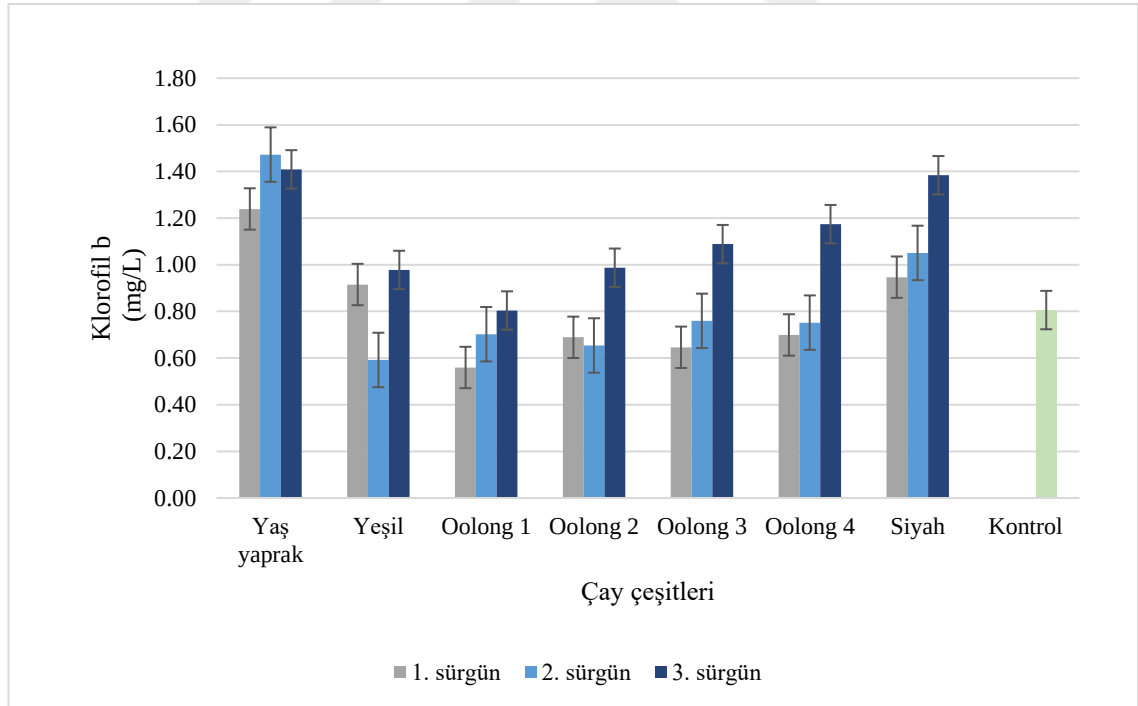
Çizelge 4.21. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil miktarlarının ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Klorofil a (mg/L)	Sürgün dönemi	1	2	3						
	Çay çeşidi	Kontrol	Siyah	Oolong 1	Oolong 2	Oolong 3	Oolong 4	Yeşil	Yaş yaprak	
		2.39 ^c ±0.28	2.51 ^b ±0.27	2.73 ^a ±0.31						
		1.19 ^e ±0.01	2.07 ^d ±0.08	2.19 ^{dc} ±0.13	2.28 ^c ±0.12	2.36 ^c ±0.13	2.38 ^c ±0.12	2.63 ^b ±0.08	5.24 ^a ±0.11	
Klorofil b (mg/L)	Sürgün dönemi	1	2	3						
	Çay çeşidi	Siyah	Oolong 4	Oolong 3	Oolong 2	Yeşil	Oolong 1	Kontrol	Yaş yaprak	
		0.81 ^b ±0.05	0.85 ^b ±0.07	1.08 ^a ±0.06						
		0.69 ^d ±0.06	0.78 ^{dc} ±0.07	0.81 ^{dc} ±0.01	0.83 ^c ±0.09	0.83 ^c ±0.09	0.87 ^c ±0.10	1.13 ^b ±0.09	1.37 ^a ±0.04	
Toplam Klorofil (mg/L)	Sürgün dönemi	1	2	3						
	Çay çeşidi	Kontrol	Oolong 1	Oolong 2	Oolong 3	Siyah	Oolong 4	Yeşil	Yaş yaprak	
		3.20 ^b ±0.32	3.36 ^b ±0.33	3.81 ^a ±0.35						
		2.00 ^e ±0.02	2.88 ^d ±0.18	3.05 ^{cd} ±0.19	3.19 ^{cb} ±0.21	3.20 ^{cb} ±0.16	3.26 ^{cb} ±0.22	3.46 ^b ±0.11	6.62 ^a ±0.13	

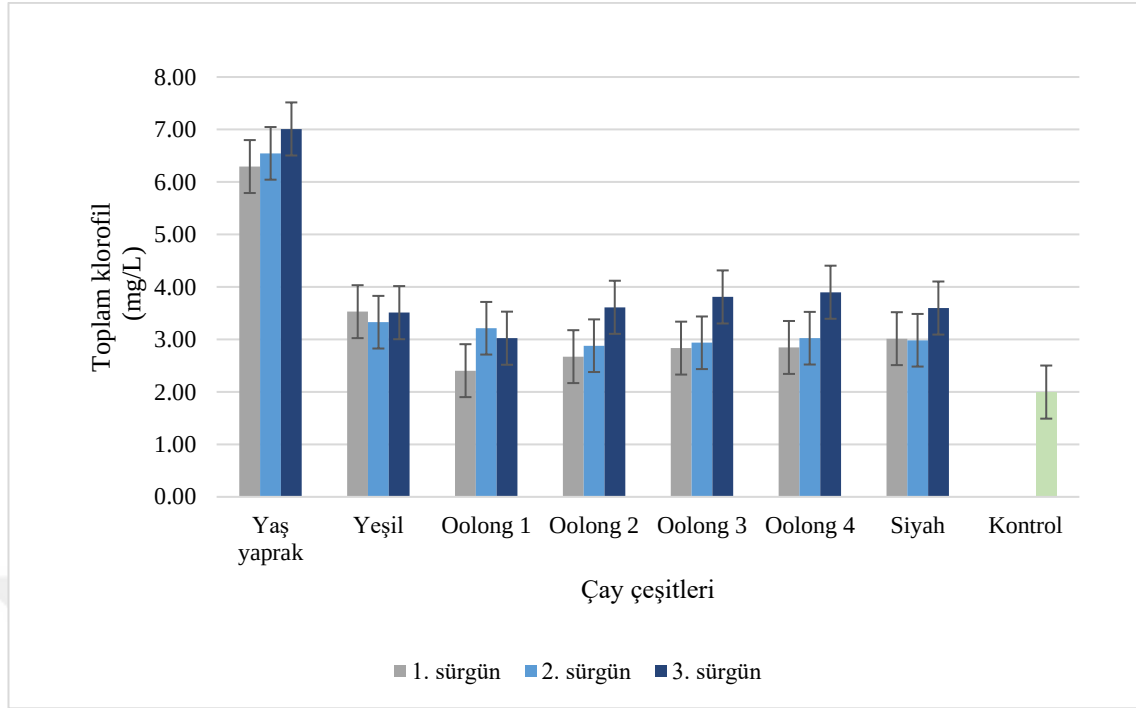
Her bir varyasyon kaynağı için aynı satırdaki farklı harfler ortalamaların $p < 0.05$ seviyesinde farklı olduğunu gösterir.



Şekil 4.21. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak klorofil a miktarlarının değişimi



Şekil 4.22. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak klorofil b miktarlarının değişimi



Şekil 4.23. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak toplam klorofil miktarlarının değişimi

Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil miktarlarının değişimi sırasıyla Şekil 4.21, Şekil 4.22 ve Şekil 4.23’de verilmiştir. Klorofil a miktarlarının değişimi incelendiğinde yaş yaprakta en fazla miktarda bulunduğu ve ısı ile birlikte bu miktarın önemli derecede azaldığı görülmektedir. 3. sürgün döneminde üretilen örneklerde, diğer sürgün dönemlerine göre daha yüksek miktarda klorofil a bulunmaması ile beraber çay çeşitleri arasında paralel bir sonuç görülmektedir (Şekil 4.21). Klorofil b değerleri de klorofil a miktarlarında olduğu gibi yaş yaprakta ve 3. sürgün döneminde üretilen çay çeşitlerinde yüksek miktarda bulunmuştur (Şekil 4.22). Bilindiği gibi klorofil bitkisel dokulara yeşil rengi veren pigmenttir. Klorofil a ve klorofil b olarak iki formu olan klorofilin bitkilerde oranı 3:1-4:1 olarak belirtilmektedir (Cemeroğlu 2013). Nitekim belirlenen klorofil a ve klorofil b değerlerinin de bu sonuçlar ile uyumlu olduğu görülmektedir. Şekil 4.23 incelendiğinde ise toplam klorofil miktarlarının klorofil a miktarlarıyla benzer olduğu görülmektedir. En yüksek toplam klorofil yaş çay örneğinde en düşük değer ise kontrol örneğinde tespit edilmiştir. Bu noktada klorofil analizlerinin kurutma işleminden başka işlem görmemiş yaş çaylarda yapıldığını, kurutma sırasında da yaprakta hafif kararmalar ve esmerleşmeler görüldüğünü, taze yaş yaprakta bu değerlerin daha yüksek değerde olabileceğini hatırlatmanın uygun olduğunu söylemek gerekir.

3 sürgün döneminde üretilen tüm örnekler incelendiğinde klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil miktarı açısından en yüksek değerlerin işlem görmemiş yaş çay örneğinde bulunduğu belirlenmiştir. Roshanak vd. (2016) yaptıkları çalışmada çay örneklerini farklı kurutma proseslerine tabii tutmuş ve klorofil içeriklerini incelemiştir. 100 °C’de etüvde kurutulan örneğin en düşük klorofil içeriğine (6.29 mg/L klorofil a ve 3.20 mg/L klorofil b) sahip olduğu belirlenmiş ve sonuç olarak klorofilin ısıya duyarlı olduğu ve ısı ile işlemin süresine bağlı olarak miktarının değiştiğini bildirmiştir.

Yapılan başka bir çalışmada da yüksek sıcaklık uygulamalarının klorofil miktarının azalmasına sebep olduğu bildirilirken uygulanan ısı işlem süresinin çok önemli bir parametre olduğunu belirtilmiştir. Bu durumu da 300°C de kurutulan örneklerin 200°C de kurutulan örneklerden daha kısa sürede kuruması ve bu sebeple daha az klorofil kaybı görülmesi ile açıklamışlardır (Donlao ve Ogawa 2019). Nitekim yapılan çalışmalarla tez kapsamında tespit edilen sonuçlar uyumlu bulunmuştur.

4.8. Renk Analizi

Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin L*, a*, b*, ton açısı ve doygunluk değerleri Çizelge 4.22’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde L* değerlerinin 9.52-52.17, a* değerlerinin 13.49-43.94, b değerlerinin 87.50, ton açısı değerleri 25.78-80.91, doygunluk değerlerinin ise 37.43-95.11 arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir.

Örneklerin renk değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.23’de bu sonuçların ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.24’de verilmiştir. Çizelge 4.23 incelendiğinde çay çeşidi ve sürgün döneminin L*, a*, b*, ton açısı ve doygunluk değerleri üzerine çok önemli derecede ($p<0.001$) etkili olduğu görülürken, çay çeşidi-sürgün dönemi interaksyonunun doygunluk değerleri üzerinde $p<0.05$ önem seviyesinde, L*, a*, b* ve ton açısı üzerinde ise $p<0.001$ önem seviyesinde etkili olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.22. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin L, a*, b*, Ton açısı ve Doygunluk değerleri

Sürgün Dönemi	Çay Çeşidi	L*	a*	b*	Ton açısı	Doygunluk
1. sürgün	Yaş yaprak	52.17 ± 0.02	37.28 ± 0.02	87.50 ± 0.04	66.93 ± 0.00	95.11 ± 0.05
	Yeşil	52.11 ± 4.47	17.51 ± 0.89	82.22 ± 6.12	77.96 ± 0.28	84.06 ± 6.17
	Oolong 1	39.29 ± 0.70	33.37 ± 0.05	67.20 ± 1.16	63.59 ± 0.36	75.03 ± 1.06
	Oolong 2	41.00 ± 1.43	35.09 ± 0.44	70.07 ± 2.40	63.38 ± 0.50	78.37 ± 2.35
	Oolong 3	34.62 ± 0.27	39.72 ± 0.02	59.38 ± 0.44	56.22 ± 0.21	71.44 ± 0.36
	Oolong 4	28.78 ± 0.04	36.07 ± 0.15	49.39 ± 0.06	53.86 ± 0.08	61.16 ± 0.13
	Siyah	18.33 ± 1.17	40.66 ± 0.79	31.38 ± 2.03	37.62 ± 1.25	51.37 ± 1.86
2. sürgün	Yaş yaprak	27.71 ± 0.03	43.94 ± 0.04	47.41 ± 0.16	47.18 ± 0.07	64.64 ± 0.14
	Yeşil	56.51 ± 1.54	13.49 ± 0.85	84.21 ± 2.79	80.91 ± 0.26	85.28 ± 2.89
	Oolong 1	30.67 ± 2.29	32.06 ± 0.46	52.58 ± 3.90	58.54 ± 1.53	61.60 ± 3.57
	Oolong 2	32.59 ± 2.56	34.87 ± 0.35	55.86 ± 4.36	57.92 ± 1.76	65.88 ± 3.88
	Oolong 3	33.35 ± 0.39	35.18 ± 0.86	57.08 ± 0.66	58.36 ± 0.33	67.04 ± 1.01
	Oolong 4	31.67 ± 0.09	36.74 ± 0.09	54.20 ± 0.13	55.87 ± 0.00	65.48 ± 0.15
	Siyah	16.78 ± 1.01	39.01 ± 0.48	28.68 ± 1.75	36.29 ± 1.33	48.43 ± 1.43
3. sürgün	Yaş yaprak	35.45 ± 0.00	38.65 ± 0.00	81.64 ± 0.05	64.67 ± 0.01	90.32 ± 0.04
	Yeşil	50.29 ± 0.56	19.72 ± 0.51	82.45 ± 0.77	76.54 ± 0.46	84.78 ± 0.63
	Oolong 1	28.68 ± 2.60	35.64 ± 0.72	49.35 ± 4.43	54.01 ± 3.00	60.95 ± 3.16
	Oolong 2	29.36 ± 0.17	35.38 ± 0.09	50.49 ± 0.29	54.98 ± 0.08	61.66 ± 0.29
	Oolong 3	28.43 ± 0.46	37.20 ± 0.92	48.94 ± 0.80	52.76 ± 0.23	61.48 ± 1.19
	Oolong 4	22.76 ± 0.13	40.21 ± 0.49	39.23 ± 0.23	44.30 ± 0.52	56.18 ± 0.19
	Siyah	16.04 ± 0.17	41.06 ± 0.12	27.66 ± 0.29	33.97 ± 0.20	49.50 ± 0.26
	Kontrol	9.52 ± 0.04	33.75 ± 0.04	16.36 ± 0.12	25.78 ± 0.06	37.43 ± 0.01

Sonuçlar ortalama±standart hata olarak verilmiştir.

Çizelge 4.23. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin L, a*, b*, Ton açısı ve Doygunluk değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	L*		a*		b*		Ton açısı		Doygunluk	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Çay çeşidi (Ç)	7	1116.8929	287.64***	335.9048	728.52***	2783.7161	289.06***	1542.7046	973.05***	1499.7180	180.79***
Sürgün Dönemi (S)	2	132.9444	34.24***	10.1926	22.11***	376.9126	39.14***	94.1176	59.36***	253.9347	30.61***
Ç*S	14	62.2431	16.03***	9.1092	19.76***	161.8816	16.81***	47.2897	29.83***	94.0756	11.34*
Hata	24	3.8830		0.4611		9.6303		1.5854		8.2952	

(*) p<0.05, (***) p<0.001 seviyelerinde farklılıkları ifade eder.

Çizelge 4.24. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin L, a*, b*, Ton açısı ve Doygunluk değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

L*	Sürgün dönemi	3	2	1					
	Çay çeşidi	Kontrol	Siyah	Oolong 4	Oolong 3	Oolong 1	Oolong 2	Yaş yaprak	Yeşil
		29.19 ^c ±3.44	29.85 ^b ±3.34	34.48 ^a ±3.68					
		9.52 ^f ±0.02	17.05 ^e ±0.59	27.74 ^d ±1.66	32.14 ^c ±1.21	32.88 ^c ±2.25	34.32 ^c ±2.32	42.76 ^b ±4.81	52.97 ^a ±1.69
a*	Sürgün dönemi	2	1	3					
	Çay çeşidi	Yeşil	Oolong 1	Kontrol	Oolong 2	Oolong 3	Oolong 4	Yaş yaprak	Siyah
		33.63 ^b ±2.16	34.18 ^b ±1.75	35.20 ^a ±1.63					
		16.91 ^e ±1.20	33.69 ^d ±0.71	33.75 ^d ±0.02	35.12 ^c ±0.17	37.37 ^b ±0.89	37.67 ^b ±0.82	39.95 ^a ±1.28	40.24 ^a ±0.46
b*	Sürgün dönemi	3	2	1					
	Çay çeşidi	Kontrol	Siyah	Oolong 4	Oolong 3	Oolong 1	Oolong 2	Yaş yaprak	Yeşil
		49.51 ^b ±5.64	49.55 ^b ±4.93	57.94 ^a ±5.95					
		16.35 ^f ±0.05	29.24 ^e ±0.99	47.61 ^d ±2.79	55.13 ^c ±2.02	56.37 ^c ±3.80	58.81 ^c ±3.91	39.95 ^b ±1.28	82.96 ^a ±1.79
Ton açısı	Sürgün dönemi	3	2	1					
	Çay çeşidi	Kontrol	Siyah	Oolong 4	Oolong 3	Oolong 1	Oolong 2	Yaş yaprak	Yeşil
		50.88 ^c ±3.92	52.61 ^b ±4.01	55.67 ^a ±4.05					
		25.78 ^f ±0.03	35.96 ^e ±0.82	51.34 ^d ±2.26	55.78 ^c ±1.04	58.71 ^b ±1.96	58.76 ^b ±1.63	59.59 ^b ±3.95	78.47 ^a ±0.83
Doygunluk	Sürgün dönemi	2	3	1					
	Çay çeşidi	Kontrol	Siyah	Oolong 4	Oolong 1	Oolong 3	Oolong 2	Yaş yaprak	Yeşil
		58.86 ^b ±13.91	61.59 ^b ±14.78	65.55 ^a ±16.13					
		37.43 ^e ±0.00	49.77 ^d ±0.82	60.94 ^c ±1.70	65.86 ^b ±3.16	66.65 ^b ±1.87	68.64 ^b ±3.38	83.36 ^a ±5.98	84.71 ^a ±1.78

Her bir varyasyon kaynağı için aynı satırlardaki farklı harfler ortalamaların p<0.05 seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin L^* , a^* , b^* , ton açısı ve doygunluk değerleri ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları incelendiğinde (Çizelge 4.24) L^* , b^* , ton açısı ve doygunluk değerleri en yüksek yeşil çayda, en düşük kontrol örneğinde bulunmuştur. Parlaklık- koyuluk miktarını ifade eden L^* değerinin yeşil, oolong ve siyah çay örneklerinin infüzyonlarında 9.52- 52.97 değerleri arasında değişmiş olup en yüksek L^* değerine (52.97) sahip çay örneği yeşil çay olmuştur. Yaş yaprak örneği yeşil çay ve oolong çay arasında, kontrol örneği oolong çay ise 9.52 değeri ile en küçük L^* değerine sahiptir. Oolong çayların L^* değerleri üretimde oksidasyon süresi arttıkça azalmıştır. L^* değerlerinin sürgün dönemine göre değişimi değerlendirildiğinde 1. sürgün döneminde üretilen çayların L^* değeri 31.95 olarak belirlenmiş, bunu 2. ve 3. sürgün döneminde üretilen çaylar izlemiştir. Yani 1. sürgün döneminde üretilen çaylar diğer sürgün dönemlerinde üretilen çaylara göre daha parlaktır.

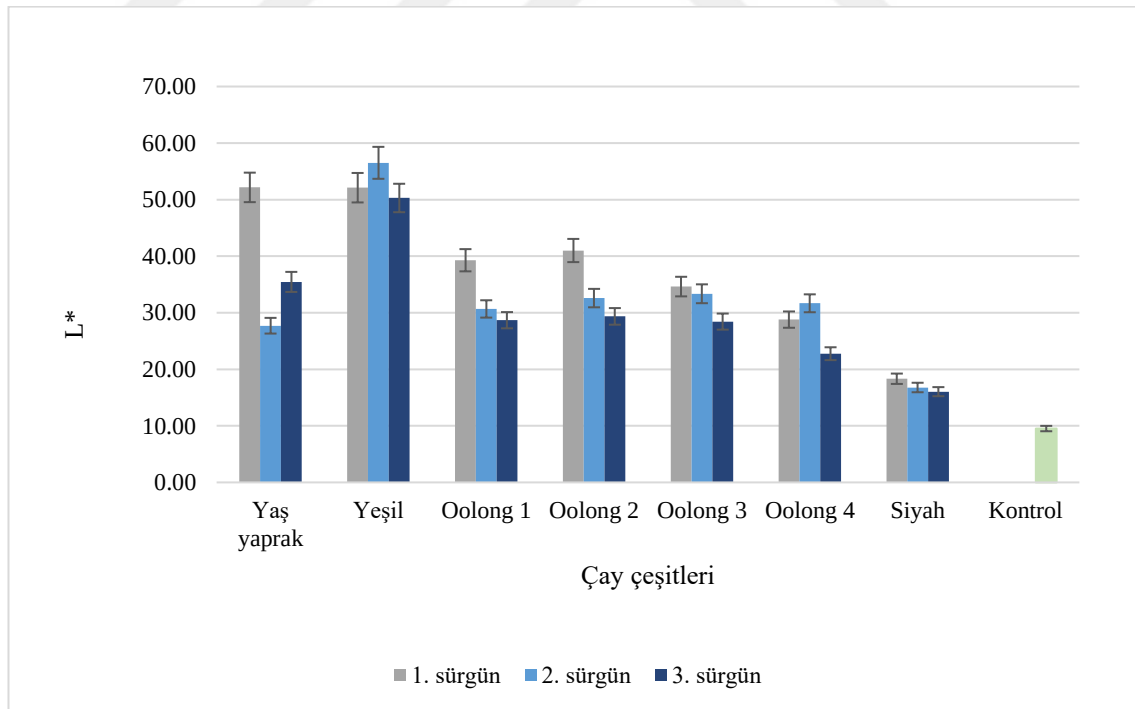
Kırmızı ve yeşil rengin göstergesi olan a^* değeri beklendiği gibi siyah çayda 40.24 ile en yüksek olarak belirlenmişken, bu değer 16.91 değeri ile en düşük olarak yeşil çayda saptanmıştır. Oolong çayların infüzyonlarında a^* değeri proseste en az süre ile okside olan ve yeşil çaya yakın özellikteki oolong çay olarak tanımlanabilecek oolong 1 çayında 33.69 iken daha uzun süre okside olan ve siyah çaya yakın özellikler taşıyan oolong 4 çayında bu değer 37.67 olarak ölçülmüştür. Kontrol örneği oolong 1 numaralı çay ile istatistiksel açıdan benzerlik göstermişken, yaş yaprak örneği de siyah çay ile benzerlik göstermiştir. Ayrıca 1. ve 2. sürgün döneminde üretilen çayların a^* değerleri 3. sürgün döneminde üretilen çaylara göre daha düşük bulunmuştur.

Sarı ve mavi renklerinin göstergesi olan b^* değeri incelendiğinde Çizelge 4.24 ise yeşil çay 82.96 b^* değeri ile en sarı renkli çay olmuştur. Kontrol örneği ve siyah çay ise sırasıyla 16.35 ve 29.24 değerleri ile en küçük b^* değerine sahip çaylar olarak belirlenmiştir. b^* değeri açısından oolong 3, oolong 1 ve oolong 2 çayları arasında önemli ($p<0.05$) bir fark bulunmamıştır. 1. sürgün döneminde üretilen çayların b^* değerleri ortalamaları 57.94 olarak belirlenmiş, 2. ve 3. sürgün döneminde üretilen çaylar 1. Sürgün döneminde üretilen çaylardan daha düşük b^* değeri ortalamasına sahiptir ve istatistiksel olarak benzer özellik göstermiştir.

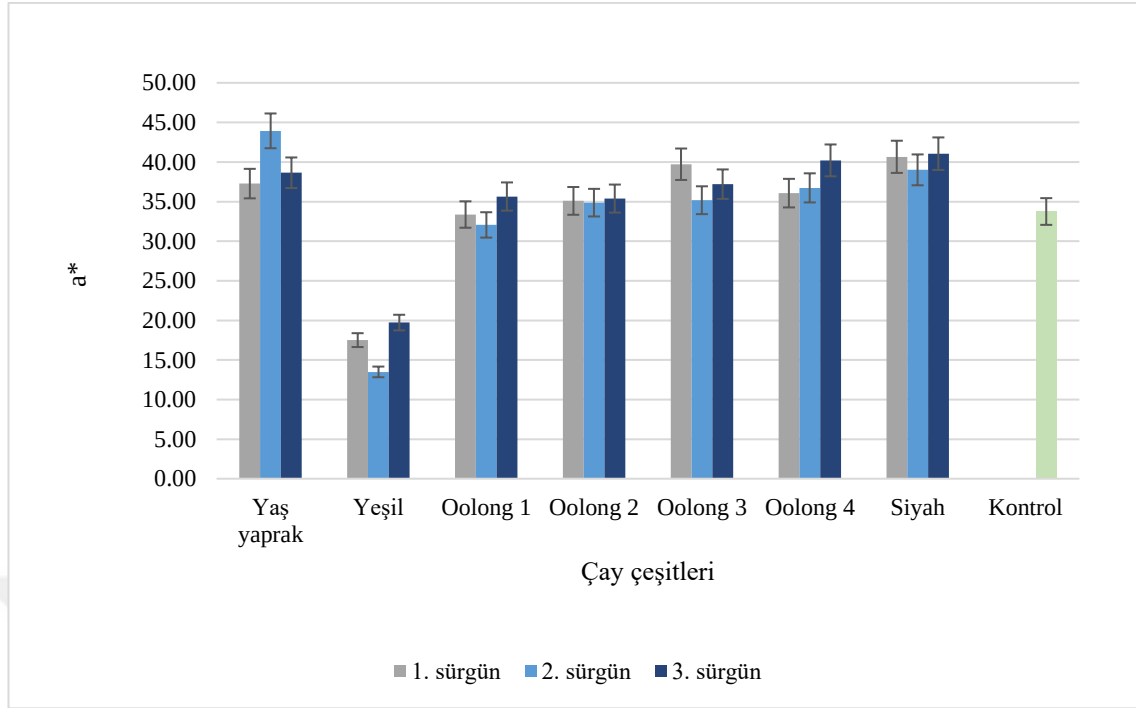
Ton açısı ve doygunluk değerlerine ait ortalamalar incelendiğinde (Çizelge 4.24) sürgün dönemi ve özellikle çay tiplerine ait ortalamalar arasında önemli ($p<0.05$) farklılıklar görülmektedir. Özellikle yeşil çay infüzyonu ile siyah çayın infüzyonu arasındaki gözle görülen farkı ton açısı değerlerinde de açıkça izlemek mümkündür. Yeşil çayın rengi 78.47 değeri ile sarımsı yeşil bir bölge yer alırken, siyah çay ve kontrol örneği sırasıyla 35.96 ve 25.78 değerleri ile kırmızımsı ve portakal rengi bir bölgede yer almaktadır. Oolong çaylar ise 51.34-58.76 ortalama değerleri ile portakal rengi ile sarı renk arasında bir bölgede yer almışlardır. Oolong 1, oolong 2, oolong 3 ve yaş yaprak örneğinin ton açısı değeri ortalamaları arasında önemli ($p<0.05$) bir farklılık görülmezken, oolong 4 numaralı çay diğer çaylar ile farklılık göstermiştir. Çay infüzyonlarının renk yoğunluğu veya doygunluğunun ortalama değerleri arasında da ton açısı değerleri ile paralel özellikte önemli farklılıklar belirlenmiştir (Çizelge 4.24). En doygun renk yeşil çay örneklerinde belirlenmişken oolong çaylar arasında oolong 4 örneği hariç istatistiki açıdan önemli ($p<0.05$) bir farklılık görülmemiştir. 1. sürgün döneminde üretilen çayların hem ton açısı hem de doygunluk değerleri ortalamaları diğer sürgün dönemlerinde üretilen çaylardan yüksek olarak belirlenmiştir.

Aynı çay varyetesi kullanılarak üretilen yeşil, oolong ve siyah çayların renk özelliklerinin değerlendirildiği bir çalışmada oolong çayından elde edilen çay infüzyonunun renk değerlerinin yeşil çaydan daha açık, daha az yeşil ve daha az sarı olduğu belirtilmiştir. Ayrıca oksidasyon derecesinin çay demlerinin renk değerlerini ve görsel görünümünü büyük ölçüde etkilediği rapor edilmiştir. Ayrıca siyah çay infüzyonlarının koyu kırmızı rengi, fermantasyon sırasında kateşinlerin oksidasyonu ve yoğunlaşmasından kaynaklanan teaflavinler ve tearubijinler gibi daha büyük polifenolik moleküllerin (dimer veya polimer) oluşumuna bağlı olduğu bildirilmiştir (Lin vd. 2014). Nitekim tez kapsamında tespit edilen sonuçların ile yapılan çalışma benzer olduğu görülmektedir.

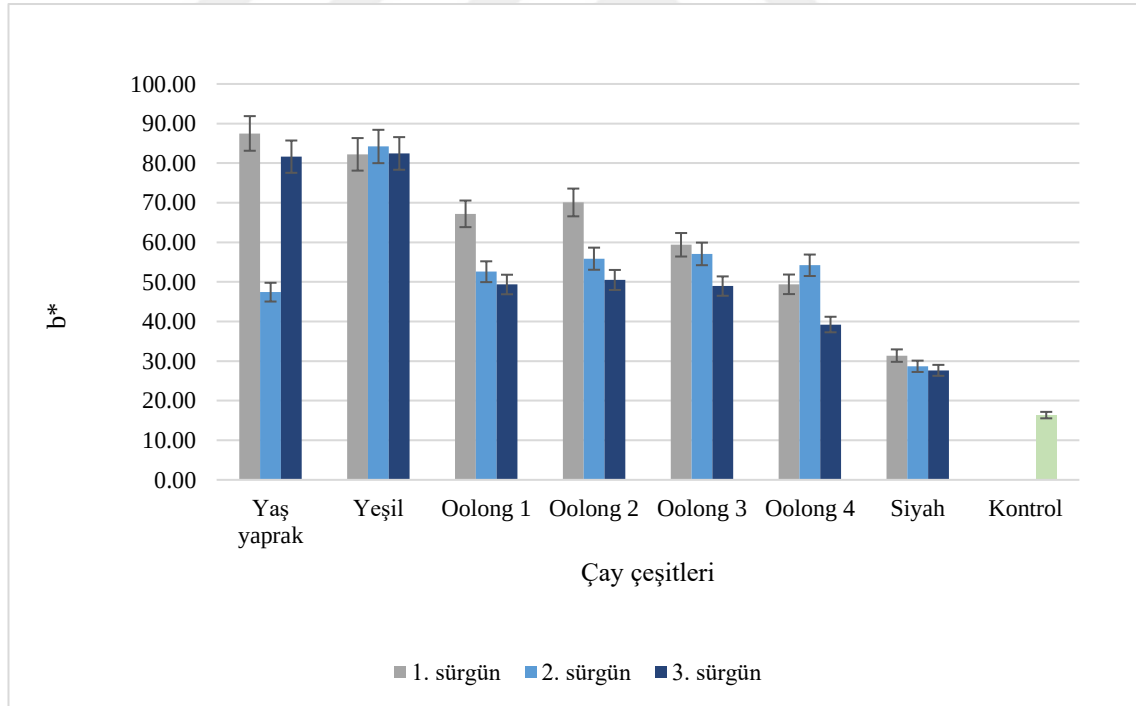
Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak L^* , a^* , b^* , ton açısı ve doymunluk değerlerinin değişimi sırasıyla Şekil 4.24, Şekil 4.25, Şekil 4.26, Şekil 4.27 ve Şekil 4.28'de verilmiştir. Tüm şekiller genel olarak değerlendirildiğinde 1. sürgün dönemi değerlerin kısmen yüksek olmasının yanı sıra sürgün döneminin bariz bir etkisi olmadığı görülmektedir. L^* değerlerinin çay çeşitleri üzerine etkisi incelendiğinde (Şekil 4.24) En yüksek değerin yeşil çay örneklerinde olduğu ve oksidasyon süresinin artması ile L^* değerlerinde ciddi bir azalma olduğu görülmektedir. b^* değerleri ile ton açısı ve doymunluk değerlerinin çay çeşitleri ve sürgün dönemine göre değişimi de L^* değerlerinin değişimi ile paralel sonuçlar göstermiştir (Şekil 4.26, Şekil 4.27, Şekil 4.28). Kırmızı ve yeşil rengin göstergesi olan a^* değeri (Şekil 4.25) ise beklendiği gibi en düşük yeşil çayda bulunmaktadır. Çünkü a^* değerinin artması ile renk yeşilden kırmızı rene doğru değişmektedir.



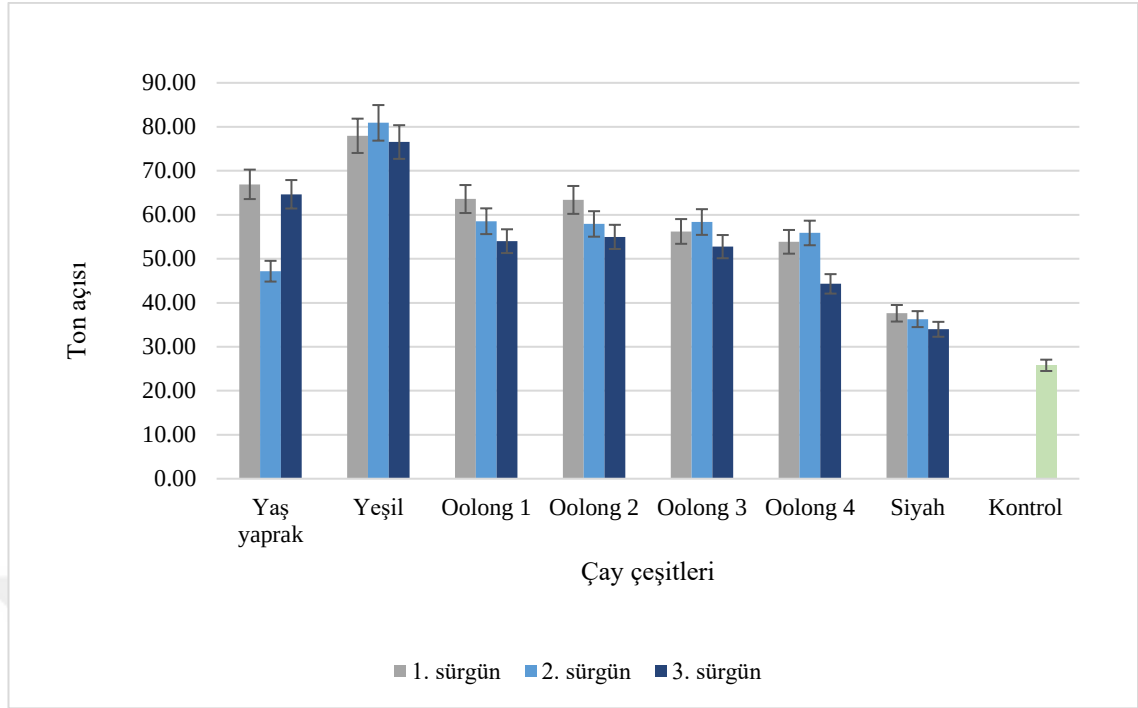
Şekil 4.24. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak L^* değerlerinin değişimi



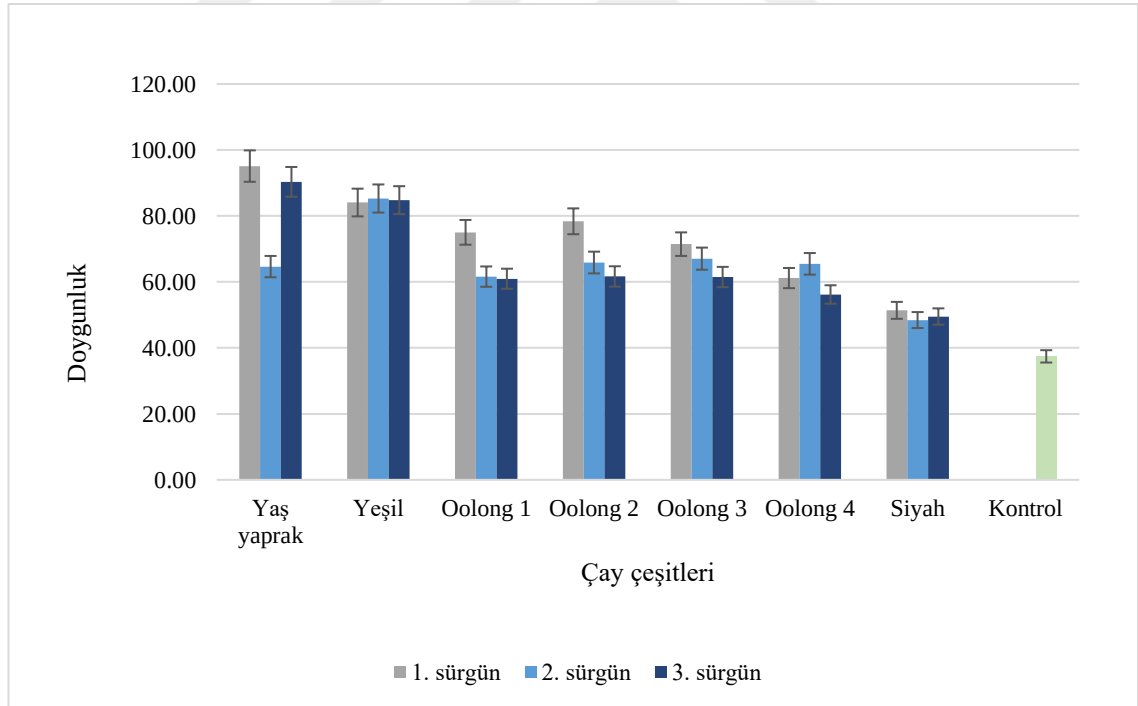
Şekil 4.25. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak a* değerlerinin değişimi



Şekil 4.26. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak b* değerlerinin değişimi



Şekil 4.27. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak ton açısı değerlerinin değişimi



Şekil 4.28. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak doygunluk değerlerinin değişimi

4.9. Teaflavin (TF), Tearubijin (TR), Toplam renk ve Parlaklık Analizi

Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong ve siyah çay ile kontrol örneğinin TF, TR, toplam renk ve % parlaklık miktarları Çizelge 4.25’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde TF değerlerinin %0.19-1.01, TR değerlerinin %7.87-15.11, toplam renk değerlerinin 8.26-16.74 ve parlaklık değerleri % 22.97-67.29 arasında değişim göstermiştir.

Bilindiği gibi TF’ler çay demine acılık, burukluk veren sarı renkli bileşiklerdir. TR’ler ise daha polimer yapılar olup koyu kırmızı renkli bileşiklerdir. Proses sırasında oksidasyon süresinin uzaması ile TR miktarı da artar. Bu da çay deminin daha koyu kırmızı renkli olması sonucunu doğurur (Peterson vd. 2005). Ancak araştırma kapsamında elde edilen örneklerin TR içeriğinde ilginç ve beklenilmeyen bir durum ile karşılaşmıştır. Çizelge 4.25’de görüldüğü üzere yeşil çayların TR içeriği 1. sürgün dönemi, 2. sürgün dönemi ve 3. sürgün döneminde sırası ile %9.11, 9.48 ve 7.87 olarak belirlenmiştir. Siyah çayların TR içeriği ise yine sürgün dönemlerine göre sırasıyla %15.11, 12.25 ve 13.15 olarak bulunmuştur. 4 farklı derecede okside edilerek üretilen oolong çayların TR içerikleri ise %9.35-13.13 arasında değişmiştir.

Çizelge 4.25. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong ve siyah çay ile kontrol örneğinin TF, TR, toplam renk ve parlaklık değerleri

Sürgün Dönemi	Çay Çeşidi	TF(%)	TR(%)	Toplam Renk	Parlaklık(%)
1. sürgün	Yeşil	0.20 ± 0.01	9.11 ± 0.01	8.82 ± 0.31	25.37 ± 0.11
	Oolong 1	0.30 ± 0.00	11.62 ± 0.19	11.25 ± 0.07	29.56 ± 0.64
	Oolong 2	0.35 ± 0.01	12.16 ± 0.04	12.26 ± 0.42	31.64 ± 1.51
	Oolong 3	0.51 ± 0.00	13.13 ± 0.08	13.26 ± 0.29	43.02 ± 0.77
	Oolong 4	0.35 ± 0.01	10.77 ± 0.28	10.60 ± 0.43	36.67 ± 0.16
	Siyah	1.01 ± 0.03	15.11 ± 0.46	16.74 ± 0.61	67.29 ± 4.60
2. sürgün	Yeşil	0.19 ± 0.00	9.48 ± 0.11	9.14 ± 0.04	22.97 ± 0.44
	Oolong 1	0.26 ± 0.00	12.72 ± 0.15	12.73 ± 0.18	23.08 ± 0.02
	Oolong 2	0.30 ± 0.01	12.66 ± 0.22	12.70 ± 0.14	26.57 ± 0.70
	Oolong 3	0.27 ± 0.01	12.87 ± 0.21	12.44 ± 0.20	23.84 ± 1.29
	Oolong 4	0.32 ± 0.01	13.04 ± 0.18	13.38 ± 0.19	26.71 ± 0.55
	Siyah	0.30 ± 0.03	12.25 ± 0.17	12.99 ± 0.38	26.03 ± 1.85
3. sürgün	Yeşil	0.20 ± 0.02	7.87 ± 0.06	8.26 ± 0.28	24.85 ± 0.54
	Oolong 1	0.22 ± 0.01	10.28 ± 0.01	10.38 ± 0.04	23.61 ± 0.64
	Oolong 2	0.22 ± 0.01	10.58 ± 0.01	10.51 ± 0.01	23.43 ± 0.62
	Oolong 3	0.29 ± 0.02	9.35 ± 0.00	10.36 ± 0.09	31.14 ± 2.19
	Oolong 4	0.49 ± 0.03	11.42 ± 0.05	12.26 ± 0.04	44.46 ± 2.49
	Siyah	0.38 ± 0.04	13.15 ± 0.16	13.58 ± 0.34	31.39 ± 3.80
Kontrol		0.39 ± 0.01	13.81 ± 0.07	14.46 ± 0.09	29.74 ± 1.22

Sonuçlar ortalama±standart hata olarak verilmiştir.

Bilindiği gibi TR'ler ileri oksidasyon ürünleridir. Bu nedenle yeşil çayda bulunmaması veya çok az miktarlarda bulunması beklenen bileşiklerdir. Ancak yeşil çaylarda görüldüğü gibi yüksek düzeyde TR içeriği saptanmıştır. Bu konuda yapılan literatür taramasında benzeri sonuçlar elde edilen bir araştırma makalesine rastlanmıştır (Yao vd. 2006). Yapılan çalışmada Avustralya'da marketlerde satılan farklı ülke menşeli çaylar analiz edilmiştir. İlginç bir şekilde bu çalışmada da aynı yöntem kullanılarak analiz edilen yeşil çay örneklerinde benzeri miktarda TR bulunmuştur. Nitekim bu çalışmada %TR değerleri Seylan menşeli yeşil çaylarda %7.44-8.62, Çin menşeli çaylarda %5.48-7.42 olarak tespit edilmiştir. Araştırmayı yapan ekip bu sonuçları beklenmedik sonuçlar olarak değerlendirmiş ve bunun nedenini de uzun süreli uygun olmayan koşullarda depolama olarak yorumlamışlardır. Bizim elde ettiğimiz sonuçlarla çok benzeşen bu sonuçlar yapılan yorum ve değerlendirmelerin doğru olmadığını göstermektedir. Çünkü sözü edilen çalışmadaki yeşil çay örneklerinin geçmişi araştırmacılar tarafından bilinmemektedir. Bu nedenle depolama süresine bağlı bir yorum yapılabilirler. Ancak tarafımızdan bizzat üretilen ve hava almayan kilitli alüminyum poşetlerde oda koşullarında kontrol altında ancak 7-8 ay depolanan yeşil çay örneklerimizde hiçbir bozulma veya negatif değişim olmamıştır. Buna rağmen yeşil çaylarda bu kadar yüksek miktarda TR tespit edilmesi, bunun nedeninin daha başka bir sebepten kaynaklanabileceği şeklindedir. Bunun en önemli sebebi olarak da analiz

metodunun uygulanması sırasında TR oluşumu olabileceğini düşünmemizdir. Ayrıca hasat sırasında yaralanan kısımlarda da ısıtma işlemi kadar oksidasyon olduğu da bir realitedir. Sonuç olarak bu husus, yeni bir araştırma konusu olarak açık ve net bir şekilde ortaya çıkmıştır.

Örneklerin TF, TR, toplam renk ve parlaklık değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.26’de, bu değerlerin ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.27’de verilmiştir. Çizelge 4.27 incelendiğinde çay çeşidi, sürgün dönemi ve çay çeşidi-sürgün dönemi interaksyonunun TF, TR, toplam renk ve parlaklık değerleri üzerine çok önemli derecede ($p<0.001$) etkili olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.26. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong ve siyah çay ile kontrol örneğinin TF, TR, toplam renk ve parlaklık değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	TF (%)		TR(%)		Toplam Renk		Parlaklık (%)	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Çay çeşidi (Ç)	6	0.0851	135.39***	15.8555	295.94***	22.8272	169.69***	229.8008	39.24***
Sürgün Dönemi (S)	2	0.0942	149.91***	9.2363	172.39***	5.8155	43.23***	523.0421	89.31***
Ç*S	12	0.0446	70.99***	2.2457	41.92***	2.7644	20.55***	148.7927	25.41***
Hata	21	0.0006		0.0536		0.1345		5.8564	

(***) $p<0.001$ seviyesinde farklılık ifade eder.

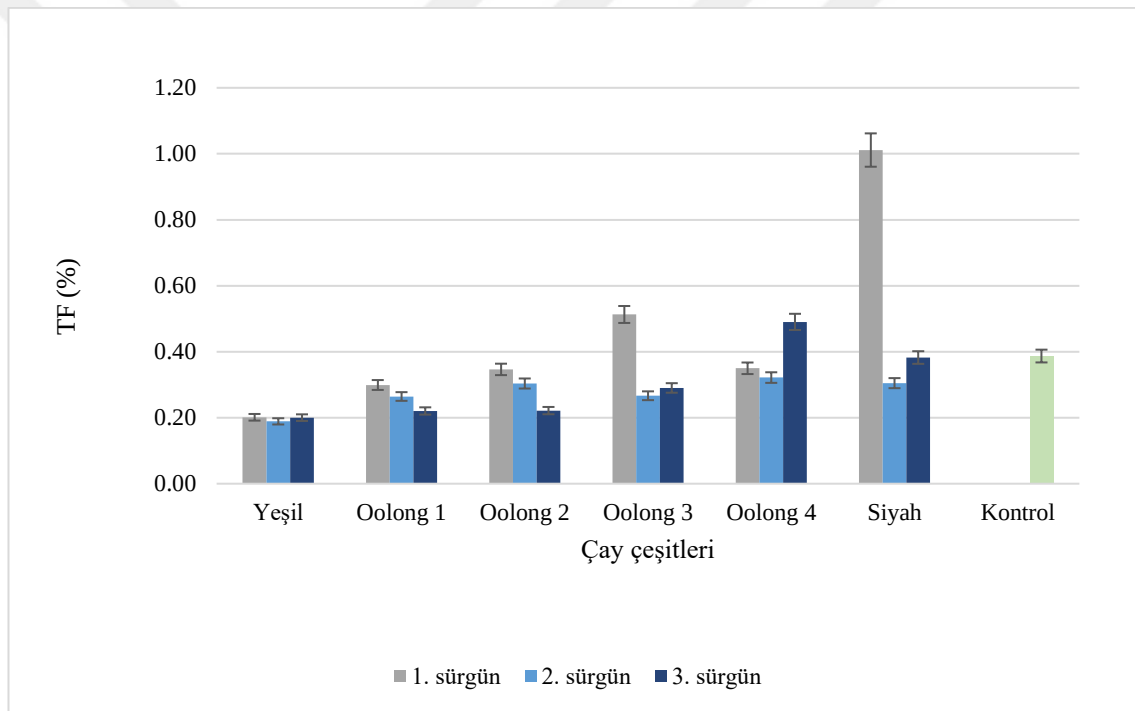
Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve kontrol örneğinin TF, TR, toplam renk ve parlaklık değerleri ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları incelendiğinde (Çizelge 4.27) 1. sürgün döneminde üretilen çayların TF ve parlaklık değerleri ortalamalarının en yüksek olduğu belirlenirken, TR ve Toplam renk değerlerinin 2. Sürgün döneminde daha yüksek olduğu ancak 1. sürgün döneminde üretilen çaylar ile istatistiki açıdan farklı olmadığı belirlenmiştir. TF, TR, toplam renk ve parlaklık değerlerinin çay çeşitleri üzerine etkisi incelendiğinde ise yeşil çay örneklerinin en düşük değere sahip olduğu, siyah çay ve kontrol örneklerinin ise en yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir. Bu değerlerden de açıkça görülmektedir ki aynı hammaddeden üretilen yeşil, oolong ve siyah çayların içeriklerinde önemli farklılıkların belirlenmesi çay işleme aşamalarının ve özellikle oksidasyon aşamasının önemli olduğunu ortaya koymaktadır. Nitekim en düşük TF, TR, toplam renk ve parlaklık değerleri yeşil çayda görülürken kısmi okside olan oolong çaylardan da en az oksidasyona tabii olan oolong 1 numaralı çay örneği, yeşil çay örneğini izlemiştir.

Çizelge 4.27. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong ve siyah çay ile kontrol örneğinin TF, TR, toplam renk ve parlaklık miktarlarının ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

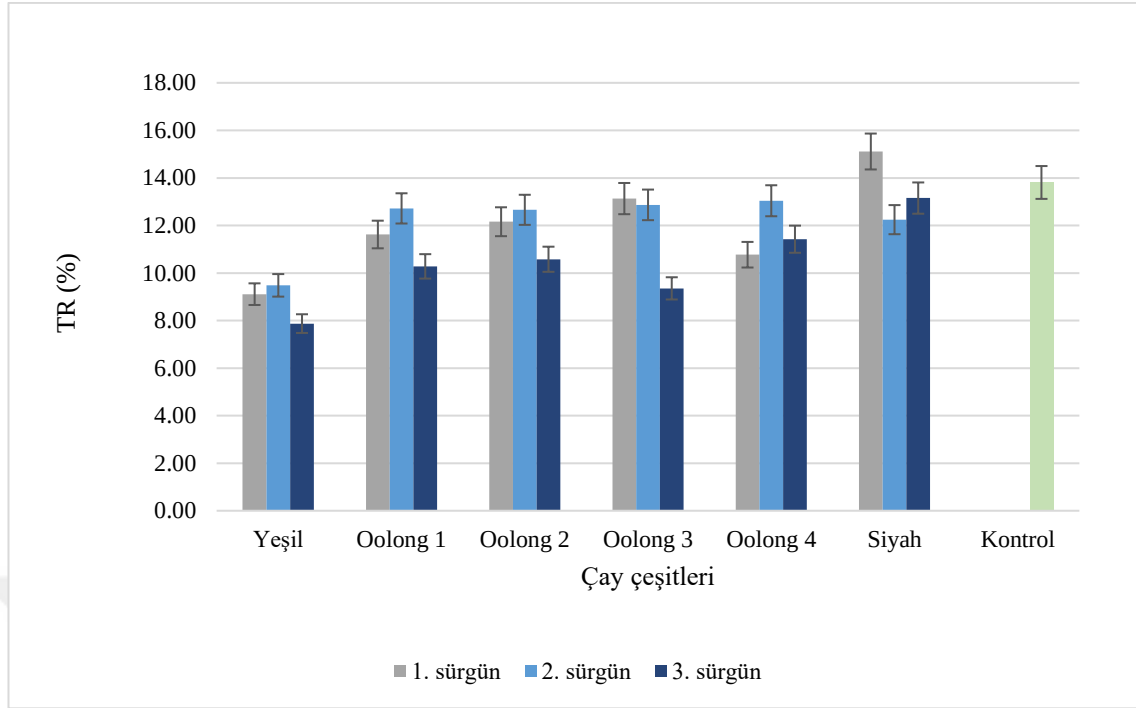
% TF	Sürgün dönemi	2	3	1				
		0.29 ^c ±0.02	0.31 ^b ±0.03	0.44 ^a ±0.07				
	Çay çeşidi	Yeşil	Oolong 1	Oolong 2	Oolong 3	Kontrol	Oolong 4	Siyah
		0.20 ^e ±0.01	0.26 ^d ±0.01	0.29 ^c ±0.02	0.36 ^b ±0.05	0.39 ^b ±0.01	0.39 ^b ±0.03	0.57 ^a ±0.14
% TR	Sürgün dönemi	3	1	2				
		10.92 ^b ±0.53	12.24 ^a ±0.36	12.40 ^a ±1.33				
	Çay çeşidi	Yeşil	Oolong 1	Oolong 4	Oolong 3	Oolong 2	Siyah	Kontrol
		8.82 ^d ±0.31	11.54 ^c ±0.45	11.74 ^c ±0.44	11.78 ^c ±0.77	11.80 ^c ±0.40	13.51 ^b ±0.55	13.81 ^a ±0.03
Toplam renk	Sürgün dönemi	3	1	2				
		11.40 ^b ±0.55	12.49 ^a ±0.68	12.55 ^a ±0.43				
	Çay çeşidi	Yeşil	Oolong 1	Oolong 2	Oolong 3	Oolong 4	Siyah	Kontrol
		8.74 ^d ±0.20	11.45 ^c ±0.44	11.83 ^{cb} ±0.44	12.02 ^b ±0.55	12.08 ^b ±0.52	14.44 ^a ±0.77	14.47 ^a ±0.04
% Parlaklık	Sürgün dönemi	2	3	1				
		25.56 ^c ±0.69	29.80 ^b ±1.96	37.61 ^a ±3.71				
	Çay çeşidi	Yeşil	Oolong 1	Oolong 2	Kontrol	Oolong 3	Oolong 4	Siyah
		24.39 ^e ±0.50	25.42 ^e ±1.33	27.21 ^{ed} ±1.58	29.74 ^d ±0.55	32.67 ^c ±3.60	35.95 ^b ±3.31	41.57 ^a ±8.35

Her bir varyasyon kaynağı için aynı satırdaki farklı harfler ortalamaların p<0.05 seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

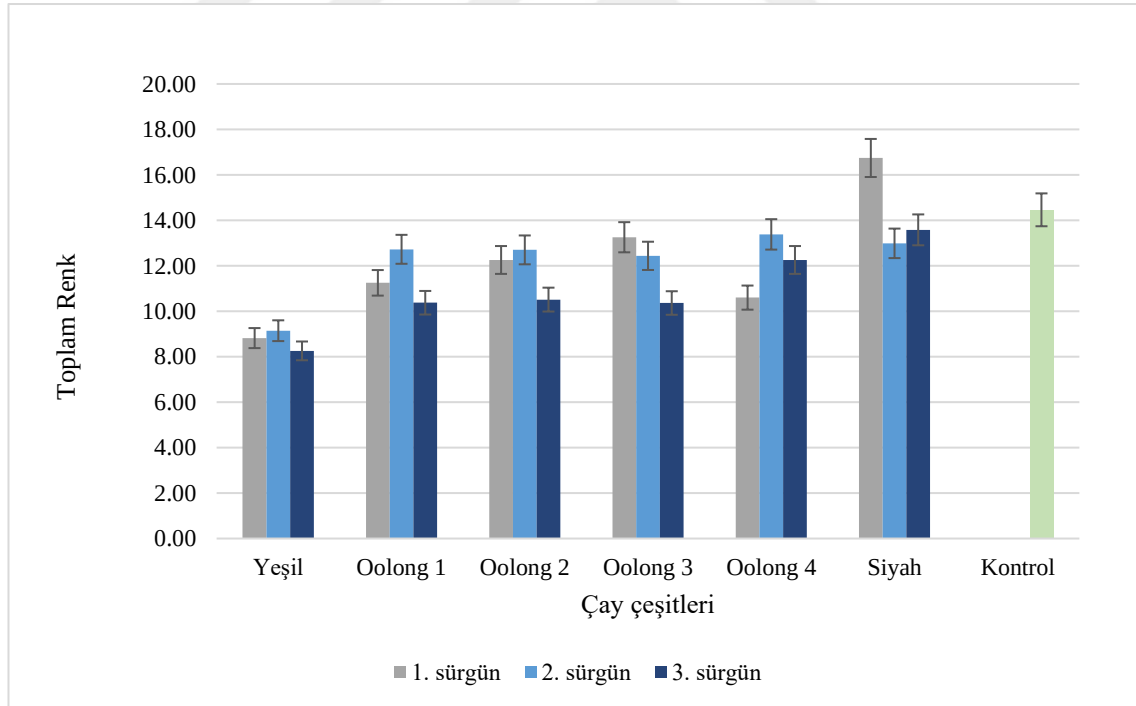
Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak TF, TR, toplam renk ve parlaklık değerlerinin değişimi sırasıyla Şekil 4.29, Şekil 4.30, Şekil 4.31 ve Şekil 4.32’de verilmiştir. Şekiller incelendiğinde çay çeşitlerine göre değişimin oksidasyon süresi ile ilgisi açıkça görülmektedir ve en düşük değerler yeşil çay örneklerinde en yüksek değerlerin ise kontrol örneği ve siyah çay örneklerinde olduğu görülmektedir. Nitekim teafavinler ve tearubijinler çay işlemenin fermentasyon aşamasında kateşinlerin ve kateşin gallatların oksidasyonu ile oluşan kompleks fenolik bileşiklerdir. TF, çay fermentasyonunda oluşan ilk kararlı oksidasyon ürünleridir ve kateşinlerin ve kateşin gallatların oksidasyonu sırasında oluşan ara bileşikler ifade eder. TF, fermentasyon sırasında daha fazla oksidasyona uğrayarak daha polimerize olan TR ve daha sonra proteinlerle bağlantılı polimerize teabrovninleri oluşturur. Bu bileşiklerden TF, siyah çay kalitesine canlı, buruk tat ve parlak altın rengi katarken, TR ise 'gövde' olarak adlandırılan kırmızımsı renk ve tat zenginliğine katkıda bulunur. Bu nedenle, her iki bileşik sınıfı da kalite ve arzu edilen diğer likör karakterleri ile ilişkilendirilmiştir (Yao vd. 2006). Tez kapsamında üretilen çay çeşitlerinde de benzer sonuçlara ulaşılmıştır.



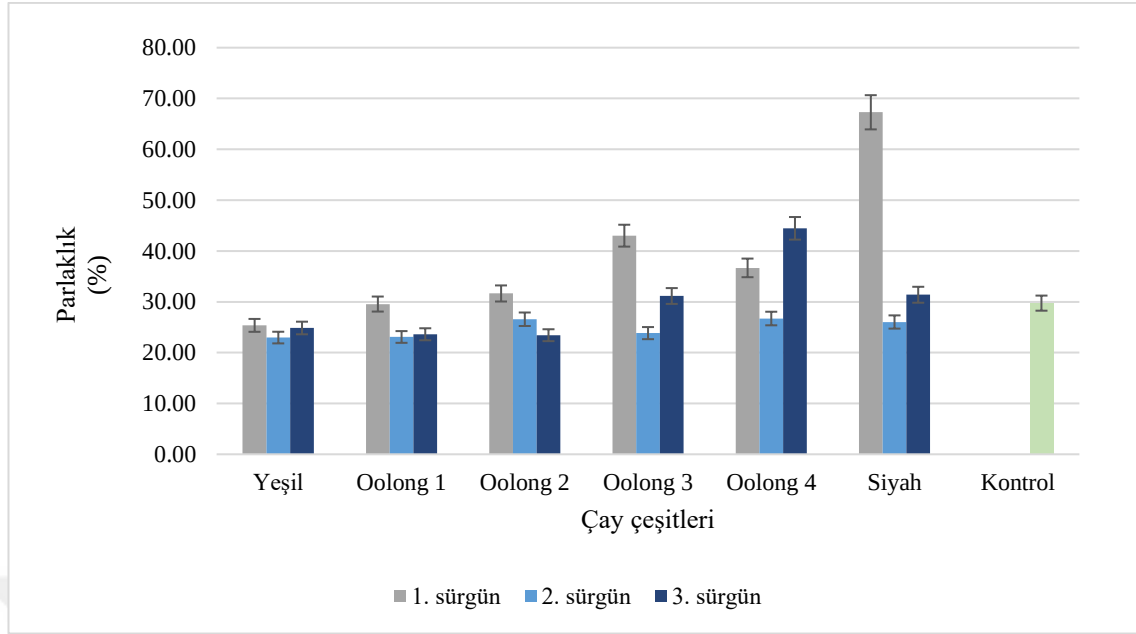
Şekil 4.29. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak TF değerlerinin değişimi



Şekil 4.30. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak TR değerlerinin değişimi



Şekil 4.31. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak toplam renk değerlerinin değişimi



Şekil 4.32. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak parlaklık değerlerinin değişimi

4.10. Uçucu Bileşenlerin Analizi

Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, siyah ve oolong çaylar ile bu çayların üretildiği işlem görmemiş çay yaprağına (yaş yaprak) ait uçucu bileşen profili sırasıyla Çizelge 4.28, Çizelge 4.29 ve Çizelge 4.30’da sunulmuştur. Kontrol örneğine ait uçucu bileşenler de Çizelge 4.28’de verilmiştir.

Çalışma kapsamında üretilen çaylarda, 1. 2. ve 3. sürgün dönemlerinde sırasıyla, 73, 68 ve 63 uçucu bileşen tespit edilmiş, bu bileşenlerden 3 tanesi tanımlanamamış ve “bilinmeyen” olarak verilmiştir. Tespit edilen bileşenlerden hekzanal, linanool, nonanal, limonen, beta-siklositral ve beta-iyonon temel bileşenler olarak belirlenmiş, 3 sürgün döneminde ve bütün çay çeşitlerinde tespit edilmiştir. Bu bileşenlerden hekzanal ve nonanal lipid oksidasyonu sonucu, beta-siklositral ve beta-iyonon karotenoid öncüllerinin formasyonu ile, linalool ise glikozidik bağların hidrolize olması sonucunda oluşmuştur (Ho vd. 2015).

Kafein, polisakkaritler, kateşinler gibi çayda bulunan suda çözünür ana bileşenler çayın tadından sorumluyken, uçucu bileşenler çayın aromasına katkıda bulunur. Ancak uçucu bileşenler de soldurma, oksidasyon, kurutma gibi işlemler sırasında suda çözünür bileşiklerden dönüşmektedir (Hara vd. 1995; Wang vd. 2016). Bu nedenle oksidasyon derecesi ve işleme teknolojisinin yanı sıra coğrafi özellikler, iklim ve çayın varyetesi uçucu bileşen içeriğini değiştirmektedir. Nitekim farklı bir varyeteden üretilen Tayvan menşeli kontrol örneğinde diğer örneklerde bulunmayan 2-furankarboksaldehit, 5-metil, 1-Heptanol, Benzen, 1,3,5-trimetil, o-cimene, 1H-pirol-2-karboksaldehit, 1-etil, izomenton, alfa-Fenchene ve vitispirane bileşenleri tespit edilmiş, çalışma kapsamında üretilen hiçbir çay çeşidinde bu bileşenler belirlenememiştir. Ayrıca kontrol örneği ve 2. ile 3. sürgün yeşil çay örneklerinde Furfural tespit edilmiştir. Maillard reaksiyonu ile ortaya çıkan furfuralın üretim sırasındaki yüksek sıcaklık uygulaması sırasında oluştuğu düşünülmektedir.

Çalışma kapsamında çay örneklerinin uçucu bileşenlerinden en yüksek alanı veren hekzanal ve yanısıra nonanal bileşenleri lipid oksidasyonu yolu ile oluşmaktadır. Çaydaki temel lipid oksidasyon yolu lipoksigenaz aracılı yol olarak belirtilmiştir. Lipoksigenaz bu dönüşüm için anahtar enzimdir ve çay yaprağının kloroplastında bulunur. Mevsimsel olarak aktive olan lipoksigenaz enzimi yaz mevsiminde en yüksek aktivitesine ulaşırken, kışın minimum seviyeye düşer (Ho vd. 2015). Sürgün dönemlerine göre hekzanal ve nonanal bileşenleri incelendiğinde, mayıs ayına karşılık gelen 1. sürgün döneminde üretilen çaylardaki miktarın, yaz aylarında üretilen 2. ve 3. sürgün dönemlerine ait çaylardan daha düşük olduğu görülmüştür.

Üç sürgün döneminde aynı bitkiden üretilen yeşil, siyah ve 4 farklı oksidasyon derecesine sahip oolong çaylar ile bu çayların hammaddesi olan yaş çay yaprağının temel uçucu bileşenlerinden olan linalool ait sonuçlar incelendiğinde, linalool miktarının en yüksek 1. sürgün döneminde üretilen çaylarda olduğu ve 2. sürgün dönemi çaylarında ise bu miktarda ciddi bir azalma olduğu görülmektedir. Bu azalma çay yaprağındaki linalool uçucu bileşeninin oluşumuyla açıklanabilir. Linanool, çay yaprağının işlenmesi sırasında glikozidik yolla oluşan bir bileşendir. Çay yaprağındaki glikozidik enzimlerin konsantrasyonunun ise ilkbahar, yaz, sonbahar şeklinde yüksekten düşüğe doğru sırasıyla değiştiği bildirilmiştir (Ho vd. 2015). Yani ilk sürgün dönemindeki (Mayıs) yüksek enzim konsantrasyonu mevsim değişimi ile azalmıştır ve bu durum bileşen miktarı üzerine etki etmiştir.

Çalışma kapsamında belirlenen temel uçucu bileşenlerden olan beta-iyonon ve beta-siklositral'ın çaydaki oluşum mekanizmasının karotenoid öncüllerinin formasyonu ile olduğu bildirilmiştir (Ho vd. 2015). Beta-Karoten'in fotooksidasyonu ile oluşan beta-iyonon odunsu bir kokuya sahiptir. Çizelge 4.28, Çizelge 4.29 ve Çizelge 4.30 incelendiğinde yeşil çaydaki miktarın en yüksek olduğu oksidasyon derecesi ile süreninin artması sonucu beta-iyonon'un azaldığı görülmüştür. Sürgün dönemlerinin ise beta-siklositral ve beta-iyonon miktarında farklılık yaratmadığı gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.28. Birinci sürgün dönemi çaylar ve kontrol örneğine ait uçucu bileşenler (% Alan)

No	Aİ	İsim	% Alan																							
			Yaş yaprak			Yeşil çay			Oolong 1		Oolong 2		Oolong 3		Oolong 4		Siyah çay		Kontrol							
1	747	1-Pentanol	2.61	±	0.05	2.91	±	0.01	2.13	±	0.01	2.03	±	0.12	2.05	±	0.04	1.65	±	0.02	1.09	±	0.06	1.31	±	0.21
2	750	2-Penten-1-ol (Z)	t.e.			2.04 ± 0.05			1.51 ± 0.03			1.39 ± 0.08			1.40 ± 0.02			1.06 ± 0.02			0.60 ± 0.02			t.e.		
3	780	Hekzanal	12.42	±	0.93	8.95 ± 0.69			8.57 ± 0.62			9.34 ± 0.25			9.35 ± 0.57			8.98 ± 0.07			12.83 ± 0.03			6.71 ± 0.24		
4	799	1-Etilpirol	t.e.			2.00 ± 0.03			t.e.			t.e.			t.e.			t.e.			t.e.			t.e.		
5	822	Furfural	t.e.			t.e.			t.e.			t.e.			t.e.			t.e.			t.e.			0.81 ± 0.03		
6	839	1,3-siklopentadien,5,5-dimetil-2-etil	t.e.			1.62 ± 0.06			1.20 ± 0.07			0.89 ± 0.01			1.10 ± 0.08			1.01 ± 0.01			0.39 ± 0.01			t.e.		
7	850	2-Hekzanal (E)	1.38	±	0.05	t.e.			1.41 ± 0.00			1.58 ± 0.13			1.60 ± 0.09			1.40 ± 0.03			7.75 ± 0.06			2.97 ± 0.18		
8	855	3-Hekzen-1-ol (Z)	5.40	±	0.06	t.e.			2.61 ± 0.14			3.04 ± 0.01			2.87 ± 0.24			1.16 ± 0.01			5.20 ± 0.16			1.65 ± 0.05		
9	872	2-Hekzen-1-ol (E)	t.e.			t.e.			0.33 ± 0.01			0.48 ± 0.01			0.27 ± 0.05			0.77 ± 0.01			0.46 ± 0.04			0.34 ± 0.03		
10	876	1-Hekzanal	t.e.			t.e.			0.80 ± 0.05			0.90 ± 0.00			0.84 ± 0.00			1.16 ± 0.00			0.79 ± 0.03			0.95 ± 0.06		
11	910	2-Heptanon	t.e.			0.88 ± 0.00			1.99 ± 0.13			2.04 ± 0.21			2.04 ± 0.17			2.05 ± 0.00			1.72 ± 0.09			1.82 ± 0.04		
12	925	4-Heptenal (E)	t.e.			t.e.			t.e.			t.e.			t.e.			t.e.			0.20 ± 0.00			t.e.		
13	927	Heptanal	3.76	±	0.16	2.09 ± 0.06			1.36 ± 0.13			1.44 ± 0.07			1.36 ± 0.07			1.19 ± 0.00			1.85 ± 0.03			1.21 ± 0.06		
14	966	Hekzanoik asit, metil ester	t.e.			0.54 ± 0.03			0.15 ± 0.00			0.13 ± 0.07			0.17 ± 0.02			0.19 ± 0.05			0.57 ± 0.10			0.69 ± 0.01		
15	1015	Metilpentaldehit	t.e.			0.35 ± 0.01			t.e.			t.e.			t.e.			t.e.			0.28 ± 0.03			0.39 ± 0.02		
16	1020	Benzaldehit	1.25	±	0.07	1.66 ± 0.05			0.75 ± 0.08			1.05 ± 0.13			0.66 ± 0.08			1.46 ± 0.08			2.67 ± 0.04			3.47 ± 0.22		
17	1026	2-furankarboksaldehit, 5-metil	t.e.			t.e.			t.e.			t.e.			t.e.			t.e.			t.e.			0.72 ± 0.03		
18	1042	1-heptanol	t.e.			t.e.			t.e.			t.e.			t.e.			t.e.			t.e.			0.48 ± 0.02		
19	1056	1-okten-3-ol	0.79	±	0.06	1.02 ± 0.01			t.e.			1.32 ± 0.07			1.29 ± 0.12			1.22 ± 0.03			1.20 ± 0.07			1.12 ± 0.04		
20	1065	2,3-oktadion	1.69	±	0.05	1.48 ± 0.03			1.31 ± 0.13			0.76 ± 0.02			0.62 ± 0.04			0.61 ± 0.01			t.e.			t.e.		
21	1069	6-metil-5-hepten-2-on	1.81	±	0.06	4.05 ± 0.09			0.88 ± 0.05			3.13 ± 0.41			3.44 ± 0.17			3.99 ± 0.13			2.90 ± 0.01			3.51 ± 0.08		
22	1073	Heptan, 2,2,4,6,6-pentametil	t.e.			4.81 ± 0.04			3.47 ± 0.15			1.06 ± 0.53			1.93 ± 0.33			1.24 ± 0.21			1.25 ± 0.57			t.e.		
23	1077	Furan, 2-pentil	3.20	±	0.26	7.85 ± 0.05			1.44 ± 0.19			7.44 ± 0.95			7.56 ± 0.49			7.93 ± 0.11			4.71 ± 0.30			5.25 ± 0.09		
24	1093	2-(2-pentil) furan (Z)	t.e.			0.65 ± 0.05			7.72 ± 0.16			0.73 ± 0.15			1.10 ± 0.12			0.80 ± 0.03			0.60 ± 0.07			0.56 ± 0.01		
25	1096	Oktanal	1.68	±	0.02	0.84 ± 0.15			0.86 ± 0.08			t.e.			t.e.			t.e.			0.99 ± 0.04			1.03 ± 0.01		
26	1105	3-hekzenil asetat (E)	t.e.			t.e.			0.92 ± 0.04			0.64 ± 0.01			1.00 ± 0.00			t.e.			0.59 ± 0.02			1.01 ± 0.04		
27	1108	Bilinmeyen 1	0.54	±	0.03	t.e.			t.e.			t.e.			t.e.			t.e.			0.74 ± 0.02			1.10 ± 0.01		
28	1127	Benzen, 1,3,5-trimetil	t.e.			t.e.			t.e.			t.e.			t.e.			t.e.			t.e.			0.60 ± 0.02		
29	1132	O-cimene	t.e.			t.e.			t.e.			t.e.			t.e.			t.e.			t.e.			2.15 ± 0.02		
30	1139	Limonen	1.73	±	0.23	1.89 ± 0.21			1.03 ± 0.04			1.02 ± 0.04			1.30 ± 0.03			0.76 ± 0.04			0.85 ± 0.13			15.65 ± 0.08		
31	1142	2-etilhekzanal	0.82	±	0.02	t.e.			t.e.			t.e.			t.e.			t.e.			t.e.			t.e.		
32	1149	Siklohekzanon, 2,2,6-trimetil	2.40	±	0.10	5.92 ± 0.20			3.52 ± 0.15			2.49 ± 0.41			3.78 ± 0.35			3.58 ± 0.15			2.16 ± 0.04			1.15 ± 0.03		
33	1160	3-okten-2-on	t.e.			t.e.			t.e.			t.e.			t.e.			t.e.			0.44 ± 0.02			0.44 ± 0.01		
34	1164	Benzenasetaldehit	t.e.			t.e.			t.e.			t.e.			t.e.			1.23 ± 0.00			1.90 ± 0.09			1.13 ± 0.03		
35	1175	1H-pirol-2-karboksaldehit, 1-etil	t.e.			t.e.			t.e.			t.e.			t.e.			t.e.			t.e.			0.85 ± 0.18		

X±Standard Hata, Aİ: Alıkonma indeksi, t.e. tespit edilemedi, E:Cis, Z:Trans izomeri.

Devamı arkada

Çizelge 4. 28'in devamı

No	Aİ	İsim	% Alan												
			Yaş yaprak		Yeşil çay		Oolong 1		Oolong 2		Oolong 3		Oolong 4		Siyah çay
36	1177	Beta-ocimene (Z)	t.e.		t.e.		0.53 ± 0.01	0.61 ± 0.04	1.02 ± 0.11	t.e.		0.55 ± 0.01	t.e.		
37	1194	2-siklohekzen-1-on, 3,5,5-trimetil	1.62 ± 0.06		1.91 ± 0.04		1.56 ± 0.08	1.18 ± 0.13	1.53 ± 0.01	1.54 ± 0.11		0.96 ± 0.02	1.33 ± 0.05		
38	1215	3,5-oktadien-2-on	6.07 ± 0.09		5.82 ± 0.61		1.86 ± 0.29	1.87 ± 0.02	2.21 ± 0.73	t.e.		1.84 ± 0.06	0.70 ± 0.01		
39	1218	1-oktanol	4.30 ± 0.20		3.35 ± 0.25		2.44 ± 0.03	2.79 ± 0.12	2.55 ± 0.24	2.84 ± 0.26		2.38 ± 0.04	2.47 ± 0.01		
40	1246	Linalool oksit (E)	t.e.		t.e.		1.51 ± 0.10	1.97 ± 0.10	1.45 ± 0.01	1.19 ± 0.01		2.63 ± 0.04	2.39 ± 0.15		
41	1254	Bilinmeyen 2	t.e.		t.e.		t.e.	1.27 ± 0.11	1.40 ± 0.26	1.23 ± 0.02		1.16 ± 0.02	0.90 ± 0.02		
42	1267	Linalool	22.53 ± 0.88		4.99 ± 2.17		1.17 ± 0.06	10.31 ± 0.45	10.04 ± 1.26	8.11 ± 0.01		9.57 ± 0.43	11.48 ± 0.31		
43	1276	Nonanal	4.00 ± 0.09		2.01 ± 0.07		9.83 ± 0.57	1.81 ± 0.10	1.68 ± 0.04	1.23 ± 0.03		2.58 ± 0.01	1.97 ± 0.06		
44	1280	2,6-heptandion, 3-asetil	t.e.		2.13 ± 0.07		1.42 ± 0.04	0.81 ± 0.04	0.96 ± 0.11	0.78 ± 0.01		0.69 ± 0.03	0.43 ± 0.03		
45	1289	Benzenetanol	t.e.		t.e.		0.77 ± 0.05	t.e.	t.e.	t.e.		0.38 ± 0.03	0.72 ± 0.01		
46	1301	4,8-dimetil-1,3,7-nonatrien (E)	t.e.		t.e.		t.e.	t.e.	1.20 ± 0.22	t.e.		t.e.	t.e.		
47	1328	1-oktanol, 2,7-dimetil	t.e.		t.e.		t.e.	t.e.	t.e.	t.e.		0.56 ± 0.03	t.e.		
48	1343	3-nonen-2-on (Z)	t.e.		t.e.		t.e.	t.e.	t.e.	t.e.		0.38 ± 0.02	t.e.		
49	1356	5-etil-6-metil-3E-hepten-2-on	t.e.		t.e.		t.e.	t.e.	t.e.	t.e.		0.58 ± 0.03	1.26 ± 0.01		
50	1368	Izomenton	t.e.		t.e.		t.e.	t.e.	t.e.	t.e.		t.e.	0.52 ± 0.01		
51	1405	Bilinmeyen 3	1.00 ± 0.08		t.e.		0.44 ± 0.03	0.62 ± 0.05	0.54 ± 0.04	0.67 ± 0.03		0.77 ± 0.01	t.e.		
52	1433	Bütanoik asit, 3-hekzenil ester (Z)	t.e.		t.e.		3.21 ± 0.07	3.71 ± 0.17	2.62 ± 0.04	1.59 ± 0.02		0.44 ± 0.00	0.46 ± 0.00		
53	1444	Metil salisilat	4.71 ± 0.49		0.46 ± 0.18		1.56 ± 0.08	1.88 ± 0.10	1.31 ± 0.14	3.54 ± 0.03		4.80 ± 0.64	4.41 ± 0.17		
54	1450	2-hekzenil bütanoat (E)	t.e.		t.e.		0.71 ± 0.05	t.e.	t.e.	1.39 ± 0.05		t.e.	t.e.		
55	1454	Safranal	t.e.		2.91 ± 0.10		1.55 ± 0.03	1.49 ± 0.06	1.83 ± 0.13	2.18 ± 0.02		0.91 ± 0.08	0.73 ± 0.02		
56	1469	Dekanal	t.e.		t.e.		t.e.	t.e.	t.e.	t.e.		0.20 ± 0.02	0.33 ± 0.03		
57	1496	Beta-siklositral	4.56 ± 0.06		7.57 ± 0.24		3.65 ± 0.13	3.35 ± 0.07	4.17 ± 0.09	3.70 ± 0.02		2.29 ± 0.04	1.05 ± 0.02		
58	1513	Alfa-Fenchene	t.e.		t.e.		t.e.	t.e.	t.e.	t.e.		t.e.	0.51 ± 0.14		
59	1523	3-hekzenil 2-metilbütanoat (Z)	t.e.		t.e.		5.52 ± 0.26	4.94 ± 0.16	2.28 ± 0.13	4.95 ± 0.18		1.68 ± 0.06	t.e.		
60	1536	2-Hekzenil valerat (Z)	t.e.		t.e.		1.97 ± 0.09	1.14 ± 0.02	t.e.	2.73 ± 0.15		t.e.	t.e.		
61	1565	Geraniol	4.91 ± 0.26		0.60 ± 0.38		2.10 ± 0.13	2.84 ± 0.23	1.93 ± 0.27	3.41 ± 0.06		2.74 ± 0.08	1.89 ± 0.72		
62	1612	Vitispirane	t.e.		t.e.		t.e.	t.e.	t.e.	t.e.		t.e.	2.15 ± 0.13		
63	1651	Theaspirane A	t.e.		t.e.		0.45 ± 0.03	0.38 ± 0.09	0.71 ± 0.11	0.38 ± 0.02		0.53 ± 0.01	t.e.		
64	1687	Theaspirane B	0.96 ± 0.01		0.33 ± 0.01		0.97 ± 0.06	0.76 ± 0.16	1.32 ± 0.22	0.70 ± 0.04		0.97 ± 0.02	0.57 ± 0.02		
65	1823	3-hekzenil hekzanoat (E)	t.e.		0.73 ± 0.06		5.03 ± 0.20	4.63 ± 0.63	4.78 ± 0.23	3.87 ± 0.13		0.53 ± 0.00	0.57 ± 0.02		
66	1834	Hekzanoik asit, hekzil ester	t.e.		t.e.		t.e.	t.e.	t.e.	1.68 ± 0.04		t.e.	t.e.		
67	1840	Hekzanoik asit, 2-hekzenil ester	t.e.		t.e.		0.76 ± 0.04	0.69 ± 0.11	0.42 ± 0.03	1.01 ± 0.06		t.e.	t.e.		
68	1862	Trikosan	t.e.		0.66 ± 0.01		t.e.	t.e.	t.e.	t.e.		t.e.	t.e.		
69	1921	Alfa-İyonon	t.e.		1.51 ± 0.09		0.60 ± 0.04	0.56 ± 0.03	0.67 ± 0.05	0.77 ± 0.01		0.38 ± 0.02	0.51 ± 0.02		
70	1975	Geranilaseton (E)	0.85 ± 0.00		2.02 ± 0.06		1.56 ± 0.09	1.84 ± 0.13	1.72 ± 0.13	1.50 ± 0.01		1.36 ± 0.01	1.94 ± 0.01		
71	2046	Beta-İyonon	2.31 ± 0.11		10.14 ± 0.48		4.34 ± 0.27	4.81 ± 0.18	5.11 ± 0.38	4.76 ± 0.02		2.91 ± 0.03	1.40 ± 0.03		
72	2136	2(4H)-Benzofuranon, 5,6,7,7a-tetrahidro-4,4,7a-trimetil	t.e.		1.20 ± 0.17		0.46 ± 0.05	0.60 ± 0.09	0.59 ± 0.01	0.58 ± 0.07		0.42 ± 0.07	0.28 ± 0.01		
73	2773	Kafein	0.77 ± 0.12		0.18 ± 0.02		0.15 ± 0.07	0.29 ± 0.04	0.27 ± 0.09	0.28 ± 0.09		0.16 ± 0.01	0.09 ± 0.03		

X±Standard Hata, Aİ: Alıkonma indeksi, t.e. tespit edilemedi, E:Cis, Z:Trans izomeri

Çizelge 4.29. İkinci sürgün dönemi çaylara ait uçucu bileşenler (% Alan)

No	Aİ	İsim	% Alan													
			Yaş yaprak		Yeşil çay		Oolong 1		Oolong 2		Oolong 3		Oolong 4		Siyah çay	
1	747	1-Pentanol	0.52	± 0.06	1.27	± 0.23	1.60	± 0.03	1.49	± 0.12	1.61	± 0.14	1.70	± 0.40	1.06	± 0.03
2	750	2-Penten-1-ol (Z)	t.e.		1.69	± 0.37	1.27	± 0.08	1.10	± 0.08	1.17	± 0.11	1.17	± 0.24	0.45	± 0.01
3	780	Hekzanal	12.36	± 1.54	20.92	± 2.75	20.24	± 1.69	19.47	± 0.09	18.88	± 0.55	20.90	± 1.75	17.88	± 0.36
4	799	1-Etilpirol	t.e.		0.63	± 0.09	t.e.		t.e.		t.e.		t.e.		t.e.	
5	822	Furfural	t.e.		1.21	± 0.62	t.e.		t.e.		t.e.		t.e.		t.e.	
6	839	1,3-siklopentadien,5,5-dimetil-2-etil	t.e.		1.07	± 0.40	0.88	± 0.06	0.82	± 0.14	0.82	± 0.08	0.74	± 0.17	0.27	± 0.00
7	850	2-Hekzanal (E)	4.74	± 0.31	1.09	± 0.01	1.80	± 0.08	1.76	± 0.15	1.89	± 0.18	1.89	± 0.11	9.28	± 1.60
8	855	3-Hekzen-1-ol (Z)	2.76	± 0.37	t.e.		0.87	± 0.09	0.90	± 0.05	0.97	± 0.15	0.93	± 0.20	3.09	± 0.14
9	872	2-Hekzen-1-ol (E)	t.e.		t.e.		0.20	± 0.06	0.19	± 0.06	0.43	± 0.06	0.45	± 0.10	0.48	± 0.03
10	876	1-Hekzanol	1.92	± 0.41	t.e.		0.43	± 0.13	0.46	± 0.12	2.70	± 0.33	2.65	± 0.33	0.76	± 0.06
11	910	2-Heptanon	0.84	± 0.11	1.08	± 0.15	2.53	± 0.27	2.55	± 0.01	0.78	± 0.01	0.84	± 0.05	2.39	± 0.01
12	925	4-Heptenal (E)	t.e.		1.77	± 0.03	0.84	± 0.03	0.82	± 0.02	2.78	± 0.06	2.86	± 0.04	0.36	± 0.03
13	927	Heptanal	2.03	± 0.19	4.33	± 0.44	3.31	± 0.19	3.32	± 0.21	0.21	± 0.03	0.23	± 0.08	2.41	± 0.19
14	966	Hekzanoik asit, metil ester	t.e.		t.e.		t.e.		0.16	± 0.03	t.e.		t.e.		0.64	± 0.03
15	968	Alfa-tujen	0.70	± 0.24	t.e.		t.e.		t.e.		t.e.		t.e.		t.e.	
16	978	Alfa-pinen	1.12	± 0.44	t.e.		t.e.		t.e.		t.e.		t.e.		t.e.	
17	996	3-(2-siklohekzenilmetil)-2-siklohepten-1-on	t.e.		0.57	± 0.08	t.e.		t.e.		t.e.		t.e.		t.e.	
18	1015	Metilpentaldehit	t.e.		0.67	± 0.10	t.e.		t.e.		0.61	± 0.01	0.86	± 0.14	0.68	± 0.04
19	1020	Benzaldehit	2.27	± 0.08	1.62	± 0.35	1.71	± 0.07	1.70	± 0.14	2.00	± 0.27	1.77	± 0.32	2.93	± 0.34
20	1042	1-heptanol	t.e.		t.e.		t.e.		t.e.		t.e.		t.e.		0.53	± 0.04
21	1044	Sabinen	2.79	± 1.39	t.e.		t.e.		t.e.		t.e.		t.e.		t.e.	
22	1048	2-beta-pinen	1.41	± 0.55	t.e.		t.e.		t.e.		t.e.		t.e.		t.e.	
23	1056	1-okten-3-ol	0.94	± 0.13	1.43	± 0.06	1.90	± 0.16	1.82	± 0.04	1.97	± 0.08	2.25	± 0.11	1.55	± 0.08
24	1065	2,3-oktadion	t.e.		t.e.		0.46	± 0.02	t.e.		0.38	± 0.00	0.47	± 0.04	t.e.	
25	1069	6-metil-5-hepten-2-on	1.96	± 0.26	4.90	± 0.10	5.07	± 0.24	4.69	± 0.11	5.06	± 0.20	4.61	± 0.27	3.83	± 0.13
26	1073	Heptan, 2,2,4,6,6-pentametil	1.49	± 0.18	0.91	± 0.64	2.30	± 0.41	2.21	± 0.96	2.06	± 0.04	1.95	± 0.08	1.20	± 0.03
27	1077	Furan, 2-pentil	4.01	± 0.31	5.36	± 0.23	7.94	± 0.15	8.14	± 0.00	8.00	± 0.54	5.18	± 0.47	5.23	± 0.20
28	1084	Furan, 2-propil	t.e.		1.70	± 0.23	t.e.		t.e.		1.29	± 0.03	1.25	± 0.12	t.e.	
29	1093	2-(2-pentil) furan (Z)	t.e.		1.93	± 0.01	1.59	± 0.05	1.67	± 0.04	1.71	± 0.08	0.88	± 0.10	t.e.	
30	1096	Oktanal	3.14	± 0.25	1.51	± 0.13	1.42	± 0.19	1.38	± 0.09	1.34	± 0.00	1.63	± 0.23	2.39	± 0.03
31	1105	3-hekzenil asetat (E)	t.e.		t.e.		t.e.		t.e.		t.e.		t.e.		0.53	± 0.04
32	1108	Bilinmeyen 1	1.31	± 0.19	3.33	± 0.03	3.44	± 0.20	3.64	± 0.58	3.36	± 0.16	3.30	± 0.38	1.96	± 0.14
33	1139	Limonen	1.41	± 0.21	1.52	± 0.35	1.53	± 0.20	1.37	± 0.12	1.14	± 0.04	1.24	± 0.08	0.70	± 0.01
34	1142	Ökaloitol	10.73	± 3.70	t.e.		t.e.		t.e.		t.e.		t.e.		t.e.	
35	1149	Siklohekzanon, 2,2,6-trimetil	1.32	± 0.27	2.06	± 0.52	1.84	± 0.10	1.77	± 0.20	1.82	± 0.15	1.82	± 0.30	1.67	± 0.03

X±Standard Hata, Aİ: Alıkonma indeksi, t.e. tespit edilemedi, E:Cis, Z:Trans izomeri

Devamı arkada

Çizelge 4. 29'un devamı

No	Aİ	İsim	% Alan						
			Yaş yaprak	Yeşil çay	Oolong 1	Oolong 2	Oolong 3	Oolong 4	Siyah çay
36	1160	3-okten-2-on	t.e.	t.e.	t.e.	0.72 ± 0.12	0.69 ± 0.09	0.92 ± 0.25	1.05 ± 0.02
37	1164	Benzenasetaldehit	t.e.	t.e.	t.e.	0.51 ± 0.08	0.51 ± 0.06	0.51 ± 0.10	1.70 ± 0.18
38	1194	2-siklohekzen-1-on, 3,5,5-trimetil	1.61 ± 0.02	2.78 ± 0.17	2.93 ± 0.05	2.87 ± 0.33	3.03 ± 0.02	2.97 ± 0.01	2.12 ± 0.06
39	1215	3,5-oktadien-2-on	0.96 ± 0.09	9.80 ± 0.20	4.31 ± 0.51	4.18 ± 0.60	4.11 ± 0.41	4.96 ± 1.15	2.75 ± 0.03
40	1218	1-oktanol	2.54 ± 0.36	t.e.	1.95 ± 0.09	2.05 ± 0.14	1.99 ± 0.24	2.30 ± 0.36	2.03 ± 0.03
41	1246	Linalool oksit (E)	2.04 ± 0.12	t.e.	1.06 ± 0.07	1.18 ± 0.19	1.12 ± 0.02	0.63 ± 0.02	1.30 ± 0.01
42	1254	Bilinmeyen 2	t.e.	2.31 ± 0.11	1.38 ± 0.17	1.47 ± 0.19	1.52 ± 0.14	1.86 ± 0.33	1.69 ± 0.05
43	1267	Linalool	12.13 ± 0.88	1.28 ± 0.48	3.63 ± 0.89	3.71 ± 0.32	3.51 ± 0.18	2.62 ± 0.72	2.62 ± 0.29
44	1276	Nonanal	3.01 ± 0.38	2.40 ± 0.15	2.55 ± 0.04	2.65 ± 0.09	2.38 ± 0.12	2.82 ± 0.46	3.44 ± 0.07
45	1280	2,6-heptandion, 3-asetil	t.e.	1.37 ± 0.05	0.97 ± 0.09	0.99 ± 0.07	1.00 ± 0.05	1.16 ± 0.06	0.93 ± 0.00
46	1289	Benzenetanol	2.92 ± 0.48	t.e.	t.e.	t.e.	1.23 ± 0.02	t.e.	0.31 ± 0.00
47	1328	1-oktanol, 2,7-dimetil	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	1.32 ± 0.03
48	1343	3-nonen-2-on (Z)	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.38 ± 0.01
49	1356	5-etil-6-metil-3E-hepten-2-on	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.71 ± 0.04	1.03 ± 0.25	1.62 ± 0.03
50	1405	Bilinmeyen 3	t.e.	t.e.	0.65 ± 0.01	0.71 ± 0.00	0.52 ± 0.05	0.98 ± 0.28	0.82 ± 0.02
51	1433	Bütanoik asit, 3-hekzenil ester (Z)	t.e.	t.e.	0.67 ± 0.18	0.77 ± 0.06	t.e.	0.61 ± 0.15	t.e.
52	1444	Metil salisilat	4.22 ± 0.12	t.e.	0.53 ± 0.11	0.66 ± 0.01	0.59 ± 0.04	0.66 ± 0.18	1.21 ± 0.08
53	1454	Safranal	t.e.	0.50 ± 0.22	0.41 ± 0.07	0.48 ± 0.11	0.53 ± 0.09	0.47 ± 0.18	0.30 ± 0.02
54	1469	Dekanal	t.e.	0.27 ± 0.10	t.e.	t.e.	0.35 ± 0.08	0.56 ± 0.11	0.75 ± 0.04
55	1496	Beta-siklositral	1.74 ± 0.22	5.58 ± 1.24	4.18 ± 0.36	3.32 ± 1.20	4.00 ± 0.04	3.87 ± 0.53	2.65 ± 0.08
56	1523	3-hekzenil 2-metilbütanoat (Z)	0.77 ± 0.12	t.e.	0.90 ± 0.42	1.51 ± 0.61	0.38 ± 0.01	0.63 ± 0.18	0.58 ± 0.13
57	1536	2-Hekzenil valerat (Z)	t.e.	t.e.	0.43 ± 0.30	0.55 ± 0.15	t.e.	t.e.	t.e.
58	1565	Geraniol	0.88 ± 0.04	t.e.	0.20 ± 0.04	0.20 ± 0.02	t.e.	t.e.	0.25 ± 0.02
59	1651	Theaspirane A	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.17 ± 0.00
60	1687	Theaspirane B	t.e.	t.e.	0.25 ± 0.03	0.30 ± 0.02	t.e.	t.e.	0.42 ± 0.00
61	1757	Alfa-Terpinil asetat	3.06 ± 1.21	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
62	1823	3-hekzenil hekzanoat (E)	t.e.	t.e.	1.32 ± 0.54	0.91 ± 0.33	0.53 ± 0.02	0.75 ± 0.34	0.44 ± 0.07
63	1840	Hekzanoik asit, 2-hekzenil ester	t.e.	t.e.	0.53 ± 0.36	0.65 ± 0.11	t.e.	t.e.	t.e.
64	1921	Alfa-İyonon	0.57 ± 0.07	1.76 ± 0.19	1.31 ± 0.15	1.30 ± 0.16	1.32 ± 0.09	1.21 ± 0.00	1.20 ± 0.04
65	1975	Geranilaseton (E)	1.10 ± 0.13	2.19 ± 0.15	1.71 ± 0.03	1.75 ± 0.02	1.96 ± 0.04	1.76 ± 0.10	1.33 ± 0.01
66	2046	Beta-İyonon	2.67 ± 0.33	6.02 ± 0.88	4.17 ± 0.19	4.30 ± 0.05	4.22 ± 0.05	4.38 ± 0.18	3.24 ± 0.12
67	2136	2(4H)-Benzofuranon, 5,6,7,7a-tetrahidro-4,4,7a-trimetil	t.e.	0.92 ± 0.18	0.70 ± 0.10	0.72 ± 0.11	0.61 ± 0.03	0.66 ± 0.04	0.32 ± 0.03
68	2773	Kafein	0.10 ± 0.06	0.28 ± 0.05	0.14 ± 0.01	0.17 ± 0.02	0.29 ± 0.00	0.18 ± 0.07	0.20 ± 0.00

X±Standard Hata, Aİ: Alıkonma indeksi, t.e. tespit edilemedi, E:Cis, Z:Trans izomeri

Çizelge 4.30. Üçüncü sürgün dönemi çaylara ait uçucu bileşenler (% Alan)

No	Aİ	İsim	% Alan															
			Yaş yaprak		Yeşil çay		Oolong 1		Oolong 2		Oolong 3		Oolong 4		Siyah çay			
1	747	1-Pentanol	3.04	± 0.31	2.21	± 0.43	1.71	± 0.14	1.84	± 0.34	1.73	± 0.05	1.71	± 0.21	0.91	± 0.01		
2	750	2-Penten-1-ol (Z)	t.e.		1.93	± 0.13	0.88	± 0.10	0.99	± 0.07	0.79	± 0.04	0.71	± 0.10	0.32	± 0.01		
3	780	Hekzanal	9.28	± 0.90	13.82	± 2.72	12.95	± 2.54	15.11	± 0.93	15.00	± 0.04	16.96	± 0.95	14.94	± 0.81		
4	822	Furfural	t.e.		0.66	± 0.04	t.e.		t.e.		t.e.		t.e.		t.e.			
5	839	1,3-siklopentadien,5,5-dimetil-2-etil	t.e.		1.17	± 0.27	0.83	± 0.15	0.85	± 0.12	0.65	± 0.09	0.66	± 0.15	0.19	± 0.00		
6	850	2-Hekzanal (E)	1.32	± 0.15	0.49	± 0.10	1.64	± 0.05	1.79	± 0.01	1.87	± 0.11	2.22	± 0.04	15.66	± 0.15		
7	855	3-Hekzen-1-ol (Z)	4.21	± 0.03	t.e.		1.10	± 0.27	1.00	± 0.07	1.10	± 0.11	0.91	± 0.00	3.03	± 0.14		
8	872	2-Hekzen-1-ol (E)	t.e.		t.e.		0.39	± 0.23	0.20	± 0.01	t.e.		0.63	± 0.02	0.48	± 0.02		
9	876	1-Hekzanol	t.e.		t.e.		0.74	± 0.21	0.61	± 0.03	0.56	± 0.07	2.74	± 0.06	0.79	± 0.07		
10	910	2-Heptanon	t.e.		1.48	± 0.13	2.23	± 0.21	2.62	± 0.24	2.90	± 0.05	0.41	± 0.01	1.91	± 0.07		
11	925	4-Heptenal (E)	t.e.		0.99	± 0.26	0.39	± 0.22	0.50	± 0.10	0.44	± 0.06	2.05	± 0.18	0.30	± 0.00		
12	927	Heptanal	2.68	± 0.02	2.88	± 0.63	1.73	± 0.45	1.97	± 0.12	1.97	± 0.03			2.07	± 0.02		
13	966	Hekzanoik asit, metil ester	t.e.		t.e.		t.e.		0.30	± 0.03	0.27	± 0.02	0.33	± 0.03	0.47	± 0.05		
14	996	3-(2-siklohekzenilmetil)-2-siklohepten-1-on	t.e.		0.52	± 0.14	t.e.		t.e.		t.e.		t.e.		t.e.			
15	1015	Metilpentaldehit	t.e.		0.64	± 0.01	0.42	± 0.15	0.48	± 0.07	0.48	± 0.06	0.52	± 0.10	0.50	± 0.00		
16	1020	Benzaldehit	t.e.		2.31	± 0.23	2.24	± 0.62	2.66	± 0.27	1.88	± 0.21	2.55	± 0.02	4.77	± 0.57		
17	1042	1-heptanol	t.e.		t.e.		t.e.		t.e.		0.49	± 0.00	0.48	± 0.04	t.e.			
18	1056	1-okten-3-ol	t.e.		1.32	± 0.02	1.31	± 0.17	1.57	± 0.08	1.65	± 0.02	1.61	± 0.02	1.16	± 0.08		
19	1065	2,3-oktadion	2.34	± 0.09	1.09	± 0.19	0.78	± 0.23	t.e.		0.58	± 0.00	0.46	± 0.08	t.e.			
20	1069	6-metil-5-hepten-2-on	t.e.		5.65	± 0.49	5.15	± 0.80	4.85	± 0.67	5.01	± 0.49	4.32	± 0.39	2.98	± 0.27		
21	1073	Heptan, 2,2,4,6,6-pentametil	7.62	± 0.69	5.33	± 0.92	2.37	± 0.03	2.50	± 0.11	1.83	± 0.43	1.74	± 0.35	0.99	± 0.02		
22	1077	Furan, 2-pentil	2.25	± 0.07	5.38	± 0.08	7.61	± 0.28	7.70	± 0.68	7.31	± 0.47	7.35	± 0.47	5.81	± 0.28		
23	1084	Furan, 2-propil	t.e.		0.59	± 0.16	0.47	± 0.27	t.e.		0.46	± 0.06	0.54	± 0.00	t.e.			
24	1093	2-(2-pentil) furan (Z)	t.e.		1.11	± 0.06	1.22	± 0.03	1.16	± 0.01	0.95	± 0.08	1.02	± 0.08	0.84	± 0.05		
25	1096	Oktanal	1.72	± 0.02	1.09	± 0.12	0.84	± 0.24	0.96	± 0.09	1.16	± 0.12	1.30	± 0.29	1.50	± 0.01		
26	1105	3-hekzenil asetat (E)	t.e.		t.e.		t.e.		t.e.		t.e.		t.e.		0.73	± 0.04		
27	1108	Bilinmeyen 1	t.e.		1.60	± 0.33	1.70	± 0.99	2.02	± 0.44	1.79	± 0.20	1.95	± 0.21	1.22	± 0.16		
28	1139	Limonen	2.81	± 0.01	2.07	± 0.36	2.06	± 0.93	1.36	± 0.11	1.03	± 0.08	2.26	± 1.34	0.60	± 0.03		
29	1142	Ökaloil	1.76	± 0.06	t.e.		t.e.		t.e.		t.e.		t.e.		t.e.			
30	1149	Siklohekzanon, 2,2,6-trimetil	3.21	± 0.16	3.95	± 1.05	3.54	± 1.35	2.51	± 0.35	2.22	± 0.17	2.21	± 0.41	1.94	± 0.06		
31	1160	3-okten-2-on	t.e.		t.e.		0.49	± 0.32	0.63	± 0.10	0.77	± 0.12	0.87	± 0.25	0.87	± 0.06		
32	1164	Benzenasetaldehit	1.49	± 0.24	t.e.		0.93	± 0.17	0.96	± 0.09	0.73	± 0.38	1.62	± 0.09	2.48	± 0.06		
33	1194	2-siklohekzen-1-on, 3,5,5-trimetil	t.e.		2.41	± 0.31	2.22	± 0.24	2.11	± 0.12	1.80	± 0.24	1.97	± 0.01	1.36	± 0.06		
34	1215	3,5-oktadien-2-on	t.e.		9.20	± 1.79	3.28	± 2.21	4.30	± 0.76	4.20	± 0.17	4.08	± 0.43	2.76	± 0.27		
35	1218	1-oktanol	4.02	± 0.13	t.e.		2.10	± 0.06	2.10	± 0.17	2.11	± 0.04	1.99	± 0.12	1.38	± 0.11		

X±Standard Hata, Aİ: Alıkonma indeksi, t.e. tespit edilemedi, E:Cis, Z:Trans izomeri

Devamı arkada

Çizelge 4. 30'un devamı

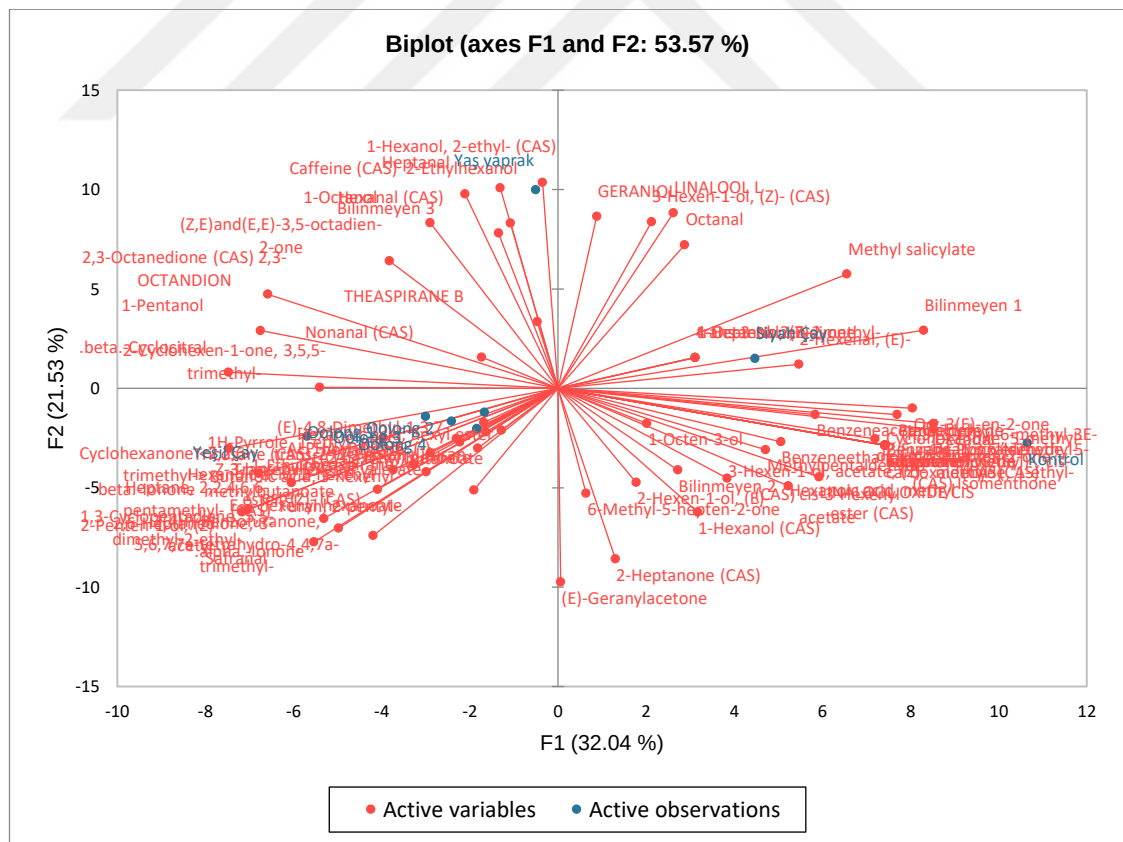
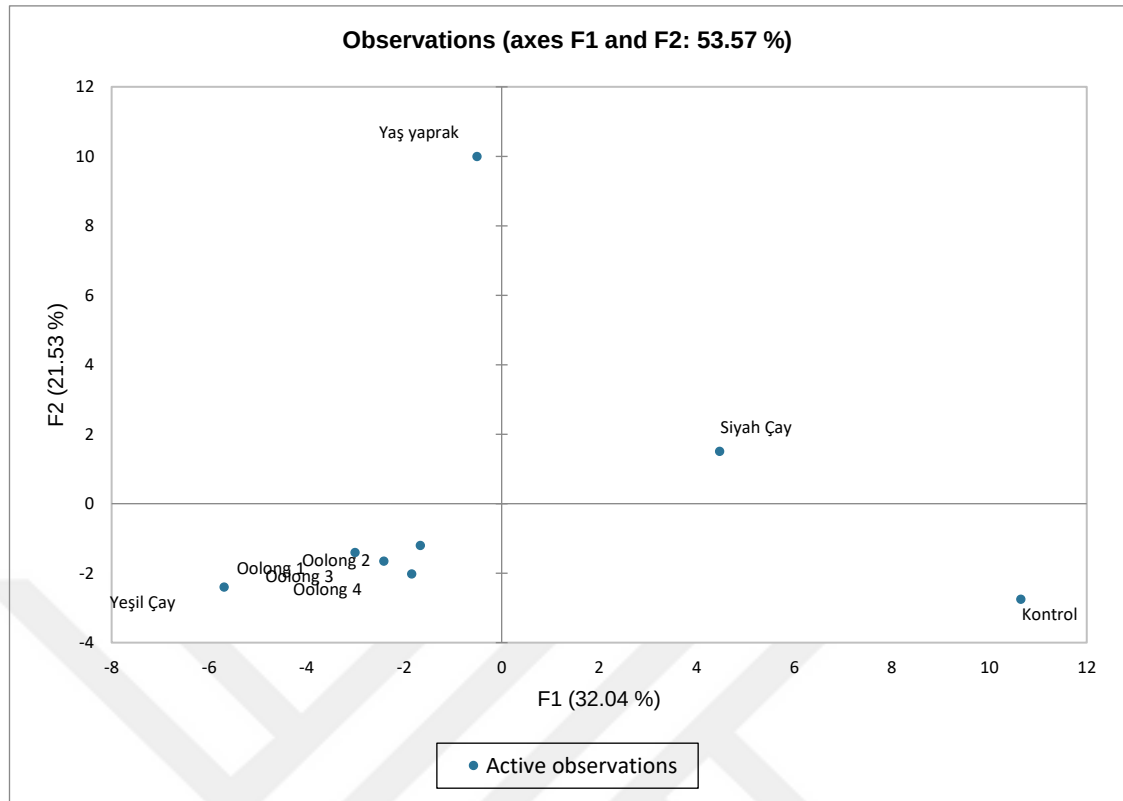
No	Aİ	İsim	% Alan																				
			Yaş yaprak			Yeşil çay		Oolong 1		Oolong 2		Oolong 3		Oolong 4		Siyah çay							
36	1246	Linalool oksit (E)	3.27	±	0.21	t.e.		1.06	±	0.04	1.05	±	0.11	1.04	±	0.04	t.e.		1.07	±	0.01		
37	1254	Bilinmeyen 2			t.e.	2.46	±	0.32	1.47		0.52	1.69	±	0.15	1.82	±	0.05	1.82	±	0.20	1.51	±	0.03
38	1267	Linalool	17.01	±	0.51	2.21	±	0.18	7.85	±	2.82	5.58	±	0.10	5.31	±	0.80	4.15	±	0.89	3.82	±	0.07
39	1276	Nonanal	3.92	±	0.07	2.04	±	0.14	1.72	±	0.31	1.87	±	0.05	2.13	±	0.00	2.18	±	0.32	2.66	±	0.09
40	1280	2,6-heptandion, 3-asetil			t.e.	1.87	±	0.06	1.13	±	0.24	1.24	±	0.04	1.11	±	0.13	1.11	±	0.01	0.89	±	0.04
41	1289	Benzenetanol	1.78	±	0.28	t.e.			0.65	±	0.20	0.62	±	0.06	0.79	±	0.12	t.e.			0.86	±	0.05
42	1328	1-oktanol, 2,7-dimetil			t.e.	t.e.			t.e.			t.e.			t.e.			t.e.			0.91	±	0.00
43	1343	3-nonen-2-on (Z)			t.e.	t.e.			t.e.			t.e.			t.e.			t.e.			0.29	±	0.00
44	1356	5-etil-6-metil-3E-hepten-2-on			t.e.	0.56	±	0.03	0.82	±	0.39	1.09	±	0.07	1.28	±	0.03	1.18	±	0.11	1.06	±	0.04
45	1405	Bilinmeyen 3			t.e.	t.e.			0.58	±	0.21	t.e.			0.89	±	0.03	0.84	±	0.03	0.56	±	0.01
46	1433	Bütanoik asit, 3-hekzenil ester (Z)			t.e.	t.e.			0.70	±	0.11	1.01	±	0.22	1.40	±	0.54	1.00	±	0.16	t.e.		
47	1444	Metil salisilat	5.17	±	0.46	t.e.			1.44	±	0.39	1.32	±	0.01	2.42	±	0.62	1.80	±	0.02	2.87	±	0.41
48	1450	2-hekzenil bütanoat (E)			t.e.	t.e.			t.e.			t.e.			t.e.			0.57	±	0.14	t.e.		
49	1454	Safranal			t.e.	1.09	±	0.43	1.16	±	0.57	0.85	±	0.22	0.74	±	0.07	0.73	±	0.22	0.32	±	0.04
50	1469	Dekanal	2.48	±	0.10	t.e.			t.e.			t.e.			t.e.			0.33	±	0.13	0.48	±	0.00
51	1496	Beta-siklositral	3.44	±	0.18	7.02	±	1.01	4.47	±	0.24	4.46	±	0.33	3.96	±	0.33	3.76	±	0.65	2.37	±	0.01
52	1523	2-Hekzenil valerat (Z)			t.e.	t.e.			1.94	±	0.55	1.59	±	0.53	1.54	±	0.24	1.43	±	0.26	0.61	±	0.01
53	1565	Geraniol	5.19	±	0.06	t.e.			0.53	±	0.10	0.44	±	0.03			t.e.	t.e.			0.58	±	0.03
54	1651	Theaspirane A			t.e.	t.e.			t.e.			t.e.			t.e.			t.e.			0.19	±	0.01
55	1687	Theaspirane B	4.78	±	0.03	t.e.			t.e.			0.26	±	0.05			t.e.	t.e.			0.39	±	0.03
56	1823	3-hekzenil heksanoat (E)			t.e.	t.e.			2.02	±	0.58	2.21	±	0.50	3.14	±	1.03	2.55	±	0.65	0.36	±	0.04
57	1840	Hekzanoik asit, 2-hekzenil ester			t.e.	t.e.			t.e.			t.e.			t.e.			0.60	±	0.05	t.e.		
58	1862	Trikosan	2.87	±	0.01	t.e.			t.e.			t.e.			t.e.			t.e.			t.e.		
59	1921	Alfa-İyonon			t.e.	1.54	±	0.06	1.48	±	0.11	1.54	±	0.03	1.29	±	0.31	1.18	±	0.10	0.75	±	0.01
60	1975	Geranilaseton (E)			t.e.	1.82	±	0.08	1.55	±	0.15	1.56	±	0.19	1.67	±	0.03	1.40	±	0.04	0.98	±	0.05
61	2046	Beta-İyonon	0.99	±	0.09	7.87	±	0.30	4.94	±	0.56	5.16	±	0.05	4.79	±	0.08	4.39	±	0.44	3.09	±	0.11
62	2136	2(4H)-Benzofuranon, 5,6,7,7a-tetrahidro-4,4,7a-trimetil			t.e.	0.97	±	0.12	0.65	±	0.00	0.68	±	0.00	0.56	±	0.02	0.49	±	0.07	0.28	±	0.01
63	2773	Kafein	1.41	±	0.16	0.71	±	0.17	0.56	±	0.17	0.22	±	0.05	0.45	±	0.02	0.40	±	0.13	0.18	±	0.01

X±Standard Hata, Aİ: Alıkonma indeksi, t.e. tespit edilemedi, E:Cis, Z:Trans izomeri

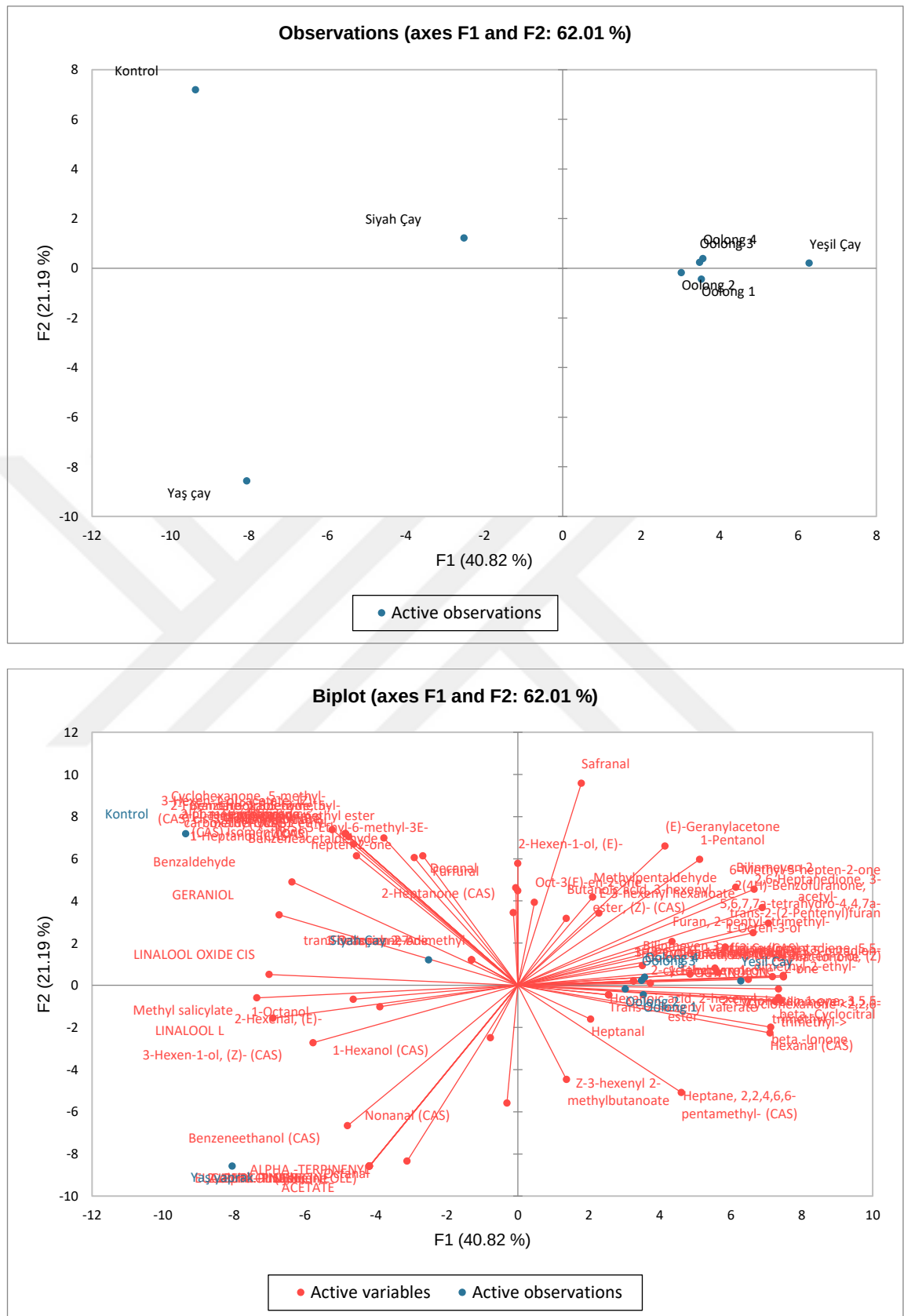
Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, siyah, oolong çaylar ve bu çayların hammaddesi olan yaş çay yaprağı ile kontrol örneğine ait uçucu bileşenlerin üretim şartlarına bağlı benzerlik ya da farklılıklarının ortaya konulması amacıyla uçucu bileşen sonuçlarına Temel Bileşen Analizi (PCA) uygulanmıştır. Temel bileşen analizi sonucunda elde edilen grafikler 1. sürgün döneminde üretilen çaylar için Şekil 4.33’de, 2. ve 3. sürgün döneminde üretilen çaylar için sırasıyla Şekil 4.34 ve Şekil 4.35’te verilmiştir.

Şekil 4.33, Şekil 4.34 ve Şekil 4.35 incelediğinde üç sürgün dönemi için benzer sonuçlar gözlenmiştir. Çalışma kapsamında üretilen yeşil çay ve 4 farklı oksidasyon derecesine sahip oolong çaylar (oolong 1, oolong 2, oolong 3 ve oolong 4) bir küme oluştururken, siyah çay, kontrol örneği ve işlem görmemiş yaş çay yaprağı ayrı bir küme oluşturmuştur. Kısmi okside olan oolong çaylar ile hiç okside olmayan yeşil çay aynı küme içerisinde yer alırken, işlem görmemiş yaş çay yaprağı farklı bir kümede yer almıştır. Tam okside siyah çay ve kontrol örneği de farklı kümeler oluşturmuş ancak nispeten diğer kümelerden birbirlerine daha yakındır. Çünkü kontrol örneği siyah çaya yakın bir oksidasyon derecesine sahip oolong çaydır. Kısmi fermente edilen oolong çaylarda meyvemsi ve çiçeksi kokular, fermente edilmemiş yeşil çayda taze çimensi bir aroma, tamamen fermente edilen siyah çayda bal ve çiçeğe benzer tatlı kokular bulunduğunu bilinmektedir ve oksidasyonun çimensi veya yeşil kokuların kaybına sebep olurken, meyveli ve diğer fermente edilmiş karakterlerin oluşumuna yol açtığı belirtmiştir (Wang vd. 2008). Farklı aromaların oluşumu oksidasyon derecesine bağlı olarak farklı kümelerin oluşumuna sebep olmuştur. Tüm bu sonuçlar oksidasyon derecesinin çayın uçucu bileşenleri üzerinde önemli bir etki ettiğini göstermiştir. Nitekim yapılan bir çalışmada yeşil çay, oolong çay ve siyah çay örneği içeren farklı bölgelerden 38 farklı çayın aroma profilleri karşılaştırılmış ve oksidasyon derecesinin ve farklı üretim süreçlerinin uçucu bileşen miktarını ve profilini etkilediği bildirilmiştir (Baldermann vd. 2014).

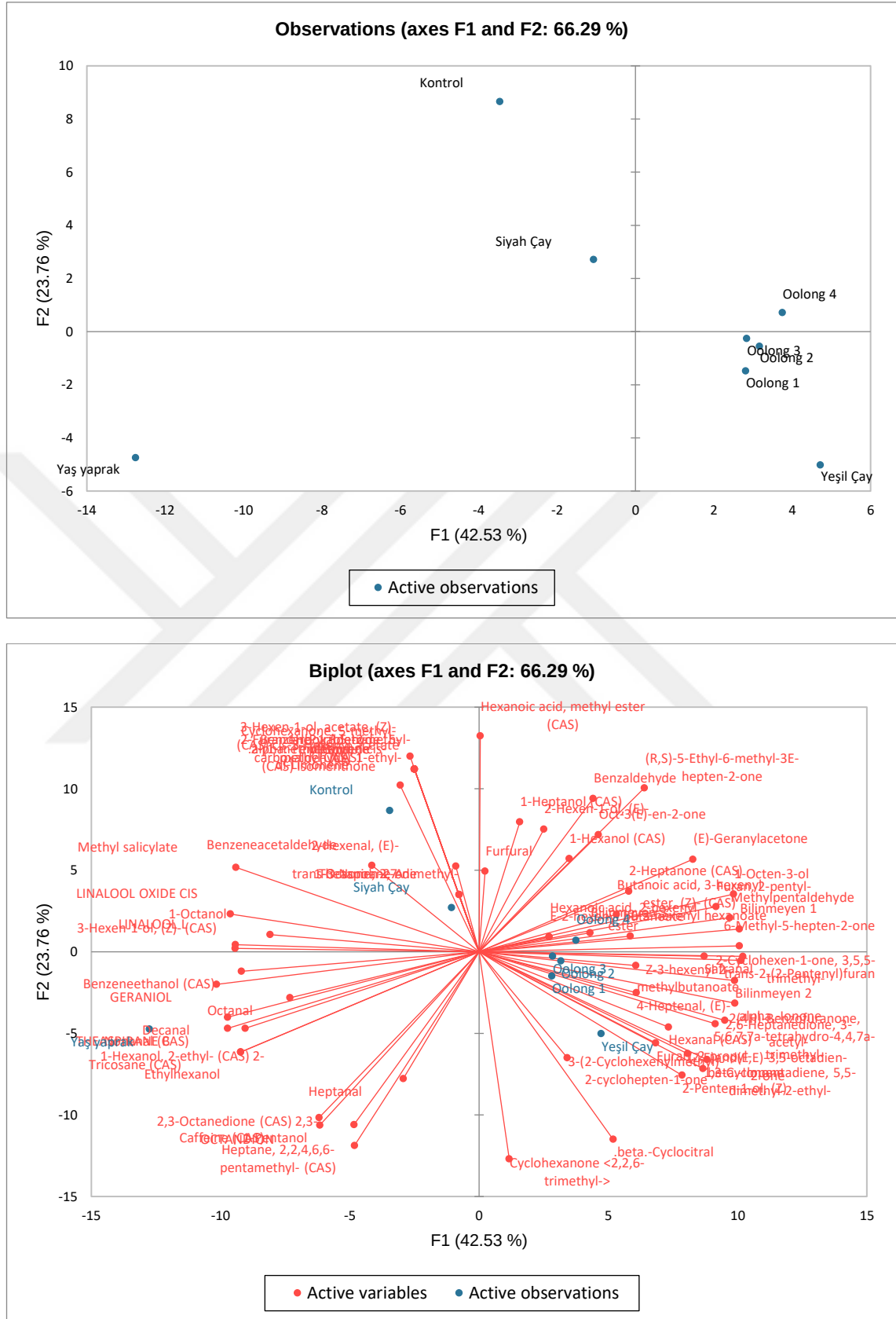
Wang vd. (2016) yaptıkları bir çalışmada iki farklı varyeteden aynı işlemle üretilmiş oolong çaylarla, yeşil çay, siyah çay ve pu-erh çayların bulunduğu örneklerin uçucu bileşen profillerini incelemiştir. Temel bileşen analizi sonuçlarına göre belirtilen her çay çeşidine ait örneğin farklı kümeler oluşturduğu, farklı çay varyetelerinden üretilen aynı tür çayların yani aynı işleme teknolojisinin benzer aroma gösterdiğini bildirmiştir.



Şekil 4.33. Birinci sürgün döneminde üretilen çayların uçucu bileşenlerine ait temel bileşen analizi sonuçları



Şekil 4.34. İkinci sürgün döneminde üretilen çayların uçucu bileşenlerine ait temel bileşen analizi sonuçları



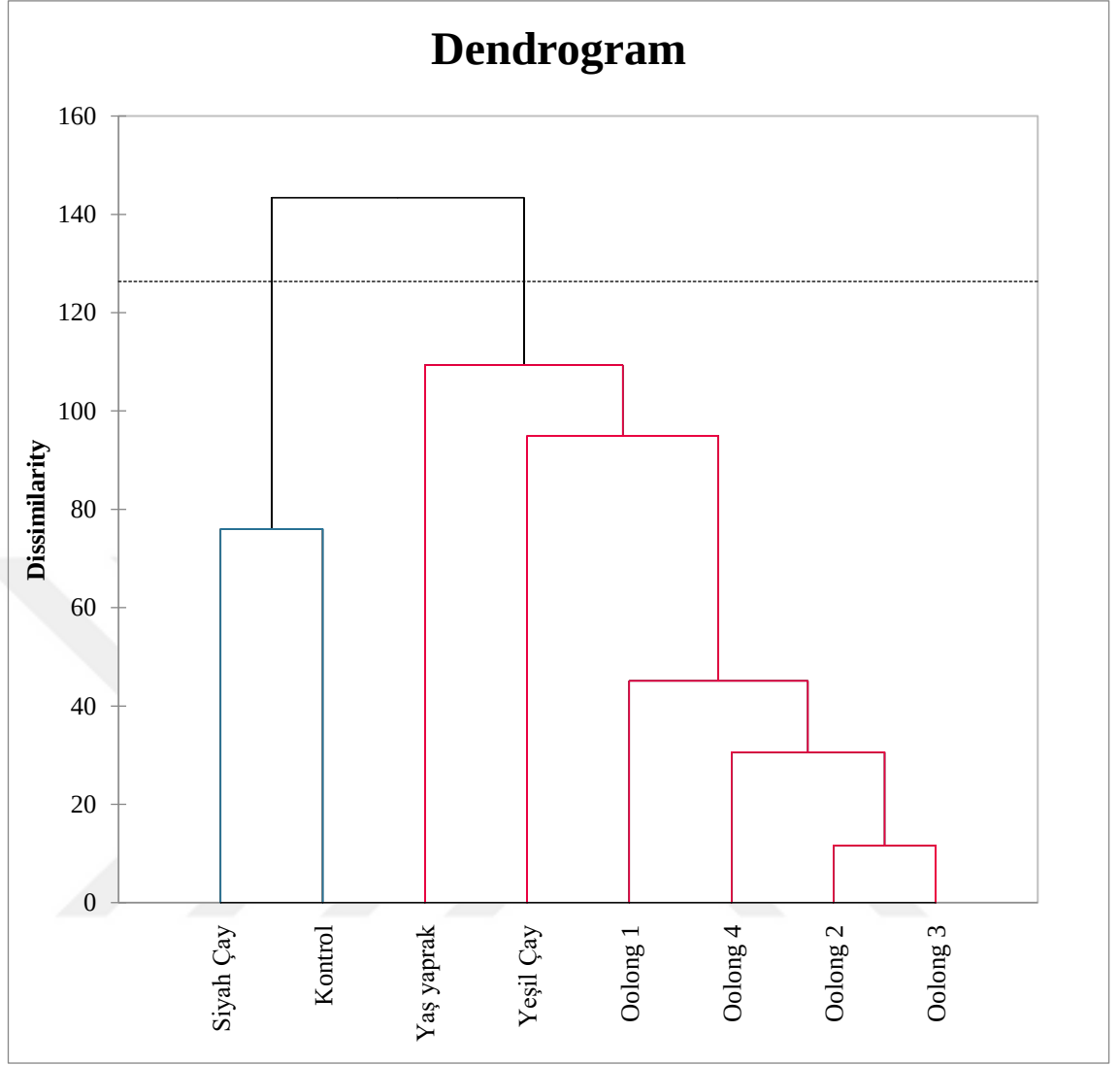
Şekil 4.35. Üçüncü sürgün üretilen çayların uçucu bileşenlerine ait temel bileşen analizi sonuçları

Çalışma kapsamında üretimler 3 sürgün döneminde gerçekleştirildiği için her sürgün döneminde üretilen çayların uçucu bileşenleri kendi içinde değerlendirilmiş ve çay çeşitlerine göre farklılıkların belirlenebilmesi için hiyerarşik kümeleme analizi gerçekleştirilmiştir. Kontrol örneği, üretilen çaylarla karşılaştırılması amacı ile 3 sürgün dönemi için de kullanılmıştır.

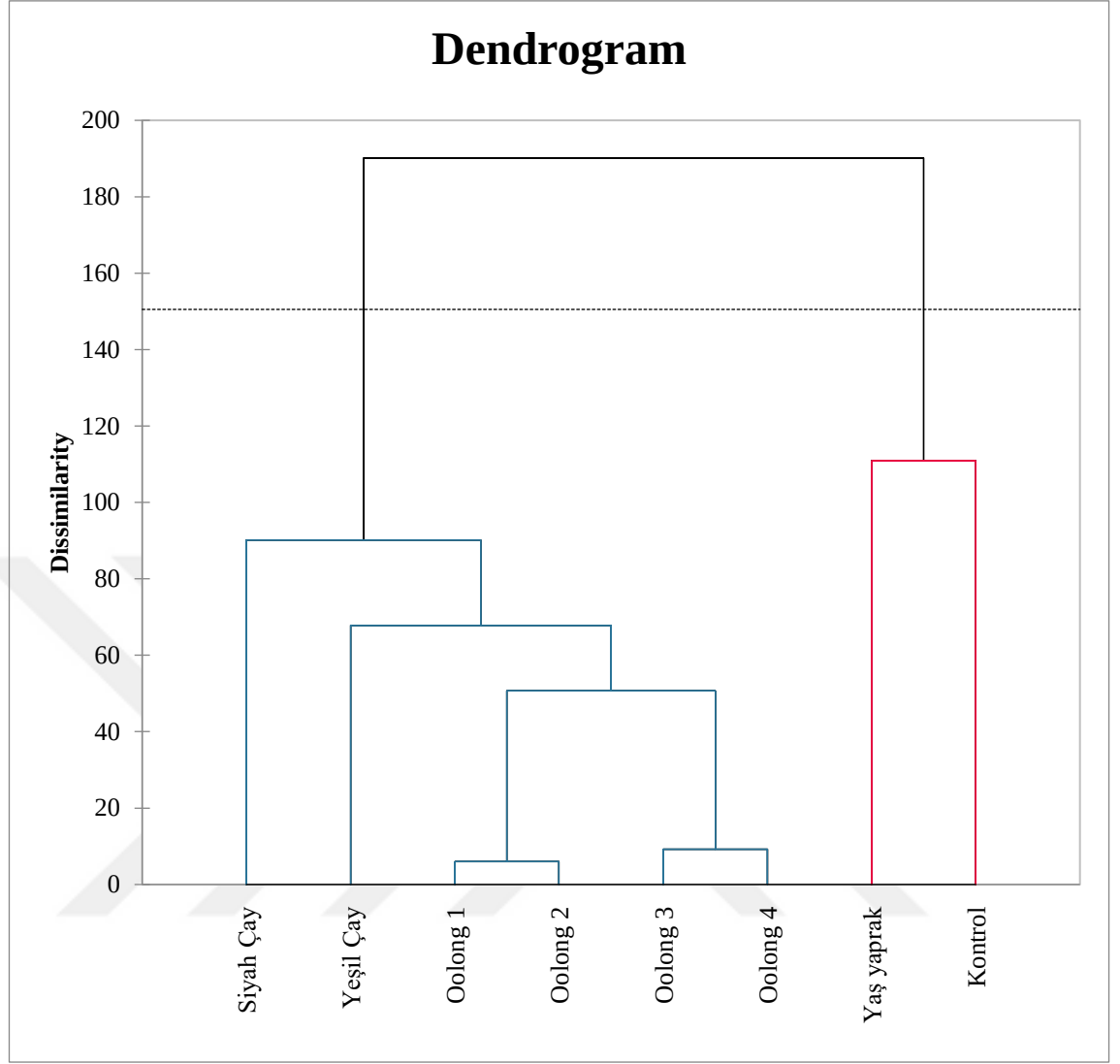
Hiyerarşik kümeleme analizi sonuçlarına göre 3 sürgün döneminde üretilen çaylar oksidasyon derecesi ile paralel sonuçlar oluşturacak şekilde küme oluşturmuştur (Şekil 4.36, Şekil 4.37, Şekil 4.38). 1. sürgüne ait dendogram incelendiğinde siyah çay ve kontrol olarak kullanılan Formosa oolong çayı bir grup oluştururken, yaş yaprak ve yeşil çay ile 4 farklı oksidasyon derecesinde üretilen oolong çaylar ayrı bir küme oluşturmuştur. 2. sürgün döneminde işlem görmemiş yaş çay örneği ve kontrol örneği bir küme oluştururken, diğer çay çeşitleri temelde aynı kümede olsa da bu küme içerisinde siyah ve yeşil çay ayrılırken, 4 farklı oolong çay ortak bir küme oluşturmuştur.

Üçüncü sürgün döneminde üretilen çayların uçucu bileşenlerine ait farklılıklar incelediğinde ise oksidasyon derecesi ile doğrudan ilişkili bir ayrışma olduğu görülmüştür. İşlem görmemiş yaş çayın uçucu bileşen profili ayrı bir küme oluştururken okside olmayan yeşil çay ve kısmi okside olan çaylar bir grup içinde yer almıştır. Tam okside siyah çay ile de kontrol örneği ayrı bir grup oluşturmuştur.

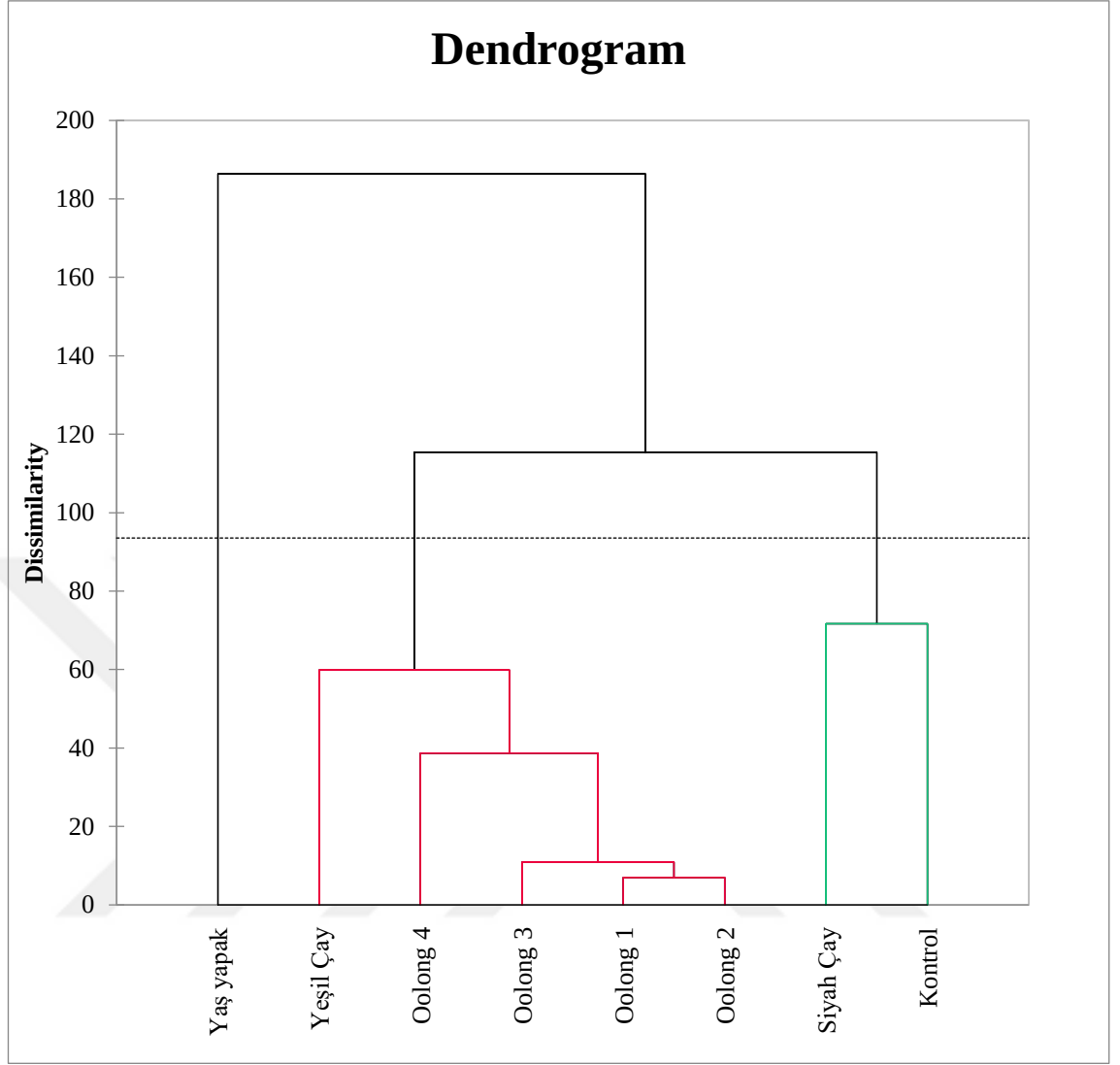
Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, siyah, oolong çaylar ve yaş çay filizi ile kontrol örneğine ait uçucu bileşenlerin üretim şartlarına göre farklılıklar gösterdiği, bu farklılıkların oluşmasında oksidasyon derecesinin önemli rol oynadığı görülmüştür. Bilindiği gibi aynı hammaddeden farklı çayların üretilmesindeki temel faktör üretim sırasındaki uygulama farklılıklarıdır (Özdemir 1995). Yanısıra kontrol örneği olarak kullanılan Formosa oolong çayın hammaddesi Tayvan menşelidir ve üretim şeklinin farklı olmasının dışında hammaddeden gelen farklılık da çalışma kapsamında üretilen çaylardan farklı uçucu bileşenlerin tespitine neden olmuştur.



Şekil 4.36. Birinci sürgün döneminde üretilen çaylara ait hiyerarşik kümeleme analizi sonuçları



Şekil 4.37. İkinci sürgün döneminde üretilen çaylara ait hiyerarşik kümeleme analizi sonuçları



Şekil 4.38. Üçüncü sürgün döneminde üretilen çaylara ait hiyerarşik kümeleme analizi sonuçları

4.11. Antidiabetik özelliklerin belirlenmesi

4.11.1. Alfa-Amilaz İnhibisyon Analizi

Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin alfa-amilaz inhibisyon miktarına ait analiz sonuçları Çizelge 4.31’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde alfa amilaz inhibisyon değerlerinin %14.17 ile 52.87 arasında değişim gösterdiği görülmektedir.

Çizelge 4.31. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin % alfa amilaz inhibisyon miktarları

Sürgün Dönemi	Çay Çeşidi	Alfa-amilaz inhibisyon (%)		
1. sürgün	Yaş yaprak	27.24	±	0.45
	Yeşil	19.11	±	4.04
	Oolong 1	16.72	±	0.59
	Oolong 2	14.17	±	1.17
	Oolong 3	21.98	±	0.22
	Oolong 4	22.03	±	3.54
	Siyah	30.44	±	3.22
2. sürgün	Yaş yaprak	21.08	±	2.81
	Yeşil	28.63	±	1.20
	Oolong 1	39.00	±	6.02
	Oolong 2	38.79	±	1.33
	Oolong 3	38.46	±	0.55
	Oolong 4	39.08	±	3.37
	Siyah	25.29	±	1.32
3. sürgün	Yaş yaprak	18.96	±	0.10
	Yeşil	19.67	±	4.59
	Oolong 1	27.59	±	1.42
	Oolong 2	27.59	±	4.38
	Oolong 3	27.10	±	3.70
	Oolong 4	28.20	±	4.16
	Siyah	17.12	±	1.30
Kontrol		52.87	±	1.63

Sonuçlar ortalama±standart hata olarak verilmiştir.

Çay çeşitlerinin % alfa amilaz inhibisyon değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.32’de bu sonuçların ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.33’de verilmiştir. Çizelge 4.32 incelendiğinde çay çeşidi ve sürgün döneminin alfa amilaz inhibisyon miktarı üzerine çok önemli derecede ($p<0.001$) etkili olduğu görülürken, çay çeşidi-sürgün dönemi interaksiyonunun da incelenen alfa amilaz inhibisyon değerleri üzerinde $p<0.001$ önem seviyesinde etkili olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.32. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin % alfa-amilaz inhibisyon miktarlarına ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	Alfa-amilaz inhibisyon (%)	
		KO	F
Çay çeşidi (Ç)	7	585.4139	37.99***
Sürgün Dönemi (S)	2	438.0251	28.43***
Ç*S	14	84.2710	5.47***
Hata	24	15.4093	

(***) $p < 0.001$ seviyesinde farklılık ifade eder.

Çizelge 4.33 incelendiğinde ise işlem görmemiş yaş çay yaprağının en düşük değere sahip olduğu tespit edilmiştir. Yaş yaprak, yeşil ve siyah çayların, oolong çaylardan alfa amilaz inhibisyon miktarının daha düşük olduğu görülmüştür. En yüksek inhibisyon miktarına ait sonuç ise kontrol örneği olarak kullanılan Tayvan menşeli oolong çayda (Formosa oolong) görülmüştür. Diğer sonuçların birbirine yakınlığı da göz önünde bulundurulduğunda kontrol örneğinin farklılığının hammaddeden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu çayda fenolik bileşik miktarının da yüksek olduğu dikkate değer bir durum olarak değerlendirilmiştir.

Beyaz çayın farklı depolama süresinde (1, 3 ve 5 yıl) alfa amilaz inhibisyon miktarının araştırıldığı bir çalışmada (Xu vd. 2019) inhibisyon miktarlarının %30-40 aralığında değişim gösterdiği bildirilmiştir. Nitekim aynı çalışmada beyaz çayın alfa amilaz üzerinde iyi bir inhibitör etki gösterdiği ve bu etkinin depolama süresinin uzamasıyla azaldığı rapor edilmiştir. Tez kapsamında ulaşılan sonuçlar da %14.17 ile 52.87 arasında değişim göstermiş ve literatür ile uyumlu bulunmuştur.

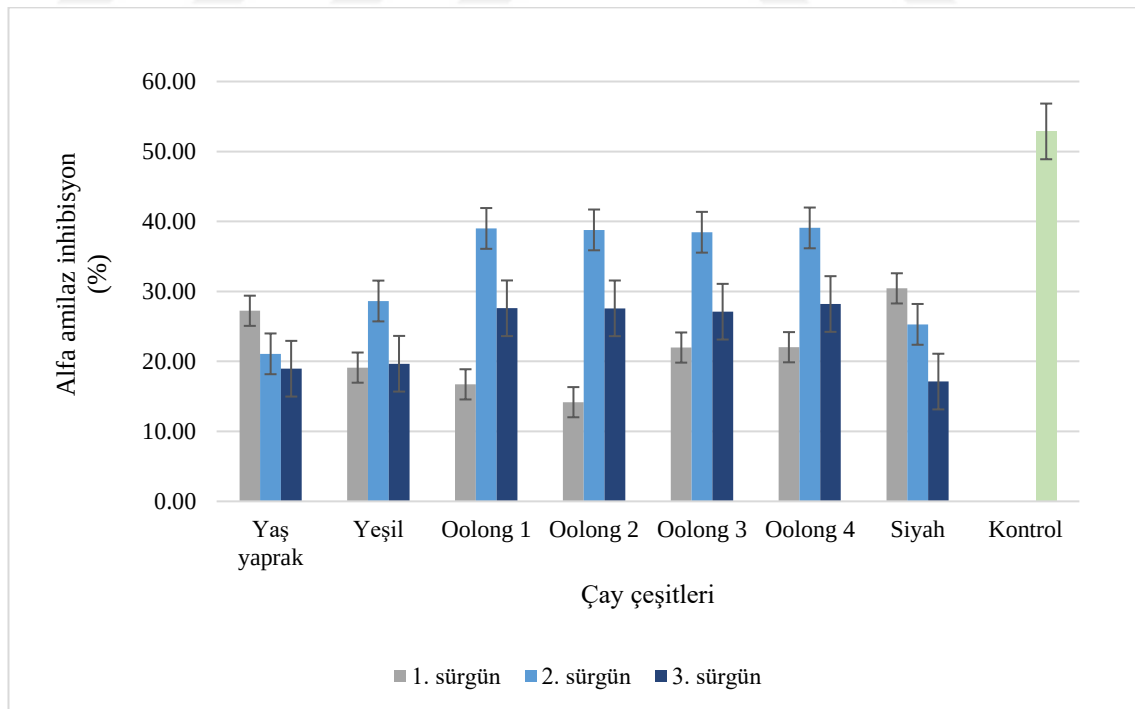
Çizelge 4.33. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin % alfa amilaz inhibisyon miktarlarının ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Alfa amilaz inhibisyon (%)	Sürgün dönemi	1	3	2					
		25.57 ^b ±3.02	27.39 ^b ±2.83	35.40 ^a ±2.53					
	Çay çeşidi	Yaş yaprak	Yeşil	Siyah	Oolong 2	Oolong 1	Oolong 3	Oolong 4	Kontrol
		22.43 ^d ±1.73	22.47 ^d ±2.53	24.28 ^{cd} ±2.63	26.85 ^{cbd} ±4.66	2.36 ^{cb} ±0.13	27.77 ^{cb} ±4.37	29.77 ^b ±3.56	52.87 ^a ±0.73

Her bir varyasyon kaynağı için aynı satırlardaki farklı harfler ortalamaların $p < 0.05$ seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

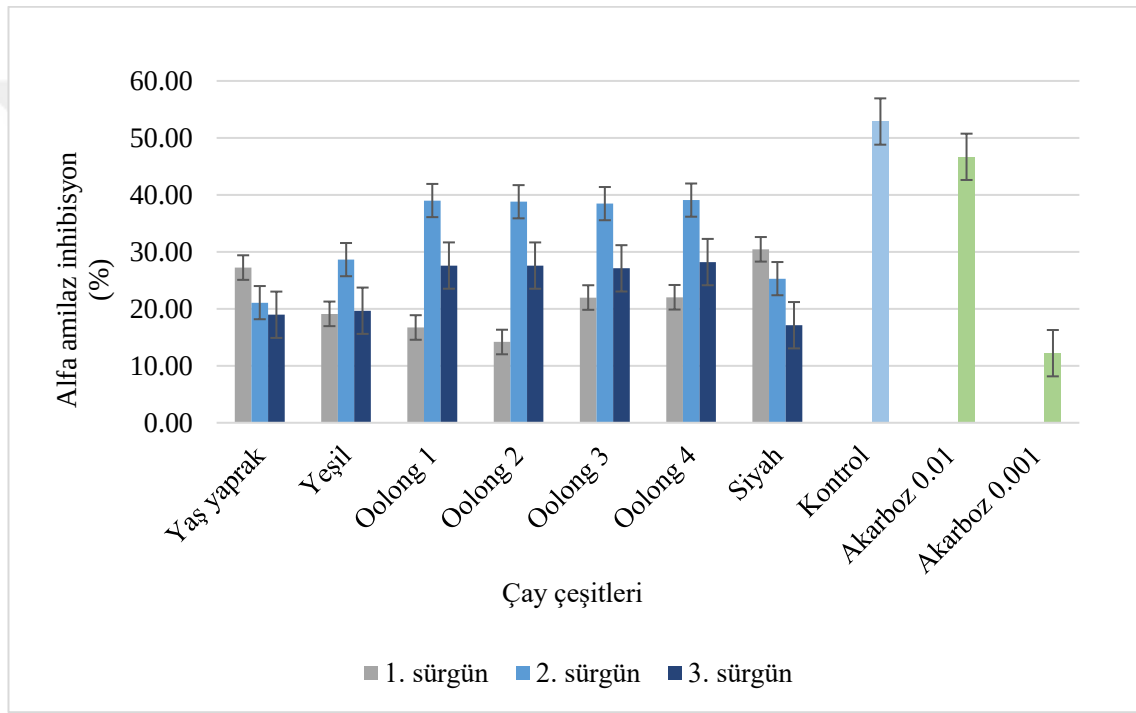
Hızla artan prevalansı, kronik hastalık seyri ve ciddi derecede zayıflatıcı klinik komplikasyonları ile Diabetes mellitus (şeker hastalığı), insan sağlığı için birincil tehditlerden biri haline gelmiştir. Bu nedenle, postprandial hiperglisemi kontrolü diyabetin önlenmesi, tedavisi ve kontrolünde doğal olarak acil bir konu haline gelmiştir. Çay içmenin, özellikle içerdiği polifenoller ile sağlığı geliştirici faydalarının, Tip 2 diyabetin önlenmesi ve tedavisi için fizyolojik ve fonksiyonel sonuçları keşfetmek amaçlanmıştır. Bu amaçla pu-erh çayın alfa glukozidaz ve alfa amilaz üzerindeki inhibisyon etkilerini incelemek için Zhang vd. (2008) tarafından yapılan çalışmada farklı sürelerde fermente edilen puerh çayların alfa-amilaz inhibisyonunun %12.44 ile 45.61 arasında değiştiği ve bu oranların güçlü inhibisyon oranları olduğu bildirilmiştir (Yang vd. 2019).

Tez kapsamında üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin sürgün dönemine bağlı olarak alfa-amilaz inhibisyon değerlerinin değişimi Şekil 4.39’de verilmiştir. Şekil 4.39 incelendiğinde 2. sürgün döneminde üretilen çayların genel olarak diğer sürgün dönemlerinden daha fazla inhibisyon sağladığı görülmektedir. Yansira en yüksek inhibisyonun kontrol örneğinde olduğu bunun nedeninin de ham madde farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir. Nitekim diyetimizde glikoz kaynağı olan nişasta, polimerik bir karbonhidrattır ve alfa-amilaz, alfa-1,4 glikozidik bağını hidrolize ederek onu katalize eder. Anormal koşullar altında, amilazın düzensiz aktivitesi, tip 2 diyabetle bağlantılı hiperglisemiye yol açar. Daha önceki çalışmalar kateşinleri potansiyel amilaz inhibitörleri olarak bildirmiştir (Liu vd. 2014). Çay çeşitlerindeki farklı kateşin ve polifenolik madde miktarlarının da farklı inhibisyon değerlerine neden olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4.39. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak alfa-amilaz inhibisyon değerlerinin değişimi

Tez kapsamında 3 sürgün döneminde üretilen çay çeşitlerinin ve pozitif kontrol olan akarbozun (0.01 ve 0.001 g/L) alfa-amilaz inhibisyonu üzerine etkisi Şekil 4.40'da verilmiştir. Şekil 4.40 incelendiğinde kontrol örneğinin en yüksek inhibisyon değerine sahip olduğu 0.01 g/L akarbozun bu örnekten sonra geldiği en düşük değerin ise 0.001 g/L akarboz miktarında olduğu görülmektedir. Buradan da anlaşılmaktadır ki çalışma kapsamında üretilen çayların akarboza göre α -amilaz üzerinde daha iyi bir inhibitör etkisi olduğu görülmüştür. Nitekim α -Amilaz ve α -Glukozidaz üzerinde belirli bir dereceye kadar inhibisyon, nişasta sindirim hızını düşürerek, postprandial kan glukoz içeriğindeki artışı yavaşlatabilir. Dolayısıyla, alfa-Amilaz ve alfa-Glukozidaz, tip 2 diyabette yemek sonrası hipergliseminin modülasyonu için terapötik hedefler olarak kabul edildiği bildirilmiştir ve beyaz çayda yapılan çalışmada akarboza göre α -amilaz üzerinde daha iyi bir inhibitör etki görülmüş ve bu etkilerin depolama süresinin uzamasıyla azaldığı rapor edilmiştir (Xu vd. 2019).



Şekil 4.40. Çay çeşitlerinin ve akarbozun alfa-amilaz inhibisyonu üzerine etkisi

Diyet karbonhidratlarının hızlı bir şekilde sindirilmesi ve emilmesinden kaynaklanan postprandiyal kan şekeriindeki keskin artışı kontrol etmek, DM hastaları için bir zorluktur. Alfa-amilaz ve glukozidaz inhibitörlerinin diyet takviyesi, postprandial kan glukozundaki artışı kontrol etmek için kabul edilen bir klinik yöntemdir. Çayın alfa-glukosidaz ve alfa-amilaz üzerinde bariz inhibitör etkiler gösteren birçok doğal ürün içerdiği doğrulandığı bildirilmiştir. 28 sağlıklı gönüllü üzerinde yapılan bir *in vivo* çalışmada, yeşil çay tüketiminin amilaz aktivitesini inhibe ettiğini ve bunun sonucunda nişastanın emiliminin ve sindiriminin azalmasına neden olduğunu göstermiştir (Fu vd. 2017). Tez kapsamında elde edilen sonuçlar ile literatürdeki sonuçlar uyumlu bulunmuştur.

4.11.2. Alfa-Glukozidaz İnhibisyon Analizi

Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin alfa-glukozidaz inhibisyon miktarına ait analiz sonuçları Çizelge 4.34’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde % alfa glukozidaz inhibisyon miktarlarının %16.42 ile 98.41 arasında değişim gösterdiği görülmektedir.

Çizelge 4.34. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin % alfa glukozidaz inhibisyon miktarları

Sürgün Dönemi	Çay Çeşidi	Alfa-glukozidaz inhibisyon (%)
1. sürgün	Yaş yaprak	89.68 ± 1.40
	Yeşil	16.42 ± 0.06
	Oolong 1	63.45 ± 2.65
	Oolong 2	59.45 ± 2.56
	Oolong 3	80.13 ± 0.62
	Oolong 4	79.94 ± 1.33
	Siyah	96.32 ± 0.99
2. sürgün	Yaş yaprak	91.50 ± 0.95
	Yeşil	24.07 ± 2.02
	Oolong 1	78.40 ± 2.01
	Oolong 2	90.87 ± 0.11
	Oolong 3	91.60 ± 0.38
	Oolong 4	97.27 ± 0.35
	Siyah	97.34 ± 0.03
3. sürgün	Yaş yaprak	97.83 ± 0.86
	Yeşil	31.19 ± 3.59
	Oolong 1	78.22 ± 0.43
	Oolong 2	86.40 ± 1.02
	Oolong 3	91.85 ± 0.18
	Oolong 4	96.74 ± 0.17
	Siyah	97.61 ± 0.16
	Kontrol	98.41 ± 0.30

Sonuçlar ortalama±standart hata olarak verilmiştir.

Çizelge 4.35. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin % alfa glukozidaz inhibisyon miktarlarına ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	Alfa-glukozidaz inhibisyon (%)	
		KO	F
Çay çeşidi (Ç)	7	3577.4113	967.00***
Sürgün Dönemi (S)	2	702.4415	189.87***
Ç*S	14	65.7360	17.77***
Hata	24	3.6995	

(***) $p < 0.001$ seviyesinde farklılık ifade eder.

Çay çeşitlerinin alfa glukozidaz inhibisyon değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.35’de bu sonuçların ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.36’da verilmiştir. Çizelge 4.35 incelendiğinde çay çeşidi ve sürgün döneminin alfa glukozidaz inhibisyon miktarı üzerine çok önemli derecede ($p < 0.001$) etkili olduğu yanısıra çay çeşidi-sürgün dönemi interaksiyonunun da incelenen alfa glukozidaz inhibisyon değerleri üzerinde $p < 0.001$ önem seviyesinde etkili olduğu görülmüştür.

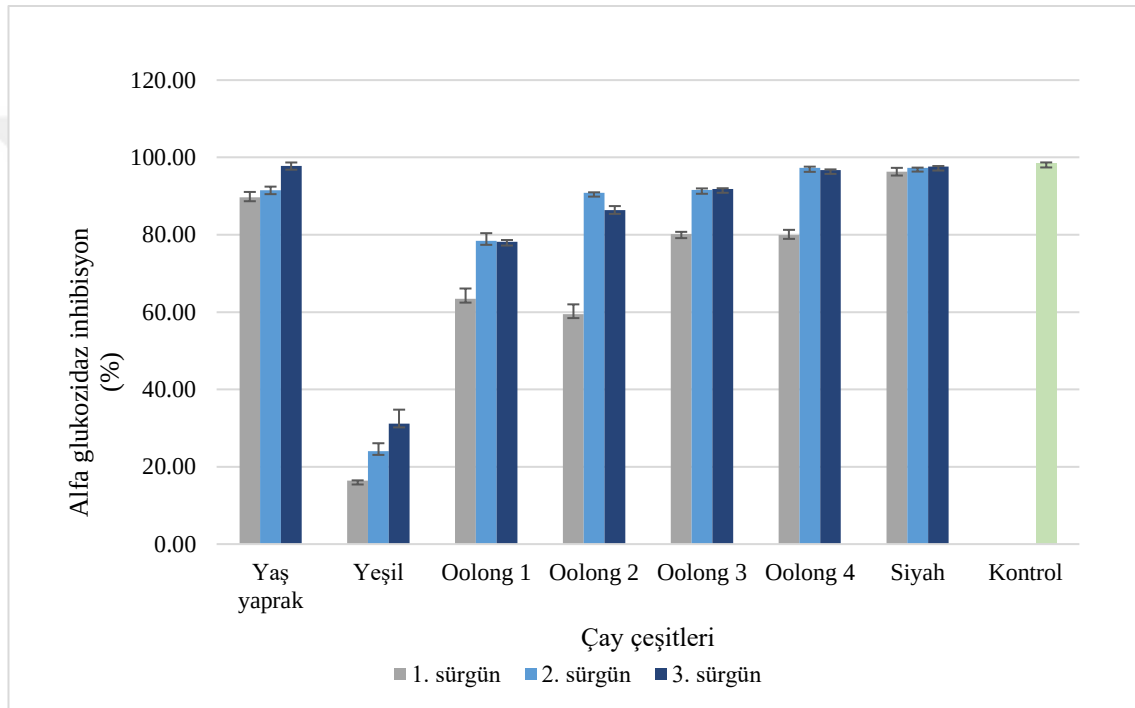
Çizelge 4.36 incelendiğinde ise okside olmamış yeşil çay örneğinin en düşük değere sahip olduğu tespit edilmiştir. Sırasıyla oolong 1, 2, 3 ve 4 nolu çayların alfa glukozidaz inhibisyon miktarının, yaş yaprak, siyah çay ve kontrol örneğinin daha düşük olduğu görülmüştür. Oksidasyon miktarının artması ile alfa glukozidaz inhibisyonun arttığı belirlenmiştir. En yüksek inhibisyon miktarına ait sonuç ise kontrol örneği olarak kullanılan Tayvan menşeli oolong çayda (Formosa oolong) görülmüştür.

Çizelge 4.36. Üç sürgün döneminde üretilen yeşil, oolong, siyah ve işlem görmemiş yaş yaprak ile kontrol örneğinin % alfa glukozidaz inhibisyon miktarlarının ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Alfa glukozidaz inhibisyon (%)	Sürgün dönemi	1	2	3					
	Çay çeşidi	Yeşil	Oolong 1	Oolong 2	Oolong 3	Oolong 4	Yaş yaprak	Siyah	Kontrol
		72.81 ^b ±6.47	83.75 ^b ±6.03	84.76 ^a ±5.51					
		22.89 ^f ±2.90	73.36 ^e ±3.25	78.91 ^d ±6.25	87.86 ^c ±2.45	91.32 ^b ±3.62	92.71 ^b ±1.80	97.09 ^a ±0.36	98.40 ^a ±0.16

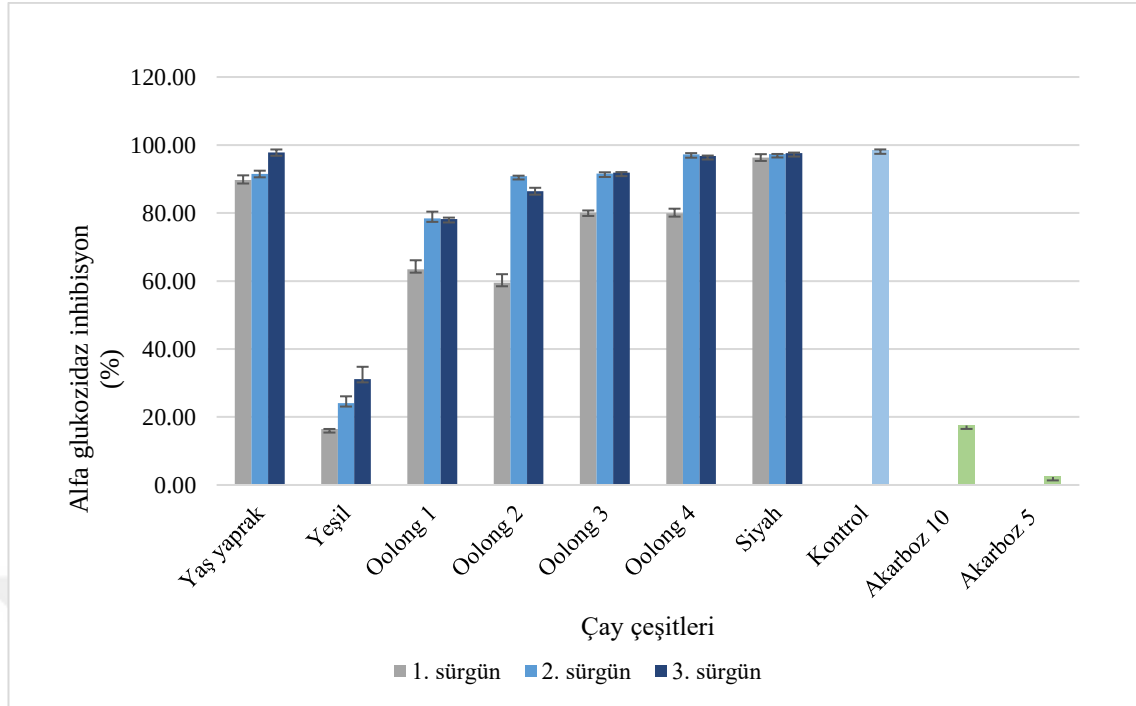
Her bir varyasyon kaynağı için aynı satırdaki farklı harfler ortalamaların $p < 0.05$ seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak alfa-glukozidaz inhibisyon değerlerinin değişimi Şekil 4.41’de verilmiştir. Şekil 4.41 incelendiğinde en düşük alfa-glukozidaz inhibisyon etkisinin yeşil çayda en yüksek değerin ise kontrol örneği ve siyah çayda olduğu görülmüştür. Sürgün dönemlerine göre değerlendirildiğinde ise 1. Sürgün döneminde üretilen çayların alfa glukozidaz inhibisyon değerlerinin 2. ve 3. sürgün döneminde üretilen çaylardan daha düşük olduğu görülmektedir. Çay çeşitleri kendi aralarında değerlendirildiğinde oksidasyon derecesinin artması ile de inhibasyonun arttığı açıkça görülmektedir. Nitekim, Kwon vd. (2008) tarafından yapılan çalışmada siyah, yeşil ve oolong çayların sulu ekstraktlarının alfa glukozidaz inhibisyon miktarları belirlenmiştir. Çalışma sonucunda siyah çayın, yeşil çay ve oolong çaydan daha yüksek α -glukozidaz inhibe edici aktiviteye sahip olduğu bildirilmiştir. Ayrıca çay örneklerinin α -glukozidaz aktivitesi ile fenolik içerik arasında korelasyon olmadığı tespit edilmiştir.



Şekil 4.41. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak alfa-glukozidaz inhibisyon değerlerinin değişimi

Tez kapsamında 3 sürgün döneminde üretilen çay çeşitlerinin ve pozitif kontrol olan akarbozun (5 ve 10 mg/mL) alfa-glukozidaz inhibisyonu üzerine etkisi Şekil 4.42’de verilmiştir. Şekil 4.42 incelendiğinde 3 sürgün döneminde de en düşük inhibisyon değerinin yeşil çay olduğu örneğinde olduğu oksidasyon miktarının artması ile inhibisyon miktarının da arttığı görülmektedir. Ayrıca yaş çay örneğinin de yüksek inhibisyon gösterdiği görülmektedir. 10 ve 5 mg/mL akarbozun tüm örneklerden daha düşük miktarında inhibisyon sağladığı görülmektedir. Buradan da anlaşılmaktadır ki çalışma kapsamında üretilen çayların akarboza göre α -glukozidaz üzerinde daha iyi bir inhibitör etkisi olduğu görülmüştür. Xu vd. (2019) tarafından beyaz çayın alfa-glukosidaz inhibe edici aktivitesinin incelendiği çalışmada 1, 3 ve 5 yıl olacak şekilde farklı sürelerde depolanmış çaylar üzerinde mükemmel baskılayıcı etkilere sahip olduğunu ve ayrıca akarbozdan (1 mg/mL) önemli ölçüde daha iyi olduğu belirtilmiştir.



Şekil 4.42. Çay çeşitlerinin ve akarbozun alfa-glukozidaz inhibisyonu üzerine etkisi

Yapılan başka bir çalışmada yüksek alfa-glukozidaz ve hafif alfa-amilaz aktivitesine sahip siyah ve beyaz çayların su ekstraktlarının düşük yan etki ile tip 2 diyabetin önleyici yönetimi için yararlı olabildiği bildirilmiştir. Bu strateji muhtemelen, kolonda sindirilmemiş karbonhidratların bakteriyel anormal fermentasyonu ile sonuçlanan pankreatik α -amilazın aşırı inhibisyonundan kaynaklanan daha düşük karın yan etkilerine sahip olacağı da rapor edilmiştir (Kwon vd. 2008).

Diabetes mellitus (DM), insülin salgılama bozukluğu veya insülin direncinden kaynaklanan kronik bir endokrin hastalığıdır ve dünya çapında önde gelen ölüm nedenlerinden biridir. DM hastalarının bakımı, konsültasyon sıklığının yüksek olması ve uzun süreli hastanede yatış süreleri nedeniyle büyük bir bütçe harcamakta ve DM'yi hem insan sağlığı hem de küresel ekonomiler için ciddi bir tehdit haline getirmektedir. Çay, antidiabetik aktivite gösteren bol miktarda polifenol ve kafein içerir, bu nedenle çaydan ve ekstraktlarından antidiabetik ilaçların geliştirilmesi giderek daha fazla ilgi gördüğü bildirilmiştir (Fu vd. 2017). Tez kapsamında elde edilen sonuçlar da bu verileri desteklemektedir.

4.12. Duyusal Analiz

Üç sürgün döneminde üretilen çayların duyusal özelliklerini belirlemek ve ülkemiz için yeni bir çay çeşiti olan farklı oolong çaylarının hangisinin Türk damak tadına uygun olduğunu belirlemek amacıyla oolong 1, oolong 2, oolong 3 ve oolong 4 numaralı oolong çaylar kullanılmıştır. Üretilen bu çaylar ile kontrol amaçlı temin edilen Tayvan menşeli oolong çay (Kontrol) duyusal analize dahil edilmiştir. Örneklerin duyusal özellikleri olan, kuru çayın görünüşü, dem rengi, burukluk ve dolgunluk, dem artığının (posa) rengi kokusu, demin aroması ve toplam beğeni değişkenleri üzerinden toplamda 16 panelist tarafından hedonik skala yöntemi ile belirlenmiştir.

Tez kapsamında üç sürgün döneminde üretilen oolong çaylar ile kontrol örneğinin duyusal analiz değerleri Çizelge 4.37’de verilmiştir. 10 puan üzerinden değerlendirilen kuru çayın görünüşü sonuçları 6.13 ile 7.22 arasında, 25 puan üzerinden değerlendirilen dem rengi değerleri 17.28 ile 19.56 arasında, 30 puan üzerinden değerlendirilen burukluk, dolgunluk değerleri 18.47 ile 22.69 arasında, 15 puan üzerinden değerlendirilen dem artığının rengi, kokusu değerleri 9.69 ile 12.16 arasında, 20 puan üzerinden değerlendirilen demin aroması 13.44 ile 16.48 arasında, 100 puan üzerinden değerlendirilen toplam beğeni ise 65.00 ile 74.66 arasında değişen puanlar almıştır.

3 sürgün döneminde farklı oksidasyon derecelerinde üretilen oolong çaylar ve kontrol örneğinin duyusal analiz değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.38’de, bu sonuçların ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.39’da verilmiştir. Çizelge 4.38 incelendiğinde çay çeşidinin, dem artığının (posa) rengi kokusu ve demin aroması değerleri üzerinde istatistiki olarak $p < 0.001$ düzeyinde önemli olduğu, toplam beğeni üzerinde de $p < 0.05$ düzeyinde etkili olduğu görülmüştür. Sürgün döneminin ise sadece burukluk ve dolgunluk değerleri üzerinde önemli ($p < 0.05$) olduğu belirlenmiştir. Çay çeşidi-sürgün dönemi interaksiyonunun ise dem artığının (posa) rengi kokusu üzerinde istatistiki olarak önemli ($p < 0.05$) olduğu tespit edilmiştir. Çizelge 4.39 incelendiğinde ise sürgün dönemine bağlı değerlerin parametreler üzerinde ayrıştırıcı bir etki göstermediği ancak oksidasyon derecesinin değişkenlere etki ettiği görülmektedir. Genel olarak değerlendirildiğinde ise panelistler oolong 3, oolong 4 ve kontrol çay örneklerini oolong 1 ve oolong 2 numaralı çaylardan daha çok beğendiği görülmüştür. Oksidasyonun artması ile daha fermente ve siyah çaya daha benzer oolong çaylar üretilmiştir. Türk damak tadı yeşil çaydan çok siyah çaya yakın olduğu için bu çay çeşitlerinin daha yüksek beğeni aldığı düşünülmektedir.

Çizelge 4.37. Üç sürgün döneminde üretilen oolong çaylar ile kontrol örneğinin duyusal analiz değerleri

Sürgün Dönemi	Çay Çeşidi	Kuru çayın görünüşü	Dem rengi	Burukluk, dolgunluk	Dem artığının(posa) rengi kokusu	Demin aroması	Toplam beğeni
1. sürgün	Oolong 1	6.13 ± 0.31	17.28 ± 0.09	18.47 ± 0.34	9.69 ± 0.13	13.44 ± 0.00	65.00 ± 0.00
	Oolong 2	6.75 ± 0.81	19.25 ± 1.25	20.44 ± 0.69	10.44 ± 0.44	14.22 ± 0.34	71.09 ± 3.53
	Oolong 3	6.38 ± 0.56	19.56 ± 0.25	21.47 ± 0.34	12.16 ± 0.53	15.03 ± 0.22	74.59 ± 1.91
	Oolong 4	6.16 ± 0.09	19.09 ± 0.41	21.72 ± 0.22	10.84 ± 0.41	14.94 ± 1.31	72.75 ± 2.25
2. sürgün	Oolong 1	6.47 ± 0.03	17.22 ± 0.53	22.16 ± 0.22	10.84 ± 0.03	14.53 ± 0.16	71.22 ± 0.53
	Oolong 2	6.78 ± 0.28	18.66 ± 0.28	22.69 ± 1.50	11.19 ± 0.31	14.69 ± 0.13	74.00 ± 1.69
	Oolong 3	6.78 ± 0.22	19.38 ± 0.81	20.63 ± 0.81	10.94 ± 0.31	14.84 ± 0.22	72.56 ± 1.75
	Oolong 4	7.22 ± 0.28	18.97 ± 0.97	22.00 ± 0.13	12.00 ± 0.31	14.47 ± 0.03	74.66 ± 1.09
3. sürgün	Oolong 1	6.28 ± 0.03	18.03 ± 0.28	19.97 ± 0.34	11.28 ± 0.03	14.41 ± 0.53	69.97 ± 0.53
	Oolong 2	6.25 ± 0.19	18.38 ± 0.44	20.72 ± 1.22	11.09 ± 0.47	14.28 ± 1.03	70.72 ± 3.34
	Oolong 3	6.88 ± 0.25	18.66 ± 0.47	21.94 ± 1.19	10.81 ± 0.06	14.84 ± 0.41	73.13 ± 1.88
	Oolong 4	6.75 ± 0.19	17.84 ± 0.53	20.06 ± 0.19	11.94 ± 0.44	14.72 ± 0.59	71.31 ± 1.06
	Kontrol	7.05 ± 0.05	17.52 ± 0.02	21.56 ± 0.00	9.89 ± 0.01	16.48 ± 0.03	72.44 ± 0.01

Sonaçlar ortalama±standart hata olarak verilmiştir.

Çizelge 4.38. Üç sürgün döneminde üretilen oolong çaylar ile kontrol örneğinin duyu analizi değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	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 (Ç)	4	0.4422	2.31	3.5522	5.87**	1.7060	1.88	2.6210	14.47***	5.0469	9.90***	20.5364	3.45*
Sürgün Dönemi (S)	2	0.3441	1.80	0.5239	0.87	3.4796	3.84*	0.4952	2.73	0.0859	0.17	9.1419	1.53
Ç*S	8	0.1514	0.79	0.4198	0.69	2.3744	2.62	0.7870	4.34*	0.2235	0.44	6.6941	1.12
Hata	15	0.1910		0.6051		0.9051		0.1812		1.5820		5.9564	

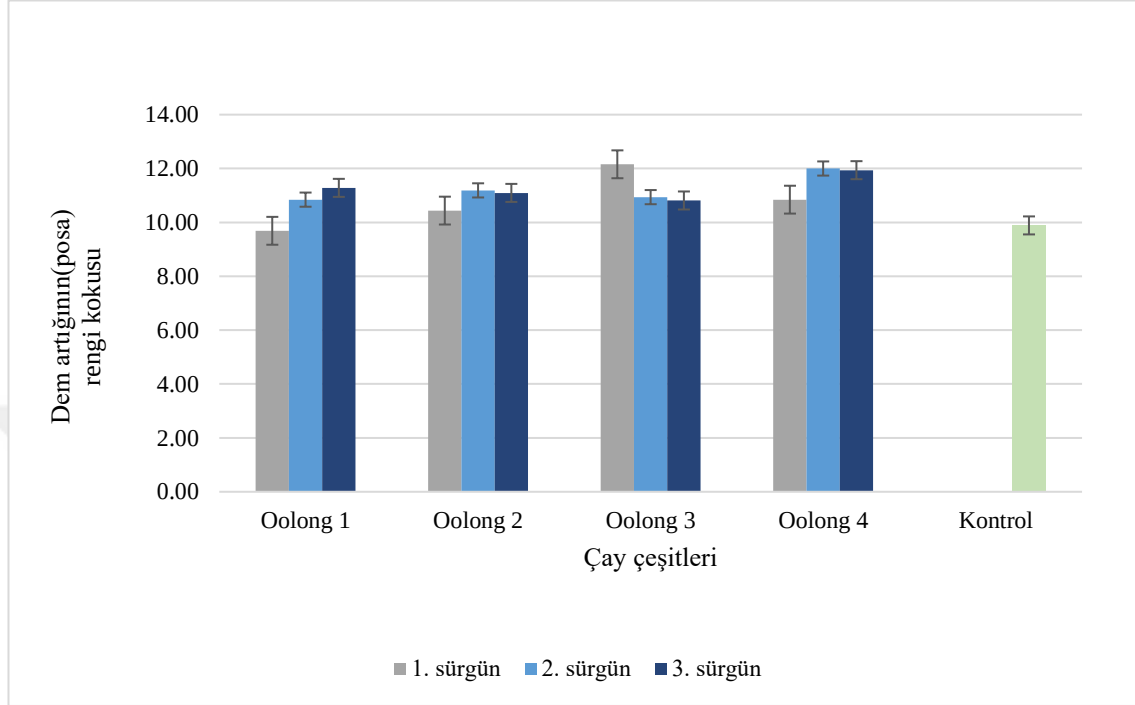
(*)p<0.05, (**)p<0.01, (***)p<0.001 seviyelerinde farklılıkları ifade eder.

Çizelge 4.39. Üç sürgün döneminde üretilen oolong çaylar ile kontrol örneğinin duyu analizi değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Kuru çayın görünüşü	Sürgün dönemi	1	3	2		
		6.49 ^a ±0.20	6.64 ^a ±0.12	6.86 ^a ±0.11		
	Çay çeşidi	Oolong 1	Oolong 2	Oolong 3	Oolong 4	Kontrol
		6.29 ^b ±0.10	6.59 ^{ba} ±0.25	6.68 ^{ba} ±0.20	6.71 ^{ba} ±0.21	7.05 ^a ±0.02
Dem rengi	Sürgün dönemi	3	2	1		
		18.09 ^a ±0.19	18.35 ^a ±0.35	18.54 ^a ±0.37		
	Çay çeşidi	Oolong 1	Kontrol	Oolong 4	Oolong 2	Oolong 3
		17.51 ^b ±0.23	17.52 ^b ±0.01	18.64 ^a ±0.39	18.76 ^a ±0.39	19.20 ^a ±0.31
Burukluk, dolgunluk	Sürgün dönemi	1	3	2		
		20.73 ^b ±0.43	21.81 ^b ±0.35	20.85 ^a ±0.37		
	Çay çeşidi	Oolong 1	Oolong 4	Oolong 2	Oolong 3	Kontrol
		20.20 ^b ±0.69	21.26 ^{ba} ±0.39	21.28 ^{ba} ±0.69	21.35 ^{ba} ±0.45	21.56 ^a ±0.00
Dem artığının(posa) rengi kokusu	Sürgün dönemi	1	2	3		
		10.60 ^a ±0.32	10.97 ^a ±0.24	11.00 ^a ±0.24		
	Çay çeşidi	Kontrol	Oolong 1	Oolong 2	Oolong 3	Oolong 4
		9.89 ^d ±0.00	10.60 ^c ±0.30	10.91 ^{bc} ±0.24	11.31 ^{ba} ±0.31	11.60 ^a ±0.29
Demin aroması	Sürgün dönemi	1	3	2		
		14.82 ^a ±0.39	14.95 ^a ±0.33	15.00 ^a ±0.25		
	Çay çeşidi	Oolong 1	Oolong 2	Oolong 4	Oolong 3	Kontrol
		14.13 ^b ±0.26	14.40 ^b ±0.30	14.71 ^b ±0.38	14.91 ^b ±0.14	16.48 ^a ±0.01
Toplam beğeni	Sürgün dönemi	1	3	2		
		71.18 ^a ±1.29	71.52 ^a ±0.71	72.98 ^a ±0.57		
	Çay çeşidi	Oolong 1	Oolong 2	Kontrol	Oolong 4	Oolong 3
		68.73 ^b ±1.22	71.94 ^a ±1.48	72.45 ^a ±0.00	72.91 ^a ±0.93	73.43 ^a ±0.91

Her bir varyasyon kaynağı için aynı satırdaki farklı harfler ortalamaların p<0.05 seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak dem artığının (posa) rengi kokusu değerlerinin değişimi Şekil 4.43’de verilmiştir. Şekil 4.43 incelendiğinde 2. ve 3. sürgün döneminde üretilen çayların posa renginin birbirine çok yakın olduğu oolong 3 numaralı örnek harici diğer çay çeşitlerinde daha yüksek olduğu görülmüştür.



Şekil 4.43. Çay çeşitleri ve sürgün dönemine bağlı olarak dem artığının (posa) rengi kokusu değerlerinin değişimi

Oolong çayının kalitesi renk, aroma, tat ve görünüm ile değerlendirilebilir. Örneğin, 'Wuyi Mountain' ve 'Phoenix Mountain' Oolong çayları koyu yeşil veya kahverengi bir renk sergilerken, 'Tieguanyin' oolong çayın rengi parlak koyu yeşildir. Aroma, lezzet ve görünüm ile bu renk nitelikleri, oolong çayının genel kalitesini değerlendirmek için kullanılmaktadır. Yüksek kaliteli oolong çayının üretimi karmaşık işleme prosedürlerini uygun şekilde yürütmek için uzman bilgisi ve becerisi gerektirir. Yaş çay yaprakları fermente edildiğinde, operatörün oksidasyonu durdurmak için en iyi zamanı belirleme konusunda derinlemesine bilgi ve deneyime sahip olması gerekir. İşleme prosedürleri arasında, soldurma ve kıvrırma, yüksek kaliteli oolong çayı oluşumunda çok önemli aşamalar olduğu bildirilmiştir (Chen vd. 2010).

Hiçbir çayda 100 puanı elde etmek mümkün değildir. Toplam beğeni değeri 50’den yukarı olursa; çay birinci veya ikinci, 50’den aşağı olursa üçüncü kalite olarak değerlendirilmektedir (Gürses ve Artık 1987). Tez kapsamında üretilen çayların toplam beğeni değerleri 65.00 ile 74.66 arasında değişen puanlar almıştır ve iyi kalitede çaylar olduğu belirlenmiştir.

5. SONUÇLAR

Çay, dünya çapında sudan sonra en çok tüketilen ve 5000 yıllık geçmişe sahip bir içecektir. Ülkemizde çayın içecek olarak tanınması ise 1600'lü yıllara dayanmakla birlikte, ekonomik anlamda çay yetiştiriciliğine Cumhuriyetten sonra başlanmıştır. Ülkemizde ilk kez 1938 yılında, 135 kg yaş çaydan 30 kg siyah çay üretimi gerçekleştirilmiş ve günümüzde Türkiye 283 500 ton ile Dünya çay üretiminde 4. sırada yer almaktadır. Dünya genelinde, çay üretiminde siyah çay, yeşil çay ve oolong çay sırasıyla %78, %20 ve %2'lik bir paya sahiptir ve aynı bitkinin farklı üretim teknikleri kullanılarak işlenmesiyle bu farklı çay çeşitleri elde edilmektedir. Ülkemizde, 1938 yılından beri siyah çay, 2004 yılında beri yeşil çay üretilmekte, son yıllarda ise beyaz çay ve yeşil çay pudrası da üretilmeye başlanmıştır. Ancak kısmi oksidasyonla üretilen oolong çay oldukça az bilinmekte ve ticari olarak da üretimi gerçekleştirilmemektedir. Orijinal olarak yüzyıllardır Çin'de üretilen ve son yıllarda lezzet, aroma ve sağlığa olan yararları nedeni ile hızla batı ülkelerinde de tanınmaya başlanan, pazardaki payı her geçen gün giderek artan oolong çayın, bize özel niteliklerde üretilmesi, üretilen çayların fiziksel, kimyasal ve duyuşsal özellikleri belirlenmesi, proses aşamaları ve bu aşamalarındaki kritik noktaların belirlenmesi amaçlanmıştır. Tez kapsamında elde edilen sonuçlar kısaca aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir;

- Üç sürgün döneminde (Mayıs - Eylül) Atatürk Çay ve Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü/Rize'de bulunan ve tescilli klonlarımızdan olan Ali Rıza Erten (Tuğlalı 10) klonundan dünya çay standartlarında hasat edilen yaş çay filizleri hammadde olarak kullanılmıştır.
- Hasat edilen yaş çay filizlerinden yeşil çay, dört farklı derecede okside edilmiş oolong çay ve siyah çay üretilmiştir. Kontrol örneği olarak da Tayvan (Formosa) menşeli bir oolong çay kullanılmıştır.
- Tez kapsamında okside olmayan yeşil çay ile tam okside olmuş siyah çay arasında sonsuz sayıdaki seçenekten ön denemeler ile dört farklı derecede (kıvırma süresi+0, 10, 30, 60 dakika) oolong çayı üretilmesinin uygun olacağı belirlenmiştir. Üç sürgün döneminde üretimler gerçekleştirilmiştir.
- Üretilen çayların tamamında nem miktarı ve su aktivitesi değerleri çayda olması gereken sınır değerler içerisinde bulunmuştur.
- Oolong çayların toplam fenolik madde miktarlarının yeşil çay ile benzer özellik gösterdiği görülmüş, oksidasyonun artması ile oolong çayların fenolik içeriklerinin azaldığı, en düşük miktarın ise siyah çayda olduğu belirlenmiştir. Ayrıca 3. sürgün döneminde üretilen çayların toplam fenolik madde miktarları, 1. ve 2. sürgün dönemlerinde üretilen çaylardan daha düşük olduğu görülmüştür.
- Çalışma kapsamında üretilen çayların toplam fenolik madde miktarları literatürdeki yabancı çaylarla benzer sonuçlar göstermiş ancak ülkemizde satışa sunulan yerli çay çeşitlerinden oldukça yüksek sonuçlar elde edilmiştir. Bunun nedeni ise tez kapsamında hasat normlarının 2.5-3.5 yaprak uygulanması ve bir klondan elde edilmiş olmasıdır.
- Son zamanlarda çayın özellikle de yeşil çayın ve oolong çayın antioksidan özellikleri dikkat çekmekte ve tüketici tarafından tercih edilmesinde bir faktör olarak ortaya çıkmaktadır. Araştırma sonuçları bu olguyu doğrulamış ve bazı oolong çayların antioksidan özelliklerinin yeşil çaydan dahi yüksek

olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca iki farklı yöntem ile belirlenen toplam antioksidan aktivite değerleri, toplam fenolik madde miktarları ile paralel sonuçlar göstermiştir.

- Üretilen çayların oksidasyon derecelerine bağlı olarak farklı miktarlarda kateşinlere sahip olduğu, en fazla miktarda bulunan kateşinin ise EGCG olduğu belirlenmiştir. Ayrıca kateşinlerin yeşil ve oolong çaylarda siyah çaydan daha yüksek olduğu ve fermentasyon süresinin artması ile azaldığı tespit edilmiştir.
- Çayın kuru madde üzerinden yaklaşık %2-5'ini oluşturan ve bir alkaloid grubu olan kafein miktarının çalışma kapsamında üretilen çay çeşitlerine ve sürgün dönemlerine göre dikkat çekici bir değişiklik göstermediği görülmüştür.
- Teaflavinler (TF ve TF3,3'DG) siyah çayda ve kontrol örneğinde her sürgün döneminde diğer çay çeşitlerine göre daha yüksek düzeyde tespit edilmiştir. Yaş yaprak ve yeşil çay örneklerinde bulunmamakla birlikte oksidasyon derecesine bağlı olarak paralel bir oranda arttığı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçların kateşinlerin proses esnasındaki oksidasyonu ile ilişkili olduğu tespit edilmiştir.
- Çalışma kapsamında üretilen çayların, incelenen fenolik asit miktarları değerlendirildiğinde kafeik asitin diğer fenolik asitlere göre daha yüksek miktarda olduğu belirlenmiştir.
- Üç sürgün döneminde üretilen tüm örneklerin klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil miktarı açısından en yüksek değerlerin işlem görmemiş yaş çay örneğinde bulunduğu belirlenmiştir. Taze çay yapraklarının işleme yöntemine paralel olarak uygulama süresinin artması ile klorofil miktarında azalma olduğu belirlenmiştir.
- Tez kapsamında üretilen çayların oksidasyon miktarının artması ile renginin yeşilden kırmızı rene yaklaştığı, oolong çayların renklerinin ise oksidasyon miktarına göre değişmekle birlikte sarı-amber renkte olduğu belirlenmiştir.
- Kateşinlerin ve kateşin gallatların oksidasyonu ile oluşan kompleks fenolik bileşikler olan teaflavinler ve tearubijinlerin çay çeşitlerine göre değişimin oksidasyon süresi ile ilgisi açıkça görülmektedir ve en düşük değerler yeşil çay örneklerinde en yüksek değerlerin ise kontrol örneği ve siyah çay örneklerinde olduğu görülmektedir.
- Çalışma kapsamında üretilen çaylarda, 1. 2. ve 3. sürgün dönemlerinde sırasıyla, 73, 68 ve 63 uçucu bileşen tespit edilmiştir.
- Tespit edilen bileşenlerden hekzanal, linanool, nonanal, limonen, beta-siklositral ve beta-iyonon temel bileşenler olarak belirlenmiş, 3 sürgün döneminde ve bütün çay çeşitlerinde tespit edilmiştir.
- Çalışma kapsamında üretilen çayların akarboza göre hem α -amilaz hem de α -glukozidaz üzerinde iyi bir inhibitör etkisi olduğu görülmüştür. Diyet karbonhidratlarının hızlı bir şekilde sindirilmesi ve emilmesinden kaynaklanan kan şekeriindeki keskin artışı kontrol etmek için oolong çayın tüketiminin de alternatif bir doğal ürün olabileceği düşünülmektedir.

- Çayın alfa-glukozidaz ve alfa-amilaz üzerinde bariz inhibitör etkiler gösterdiği ve nişastanın emiliminin ve sindiriminin azalmasına neden olduğunu belirlenmiştir.
- Yapılan duyusal analizlerin genel olarak değerlendirilmesinde daha uzun süreli oksidasyona maruz kalmış, kısaca siyah çaya yakın özellikler taşıyan oolong çaylar Türk damak zevkine daha uygun bulunmuş ve panelistler tarafından daha çok beğenilmiştir.
- Kontrol örneği olarak kullanılan Tayvan menşeli oolong çay da pek çok niteliği ile siyah çaya yakın özellikte bir çay olarak tespit edilmiştir. Tez kapsamında üretilen oolong çaylar bazı özellikleri ve toplam beğeni açısından kontrol örneği çaydan daha yüksek puan almıştır. Bu sonuç araştırma kapsamında üretilen oolong çayların üretilmesinde doğru yöntem ve parametrelerin kullanıldığını göstermiştir.
- Sonuç olarak 3 sürgün döneminde ve 4 farklı oksidasyon derecesinde proses öğeleri dikkate alınarak bize özgü bir üretim yöntemi geliştirilmiş ve başarılı bir şekilde oolong çaylar üretilmiştir.
- Çalışma süresince edinilen deneyim ve izlenimler Türk çayından kaliteli, diğer ülke çayları ve pazardaki oolong çaylarla rekabet edebilir nitelikte, Türk çay sanayisi ve tüketicisi için yeni bir ürün olan oolong çayın üretilebileceğini göstermiştir.

6. KAYNAKLAR

Anonim 1: Türk gıda kodeksi çay tebliği (Tebliğ no: 2015/30).

Anonymous 1: <http://www.fao.org/faostat> [Son erişim tarihi: 15.04.2023].

Almajano, M.P., Carbó, R., Jiménez, J.a.L. and Gordon, M.H. 2008. Antioxidant and antimicrobial activities of tea infusions. *Food Chemistry*, 108 (1): 55-63.

Ansari, H.R., Asil, H.M., Rabiei, B. and Dadashpour, A. 2011. Impacts of flushing and fermentation times on the quality of black tea. *Genetika*, 43 (3): 537-548.

Apostolidis, E. and Lee, C. 2010. In vitro potential of ascophyllum nodosum phenolic antioxidant-mediated α -glucosidase and α -amylase inhibition. *Journal of food science*, 75 (3): H97-H102.

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*, 05 (09): 620-632.

Balentine, D.A., Wiseman, S.A. and Bouwens, L.C.M. 1997. The chemistry of tea flavonoids. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 37 (8): 693-704.

Bancirova, M. 2010. Comparison of the antioxidant capacity and the antimicrobial activity of black and green tea. *Food Research International*, 43 (5): 1379-1382.

Bhuyan, L.P., Sabhapondit, S., Baruah, B.D., Bordoloi, C., Gogoi, R. and Bhattacharyya, P. 2013. Polyphenolic compounds and antioxidant activity of ctc black tea of north-east india. *Food Chemistry*, 141 (4): 3744-3751.

Bischoff, H. 1994. Pharmacology of alpha-glucosidase inhibition. *European Journal of Clinical Investigation*, 24: 3-10.

Bishoff, H. 1985. Pharmacological properties of the novel glucosidase inhibitors bay m 1099 (miglitol) and bay o 1248. *Diabetes res. Clin. Pract.*, 1: S53.

Bode, A.M. and Dong, Z. 2003. Signal transduction pathways: Targets for green and black tea polyphenols. *BMB Reports*, 36 (1): 66-77.

Bortolini, D.G., Haminiuk, C.W.I., Pedro, A.C., Fernandes, I.D.a.A. and Maciel, G.M. 2021. Processing, chemical signature and food industry applications of camellia sinensis teas: An overview. *Food Chemistry: X*, 12: 100160.

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.

Cemeroğlu, B.S. 2013. Meyve ve sebze işleme teknolojisi. Bizim Grup Basımevi, 707 s.

- Chang, K. 2015. World tea production and trade: Current and future development. *Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome*: 3-4.
- Chaturvedula, V.S.P. and Prakash, I. 2011. The aroma, taste, color and bioactive constituents of tea. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5 (11): 2110-2124.
- Chen, Y., Tasy, H. and Yu, T. 1998. Studies on the formation of special aroma compounds of pouchung tea made from different varieties. In: *Developments in food science*, Elsevier, pp. 431-442.
- 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.
- Donlao, N. and Ogawa, Y. 2019. The influence of processing conditions on catechin, caffeine and chlorophyll contents of green tea (*camellia sinensis*) leaves and infusions. *Lwt*, 116 (March): 108567-108567.
- Dou, J., Lee, V.S., Tzen, J.T. and Lee, M.-R. 2007. Identification and comparison of phenolic compounds in the preparation of oolong tea manufactured by semifermentation and drying processes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55 (18): 7462-7468.
- Fennema, O.R. 1996. Food chemistry. CRC Press, New York, NY, USA, s. 1069.
- Fu, Q.-Y., Li, Q.-S., Lin, X.-M., Qiao, R.-Y., Yang, R., Li, X.-M., Dong, Z.-B., Xiang, L.-P., Zheng, X.-Q. and Lu, J.-L. 2017. Antidiabetic effects of tea. *Molecules*, 22 (5): 849.
- Gamli, Ö.F. 2011. Siyah ve yeşil çayın nem adsorpsiyon özellikleri ve sorpsiyon ısısı. *Gıda*, 36 (2): 89-96.
- Gürses, Ö. and Artık, N. 1987. Çay analiz yöntemleri. *Ankara: Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü Çaykur Yay.* Ankara, Türkiye.
- Hanay, N. 2011. Farklı ekstrasyon süre ve sıcaklıklarının çaydan deme geçen fenolik ve alkaloid madde miktarı üzerine etkisi. Yüksek Lisans tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya, 117s.
- Hara, Y., Luo, S., Wickremashinghe, R. and Yamanishi, T. 1995. Viii. Flavor of tea. *Food Reviews International*, 11 (3): 477-525.
- He, R.-R., Chen, L., Lin, B.-H., Matsui, Y., Yao, X.-S. and Kurihara, H. 2009. Beneficial effects of oolong tea consumption on diet-induced overweight and obese subjects. *Chinese journal of integrative medicine*, 15: 34-41.

- Hilal, Y. and Engelhardt, U. 2007. Characterisation of white tea—comparison to green and black tea. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit*, 2: 414-421.
- Ho, C.-T., Zheng, X. and Li, S. 2015. Tea aroma formation. *Food Science and Human Wellness*, 4 (1): 9-27.
- Hou, D., Hui, R., Liu, X., Tian, R. and Zhu, Y. 2006. Comparison of the antioxidation effects of green tea, black tea and wulong tea. *Food Sci*, 27 (3): 90-93.
- Islam, S.N., Farooq, S. and Sehgal, A. 2018. Effect of consecutive steeping on antioxidant potential of green, oolong and black tea. *International Journal of Food Science & Technology*, 53 (1): 182-187.
- 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 (September 2018): 28-38.
- Karori, S., Wachira, F., Wanyoko, J. and Ngunjiri, R. 2007. Antioxidant capacity of different types of tea products. *African journal of Biotechnology*, 6 (19): 15-31.
- Kwon, Y.I., Apostolidis, E. and Shetty, K. 2008. Inhibitory potential of wine and tea against α -amylase and α -glucosidase for management of hyperglycemia linked to type 2 diabetes. *Journal of Food Biochemistry*, 32 (1): 15-31.
- Lee, V.S.-Y., Chen, C.-R., Liao, Y.-W., Tzen, J.T.-C. and Chang, C.-I. 2008. Structural determination and dp₉ radical-scavenging activity of two acylated flavonoid tetraglycosides in oolong tea (*camellia sinensis*). *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 56 (6): 851-853.
- 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, 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, J., Lu, J.-F., Kan, J., Wen, X.-Y. and Jin, C.-H. 2014. Synthesis, characterization and in vitro anti-diabetic activity of catechin grafted inulin. *International Journal of Biological Macromolecules*, 64: 76-83.
- 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.
- Meng, X.H., Li, N., Zhu, H.T., Wang, D., Yang, C.R. and Zhang, Y.J. 2019. Plant resources, chemical constituents, and bioactivities of tea plants from the genus

- camellia section thea. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67 (19): 5318-5349.
- 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.
- Nibir, Y.M., Sumit, A.F., Akhand, A.A., Ahsan, N. and Hossain, M.S. 2017. Comparative assessment of total polyphenols, antioxidant and antimicrobial activity of different tea varieties of bangladesh. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 7 (4): 352-357.
- Obanda, M., Owuor, P.O. and Mang'oka, R. 2001. Changes in the chemical and sensory quality parameters of black tea due to variations of fermentation time and temperature. *Food Chemistry*, 75 (4): 395-404.
- Ozdemir, F., Gokalp, H. and Nas, S. 1992. Influence of flushing period, different times within each flushing period and different processing methods on some quality parameters of black tea. *Tea*.
- Ozdemir, F. and Sahin, H. 2007. Importance of tea in daily life of turkish people! The 3rd International Conference on O-CHA (Tea) Culture and Science, ss. 1-3, 1-4 November, Japonya.
- Özdemir, F. 1992. Farklı kıvrırma metotlarının üç sürgün dönemi çayın siyah çaya işlenmesinde uygulanma etkinliği ve üretilen siyah çayların bazı fiziksel, kimyasal ve duyuşal özellikleri. Doktora, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, 151 s.
- Özdemir, F., Goekalp, H.Y. and Nas, S. 1993. Effects of shooting period, times within shooting periods and processing systems on the extract, caffeine and crude fiber contents of black tea. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und-Forschung*, 197 (4): 358-362.
- Özdemir, F. 1995. Siyah çayda uçucu aroma bileşikleri ve önemi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8 (1): 230-237.
- Özdemir, F., Doğan, Ü. and Certel, M. 2000. Harmanlanmamış bazı siyah çayların kurşun ve kadmiyum içeriği. *Gıda*, 25 (5).
- 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., Şahin Nadeem, H., Akdoğan, A., Dinçer, C. and Topuz, A. 2018. Effect of altitude, shooting period, and tea grade on the catechins, caffeine, theaflavins and thearubigin of turkish black tea. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 42 (5): 334-340.

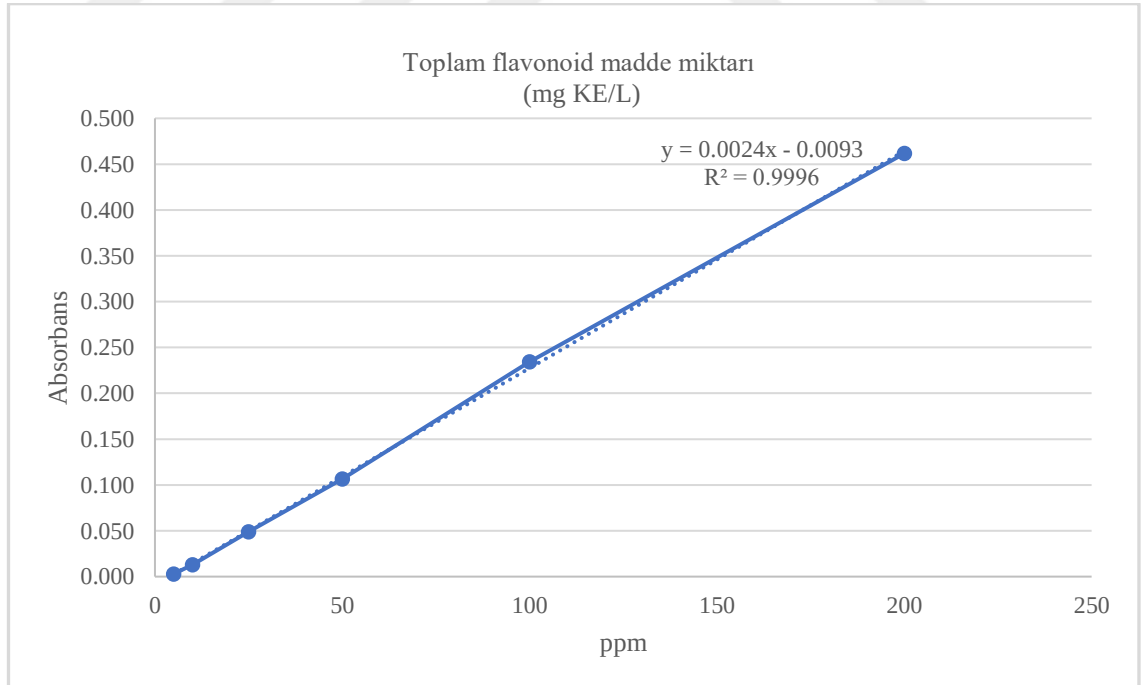
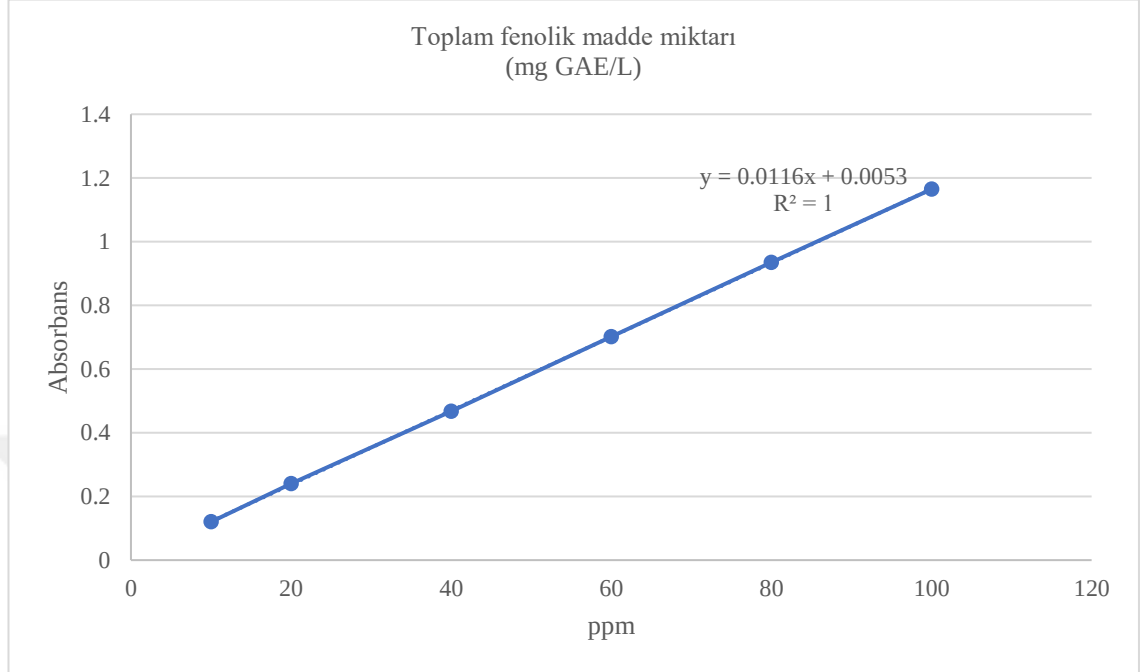
- Öztürk, N., Tuncel, M. and Tuncel, N. 2007. Determination of phenolic acids by a modified hplc: Its application to various plant materials. *Journal of liquid chromatography & related technologies*, 30 (4): 587-596.
- Perva-Uzunalić, A., Škerget, M., Knez, Ž., Weinreich, B., Otto, F. and Grüner, S. 2006. Extraction of active ingredients from green tea (*camellia sinensis*): Extraction efficiency of major catechins and caffeine. *Food Chemistry*, 96 (4): 597-605.
- Peterson, J., Dwyer, J., Bhagwat, S., Haytowitz, D., Holden, J., Eldridge, A.L., Beecher, G. and Aladesanmi, J. 2005. Major flavonoids in dry tea. *Journal of Food Composition and Analysis*, 18 (6): 487-501.
- Puls, W., Keup, U., Krause, H., Thomas, G. and Hoffmeister, F. 1977. Glucosidase inhibition: A new approach to the treatment of diabetes, obesity, and hyperlipoproteinaemia. *Naturwissenschaften*, 64: 536-537.
- Rahman, M., Kalam, M., Salam, M. and Rana, M. 2013. Aged leaves effect on essential components in green and oolong tea. *International Journal of Agricultural Research, Innovation and Technology*, 3 (2): 54-58.
- Ravichandran, R. and Parthiban, R. 2000. Lipid occurrence, distribution and degradation to flavour volatiles during tea processing. *Food Chemistry*, 68 (1): 7-13.
- 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.
- Reygaert, W.C. 2018. Green tea catechins: Their use in treating and preventing infectious diseases. *BioMed research international*, 2018, 9105261.
- Roshanak, S., Rahimmalek, M. and Goli, S.a.H. 2016. Evaluation of seven different drying treatments in respect to total flavonoid, phenolic, vitamin c content, chlorophyll, antioxidant activity and color of green tea (*camellia sinensis* or *c. Assamica*) leaves. *Journal of Food Science and Technology*, 53: 721-729.
- Rossetti, L., Giaccari, A. and Defronzo, R.A. 1990. Glucose toxicity. *Diabetes care*, 13 (6): 610-630.
- Salman, S. and Özdemir, F. 2018. Beyaz çay: Üretimi, bileşimi ve sağlık üzerine etkileri. *Akademik Gıda*, 16 (2): 218-223.
- Salman, S., Yilmaz, C., Gokmen, V. and Ozdemir, F. 2021. Effects of fermentation time and shooting period on amino acid derivatives and free amino acid profiles of tea. *Lwt-Food Science and Technology*, 137: 110481.
- Salman, S., Oz, G., Felek, R., Haznedar, A., Turna, T. and Ozdemir, F. 2022. Effects of fermentation time on phenolic composition, antioxidant and antimicrobial activities of green, oolong, and black teas. *Food Bioscience*, 49: 101884.

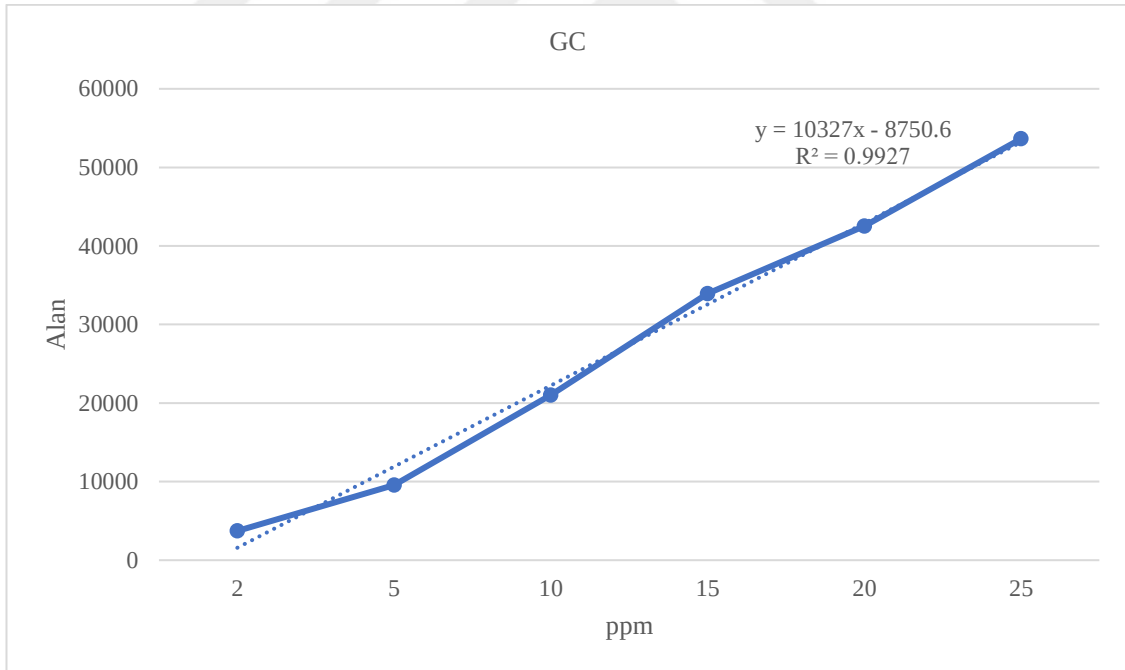
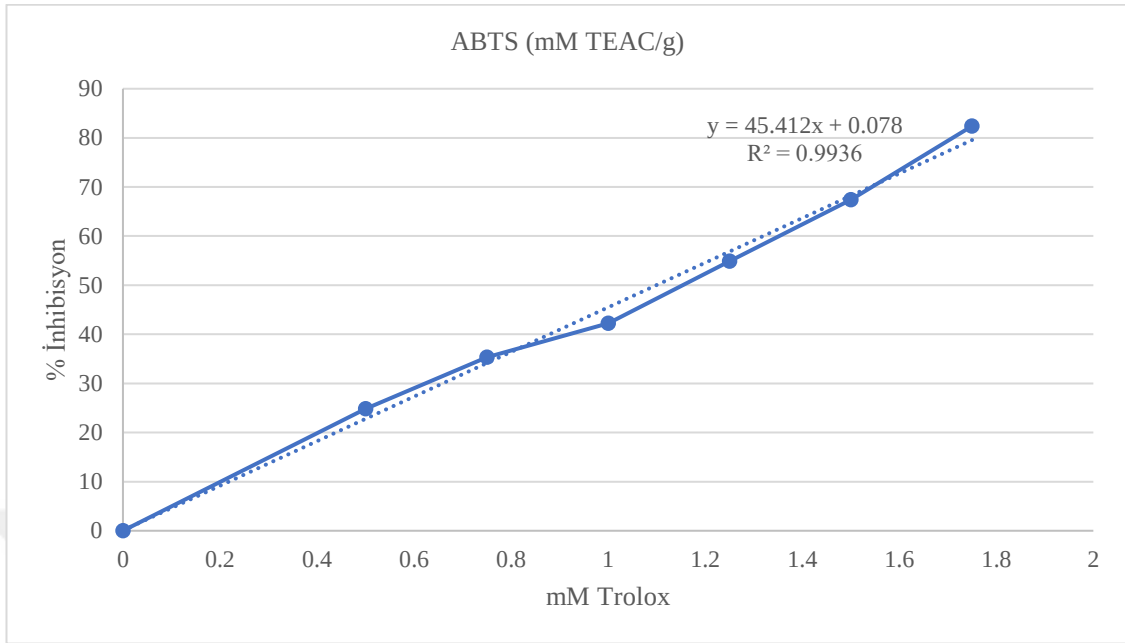
- Senanayake, S.N. 2013. Green tea extract: Chemistry, antioxidant properties and food applications—a review. *Journal of Functional Foods*, 5 (4): 1529-1541.
- Shi, J., Yang, G., You, Q., Sun, S., Chen, R., Lin, Z., Simal-Gandara, J. and Lv, H. 2021. Updates on the chemistry, processing characteristics, and utilization of tea flavonoids in last two decades (2001-2021). *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*: 1-28.
- Sinija, V.R. and Mishra, H.N. 2008. Moisture sorption isotherms and heat of sorption of instant (soluble) green tea powder and green tea granules. *Journal of Food Engineering*, 86 (4): 494-500.
- 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.
- Stagg, G.V. 1974. Chemical changes occurring during the storage of black tea. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 25 (8): 1015-1034.
- Şahin, H. and Özdemir, F. 2006. Yeşil çayın sağlık üzerine etkisi. *Türkiye*, 9: 24-26.
- Tong, T., Liu, Y.J., Kang, J., Zhang, C.M. and Kang, S.G. 2019. Antioxidant activity and main chemical components of a novel fermented tea. *Molecules*, 24 (16): 1-14.
- 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, 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, L.-F., Lee, J.-Y., Chung, J.-O., Baik, J.-H., So, S. and Park, S.-K. 2008. Discrimination of teas with different degrees of fermentation by spme–gc analysis of the characteristic volatile flavour compounds. *Food Chemistry*, 109 (1): 196-206.
- 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.
- Weisburger, J.H. 1997. Tea and health: A historical perspective. *Cancer letters*, 114 (1-2): 315-317.

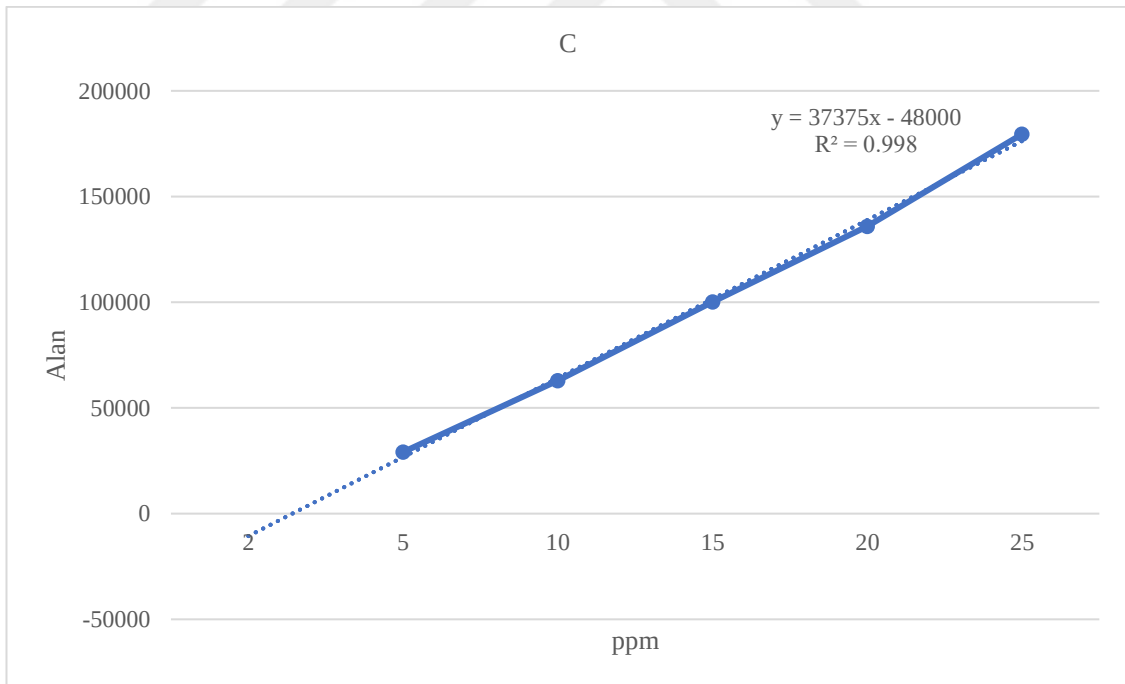
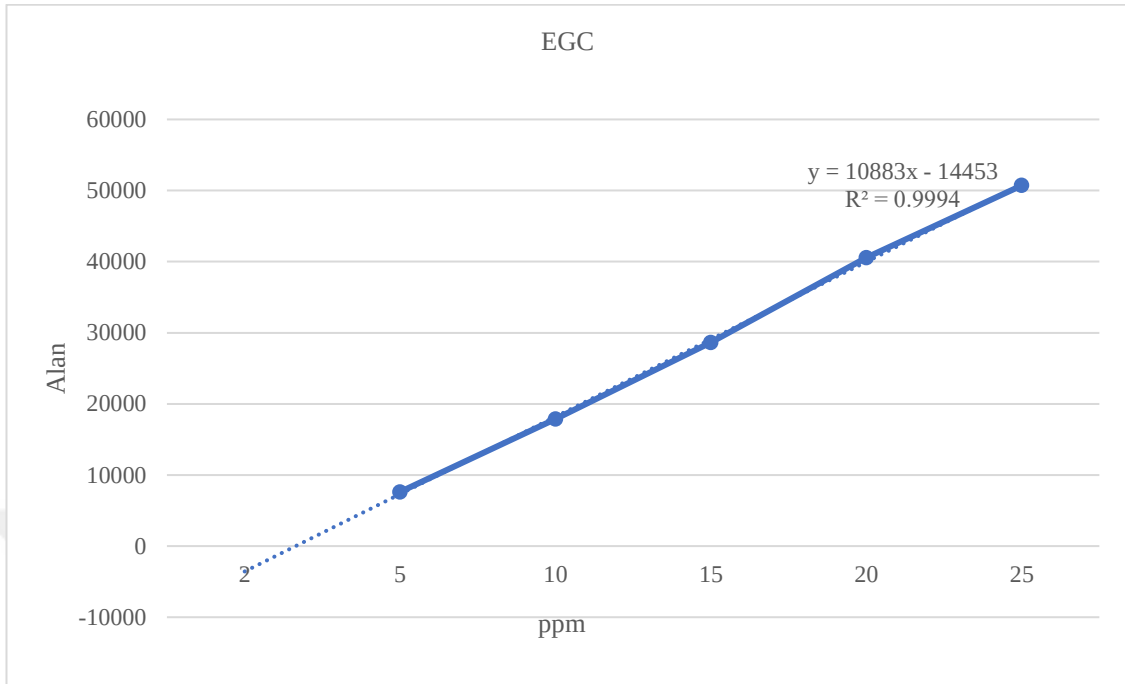
- Wetherilt, H., Gürcan, T., Löker, M. and Güner, Ö. 1991. Türk çaylarının nesnel kalite parametrelerine göre değerlendirilmesi. *Gıda*, 16 (3): 209-216.
- Williges, U. 2004. Status of organic agriculture in sri lanka with special emphasis on tea production systems (camellia sinensis (l.) o. Kuntze). PhD Thesis, Justus-Liebig-University of Giessen, Giessen, 119 s.
- Xu, N. and Chen, Z.-M. 2002. Green tea, black tea and semi-fermented tea. *Tea: Bioactivity and therapeutic potential*: 35-57.
- Xu, P., Chen, L. and Wang, Y. 2019. Effect of storage time on antioxidant activity and inhibition on α -amylase and α -glucosidase of white tea. *Food Science and Nutrition*, 7 (2): 636-644.
- Yang, C.-Y., Yen, Y.-Y., Hung, K.-C., Hsu, S.-W., Lan, S.-J. and Lin, H.-C. 2019. Inhibitory effects of pu-erh tea on alpha glucosidase and alpha amylase: A systemic review. *Nutrition & Diabetes*, 9 (1): 23.
- Yang, J. and Liu, R.H. 2013. The phenolic profiles and antioxidant activity in different types of tea. *International Journal of Food Science & Technology*, 48 (1): 163-171.
- 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.
- 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.
- Yılmaz, C., Özdemir, F. and Gökmen, V. 2020. Investigation of free amino acids, bioactive and neuroactive compounds in different types of tea and effect of black tea processing. *Lwt*, 117: 108655.
- Zhang, D., Huang, Y., Yuan, W. and Zhou, H. 2008. Research of change of α -amylase inhibitor content on pu-erh tea pile-fermentation processing. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 21 (5): 1282-1285.
- 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): 9-13.
- Zhu, Q.Y., Hackman, R.M., Ensunsa, J.L., Holt, R.R. and Keen, C.L. 2002. Antioxidative activities of oolong tea. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50 (23): 6929-6934.

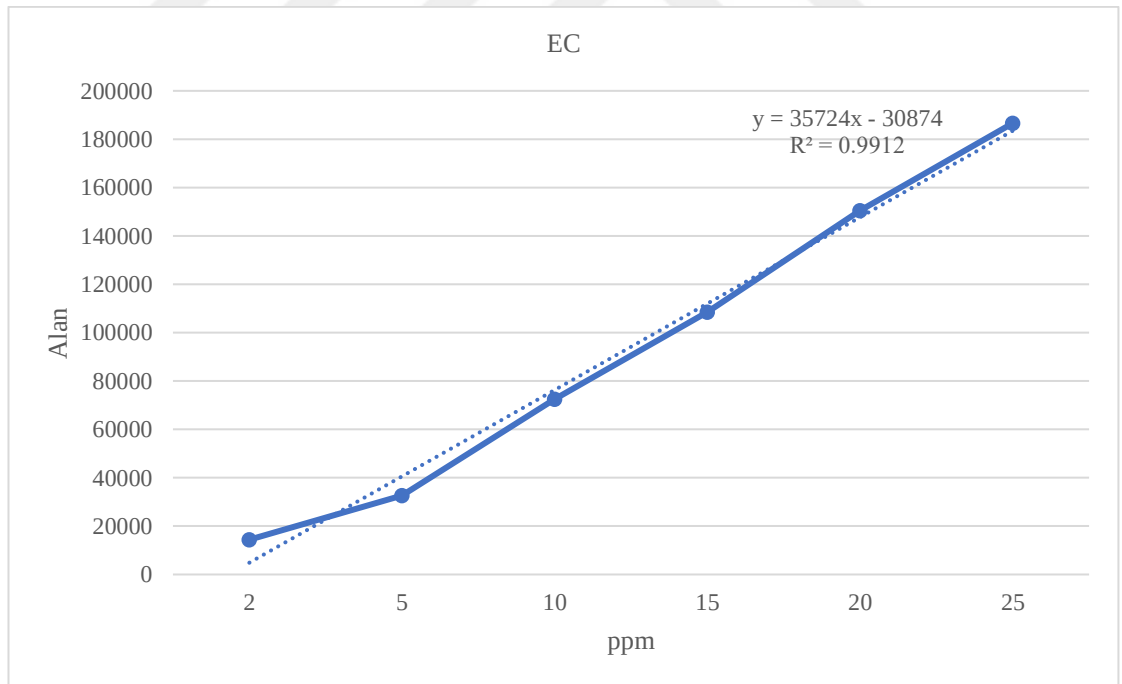
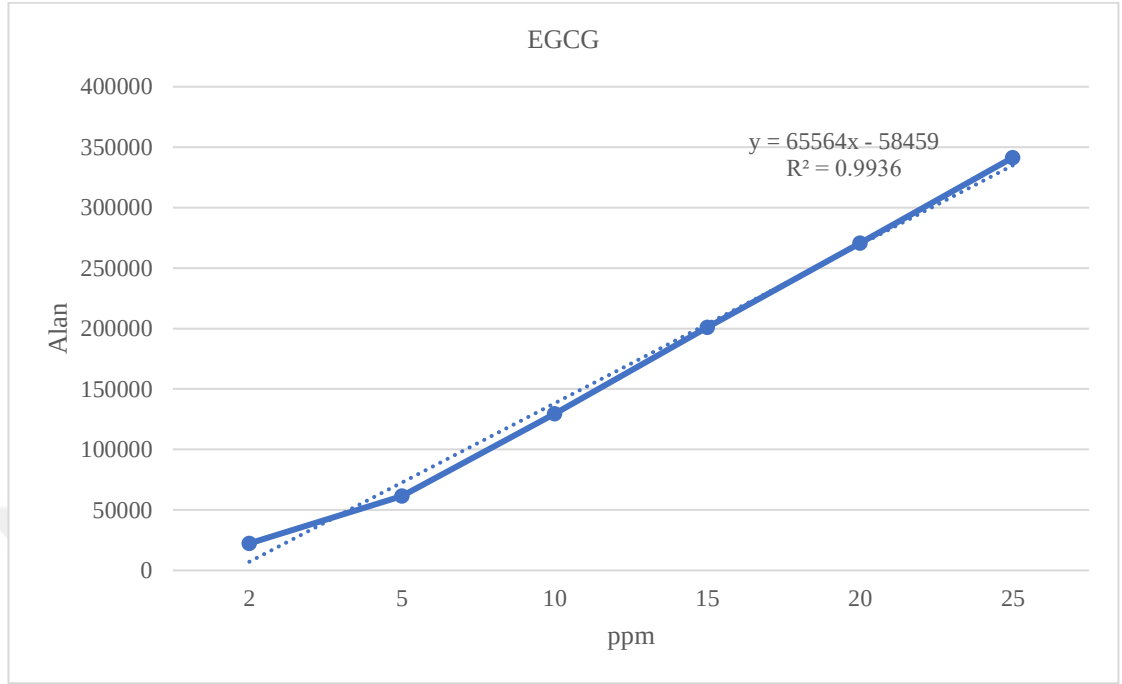
7. EKLER

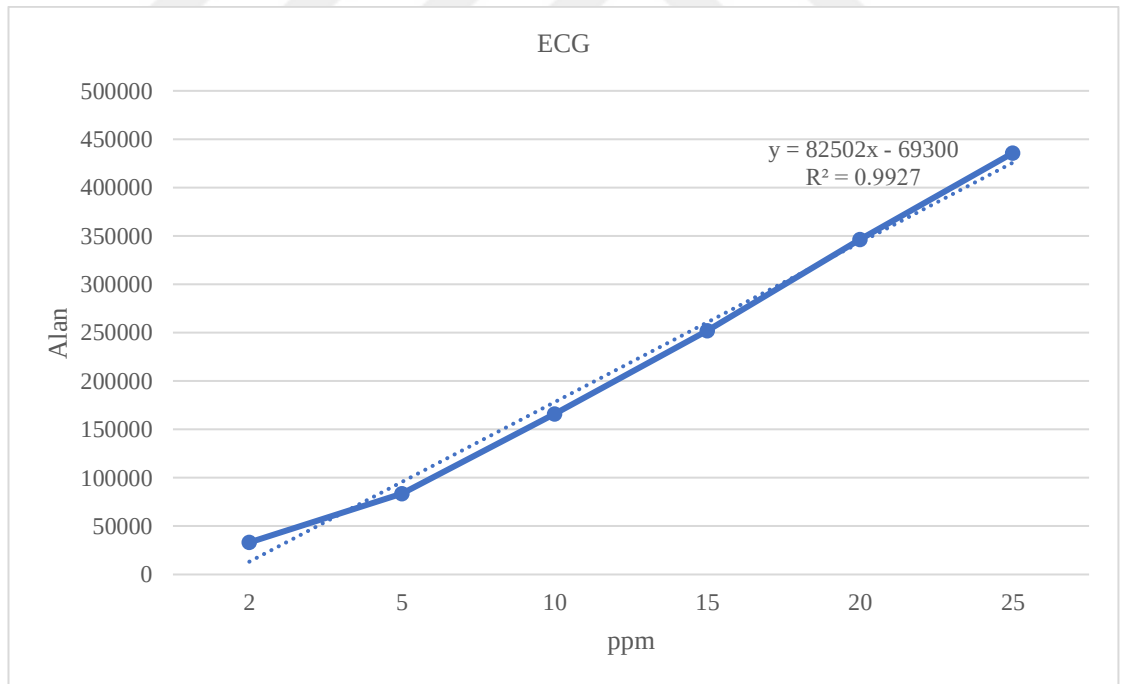
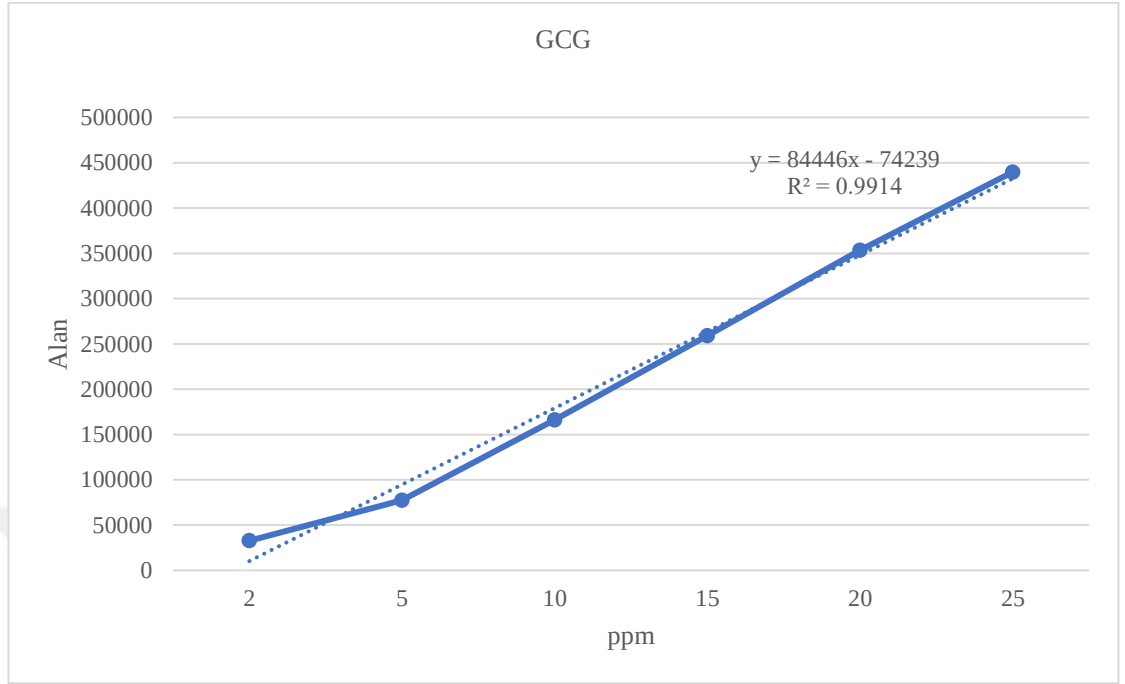
EK-1 Tez kapsamında gerçekleştirilen analizlerde kullanılan standard eğrileri

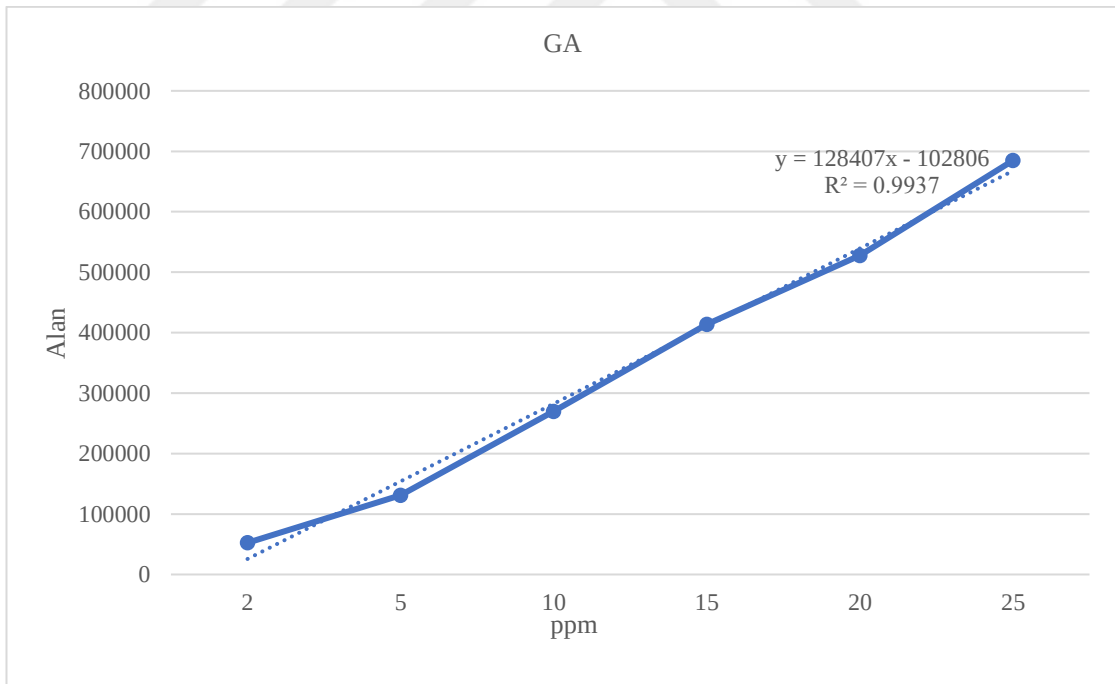
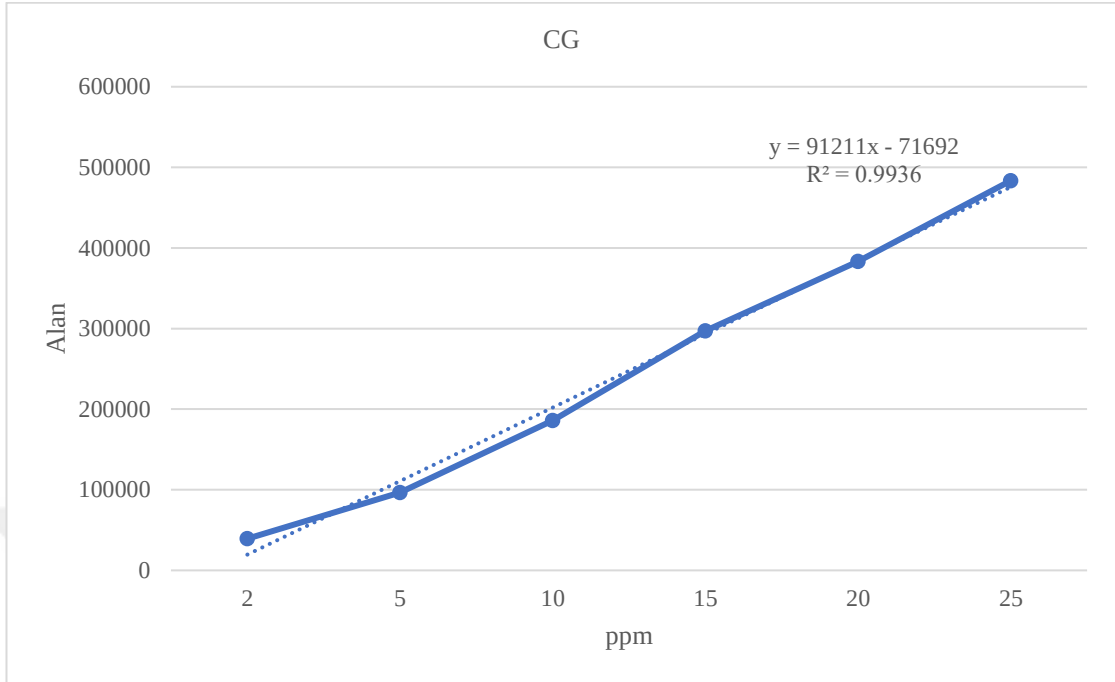


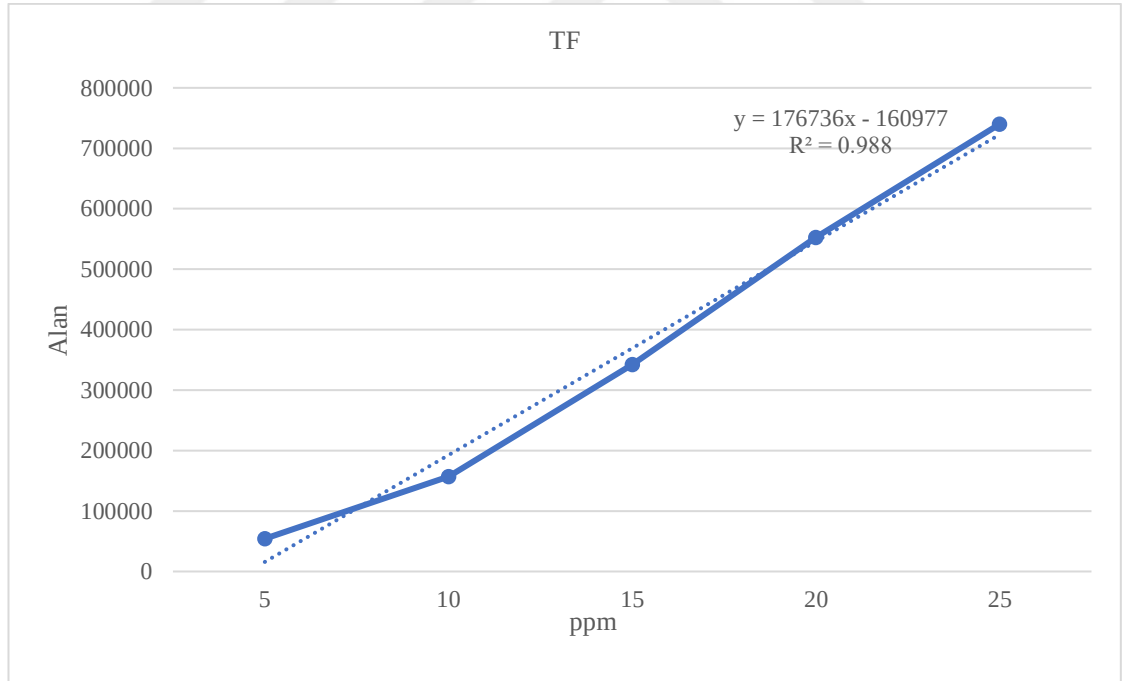
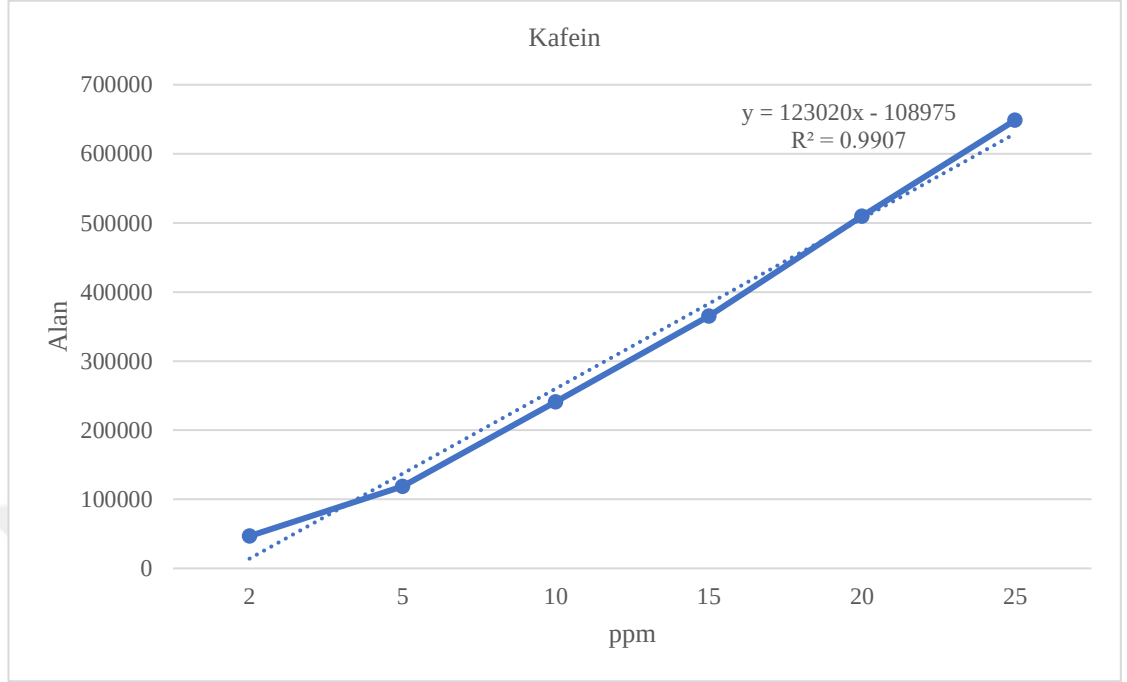
EK-1'in devamı Tez kapsamında gerçekleştirilen analizlerde kullanılan standard eğrileri

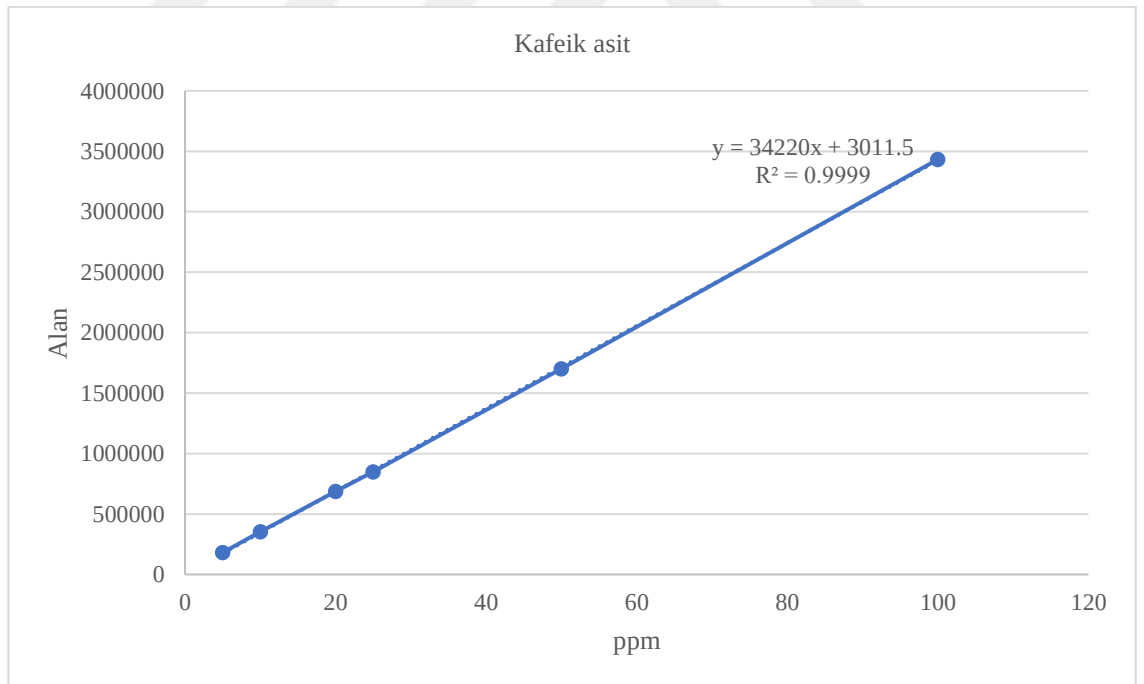
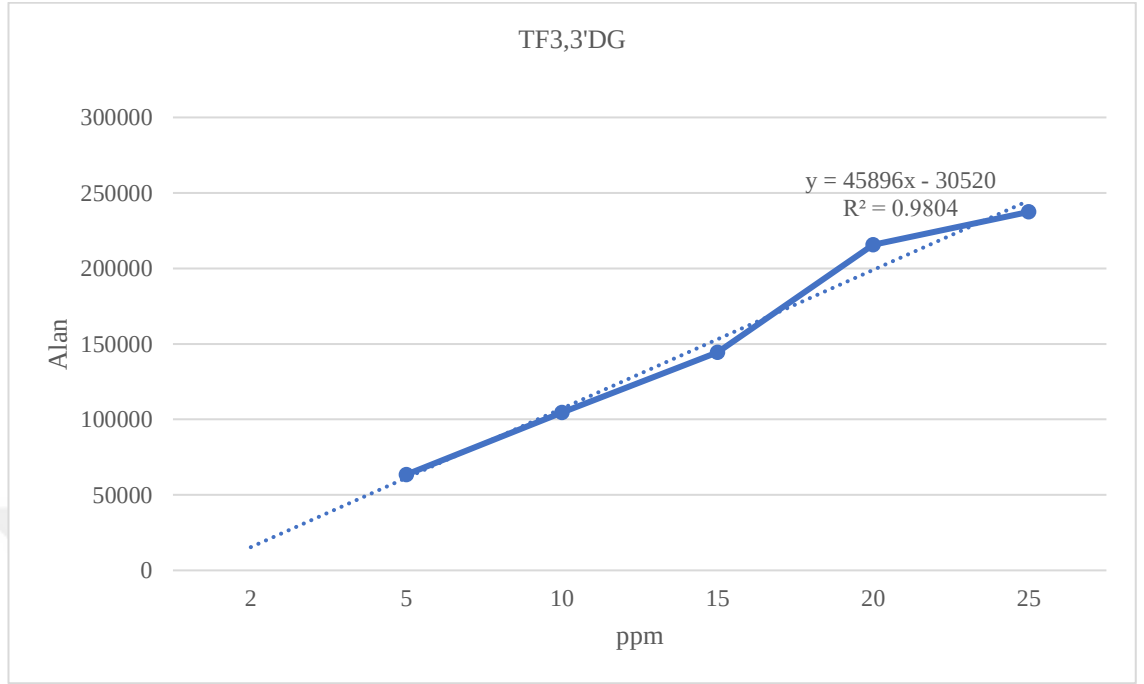
EK-1'in devamı Tez kapsamında gerçekleştirilen analizlerde kullanılan standard eğrileri

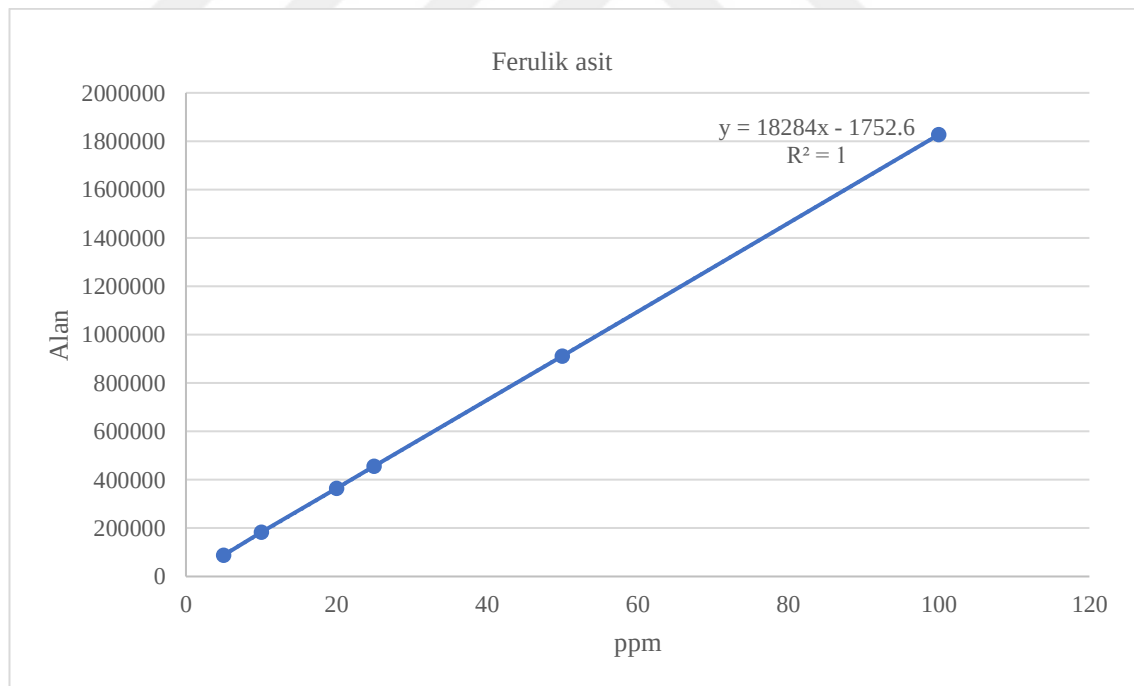
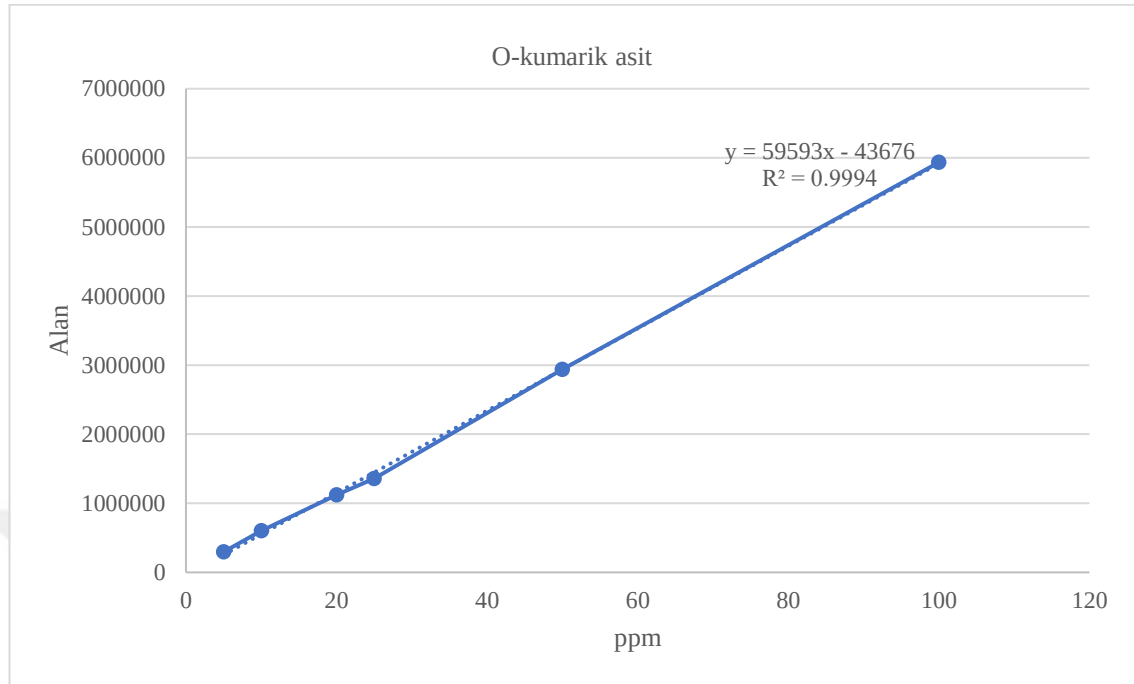
EK-1'in devamı Tez kapsamında gerçekleştirilen analizlerde kullanılan standard eğrileri

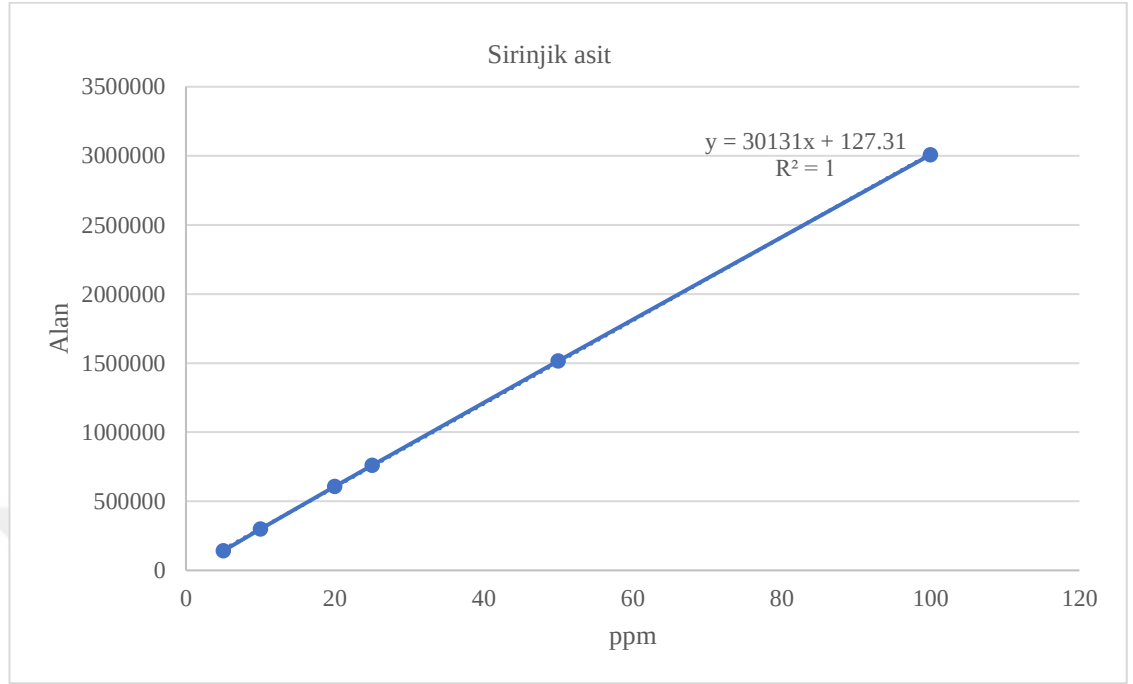
EK-1'in devamı Tez kapsamında gerçekleştirilen analizlerde kullanılan standard eğrileri

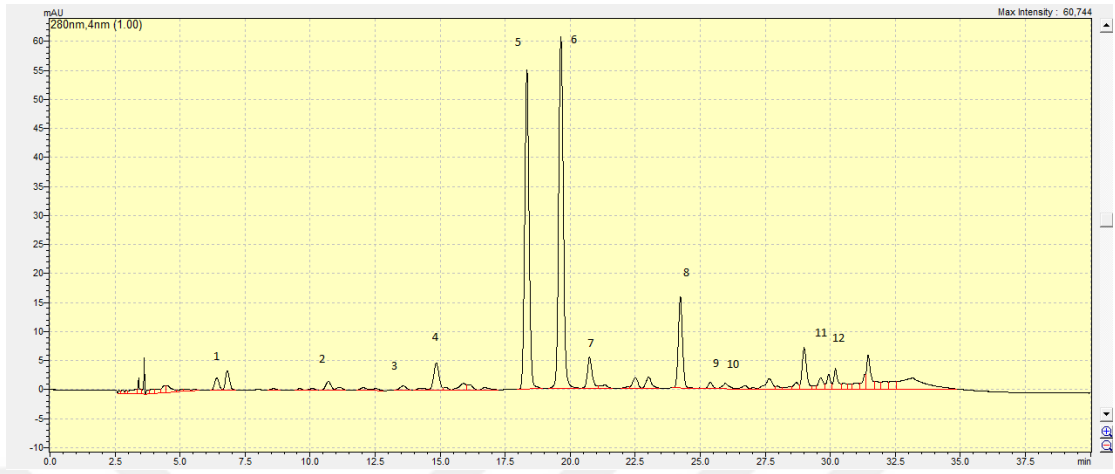
EK-1'in devamı Tez kapsamında gerçekleştirilen analizlerde kullanılan standard eğrileri

EK-1'in devamı Tez kapsamında gerçekleştirilen analizlerde kullanılan standard eğrileri

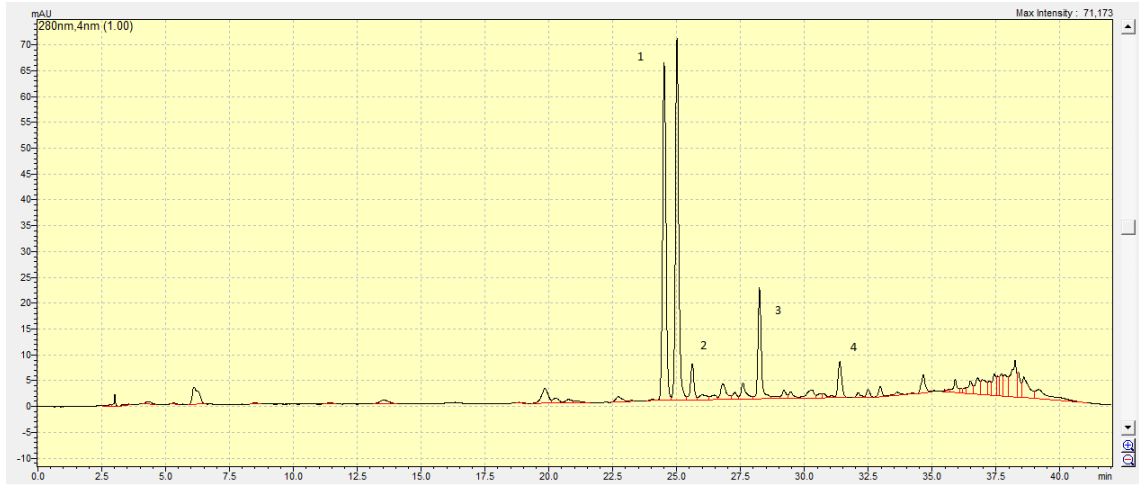
EK-1'in devamı Tez kapsamında gerçekleştirilen analizlerde kullanılan standard eğrileri

EK-1'in devamı Tez kapsamında gerçekleştirilen analizlerde kullanılan standard eğrileri

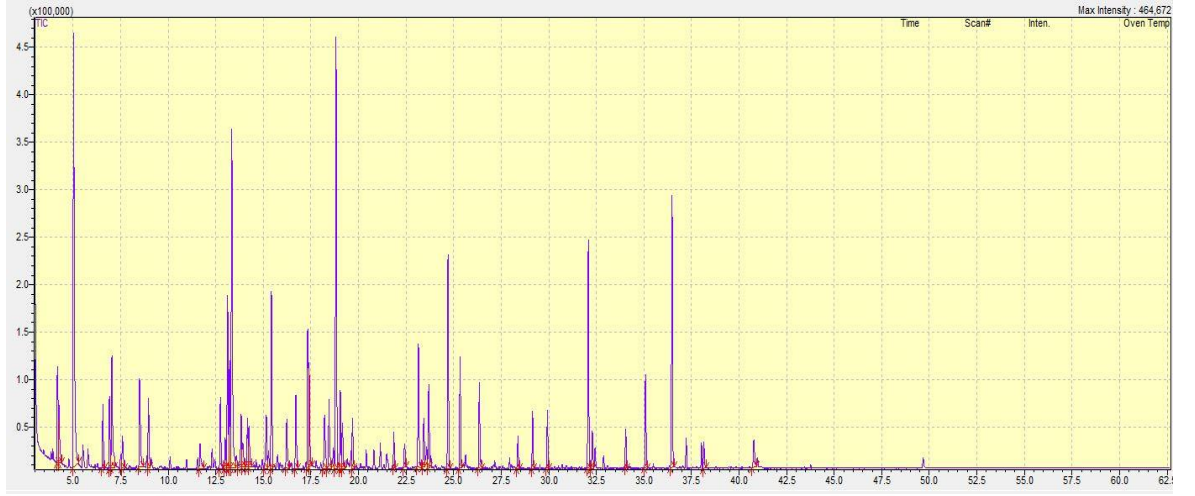
EK-1'in devamı Tez kapsamında gerçekleştirilen analizlerde kullanılan standard eğrileri

EK-2. 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: TF3,3'DG, 12: TF)

EK-3. Fenolik asit analizine ait örnek kromatogram

(280nm, 1: Kafeik asit, 2: Sirinjik asit 3: Ferulik asit, 4: o-kumarik asit)

EK-4. GC-MS ile uçucu bileşen analizine ait örnek kromatogram

EK-5. ay örneklerinin demlerine ait görsel

ÖZGEÇMİŞ

Sinem SALMAN

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Doktora	Akdeniz Üniversitesi
2017-2023	Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya
Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2014-2017	Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya
Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2009-2013	Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Antalya

ESERLER

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

- 1- **Salman, S.**, Öz, G., Felek, R., Haznedar, A., Turna, T., Özdemir, F. (2022). Effects of fermentation time on phenolic composition, antioxidant and antimicrobial activities of green, oolong, and black teas. Food Bioscience. 49, 101884. Doi: 10.1016/j.fbio.2022.101884.
- 2- **Salman, S.**, Yılmaz, C., Gökmen, V., Özdemir, F. (2021). Effects of fermentation time and shooting period on amino acid derivatives and free amino acid profiles of tea. Lwt. 137, 110481. Doi: 10.1016/j.lwt.2020.110481.

Ulusal hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

- 1- **Salman, S.**, Azarabadi, N., Özdemir, F. (2019). Siyah çay harmanında partikül boyutu ve demleme süresinin dem özellikleri üzerine etkisi. Gıda, 44(3), 442-452. Doi: 10.15237/gida.GD19041.
- 2- **Salman, S.**, Özdemir, F. (2018). Beyaz çay: üretimi, bileşimi ve sağlık üzerine etkileri. Akademik Gıda, 16(2), 218-223. Doi: 10.24323/akademik-gida.449867.

Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

- 1- **Salman S.**, Felek R., Azarabadi N., Haznedar A., Turna T., Özdemir F. (2020). Antioxidant and antimicrobial activity of green, black and different degrees of fermented oolong teas. 3rd International Congress on Food Technology, 427. October 10-12, 2018 Nevşehir, Turkey. (Özet Bildiri)
- 2- **Salman S.**, Özdemir F. 2020. *In Vitro* Gastrointestinal Stability Of Freeze Dried Catechin Enriched Green Tea Extract. 2020. 3rd International Congress on Food Technology, 429. October 10-12, 2018 Nevşehir, Turkey. (Özet Bildiri)
- 3- **Salman S.**, Azarabadi N., Özdemir F. (2020). Effect Of Particle Size And Brewing Time On The Amount Of Bioactive Compounds In Black Tea Infusion. 3rd International Congress on Food Technology, 430. October 10-12, 2018 Nevşehir, Turkey. (Özet Bildiri)
- 4- **Salman, S.**, Özdemir, F. (2018). Different Kinds of Teas and Their Effects on Health. International Eurasian Congress on Natural Nutrition & Healthy Life, 477-481. 12-15 July 2018, Ankara, Turkey. (Tam metin/Sözlü sunum)
- 5- Azarabadi, N., **Salman, S.**, Avcı, E., Yıldız, M. and Özdemir, F. (2016). Production of instant linden tea (*tilia cordata*) by spray drying technology and determination of product properties. The 1 st Food Chemistry Conference. NH Grand Hotel Krasnapolsky, Amsterdam, The Netherlands. (Özet Bildiri)
- 6- **Salman, S.**, Balci, F., Caglar, A.F., Tekin, S., Torun, M., Ozdemir, F. (2015). Effect of pullulan, sodium alginate and pectin based edible coatings on the quality of fresh-cut kiwi fruit during cold storage. Innovations in Food Packaging, Shelf Life and Food Safety, Stadthalle Erding, Munich, Germany. (Tam metin/ Sözlü sunum)

Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

- 1- **Salman S.**, Özdemir F. (2022). Aynı Çay Klonundan Üretilen Yeşil, Oolong ve Siyah Çayların Aroma Bileşenleri. Türkiye 14. Gıda Kongresi, 194. 19-21 Ekim 2022. (Sözlü sunum)
- 2- Özdemir, F., **Salman, S.** (2016). Beyaz Çay. Türkiye 12. Gıda Kongresi, 349, Edirne, Türkiye. (Özet Bildiri)
- 3- **Salman, S.**, Azarabadi, N., Özdemir, F. (2016). Türk Çay Filizlerinin Bazı Fiziksel Özellikleri. Türkiye 12. Gıda Kongresi, 350, Edirne, Türkiye. (Özet Bildiri)
- 4- Azarabadi, N., **Salman, S.**, Özdemir, F. (2016). İran Safranı (*Crocus sativus L.*) ve Çiçek Atıklarının Değerlendirilmesi. Türkiye 12. Gıda Kongresi, 351, Edirne, Türkiye. (Özet Bildiri)