



**SİYAH ÇAY ÜRETİMİNDE, ÇAYIN BAZI
FİZİKOKİMYASAL VE BİYOAKTİF
ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Osman Tolga BALABAN

**Yüksek Lisans Tezi
Bayburt Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı
2019
(Her Hakkı Saklıdır)**

T.C.
BAYBURT ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**SİYAH ÇAY ÜRETİMİNDE, ÇAYIN BAZI FİZİKOKİMYASAL VE BİYOAKTİF
ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**
(Investigation of Some Physicochemical and Bioactive Properties of Tea, During Black Tea
Manufacturing)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Osman Tolga BALABAN

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Aybike KAMILOĞLU

Bayburt
Ağustos, 2019

KABUL VE ONAY TUTANAĞI

Dr. Öğr. Üyesi Aybike KAMILOĞLU danışmanlığında, 152003003 numaralı Osman Tolga BALABAN tarafından hazırlanan “Siyah Çay Üretiminde, Çayın Bazı Fizikokimyasal ve Biyoaktif Özelliklerinin Araştırılması” adlı bu çalışma 27/08/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Gıda Mühendisliği Programında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Doç. Dr. Ahmet AKKÖSE

İmza: 

Jüri Üyesi : Dr. Öğr. Üyesi Aybike KAMILOĞLU

İmza: 

Jüri Üyesi : Dr. Öğr. Üyesi Özlem ÇAKIR

İmza: 

Bu tezin Bayburt Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddelerinde belirtilen şartları yerine getirdiğini onaylarım.

03 / 09 / 2019

Doç. Dr. Fatih GÜRBÜZ

Enstitü Müdür V.

ETİK VE BİLDİRİM SAYFASI

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Siyah Çay Üretiminde, Çayın Bazı Fiziksel ve Biyoaktif Özelliklerinin Araştırılması” başlıklı çalışmanın tarafımdan bilimsel etik ilkelere uyularak yazıldığını ve yararlandığım eserleri kaynakçada gösterdiğimi beyan ederim.

... / ... / 2019

Osman Tolga BALABAN



TEŞEKKÜR

Tez çalıőmamın yürütölmesinde ve sonuçlandırılmasında değerli katkıları, yönlendirici önerileri ve desteklerinden dolayı danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Aybike KAMILOĞLU'na teşekkürü bir borç bilirim.

Konu seçiminde, tez çalıőmamın planlanmasında desteklerinden dolayı Sayın Doç. Dr. Hasan Hüseyin KARA'ya sonsuz teşekkür ederim.

ay numunelerinin temininde bana yardımcı olan Ofay ay Fabrikası çalıőanlarına teşekkürlerimi sunarım.



ÖZ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
SİYAH ÇAY ÜRETİMİNDE, ÇAYIN BAZI FİZİKOKİMYASAL VE BİYOAKTİF
ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Osman Tolga BALABAN

Ağustos 2019, 48 sayfa

Bu çalışmada siyah çay üretim basamaklarından alınan çay numunelerinin bazı fiziksel ve biyoaktif özelliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla yaş çay (*Camellia sinensis*), soldurma, kıvırma, oksidasyon, kurutma ve tasnif aşamalarından alınan örneklerin kuru madde miktarı, renk parametreleri (L^* , a^* , b^*), pH değerleri belirlenmiştir. Çay örneklerinin su ve etanol ekstraktlarında ise toplam fenolik madde miktarı, antioksidan aktivite (DPPH ve CUPRAC yöntemleri kullanılarak) ve toplam monomerik antosiyanin miktarı değerlendirilmiştir. Ayrıca çay numunelerinin yağ asidi kompozisyonu belirlenmiştir. Yapılan bu çalışmada, üretim aşamalarının incelenen özellikler üzerine önemli derecede etkili olduğu tespit edilmiştir ($p<0,01$). pH değeri $5,97\pm 0,01$ olarak en yüksek yaş çayda iken, oksidasyon aşamasında $5,27\pm 0,01$ değerine kadar düşmüştür. % kuru madde miktarındaki en yüksek artış kurutma aşamasında tespit edilirken, su kaybının bir bölümü ise soldurma aşamasında gerçekleşmiştir. L^* değeri en yüksek yaş çayda ve soldurma aşamasının ardından, en düşük ise tasnif aşamasından sonra ($18,5\pm 0,85$) belirlenmiştir. Çay örneklerinde, a^* ve b^* parametreleri en yüksek ($5,56\pm 0,99$ ve $20,69\pm 2,13$) oksidasyon aşamasından sonra tespit edilmiştir. Çözücü etkisi incelendiğinde ise, etanol kullanıldığında antioksidan aktivite ortalamaları, saf su kullanıldığında ise toplam fenolik madde miktarı ortalamaları daha yüksek tespit edilmiştir. Farklı çözücülerin ve üretim aşamalarının etkisi, toplam fenolik miktarı ve antioksidan aktivite üzerinde önemli düzeyde etkili olmuştur ($p<0,01$). Tespit edilen antioksidan aktivite her iki yöntemde de yaş çayda yüksek, aşamalar süresince azaldığı tespit edilirken, en düşük aktivite saf su ekstraktında kurutma aşamasında, etanol ekstraktında ise kurutma ve tasnif aşamalarında gözlenmiştir. Toplam fenolik madde miktarı antioksidan aktivite ile uyumlu şekilde değişim göstermiştir. Ayrıca çay örneklerinin yağ asidi kompozisyonu incelendiğinde, hakim profili, palmitik asit, miristik asit ve kaprik asit doymuş yağ asitleri, oleik asit, heptadesenoik asit ve eikosenoik asit doymamış yağ asitlerinin oluşturduğu tespit edilmiştir. Aşamalar süresince çay örneklerinde baskın yağ asidinin palmitik asit olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çay, *camellia sinensis*, çay üretimi, toplam fenolik madde, antioksidan aktivite

ABSTRACT
MASTER THESIS
INVESTIGATION OF SOME PHYSICOCHEMICAL AND BIOACTIVE
PROPERTIES OF TEA, DURING BLACK TEA MANUFACTURING

Osman Tolga BALABAN

August 2019, 48 pages

In this study, it is aimed to investigate some physicochemical and bioactive properties of tea samples taken from various black tea manufacturing steps. For this purpose, the amount of dry matter, color parameters (L^* , a^* , b^*), pH values of the samples taken from tea leaves (*Camellia sinensis*), withering, curling, oxidation, drying and grading stages, the total phenolic content of tea and water extracts were detected. Antioxidant activity (DPPH and CUPRAC methods) and total monomeric anthocyanin content were evaluated. The fatty acid composition of the tea samples was also determined. In this study, it was determined that the production stages had a significant effect on the studied properties ($p < 0.01$). While the pH value was 5.97 ± 0.01 in the highest tea leaves, it decreased to 5.27 ± 0.01 during the oxidation stage. The highest increase in the amount of dry matter of tea was detected in the drying phase, while a part of the water loss was realized during the withering phase. The L^* value was determined in the highest tea leaves and after the withering step and the lowest after the grading step (18.5 ± 0.85). In tea samples, a^* and b^* parameters were detected after the highest oxidation stage (5.56 ± 0.99 and 20.69 ± 2.13). When the solvent effect was examined, the mean of antioxidant activity was higher with ethanol and the mean of total phenolic content was higher with pure water as solvent. The interaction of different solvents and production steps had a significant effect on total phenolic content and antioxidant activity ($p < 0.01$). The highest antioxidant activity was detected in tea leaves and getting decreased during the stages in both methods. The total amount of phenolic substances was compatible with the antioxidant activity. In addition, when the fatty acid composition of the tea samples were examined, it was found that the dominant profile was composed of saturated fatty acids, (palmitic acid, myristic acid and capric acid) and saturated fatty acids (oleic acid, heptadecenoic acid and eicosenoic acid). During the stages, palmitic acid was the dominant fatty acid in tea samples.

Key Words: Tea, *camellia sinensis*, tea manufacturing, total phenolic content, antioxidant activity

İÇİNDEKİLER

ETİK VE BİLDİRİM SAYFASI	i
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ.....	iv
ABSTRACT	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
TABLolar DİZİNİ	ix
KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ.....	x
BİRİNCİ BÖLÜM	1
Giriş	1
İKİNCİ BÖLÜM.....	8
Literatür Özeti	8
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM	11
Materyal ve Yöntem.....	11
Materyal	11
Çay örneklerinin temini.....	11
Yöntem.....	11
pH tayini.	11
% Kuru madde tayini.	11
Renk ölçümü.....	11
Antioksidan aktivite tayini.	12
DPPH radikali yakalama yöntemi.....	12
CUPRAC yöntemi (Bakır indirgeyici antioksidan kapasitesi).....	12
Toplam fenolik madde tayini.....	12
Toplam monomerik antosiyanin tayini.	13
Yağ asidi kompozisyonunun belirlenmesi.	13
İstatiksel analiz.	14

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM	15
Araştırma Bulguları ve Tartışma	15
pH Değerleri	15
% Kuru Madde İçeriği.....	16
Çay Örneklerine Ait Renk Parametreleri	18
Antioksidan Aktivite	22
DPPH süpürme kapasitesi.	22
Bakır iyonu indirgeyici antioksidan kapasite.	25
Toplam Fenolik Madde İçeriği	29
Toplam Monomerik Antosiyanin Miktarı	35
Yağ Asidi Kompozisyonu	36
BEŞİNCİ BÖLÜM	39
Sonuçlar	39
Kaynakça	41
ÖZGEÇMİŞ	48

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Yeşil çay üretim safhaları (Mizukami vd., 2006).....	4
Şekil 2. Oolong çay üretim safhaları (Koca, & Bostancı, 2014)	5
Şekil 3. Siyah çay üretim safhaları (Kacar, 2010)	6
Şekil 4. DPPH yönteminde kullanılan troloks standart eğrisi	22
Şekil 5. CUPRAC yönteminde kullanılan troloks standart eğrisi.....	25
Şekil 6. Çay örneklerinin DPPH ve CUPRAC yöntemine dayalı antioksidan aktiviteleri üzerine üretim aşaması ve çözücü interaksyonunun etkisi	29
Şekil 7. Toplam fenolik bileşen analizi için oluşturulan gallik asit standart eğrisi	30
Şekil 8. Aşama*çözücü interaksyonunun toplam fenolik madde miktarı üzerine etkisi.....	33
Şekil 9. Aşamalar süresince % yağ asidi kompozisyonu.....	37

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1. <i>Çay Örneklerine Ait pH Değerleri</i>	15
Tablo 2. <i>Çay Örneklerine Ait pH Değerleri Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları</i>	16
Tablo 3. <i>Çay Örneklerinin % Kuru Madde Değerleri</i>	17
Tablo 4. <i>Çay Örneklerine Ait % Kuru Madde Değerleri Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları</i>	18
Tablo 5. <i>Çay Örneklerine Ait Hunter L*, a* ve b* Değerleri</i>	19
Tablo 6. <i>Çay Örneklerine Ait Renk Parametreleri Ortalamalarının Duncan çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları</i>	21
Tablo 7. <i>Çay Örneklerine Ait DPPH Süpürme Kapasiteleri (mg Troloks eşdeğeri/g kuru madde)</i>	23
Tablo 8. <i>Çay Örneklerine Ait DPPH Süpürme Kapasiteleri Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları (mg Troloks eşdeğeri/g kuru madde)</i>	24
Tablo 9. <i>Çay Örneklerine Ait Bakır İndirgeyici Antioksidan Kapasiteleri (mg Troloks eşdeğeri/g kuru madde)</i>	26
Tablo 10. <i>Çay Örneklerine Ait Bakır İyonu İndirgeme Kapasiteleri Ortalamaları Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları (mg Troloks eşdeğeri/g kuru madde)</i>	28
Tablo 11. <i>Çay Örneklerine Ait Toplam Fenolik Madde Miktarları (mg Gallik asit eşdeğeri/g kuru madde)</i>	31
Tablo 12. <i>Toplam Fenolik Madde Miktarlarına Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları (mg Gallik asit eşdeğeri/g kuru madde)</i>	32
Tablo 13. <i>Korelasyon Analiz Sonuçları</i>	34
Tablo 14. <i>Yaş Çay Örneklerine Ait Toplam Monomerik Antosiyanin Miktarları</i>	35
Tablo 15. <i>Çay Örneklerinin Majör Yağ Asidi Kompozisyonları (%)</i>	38

KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ

%	: Yüzde
α	: Alfa
&	: Ve
°C	: Santigrat Derece
μg	: Mikrogram
μl	: Mikrolitre
BHT	: Bütillendirilmiş Hidroksi Toluen
C	: Kateşin
cm	: Santimetre
CTC	: Kes, Yırt, Kıvrır
CUPRAC	: Bakır İndirgeyici Antioksidan Kapasitesi
dk	: Dakika
DPPH	: 1,1-difenil-2- pikrilhidrazil
EC	: Epikateşin
EGC	: Epigallokateşin
EGCG	: Epigallokateşingallat
FAO	: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
FDA	: Amerikan Gıda ve İlaç İdaresi
g	: Gram
GAE	: Gallik Asit Eşdeğeri
GCG	: Gallokateşingallat
km	: Kilometre
KM	: Kuru Madde
L	: Litre
mg	: Miligram
ml	: Mililitre

mM	: Milimolar
nm	: Nanometre
pH	: Power of Hydrogen (Hidrojenin Gücü)
ppm	: Milyonda Bir
rpm	: Revolution Per Minute (Dakikada devir)
TE	: Troloks Eşdeğeri
TFM	: Toplam Fenolik Madde Miktarı
vd	: Ve Diğerleri



BİRİNCİ BÖLÜM

Giriş

Çay, Latince'deki karşılığı Çin kamelyası olan bir kamelya türüdür. Çaygiller (Theaceae) familyasına mensuptur (Tanker, & Tanker, 2003). *Camellia sinensis* olarak bilinen bitki yapraklarının, belli işlem basamaklarından geçirilmesi ile elde edilir (Mckay, & Blumberg, 2002). Çay bitkisi her mevsim bol yağışa ve yüksek neme ihtiyaç duyar. Çay bitkisinin gelişip yüksek verimli çay elde edilmesi için optimum hava sıcaklığı 18-30 °C, en uygun toprak sıcaklığı ise 20-25 °C'dir. En iyi gelişmeyi 5,0-5,6 arası pH değerindeki hafif asitli topraklarda gösterir (Mehra, & Baker 2007). Çay bitkisinin, normal koşullarda yılda 15-20 cm kadar boyu uzamaktadır. Boy uzaması her yıl düzenli olarak devam etmekle birlikte çay hasadını zorlaştıran bir unsurdur. Bu nedenle çay ağacı belirli aralıklarda budanır ve hasat koşulları iyileştirilmiş olur (Ravichandran, 2004).

4000'den fazla kimyasal madde ihtiva eden çayın tüketim potansiyeli çok yüksektir. Öyleki, dünya nüfusunun yaklaşık üçte ikisi çay tüketmektedir. Çay, sudan sonra dünyada en çok tüketilen ikinci içecektir (Yang, & Landau, 2000). Dünyada 40 kadar ülkede yetiştirilmekte olup genellikle Endonezya, Japonya, Tayvan, Türkiye, Hindistan, Çin ve Sri Lanka'da üretilir (Wu, & Wei, 2002; Alkan, Köprülü, & Alkan, 2009; Kurt, & Hacıoğlu, 2013; Hu *vd.*, 2019). Ülkemizde ise genellikle Doğu Karadeniz'de sınır bölgemiz olan Gürcistan sınırından başlayıp Batı Karadeniz Bölgesi'nde Fatsa ilçemize kadar uzanan alan içerisinde yetiştirilmektedir. Bazı ilçelerde sahilden 30 km kadar güneye kadar çay yetiştiriciliği yapılabilmektedir (Anonim, 2018).

2017 verilerine göre, Türkiye'de yıllık çay üretimi 217.000 ton civarındadır (FAO, 2017). Dünya genelinde yıllık kuru çay üretim miktarı yaklaşık olarak 5 milyon 954 bin tondur (FAO, 2018). Türkiye'de çay tüketim alışkanlığı incelendiğinde, Türkiye'de Değişen Çay Tüketim Alışkanlıkları Projesi kapsamında 2013 yılında 15 ilde yapılan araştırmaya göre, bireylerin %45,7'si günde 5 bardaktan fazla, %44,1'i günde 1-5 bardak çay tükettiğini belirtmiştir (Ulusoy, & Şeker, 2013).

Tüketim miktarı belirli bir seviyede tutularak orta sıcaklıkta tüketildiğinde, sağlığı olumlu yönde etkilemektedir. Yapılan çalışmalarda, çay tüketiminin sağlık üzerine olumlu etkileri ortaya konulmuştur (Mukhtar, & Ahmad, 2000; Oh *vd.*, 2017). "US Food and Drug

Administration (FDA)", çayın sağlığa faydalı bir içecek olduğunu ve tüketilmesi gerektiğini bildirmiştir (Wu, & Wei, 2002). Dünyada en yaygın tüketilen içeceklerden birisidir ve tıbbi özellikleri bulunur (Mello, Alves, Macedo, & Kubota, 2005; Vyas, & Kumar 2007; Zhu, Huang, & Tu, 2006).

Yang *vd.*, (2004) tarafından yapılan bir çalışmada, Çin'de çay tüketimi alışkanlığının toplumda hipertansiyon üzerine etkisini incelenmiştir. Günde 120 ml yeşil veya oolong çayı 1 yıldan uzun bir süre düzenli olarak tüketen kişilerde hipertansiyon riskinin azaldığını tespit etmişlerdir. Yapılan epidemiyolojik araştırmalar ve klinik çalışmalar göstermektedir ki, çay tüketen bireylerde vücut yağ oranı çay tüketmeyenlere göre daha azdır. Özellikle yeşil çayın bel çevresi yağlanmasına karşı negatif bir etki yaptığı tespit edilmiştir (Phung *vd.*, 2009; Rains, Agarwal, & Maki, 2011). Bu durum, çayda bulunan kateşin polifenoller ile kafeinin termogenezis ve yağ oksidasyonu yoluyla beden ağırlığında azalma meydana getirdiği şeklinde açıklanmaktadır (Auvichayapat *vd.*, 2008). Stensvold *vd.*, (1992), 35-49 yaş aralığında, 9856 erkek ve 10233 kadın üzerinde yaptıkları çalışmada (kardiyovasküler ve diyabet hastalığı olmayan bireyler seçilmiştir); çayın, kolesterol, sistolik kan basıncı ve kronik kalp mortalitesi arasındaki ilişkileri incelemişlerdir. Çay tüketimi arttıkça kolesterol düzeyinin düştüğü, sistolik kan basıncı ile çay arasında negatif bir etkileşim olduğu belirtilmiştir. Benzer şekilde Brown *vd.*, (1993), her gün 1 fincandan daha çok tüketilen çayın, koroner kalp hastalıklarına karşı koruyucu etki sağladığını bildirmişlerdir.

Çayın sağlık üzerine bu olumlu etkileri sağlamlasında kimyasal yapısı oldukça etkilidir. Çay yaprağı, polifenoller (kateşin ve flavanoidler), alkaloidler (kafein, theobromin, theofilin gibi), uçucu yağlar, polisakkaritler, inorganik elementler ve vitamin gibi bileşenleri içermektedir. Bu bileşenler içerisinde sağlık üzerine en etkili olan polifenollerdir. Yeşil çay 6 temel kateşin bileşenini içerirken (kateşin, gallokateşin, epigallokateşin, epikateşin, epikateşin gallat, epigallokateşin gallat), siyah çayda oksidasyon aşamasında polifenollerin önemli bir kısmı yine antioksidan etkiye sahip flavanoid gibi bileşiklere okside olurlar (Sharangi, 2009).

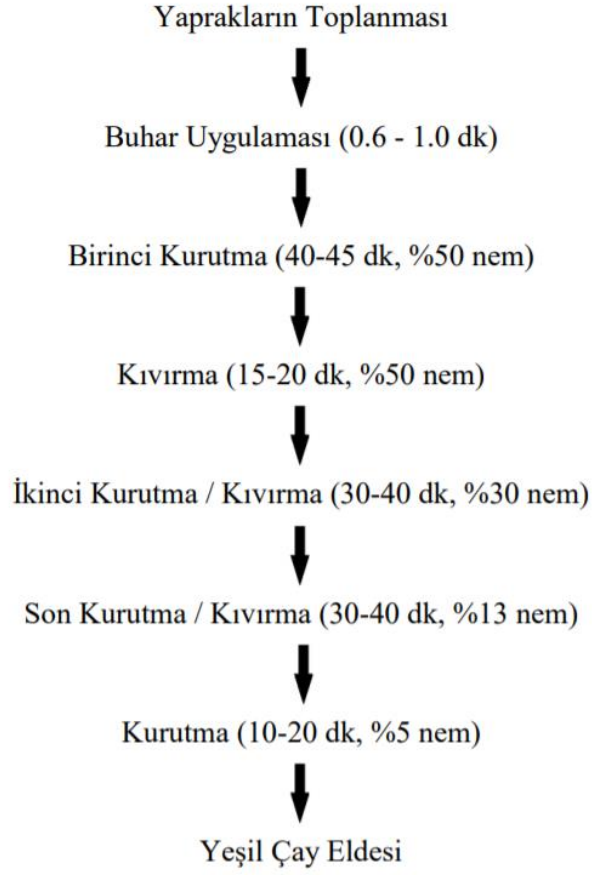
Dünyaca bilinen çay üretim yöntemleri iki tanedir. Bunlar, Ortodoks ve CTC (cut, tear, curl) yöntemleridir. Dünyada üretilen siyah çayın yaklaşık olarak %50'sinden fazlası ortodoks yöntemiyle gerçekleştirilmektedir. Türkiye'de ise bu yöntemlerin revize edilmesiyle meydana gelmiş olan Çaykur yöntemi yaygın kullanılmaktadır. Bu yöntem Çaykur tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntemin farkı, kıvrırma ve sınıflandırma aşamasında ki farklılıktan kaynaklanmaktadır. CTC yönteminde, kıvrırma aşamasında parçalama, yırtma ve bükme hareketleri yapabilen makineler kullanılırken, Çaykur yönteminde kıvrırma aşamasında rotorvan kullanılmaktadır (Özdemir, 1992).

Çay, 4 mevsim boyunca yaprakları yeşil olan, yaprakları sararmayan ve yapraklarını dökmeyen bir bitkidir. Yaz-kış düzenli yağış alan, özellikle bol yağışlı, sıcaklığın ise yeterli düzeyde olduğu iklimlerde çay bitkisi maksimum sürgün verebilmektedir. Çay bitkisinde genç olan yapraklardan yaşlı yapraklara doğru gidildikçe polifenol miktarı azalmaktadır. Bu nedenle çay üretiminde genellikle sürgün ucundan koparılan iki yaprak ve bir tomurcuğun kullanılması istenmektedir. Kaliteyi etkileyen önemli bileşenlerin genç yapraklarda ve tomurcukta toplanmış olması, hasat şeklini etkilemektedir (Kaçar, 1987). Türkiyede çay hasadı 3 farklı sürgün döneminde gerçekleşmektedir. Sürgün dönemleri son ürün kalitesi üzerinde oldukça etkilidir. Bunun yanısıra uygulanan işlem koşulları da çay kalitesini etkileyen diğer unsurlardandır (Özdemir, Nadeem, Akdoğan, Dinçer, & Topuz, 2018; Kaur, & Donlao, 2018).

Çaylar; yeşil çay, siyah çay ve oolong çay olmak üzere 3 ana kategoriye ayrılmaktadırlar. Bu 3 tip çay farklı yöntemlerle elde edilir. Yeşil çaylar fermente edilmemiş, siyah çaylar ise fermente edilmiş çaylardır. Oolong çaylar ise yarı fermente edilmiş özellikte olan çaylardır. Yeşil çaylara fermantasyon işlemi uygulanmadığından dolayı siyah çaylardaki uçucu yağ bileşenleri yeşil çaylarda meydana gelmezler. Yeşil çay bu uçucu bileşenleri ihtiva etmediklerinden dolayı aromatik özellikleri de çok azdır. Dünya genelinde üretilen ve tüketilen çayların %78'lik kısmını siyah çaylar oluştururken, %20'lik kısmını yeşil çaylar, %2'lik kısmını ise oolong çaylar oluşturur (Çelik, 2006).

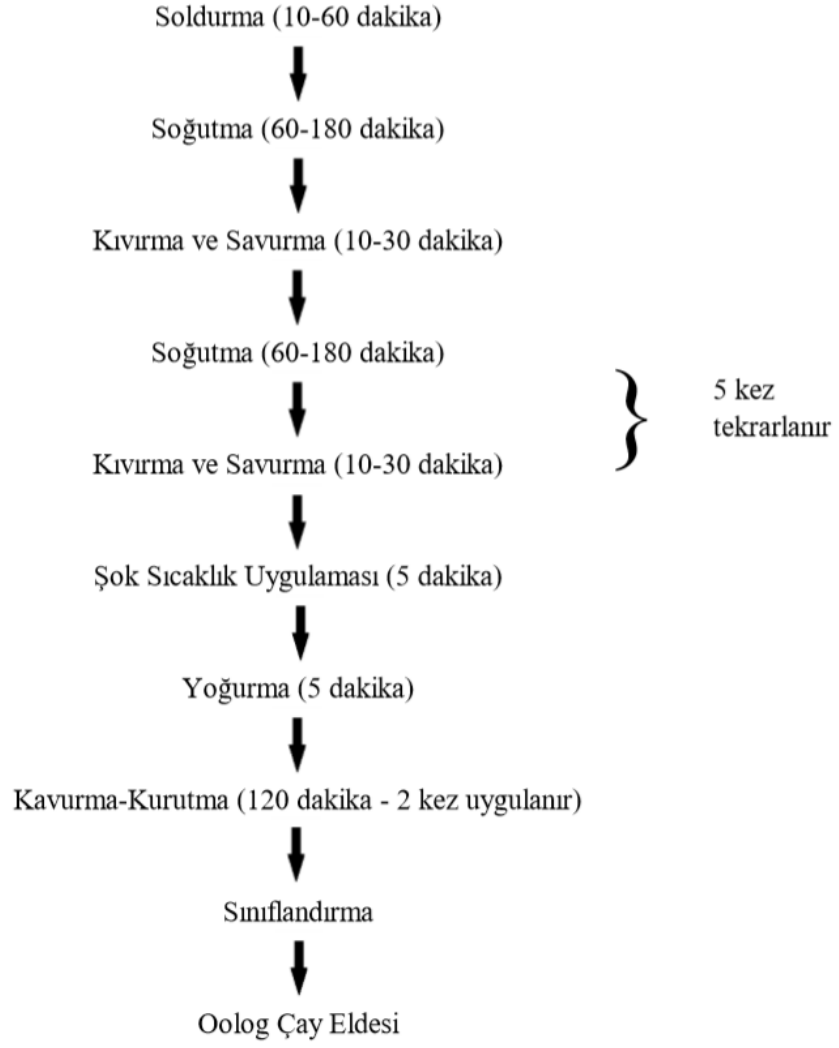
Yeşil çay, taze çay yapraklarının fermantasyon işleminden geçirilmeden üretime tabi tutulmasıyla elde edilirler. Fermantasyon işlemi gerçekleştirilmediğinden, fenolik bileşikleri oluşturan kateşinlerin enzimatik oksidasyonu gerçekleşmemektedir (Zhen, 2002).

Yeşil çay daha çok Çin ve Japonya'da tüketilmektedir (Yoshida, Kiso, & Goto, 1999).



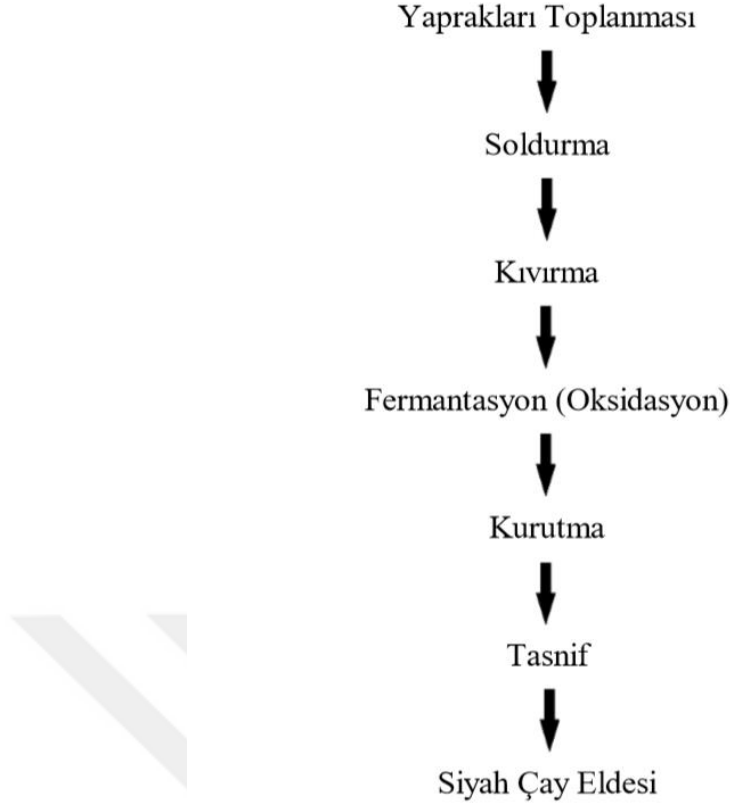
Şekil 1. Yeşil çay üretim safhaları (Mizukami vd., 2006)

Oolong çaylar, karakteristik özellikler bakımından yeşil çay ile siyah çay arasında yer almaktadır (Wang, Yoshimura, Kubota, & Kobayashi, 2000). Yarı fermente edilmiş çaylardır (Takeo, 1992). Dünya genelinde daha çok Çin ve Tayvan'da tüketilen bir çay türüdür (Cho vd., 2007).



Şekil 2. Oolong çay üretim safhaları (Koca, & Bostancı, 2014)

Çay bitkilerinin özel koşullarda yetiştirilmiş olması ve üretim tekniğindeki farklılıklardan dolayı oolong çaylar yoğun bir aroma ve çiçek kokusuna sahiptirler (Xu vd., 2018).



Şekil 3. Siyah çay üretim safhaları (Kacar, 2010)

Siyah çay daha çok Amerika, Avustralya, Batı Avrupa ve Asya ülkelerinin bazılarında tüketilen bir çay türüdür (Wheeler, & Wheeler, 2004).

Siyah çay üretimi yaş çayın eldesinden sonra, genel hatları ile 5 aşamada gerçekleşmektedir. Bunlar soldurma, kıvrırma, oksidasyon, kurutma ve tasnif aşamalarıdır (Nas, 1987).

Soldurma aşamasında temel amaç, ürün yapısındaki suyun bir kısmının uzaklaştırılıp sonraki aşamalarda kırılmasını önlemek için, yapının kırılmasını gidermektir. İkinci aşama olan kıvrırmada ise bitkinin yapısında bulunan hücre sıvılarının açığa çıkması sağlanmakta ve oksidasyon aşamasında ihtiyaç duyulan enzimlerin aktif hale gelmesi amaçlanmaktadır (Kaçar, 2010). Kıvrırma işlemi oksidasyonun başlamasını sağlamaktadır (Bokuchava, & Skobeleva, 1969). Çay üretiminde en önemli aşamalardan biri olan oksidasyonda ise polifenol oksidaz enziminin aktivitesi sonucu polifenollerin, enzimlerin ve oksijenin tepkimeye girmesi sonucu çay aroması gelişmektedir (Çalikoğlu, & Bayrak, 2009). Oksidasyon sırasında meydana gelen enzimatik reaksiyonların sonlandırıldığı kurutma aşamasında, yapının suyu uzaklaştırıldığı

gibi bu aşamada çay taşınabilir ve depolanabilir hale gelmektedir. Tasnif aşamasında ise yapıda bulunan lifler çay yapraklarından ayrılır, çay partikülleri boyutlarına göre sınıflandırılır ve tüketime uygun son hale getirilir (Kaçar, 2010).

Bu süreçler çayın kalite özelliklerinde oldukça etkilidir. Üretim aşamalarında birçok enzim aktivitesi söz konusudur. Primer polifenollerin oksitlenmesi; tat ve rengin oluşmasında etkili olan polifenoloksidaz enzimi, peknik maddelerin parçalanmasında pektinaz enzimi, bazı alkollerin oluşumu ve aromanın gelişmesinde alkoldehidrogenaz enzimi, terpenlerin sentezi ve aminoasitlerin dönüşümünde transaminaz ve proteinlerin aminoasitlere parçalanmasında peptidaz enzimleri aktivite göstermektedir (Altan, 2001).

Çayla ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde, genellikle farklı sürgünlerin ve bölgelerin, çayın bazı biyokimyasal ve kalite özelliklerini incelemeye yönelikten (Wright, Mphangwe, Nyirenda, & Apostolides, 2002; Chen, Qu, Fu, Dong, & Zhang, 2009; Aladag, Ercisli, Yesil, Gormez, & Yesil, 2009; Ercisli, Orhan, Ozdemir, Sengul, & Gungor, 2008; Erturk *vd.*, 2010; Zhao, Yu, & Li, 2017; Huang *vd.*, 2019; Maitra *vd.*, 2019), farklı çayların özelliklerini de inceleyen (Lin, Lin, Liang, Lin-Shiau, & Juan, 1998; Yanagimoto, Ochi, Lee, & Shibamoto, 2003; Chen *vd.*, 2009; Kim, Goodner, Park, Choi, & Talcott, 2011; Jiang *vd.*, 2019) birçok çalışma bulunmaktadır. Çalışmaların genelinde özellikle son ürün olan “siyah çay”, “ yeşil çay” ve “oolong çay” incelenmiştir. Çay üretim aşamaları (yaş çay, soldurma, kıvrırma, fermantasyon(oksidasyon), kurutma, tasnif) süresince aroma bileşenlerinin incelendiği çalışmalar da mevcut iken (Yamanishi *vd.*, 1966; Shi *vd.*, 2019), bu aşamalarda çayda meydana gelen biyokimyasal ve fizikokimyasal özellikleri inceleyen çalışmalar oldukça yetersizdir. Bu amaçla bu tez çalışmasında üretim sürecinin her aşamasından alınan çay numunelerinin bazı fizikokimyasal özellikleri ve renk parametreleri incelenmiş olup, elde edilen su ve etanol ekstraktlarının toplam fenolik madde miktarı, antioksidan aktiviteleri, toplam monomerik antosiyanin miktarı ve yağ asidi kompozisyonu gibi özellikleri analiz edilmiş ve yorumlanmıştır.

İKİNCİ BÖLÜM

Literatür Özeti

Çay ve çayın biyoaktif özelliklerine yer veren çalışmalara literatürde rastlanmaktadır. Bhuyan ve Mahanta (1989) Hindistan, Çin ve Kamboçya'dan sağlanan çay örneklerinin yağ asidi kompozisyonunu inceledikleri bir çalışmada, bölgesel farklılıkların yağ asidi kompozisyonu üzerine anlamlı bir etkisinin olmadığını fakat farklı üretim aşamalarında yağ asidi kompozisyonunun değiştiğini bildirmişlerdir. Farklı üretim aşamalarında tespit edilen en yüksek yağ asidinin linolenik asit olduğunu, diğer önemli yağ asitlerinin ise linoleik, palmitik ve oleik asit olduğunu tespit etmişlerdir.

Chan *vd.*, (2007) Malezya'da dağlık alanlarda ve ovalarda yetiştirilen çayların filiz, taze yaprak ve olgun yapraklarını inceledikleri bir çalışmada, toplam fenolik bileşen miktarı ve antioksidan kapasitesinde en yüksek değerleri filizde, ardından taze yaprakta ve en düşük olgun yaprakta tespit etmişlerdir.

Anesini *vd.*, (2008) tarafından yapılan bir çalışmada Arjantin' de sekiz markanın on iki yeşil çay ve siyah çay örneklerinin, toplam polifenol içeriği ve antioksidan kapasitesi belirlenmiştir. Yeşil çayın, siyah çaydan daha yüksek polifenol içeriği gösterdiği, yeşil çaydaki toplam polifenol konsantrasyonunun $21,02 \pm 1,54$ ila $14,32 \pm 0,45$ gallik asit eşdeğeri (GAE) arasında değiştiği, siyah çayda ise polifenol içeriğinin $17,62 \pm 0,42$ ila $8,42 \pm 0,55$ GAE arasında değiştiği bildirilmiştir. Arjantin çayının diğer kaynaklardan elde edilen çaylarla karşılaştırıldığında çok iyi kalitede olduğu sonucuna varıldığı bildirilmiştir.

Rusak *vd.*, (2008) farklı çözücü ve ekstraksiyon sürelerinin, antioksidan kapasite ve fenolik bileşen içeriği üzerine etkilerini inceledikleri bir çalışmada, çay ekstraktlarında sadece dört kateşin ve üç flavonolün ve bir flavonu tespit edebildiklerini bildirmişlerdir. Kateşinlerin yeşil çaydan ekstraksiyonu, çayın şeklinden (poşetlenmiş veya gevşek) önemli ölçüde etkilenirken, bu etkinin beyaz çay için istatistiksel olarak anlamlı olmadığını belirtmişlerdir. Ayrıca yeşil çayın beyaz çaydan daha zengin bir fenolik kaynağı olduğunu ve antioksidan kapasitenin fenolik içeriği ile korele olduğunu, sulu etanol (% 40) ekstraksiyonunun, kateşinlerin uzun süreli ekstraksiyonunda daha etkili olduğunu tespit etmişlerdir.

Ercişli *vd.*, (2008) farklı sezonlardaki (Mayıs-Temmuz-Eylül) çay hasatlarının, çay örneklerinin toplam fenolik bileşen miktarlarının, antioksidan aktivitelerinin ve yağ asidi

kompozisyonunun incelendiği bir çalışmada, Temmuz döneminde elde edilen çayların en yüksek antioksidan aktiviteye ve toplam fenolik madde miktarına (62.88 µg GAE/mg) sahip olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca yağ asidi kompozisyonunun hasat döneminden önemli derecede etkilendiği bildirilmiştir. Hasat dönemlerinden 1. ve 3. dönemde α-linoleik asit, 2. dönemde ise nervonik asit ve trikosonoik asitin baskın yağ asitleri olduğu belirtilmiştir.

Benzer bir çalışmada Ertürk *vd.*, (2010) farklı sezonlarda hasat edilen çay örneklerinin, antioksidan aktivitelerini ve toplam fenolik madde miktarlarını araştırmışlardır. Soğuk olan dönemde hasat edilen çayların daha sıcak dönemde hasat edilen çaylara göre daha düşük fenolik madde miktarına ve antioksidan aktiviteye sahip olduğu belirlenmiştir.

Kim *vd.*, (2011) çay bitkisinin fermantasyonun farklı aşamalarında bazı kimyasal ve renk özelliklerini incelemişlerdir. Fermantasyon sürecini %20, %40, %60 ve %80 olarak değerlendirmişlerdir. Bu süreçlerdeki örneklerin analizi sonucunda renk parametrelerinde L* ve b* değerlerinin fermantasyon ilerledikçe azaldığını, a* parametresinin ise giderek arttığını belirtmişlerdir. Fermantasyon süresince antioksidan kapasitenin ve toplam çözünen fenolik madde içeriğinin azaldığını, antioksidan aktivite üzerine kafein, saponin, askorbik asit ve non-kateşinlerde meydana gelen kayıpların, kateşinlerin teafllavinlere dönüşümünden daha etkili olduğunu tespit etmişlerdir.

Wang *vd.*, (2011) çay tohumu yağının yağ asidi profilini inceledikleri bir çalışmada, yağ bileşiminin yaklaşık olarak % 80'ini doymamış yağ asitlerinin oluşturduğunu tespit etmişlerdir. Oleik, linoleik, palmitik ve stearik asidin sırasıyla en çok tespit edilen yağ asitleri olduğunu bildirmişlerdir.

Kerio *vd.*, (2012) yapılan bir çalışmada Kenya'da yetiştirilen yeşil çay ve siyah çay ürünlerinin antosiyanin içerikleri belirlenmiştir. Toplam monomerik antosiyanin içerikleri differansiyel pH metodu ile belirlenen bu çalışmada yeşil çayın siyah çaydan daha yüksek antosiyanin içeriğine sahip olduğu, tespit edilen en yüksek antosiyanin miktarının 4.01 mg/L olduğu bildirilmiştir. Ayrıca yeşil çay örneklerinin antosiyanin içeriğini siyanidin bileşeninin oluşturduğunu tespit edilmiştir.

Lee *vd.*, (2014) farklı sürgün dönemlerinden (Nisan – Mayıs ayları arasında) hasat edilen çay yapraklarından üretilen yeşil çayların, theanin, teobromin, kafein, kateşin (C) ve gallokateşin gallat (GCG) miktarlarının önemli ölçüde azaldığını, epikateşin (EC), epigallokateşingallat (EGCG) ve epigallokateşin (EGC) miktarlarının ise arttığını tespit

etmişlerdir. En yüksek antioksidan aktivitenin ise daha yaşlı yapraklarda belirlendiğini bildirmişlerdir.

Balcı ve Özdemir (2016) 3 farklı hasat döneminden elde edilen yeşil çayların biyoaktif bileşenleri üzerine farklı ekstraksiyon sıcaklık ve sürelerinin etkilerini incelemişlerdir. Yapılan çalışma ile toplam fenolik ve flavanoid miktarının ekstraksiyon, sıcaklık ve süresinin artması ile arttığını, toplam fenolik madde miktarının 8,13-131,31 mg GAE/g KM, antioksidan aktivitenin ise 0.48-1.16 mg KM/mg DPPH arasında değişen değerlerde olduğunu tespit etmişlerdir.

Kuzey Tayland'da farklı olgunluklara sahip çay yapraklarının incelendiği bir çalışmada çay filiz ve yapraklarının antioksidan aktiviteleri sırası ile 31,39 mg ve 29,33 mg troloks eşdeğeri/g örnek olarak tespit edilmiştir. Filizlerin etanol ekstraktlarının toplam fenolik madde içeriğini ise 65.26 troloks eşdeğeri antioksidan kapasite/g örnek olarak bildirilmiştir (Dorkbuakaew *vd.*, 2016).

Atalay ve Erge (2017); yeşil çay, beyaz çay ve siyah çayın bazı kalite özellikleri ve fenolik bileşenlerini incelemişlerdir. Toplam fenolik ve flavanoid içeriğinin yeşil çay, beyaz çay ve siyah çay da sıralamasıyla azaldığını, siyah çay, gallik asit ve kafein açısından zenginken, beyaz çayda daha yüksek kafein içeriği tespit edildiğini bildirmişlerdir. Epigalokateşingallat içeriğinin ise en yüksek yeşil çayda en düşük siyah çayda olduğunu belirlemişlerdir.

Kadiroğlu ve Dıblan (2017) yapmış oldukları çalışmada 10-200 mg/ml oranında gerçekleştirdikleri ve çözücü olarak su kullanarak elde ettikleri çay örneklerinde yeşil çay örneklerinin toplam fenolik madde içeriklerinin 309-3915 mg GAE/L arasında değiştiğini, siyah çay örneklerinde ise 152-2089 mg GAE/L arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Antioksidan aktiviteyi DPPH yöntemi kullanarak tespit etmişlerdir. Siyah çay örneklerinde 892, 38- 9575,27 $\mu\text{mol TE/L}$, yeşil çay örneklerinde ise 2132,68-28230,98 TE/L değerleri arasında antioksidan aktivite değerleri elde edilmiştir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

Materyal ve Yöntem

Materyal

Çay örneklerinin temini.

Analizlerde kullanılmak üzere 2019 Yılı Haziran ayı çay sürgününde OFÇAY Çamlı çay fabrikasından üretimin 6 farklı aşamasından (Yaş çay, Soldurma, Kıvırma, Oksidasyon, Kurutma, Tasnif) çay numuneleri temin edilmiştir.

Yöntem

pH tayini.

Elde edilen çay örneklerinin pH değerleri, 10 g tartılan çay örneklerinin üzerine 100 ml saf su ilave edilerek homojenize edildikten sonra, öncesinde uygun tampon çözeltiler (pH 4.0 ve pH 7.0) kullanılarak kalibre edilen pH–metre (JENCO-6173) ile belirlenmiştir.

% Kuru madde tayini.

Daha öncesinde kurutulup sabit tartım ağırlığına getirilen kurutma kaplarına, 10 g örnek tartılmıştır. Sonrasında 105 °C sıcaklıktaki etüvde ağırlık değişmeyecek duruma gelince tartılmış ve % kuru madde miktarı belirlenmiştir.

Renk ölçümü.

Çay örneklerinin renk ölçümü kolorimetre (Model CR 300. Chromometer, Minolta, Japan) ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar Hunter L* (aydınlık: 100, karanlık: 0), a* (kırmızı: +, yeşil: -), b* (sarı: +, mavi : -) değerleri olarak verilmiştir. Örneklerden en az 5 ölçüm alınarak sonuçlar değerlendirilmiştir.

Ekstraktların Hazırlanması:

Analiz edilmek amacı ile toplanan çay örnekleri, taze olarak homojen bir şekilde parçalanmış ve 5 g olacak şekilde tartılmıştır. Ekstraktların eldesi 5 g örnek üzerinden gerçekleştirilmiştir. Çay örnekleri için çözücü olarak saf su ve etanol tercih edilmiştir. Ekstraksiyon verimini arttırmak amacı ile 100 ml çözücü kullanılmıştır. Ekstraksiyon karanlık koşullarda, sızdırmaz örnek kaplarında 12 saat mekanik çalkalayıcı kullanılarak sağlanmıştır. Çalkalama sonrasında karışım filtre edilerek ileri analizlerde kullanılana kadar -18°C' de

muhafaza edilmiştir. Antioksidan aktivite, toplam fenolik madde tayini ve toplam monomerik antosyanin tayini yapılırken bu ekstraktlardan yararlanılmıştır.

Antioksidan aktivite tayini.

Çay örneklerinin antioksidan aktivitelerini belirlemek amacı ile 2 farklı (DPPH radikali yakalama aktivitesi ve CUPRAC (Bakır İndirgeyici Antioksidan Kapasitesi) yöntemi kullanılmıştır.

DPPH radikali yakalama yöntemi.

100 µL ekstrakt üzerine 2 ml 0,02 mM DPPH çözeltisi (1,1-difenil-2- pikrilhidrazil metanol içerisinde çözülerek hazırlanmıştır) ilave edilmiştir. % inhibisyonu belirlemek amacı ile kontrol olarak su ve DPPH çözeltisi kullanılmıştır. Karıştırma işleminin ardından oda sıcaklığında, karanlık bir ortamda 30 dk süre ile bekletilen örneklerin absorbanları 517nm’ de saf metanole karşı belirlenmiştir (Kumaran, & Karunakaran, 2006; Rai, Wahile, Mukherjee, Saha, & Muhherjee, 2006).

CUPRAC yöntemi (Bakır indirgeyici antioksidan kapasitesi).

50 µL çay ekstraktı üzerine sırasıyla, 1 ml 10 mM CuCl₂.2H₂O çözeltisi, 1 ml 7,5 mM neocuproine çözeltisi ve 1 ml 1 M amonyum asetat (pH=7) çözeltisi eklenmiştir. Son hacim 4,1 ml olacak şekilde 1,05 ml saf su ilave edilmiş ve 30 dk süre ile karanlık ortamda bekletilen örneklerin absorbanları 450 nm’de köre karşı belirlenmiştir (Apak *vd.*, 2004). Kalibrasyon eğrisinin oluşturulmasında, yukarıda belirtilen CUPRAC yöntemi ile ekstrakt yerine troloks çözeltisinin 8 farklı konsantrasyonu (50-1500ppm) kullanılarak elde edilen absorban değerleri kullanılmıştır. Çay ekstraktlarının antioksidan aktivite değerleri troloks eşdeğeri (TE) cinsinden ifade edilmiştir.

Toplam fenolik madde tayini.

Toplam fenolik madde tayini Mcdonald *vd.*, (2001) tarafından belirtilen Folin Ciocalteu spektrofotometrik yöntemi modifiye edilerek kullanılmıştır. Bu amaçla toplam fenolik madde analizi için gerekli çözeltilerin hazırlanmasında Folin-Ciocalteu çözeltisi; 1:10 oranında saf su ile seyreltilmiştir. Sodyum karbonat çözeltisi %7 (w:v) olacak şekilde saf su ile hazırlanmıştır. Gallik asit stok çözeltisi (500 µg/ml) 100 ml saf suda 50 mg gallik asit çözdürülerek taze olarak hazırlanmıştır.

Çay örneklerine ait ekstraktlardan 0,1 ml alınarak 1 ml Folin-Ciocalteu çözeltisi ile karıştırılmıştır. Karıştırmanın ardından 5 dk bekletilen örneklere 1 ml %7'lik sodyum karbonat çözeltisi ilave edilmiş ve karıştırılmıştır. 1,3 ml su ilave edilerek karışım seyreltilmiştir. En az 30 dk olacak şekilde karanlıkta bekletilen örnekler, oluşan mavi rengin tespiti amacı ile spektrofotometrede, 765 nm'de absorbans belirlenmiştir.

Gallik asit çalışma çözeltileri 500 ppm gallik asit stok çözeltisinden, konsantrasyonu 0-500 µg/ml arasında değişen 5 ayrı çalışma çözeltisi olarak hazırlanmıştır. Farklı konsantrasyonlardaki gallik asit çözeltilerinin (5 adet) her biri için yukarıda belirtilen yöntem kullanılarak toplam fenolik madde tayini gerçekleştirilmiştir. Konsantrasyonlara karşı okunan absorbans değerlerinin grafiğe geçirilmesi ile noktalara en yakın geçen doğru standart eğri olarak kullanılmıştır ($R^2 = 0.9971$).

Toplam fenolik madde içeriği standart eğri kullanılarak, mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/g kuru madde olarak verilmiştir.

Toplam monomerik antosiyanin tayini.

Toplam monomerik antosiyanin içeriği, pH differansiyel metodu ile belirlenmiştir. Bu amaçla pH 1.0 ve pH 4.5' da hazırlanan fosfat tamponları içerisine en fazla 1:4 (örnek: tampon çözelti) olacak şekilde seyreltilen örnekler antosiyaninlerinin maksimum absorbans verdiği dalga boyunda spektrofotometre ile absorbans değerleri saptanmıştır (520-720 nm). Toplam monomerik antosiyanin miktarı aşağıda yer alan formül ile siyanidin 3-glikozit cinsinden tespit edilmiştir (Giusti, & Wrolstad, 2001).

$$\text{Antosiyanin, mg/L} = \Delta A * 10^3 * (\text{MA}) * (\text{SF}) / (\epsilon * L)$$

ΔA : pH 1.0 ve pH 4.5 değerlerinde ölçülen absorbans farkı,

ϵ : Absorbsiyon katsayısı (29 600)

L: Absorbans ölçüm küvetinin tabaka kalınlığı (cm),

MA: Baz alınacak antosiyanin molekül ağırlığı (MA siyanidin 3- glikozit: 449.2 g/mol)

SF: Kullanılan seyreltme faktörü

Yağ asidi kompozisyonunun belirlenmesi.

Yağ asidi kompozisyonunu belirlemek amacı ile öncelikle yağ ekstraksiyonu gerçekleştirilmiştir. 5 g çay örneği tartılarak üzerine 20 ml hacimde solvent (metanol: kloroform: BHT) ilave edilerek ultraturax (IKA-T25, Werke, Germany) ile homojenize

edilmiştir. Homojenizasyonun ardından kaba filtre kağıdı ile süzülen örnekler 50 ml'lik santrifüj tüplerine alınarak üzerine 4 ml $MgCl_2$ ilave edilmiştir. Kapakları sızdırmaz bir şekilde kapatılan örnekler 48 saat ekstraksiyon için bekletilmiştir. Bekletmenin ardından faz ayrımı gerçekleşmiştir. Ayrılan alt faz balonlara alınarak, vakum evaporatörde solventin uzaklaştırılması amacı ile tamamen kuruyuncaya kadar $40\text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklıkta tutulmuştur. Solventi uzaklaştırılan balonlara 1,5 ml hacimde metanollü NaOH ilave edilerek, balon içindeki sıvının tamamı başka bir tüpe aktarılmıştır. Kapakları kapatılan tüpler $80\text{ }^\circ\text{C}$ 'de 1 saat bekletilmiştir. Süre sonunda soğutulan örnekler karıştırıcı ile homojen hale getirildikten sonra üzerine 2 ml BF_3 ilave edilmiştir. Ardından $80\text{ }^\circ\text{C}$ 'de 30 dakika bekletilen örneklerin üzerine 3 aşamada 1'er ml hekzan, saf su ve hekzan eklenerek karıştırılmıştır. Bu işlem sonrasında $4\text{ }^\circ\text{C}$ 'de 3000 rpm'de 10 dk santrifüj edilen örneklerde, ayrılan üst faz 1,8 ml'lik viallere alınmıştır. Ağzı kapatılan vialler kromatografik analize kadar $-80\text{ }^\circ\text{C}$ 'de muhafaza edilmiştir. Yağ asidi kompozisyonu aşağıda belirtilen koşullarda tespit edilmiştir (Yüksel vd., 2012)

Kromatografik Koşullar:

Kolon: Kapiler kolon (supel covax 10, 60 m \times 0.25 mm ID),

Sıcaklık: ($150\text{ }^\circ\text{C}$ 'den $200\text{ }^\circ\text{C}$ 'ye $5\text{ }^\circ\text{C} / \text{dk}$ oranında arttırılarak),

Dedektör: FID detektör

Dedektör sıcaklığı: $260\text{ }^\circ\text{C}$ (H_2 ve kuru hava),

Helyum gazı: (1 ml/dk, 150kPa)

Enjeksiyon bloğu sıcaklığı: $250\text{ }^\circ\text{C}$

İstatiksel analiz.

Analiz verileri SPSS 16.0 paket programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Tamamıyla Şansa Bağlı Deneme Planı'na göre yürütülen çalışmada elde edilen veriler varyans analizine tabi tutulmuştur. Varyans analizi sonucunda önemli düzeyde etkili olan değişkenlere ait verilerin ortalamaları Duncan testi ile karşılaştırılmıştır. Değişkenler ve faktörler arasındaki ilişkinin belirlenmesi amacı ile pearson korelasyon analizi gerçekleştirilmiştir.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

Araştırma Bulguları ve Tartışma

pH Değerleri

Çay örneklerine ait pH değerleri Tablo 1’ de yer almaktadır. pH değerlerinin 4,28 - 4,66 arasında değiştiği görülürken, en yüksek pH değerleri yaş çay ve soldurma aşamalarında tespit edilmiştir.

Tablo 1. Çay Örneklerine Ait pH Değerleri

AŞAMA	pH
YAŞ ÇAY	4,66
	4,67
SOLDURMA	4,46
	4,72
KIVIRMA	4,53
	4,52
OKSİDASYON	4,50
	4,45
KURUTMA	4,37
	4,36
TASNİF	4,29
	4,28

Çay örneklerinin pH değerleri incelendiğinde üretim aşamasının çayın pH değeri üzerine önemli düzeyde etkili olduğu ($p < 0,05$) ve en yüksek pH değerlerinin yaş çayda olduğu tespit edilmiştir (**Tablo 2**). Yaş çaydan, oksidasyon sonrasına kadar pH değeri azalırken, kurutma sonrası pH değeri yükselmiş ve tasnif aşaması pH’ı etkilememiştir. Skowron ve Grzeskowiak (2014) sırasıyla yeşil çay, yarı fermente çay ve siyah çay infüzyonlarında organik asit miktarının azaldığını, fenolik asit (gallik asit, hidrobenzoik asit, klorojenik asit, kafeik asit ve kumarik asit gibi) miktarının arttığını bildirmişlerdir. Yapılan bu çalışmada da yaş çay örneklerinde kıvrırma aşaması ve oksidasyon aşamalarında gözlenen düşüş, polifenoloksidaz aktivitesi ve kateşinlerin epimerizasyonu sonucunda değişen biyokimyasal özellikler ile ilişkilendirilebilir.

Tablo 2. Çay Örneklerine Ait pH Değerleri Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

ÖRNEK	pH
YAŞ ÇAY	5,97±0,01a
SOLDURMA	5,90±0,01b
KIVIRMA	5,4±0d
OKSİDASYON	5,27±0,01e
KURUTMA	5,45±0c
TASNİF	5,44±0,02c
Önem derecesi	**

a-e Farklı harfler sütundaki farklılıkları ifade etmektedir. *p<0,05; **p<0,01

Subramanian *vd.*, (1999) 5,5'ten düşük pH'larda gerçekleşen oksidasyon sırasında theaflavin oluşumunun arttığını belirtmişlerdir. Siyah çay kalitesinin belirlenmesindeki önemli değişkenlerden biri de theaflavin içeriğidir. Yapılan çalışmada çay örneklerinin pH değerinin kivrırma sonrasında pH 5,5'in altına düştüğü görülmektedir. Bu şartlarda gerçekleşen oksidasyonun çay kalitesini olumlu yönde etkileyebileceği söylenebilir.

% Kuru Madde İçeriği

Farklı aşamalara ait çay örneklerinin % kuru madde içeriğine ait veriler **Tablo 3'** te yer almaktadır. Aşamalar dikkate alındığında % kuru madde miktarı en düşük yaş çay örneklerinde iken, en yüksek kuru madde içeriğine ise kurutma ve tasnif aşamalarında erişildiği görülmektedir.

Tablo 3. Çay Örneklerinin % Kuru Madde Değerleri

	% Kuru Madde
AŞAMA	
	25,62
YAŞ ÇAY	25,27
	24,47
	33,58
SOLDURMA	39,00
	35,07
	35,72
KIVIRMA	34,50
	34,03
	35,68
OKSİDASYON	36,59
	35,73
	98,01
KURUTMA	98,49
	97,24
	98,55
TASNİF	98,67
	97,96

Çay örneklerine ait kuru madde içeriğinin önemlilik seviyesi ve Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları **Tablo 4'** te verilmiştir. İstatistiksel analiz sonuçlarına göre üretim aşamalarının % kuru madde içeriği üzerine önemli derecede etkili olduğu ($p<0,01$) görülmektedir. Kurutma ve tasnif aşamalarında en yüksek % kuru madde içeriği tespit edilirken, soldurma, kıvırma ve oksidasyon sırasında kuru madde içeriği birbirinden farksızdır ($p>0,05$). Yaş çay aşamasında çayın en düşük kuru madde içeriğine sahip olduğu ve aşamalar

ilerledikçe üründe meydana gelen su kayıpları ile birlikte % kuru madde içeriğinin arttığı görülmektedir. Yaş çaydan, tüketime hazır siyah çay eldesine kadar süren aşamalarda ilk olarak, soldurma aşamasında suyun bir kısmı (uygulanan mekanik işlemler ve ısıl işlem) uzaklaşmaktadır. Suyun önemli bir kısmı ise kurutma aşamasında uzaklaştırılmaktadır (Çalikoğlu, & Bayrak, 2009). Elde edilen % kuru madde değerleri üretim süreci ile uygunluk göstermektedir.

Tablo 4. Çay Örneklerine Ait % Kuru Madde Değerleri Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

AŞAMA	KURU MADDE
YAŞ ÇAY	25,12±0,59c
SOLDURMA	35,89±2,8b
KIVIRMA	34,75±0,87b
OKSİDASYON	36,00 ±0,51b
KURUTMA	97,91±0,63a
TASNİF	98,39±0,38a
Önem derecesi	**

a-c Farklı harfler sütündeki farklılıkları ifade etmektedir(p<0,05). p<0,05; **p<0,01

Çay Örneklerine Ait Renk Parametreleri

Farklı aşamalardan alınan çay örneklerinin Hunter L*, a* ve b* renk parametrelerine ait veriler **Tablo 5'** te verilmiştir. Renk parametreleri incelendiğinde yaş çay aşamasından tasnif aşamasına kadar L* ve b* değerlerinde mevcut bir azalma görülürken, a* parametresinde ise artma olduğu görülmektedir. Yaş çayın sahip olmuş olduğu yeşil renk a* parametresinde negatif sonuç ile görülürken, aşamalar sonunda yeşil renkte kayıpların meydana geldiği ve a* parametresinin pozitif değerlerde olduğu görülmektedir.

Tablo 5. Çay Örneklerine Ait Hunter L*, a* ve b* Değerleri

AŞAMA	L*	a*	b*
YAŞ ÇAY	38,84	-7,55	9,52
	35,07	-7,77	10,50
	34,08	-8,08	8,61
	32,55	-6,19	6,71
	35,72	-7,18	12,19
SOLDURMA	41,09	-10,83	16,69
	40,63	-11,25	17,07
	35,97	-8,88	11,19
	34,00	-6,85	6,72
	34,47	-7,71	9,25
	36,09	-9,39	13,36
	36,14	-9,10	11,17
KIVIRMA	26,55	2,79	14,86
	26,34	2,20	12,01
	24,95	4,01	15,58
	23,66	2,68	11,98
	28,91	2,96	14,55
	28,90	2,91	13,67
	30,68	3,00	13,33
OKSİDASYON	28,97	6,91	23,25
	30,33	6,27	23,54
	28,28	5,62	20,76
	25,68	5,75	22,17
	29,63	4,31	18,85
	24,48	4,59	18,68

	29,72	5,45	17,58
	22,91	4,47	14,28
	24,82	4,30	15,34
KURUTMA	26,24	5,52	17,16
	18,33	4,50	13,44
	20,89	4,25	15,08
	20,57	4,70	15,14
	19,48	3,84	11,80
	18,72	3,06	9,89
TASNİF	17,81	3,40	10,74
	17,97	3,32	10,40
	19,48	3,31	9,37
	17,54	3,10	10,31

Çay örneklerine ait renk parametrelerinin varyans analizi sonucunda sahip olduğu önem derecesi ve Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları **Tablo 6** ' da verilmiştir.

Tablo 6. Çay Örneklerine Ait Renk Parametreleri Ortalamalarının Duncan çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

AŞAMA	L*	a*	b*
YAŞ ÇAY	35,25±2,33a	-7,35±0,73c	9,51±2,05d
SOLDURMA	36,91±2,82a	-9,14±1,57d	12,21±3,79cd
KIVIRMA	27,14±2,47b	2,94±0,55b	13,71±1,39bc
OKSİDASYON	28,16±2,32b	5,56±0,99a	20,69±2,13a
KURUTMA	22,29±2,93c	4,62±0,47a	15,07±1,24b
TASNİF	18,5±0,85d	3,34±0,28b	10,42±0,82d
Önem derecesi	**	**	**

a-d Farklı harfler sütündeki farklılıkları ifade etmektedir ($p < 0,05$). * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

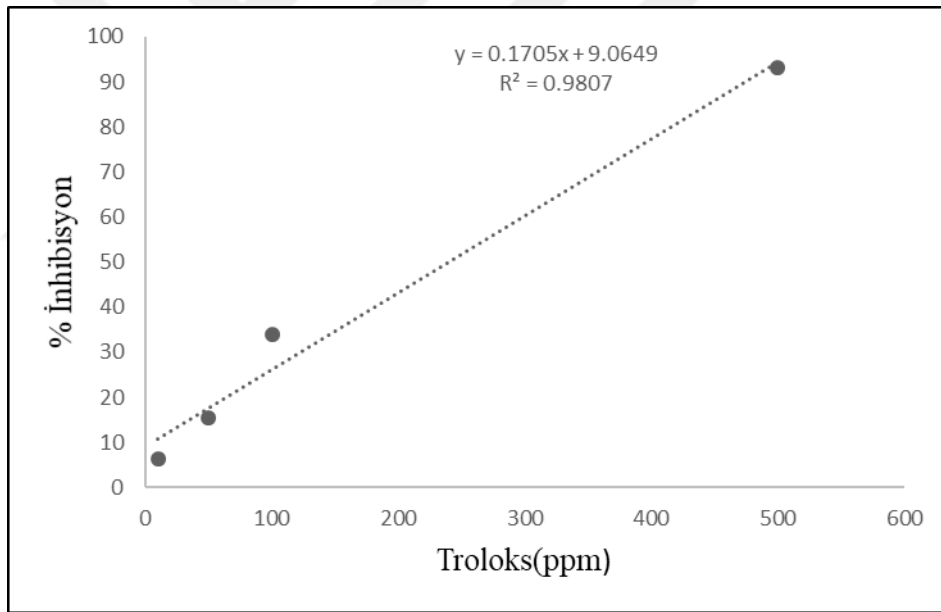
Çay örneklerine ait renk parametreleri değerlendirildiğinde, üretim aşamalarının L*, a* ve b* değerleri üzerinde önemli derecede etkili olduğu görülmüştür ($p < 0,01$). Çay örneklerinde en yüksek L* değerleri yaş çay ve soldurma aşamalarında tespit edilirken, süreç boyunca azalma görülmüştür. Siyah çay üretimi sırasında, polifenol oksidaz enzimlerinin varlığı ile, yaş çay yaprağında bulunan flavanoller farklı renklerdeki fenolik bileşenlere dönüşürler. Kıvırma aşaması ile mekanik olarak dokularda gerçekleşen deformasyon sonucunda hücre içinde yer alan enzimlerin serbest hale gelmesi ile doğal bir esmerleşme reaksiyonu gerçekleşmektedir (Kim *vd.*, 2011; Turkmen, Sarı, & Velioglu, 2009). Literatürde Liang *vd.*, (2018) siyah çayın soldurma işleminde nem içeriğini tahminledikleri bir çalışmada, L* ve b* renk parametrelerinin nem içeriği ile arasında pozitif korelasyon varken, a* değeri ile negatif korelasyon olduğunu bildirmişlerdir. Yapılan bu çalışmada, literatürden farklı olarak çay örneklerinin en düşük a* değerleri soldurma aşamasının ardından tespit edilirken, en yüksek a* değerleri oksidasyon ve kurutma aşamalarında tespit edilmiştir. Çay örneklerinin,

üretim sürecinden sağlanmış olması, genç ve olgun yaprakların varlığı bu uyumsuzluğun sebebi olarak gösterilebilir. Izzreen ve Fadzelly (2013) genç ve olgun çay yapraklarının farklı fitokimyasal özellikler gösterdiğini bildirmişlerdir. Roshanak *vd.*, (2016) yeşil çay yapraklarının L*, a* ve b* değerlerini sırası ile 16,97, -1,95 ve 7,58 olarak belirtmişlerdir.

Antioksidan Aktivite

DPPH süpürme kapasitesi.

Farklı aşamalardan elde edilen çay örneklerinin su ve etanol ekstraktlarının antioksidan aktivitelerini belirlemek amacıyla DPPH yöntemi kullanılarak elde edilen veriler **Tablo 7'** de yer almaktadır. DPPH yönteminde elde edilen absorbans değerleri farklı konsantrasyona sahip troloks çözeltileri kullanılarak elde edilen standart eğrinin (**Şekil 4**) formülünden yararlanarak troloks eşdeğeri olarak ifade edilmiştir.



Şekil 4. DPPH yönteminde kullanılan troloks standart eğrisi

Tablo 7' de yer alan veriler incelendiğinde farklı çözücüler kullanılarak hazırlanan çay ekstraktlarının DPPH süpürme kapasitelerinde değişkenlik olduğu görülmüştür. Etanol ile hazırlanan ekstraktlarda tespit edilen antioksidan aktivitelerin su ekstraktına göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Su ile elde edilen ekstraktlarda en yüksek aktivite yaş çay örneklerinde tespit edilirken, en düşük aktivite kurutma sonrası örneklerde belirlenmiştir. Etanol

ekstraktlarında da benzer şekilde en yüksek aktivite yaş çay örneklerinde, en düşük aktivite ise tasnif sonrası örneklerde tespit edilmiştir.

Tablo 7. Çay Örneklerine Ait DPPH Süpürme Kapasiteleri (mg Troloks eşdeğeri/g kuru madde)

Antioksidan Aktivite		
AŞAMA	SAF SU	ETANOL
YAŞ ÇAY	38,68	88,93
	38,65	87,26
	38,51	89,12
SOLDURMA	27,09	60,98
	26,92	59,90
	26,85	61,39
KIVIRMA	27,87	59,64
	28,01	59,41
	27,94	59,41
OKSİDASYON	25,86	56,18
	24,79	55,64
	24,42	54,38
KURUTMA	7,79	23,59
	7,76	23,38
	7,26	23,23
TASNİF	9,48	22,38
	9,42	22,89
	9,77	22,89

Çay örneklerine ait DPPH süpürme kapasitelerinin varyans analizi sonucunda aşamaların ve çözücünün DPPH aktiviteleri üzerine etkililikleri ve süpürme kapasitelerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları **Tablo 8'** de verilmiştir. Elde edilen verilerin

varyans analizi sonucunda çay üretim aşamalarının saf su ve etanol kullanılarak elde edilen ekstraktların DPPH kapasiteleri üzerinde önemli düzeyde etkili olduğu ($p<0,01$) tespit edilmiştir.

Tablo 8. Çay Örneklerine Ait DPPH Süpürme Kapasiteleri Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları (mg Troloks eşdeğeri/g kuru madde)

AŞAMA	ÇÖZÜCÜ	
	SAF SU	ETANOL
YAŞ ÇAY	38,61±0,09a	88,44±1,03a
SOLDURMA	26,95±0,12c	60,76±0,77b
KIVIRMA	27,94±0,07b	59,48±0,13c
OKSİDASYON	25,02±0,75d	55,4±0,92d
KURUTMA	7,60±0,3f	23,4±0,18e
TASNİF	9,56±0,19e	22,72±0,29e
<i>Ortalama</i>	22,61±11,16 ^B	51,70±23,57 ^A
<i>Önem derecesi</i>		
AŞAMA	**	**
ÇÖZÜCÜ		**
AŞAMA*ÇÖZÜCÜ		**

a-f Farklı harfler sütündeki farklılıkları ifade etmektedir ($p<0,05$) A-B Farklı harfler satırdaki farklılıkları ifade etmektedir ($p<0,05$). * $p<0,05$; ** $p<0,01$

Etanol ekstraktlarının göstermiş olduğu DPPH süpürme kapasiteleri saf su ekstraktlarına göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. En yüksek aktivite yaş çay aşamasında etanol ekstraktında tespit edilmiştir (88,44±1,03 mg troloks eşdeğeri/g kuru madde) (Tablo 8). Benzer şekilde Yang *vd.*, (2007) etanol ekstraktlarının su ekstraktına göre daha yüksek DPPH süpürme etkisi gösterdiğini bildirmişlerdir. En düşük DPPH süpürme aktivitesi ise 7,60±0,3 mg troloks eşdeğeri/g kuru madde olarak kurutma sonrası saf su ekstraktında belirlenmiştir. Benzer şekilde Yokozawa *vd.*, (1998) yeşil çay ekstraktlarının DPPH süpürme kapasitesinin siyah çaydan daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Yaş çay yapısında, siyah çaydan daha

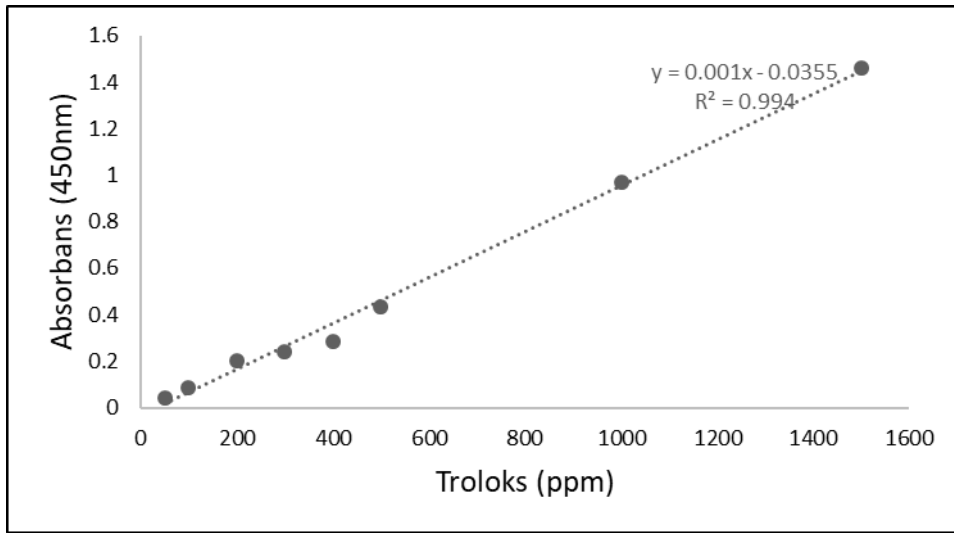
yüksek miktarda bulunan epigallokateşin gallat ve epigallokateşin nedeni ile yüksek antioksidan özelliğe sahip olduğu bilinmektedir (Almajano, Carbo, Jiménez, & Gordon, 2008). Çaya uygulanan işlemler sonucunda özellikle oksidasyon aşamasında okside olabilir ya da daha büyük polifenollere dönüşebilirler. Theaflavin ve thearugibin oluşan önemli polifenollerdir. Bu polifenoller siyah çayın renginden ve tadından sorumludur (Özdemir *vd.*, 2018).

Kadiroğlu ve Dıblan (2017), 200mg/ml olarak hazırladıkları siyah çay örneklerinde 9575,274±84,14 µmol troloks eşdeğeri/L DPPH süpürme kapasitesi tespit etmişlerdir. Bu değer çalışmamızda elde ettiğimiz antioksidan aktiviteden daha düşüktür. Çay üretim koşulları, sürgün zamanı gibi faktörlere bağlı olarak farklı biyoaktif özellikler gösterebilmektedir (Özdemir *vd.*, 2018)

Varyans analiz sonucuna göre aşama*çözücü interaksyonunun da DPPH süpürme kapasiteleri üzerinde önemli düzeyde etkili olduğu belirlenmiştir (Şekil 6).

Bakır iyonu indirgeyici antioksidan kapasite.

Bakır iyonu indirgeyici antioksidan kapasitenin belirlenmesi amacı ile kullanılan CUPRAC yöntemi sonucunda elde edilen verilere **Tablo 9'** da yer verilmiştir. Verilerin eldesinde hazırlanan troloks standart eğrisinden (Şekil 5) yararlanılmıştır.



Şekil 5. CUPRAC yönteminde kullanılan troloks standart eğrisi

Su ve etanol ekstraktlarına ait veriler değişkenlik göstermekle birlikte, iki ekstrakta da en yüksek antioksidan aktivite yaş çay örneklerinde görülürken, en düşük aktivite kurutma sonrası örneklerde tespit edilmiştir.

Tablo 9. Çay Örneklerine Ait Bakır İndirgeyici Antioksidan Kapasiteleri (mg Troloks eşdeğeri/g kuru madde)

Antioksidan aktivite		
AŞAMA	SAF SU	ETANOL
YAŞ ÇAY	140,72	144,36
	138,10	156,70
	138,50	156,70
SOLDURMA	106,97	130,02
	106,80	142,48
	117,55	132,94
KIVIRMA	56,66	90,04
	51,19	92,99
	45,96	94,50
OKSİDASYON	53,86	96,84
	55,25	94,76
	56,69	105,94
KURUTMA	19,07	8,85
	19,07	9,51
	16,41	9,31
TASNİF	37,31	9,41
	35,73	10,51
	34,26	10,51

Bakır indirgeyici antioksidan kapasite verilerinin varyans analiz sonucunda aşama, çözücü ve aşama*çözücü interaksyonunun önem dereceleri belirlenmiştir. Önem dereceleri ve Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları **Tablo 10'** da verilmiştir.

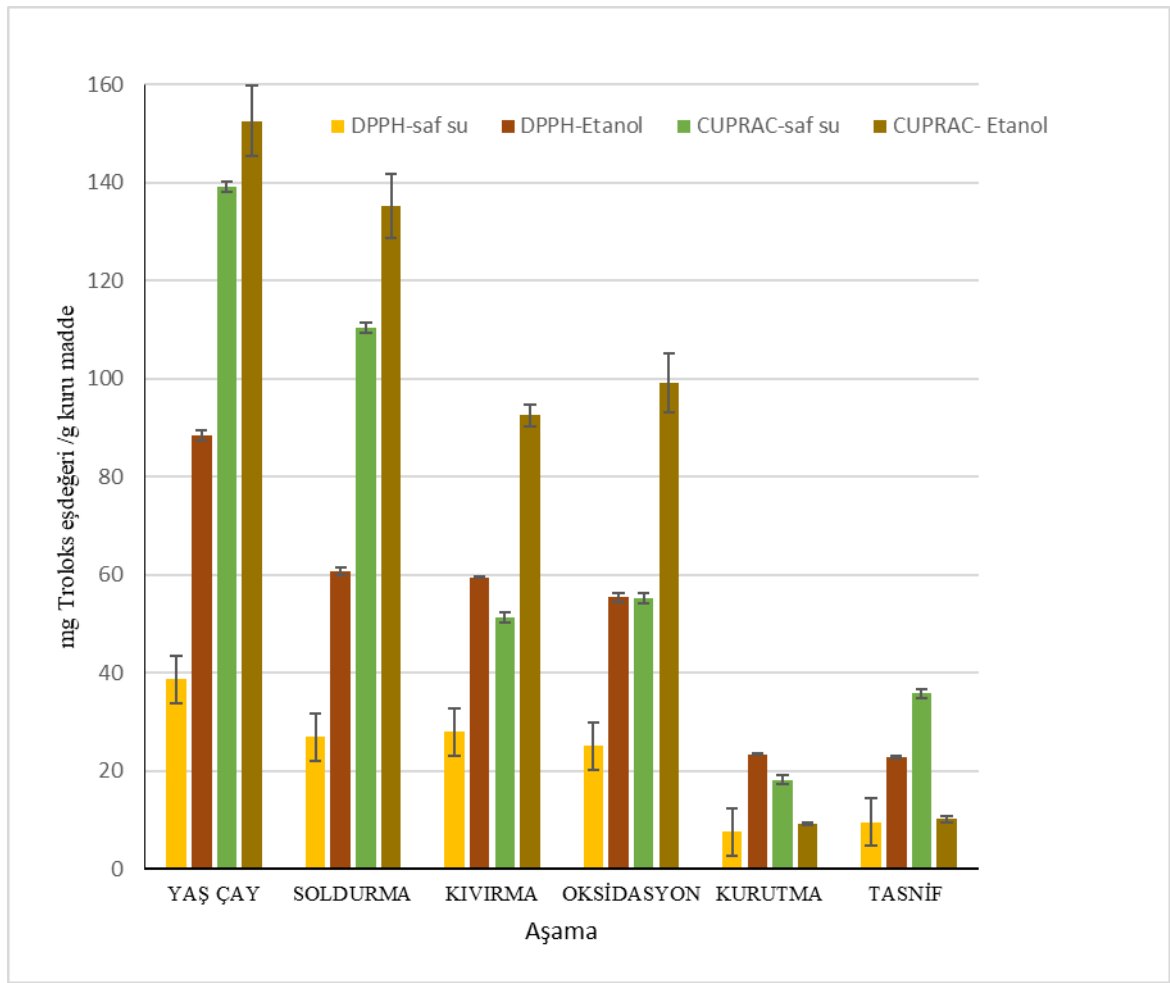
Çay üretim aşamalarının etanol ve su ekstraktları bakır iyonu indirgeme kapasitesi üzerine önemli derecede etkili bulunmuştur ($p<0,01$). Ekstraktlara ait antioksidan aktivite değerleri farklılık göstermekle birlikte, her iki çözücüde de en yüksek antioksidan aktivite yaş çay örneklerinde görülürken, en düşük aktivite ise kurutma ve tasnif sonrası etanol ekstraktlarında, su ekstraktında ise kurutma sonrası alınan örneklerde görülmüştür. En yüksek antioksidan aktivite $152,58\pm 7,12$ mg TE/g kuru madde olarak yaş çayın etanol ekstraktında tespit edilmiştir. Çelik vd., (2010) yeşil çayın % 100 etanol ekstraktının bakır iyonu indirgeme kapasitesini 1 g ekstrakta 1 mmol troloks eşdeğeri olarak belirtirken, aynı örneklerin farklı çözücü konsantrasyonlarında farklı sonuçlar gösterdiğini bildirmişlerdir. DPPH süpürme aktivitesine benzer şekilde en düşük aktivite kurutma ve tasnif sonrası alınan örneklerin etanol ekstraktlarında tespit edilirken, çözücü olarak su kullanıldığında, kurutma sonrasında tespit edilmiştir.

Tablo 10. *Çay Örneklerine Ait Bakır İyonu İndirgeme Kapasiteleri Ortalamaları Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları (mg Troloks eşdeğeri/g kuru madde)*

AŞAMA	Çözücü	
	SAF SU	ETANOL
YAŞ ÇAY	139,11±1,42a	152,58±7,12a
SOLDURMA	110,44±6,16b	135,15±6,52b
KIVIRMA	51,27±5,35c	92,51±2,27c
OKSİDASYON	55,27±1,42c	99,18±5,95c
KURUTMA	18,18±1,53e	9,22±0,34d
TASNİF	35,77±1,52d	10,14±0,63d
<i>Ortalama</i>	68,34±43,80 ^B	83,13±57,53 ^A
<i>Önem derecesi</i>		
AŞAMA	**	**
ÇÖZÜCÜ		**
AŞAMA*ÇÖZÜCÜ		**

a-e Farklı harfler sütundaki farklılıkları ifade etmektedir (p<0,05) A-B Farklı harfler satırdaki farklılıkları ifade etmektedir(p<0,05). *p<0,05; **p<0,01

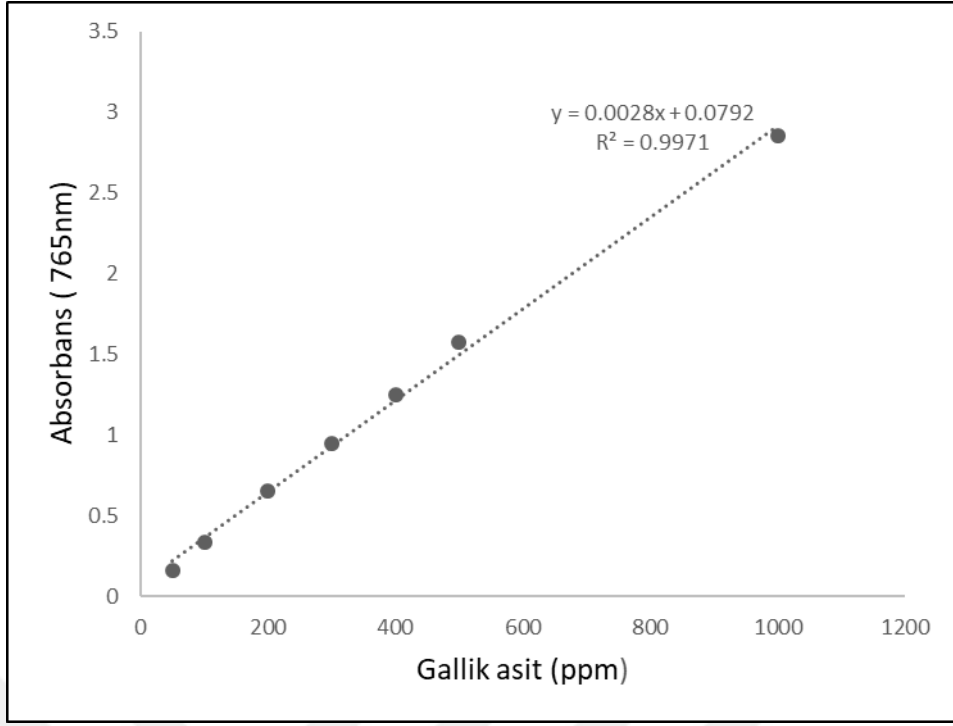
DPPH ve CUPRAC yöntemleri antioksidan aktivitenin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan elektron transferine dayalı yöntemlerdendir (Çelik, Özyürek, Güçlü, & Apak, 2010). Çay örneklerine ait DPPH ve CUPRAC yöntemi ile belirlenen antioksidan aktivite değerlerine ait grafik **Şekil 6** 'da verilmiştir. Grafikten ve **Tablo 8**' den de görüldüğü üzere DPPH yöntemi kullanıldığında tespit edilen antioksidan aktivite değerleri bütün aşamalar için etanol ekstraktlarında daha yüksek tespit edilirken, CUPRAC yönteminde kurutma ve tasnif sonrası değişkenlik göstermiştir. Kullanılan çözücüler fenolik bileşenlerin ekstrakte edilmesinde, elde edilen fenolik bileşenin saflığı ise antioksidan aktivite üzerinde etkili olduğu Farhoosh *vd.*, (2007) tarafından bildirilmiştir. Bu nedenle aynı örneklerin farklı çözücüler ile farklı antioksidan aktivite gösterdiği söylenebilir.



Şekil 6. Çay örneklerinin DPPH ve CUPRAC yöntemine dayalı antioksidan aktiviteleri üzerine üretim aşaması ve çözücü interaksiyonunun etkisi

Toplam Fenolik Madde İçeriği

Çay örneklerinin su ve etanol ekstraktlarının toplam fenolik madde içeriği Folin Ciocalteu reagentı kullanılarak belirlenmiştir. Spektrofotometrik olarak elde edilen veriler galik asit kullanılarak hazırlanan standart eğrinin formülü kullanılarak değerlendirilmiştir (Şekil 7).



Şekil 7. Toplam fenolik bileşen analizi için oluşturulan gallik asit standart eğrisi

Çalışmada elde edilen toplam fenolik madde içerikleri mg gallik asit eşdeğeri /g kuru madde olarak **Tablo 11'** da verilmiştir. Çay örneklerine ait toplam fenolik madde miktarları incelendiğinde en düşük değerler tasnif aşamasından çıkan örneklerin etanol ekstraktında görülürken, aynı örneklerin saf su ekstraktlarında daha yüksek değerler tespit edilmiştir.

Tablo 11. *Çay Örneklerine Ait Toplam Fenolik Madde Miktarları (mg Gallik asit eşdeğeri/g kuru madde)*

AŞAMA	Toplam fenolik madde miktarı	
	SAF SU	ETANOL
YAŞ ÇAY	59,08	66,24
	55,27	52,09
	63,18	51,31
SOLDURMA	42,23	43,82
	42,37	47,71
	41,93	46,01
KIVIRMA	37,71	31,13
	39,11	26,61
	36,95	26,20
OKSİDASYON	37,14	35,61
	36,52	32,08
	37,58	36,15
KURUTMA	14,28	1,38
	14,87	1,46
	15,41	1,33
TASNİF	15,48	1,56
	15,32	1,81
	15,21	1,72

Toplam fenolik madde miktarlarına ait verilerin istatistiki analizi sonucunda belirlenen Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları **Tablo 12'** de verilmiştir. Varyans analizi sonucunda aşama ve aşama*çözücü interaksyonunun toplam fenolik madde miktarı üzerinde önemli derecede etkili olduğu belirlenmiştir ($p<0,01$). Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları incelendiğinde en yüksek fenolik madde miktarı yaş çay örneklerinde sırası ile saf

su ve etanol ekstraktlarında 59,18±3,95, 56,52±8,36 mg Gallik asit eşdeğeri/g kuru madde olarak tespit edilmiştir.

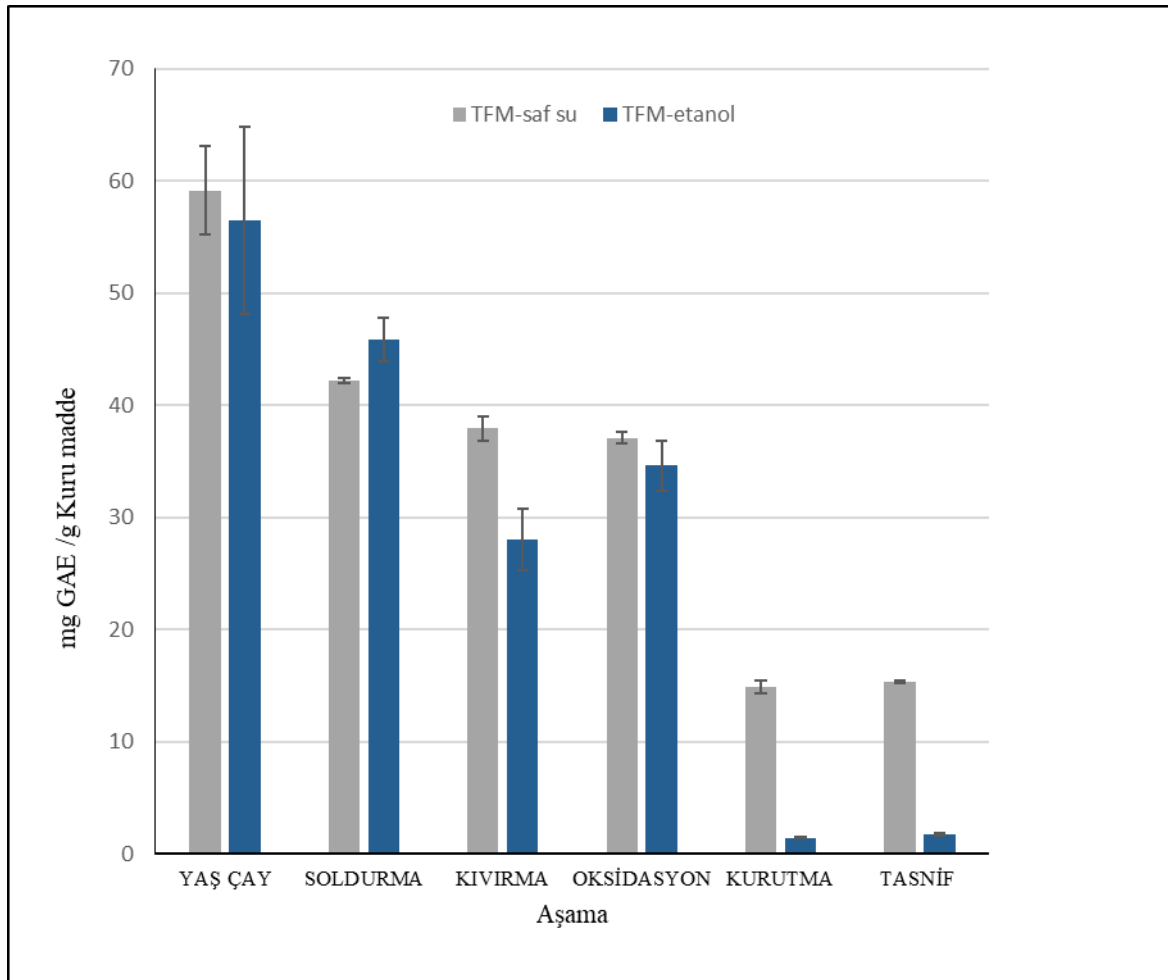
Aşamalar süresince yaş çay örneklerinin soldurma işleminden sonra fenolik madde miktarının azaldığı görülürken, kivırma ve oksidasyon aşamalarından sonra istatistiki olarak benzer fenolik madde miktarı tespit edilmiştir. Etanol ekstraktında ise kurutma toplam fenolik madde miktarında yüksek bir azalmaya sebep olmuştur. Elde ettiğimiz veriler ile uyumlu olarak Kadiroğlu ve Dıblan (2017) yeşil çay örneklerinde 309-3915 mg GAE/L, siyah çay örneklerinde ise 152-2089 mg GAE/L arasında değişen toplam fenolik madde miktarı tespit etmişlerdir. Benzer şekilde Chan *vd.*, (2007) taze ve olgun çay yapraklarında sırası ile 7280 ± 126, 5836 ± 294 mg gallik asit eşdeğeri/100 g toplam fenolik madde tespit etmişlerdir.

Tablo 12. Toplam Fenolik Madde Miktarlarına Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları (mg Gallik asit eşdeğeri/g kuru madde)

AŞAMA	Çözücü	
	SAF SU	ETANOL
YAŞ ÇAY	59,18±3,95a	56,52±8,36a
SOLDURMA	42,18±0,22b	45,85±1,95b
KIVIRMA	37,93±1,09c	27,98±2,74c
OKSİDASYON	37,08±0,53c	34,61±2,21c
KURUTMA	14,85±0,57d	1,39±0,06d
TASNİF	15,34±0,13d	1,70±0,13d
<i>Ortalama</i>	34,43±16,00 ^A	28,01±21,56 ^B
<i>Önem derecesi</i>		
AŞAMA	**	**
ÇÖZÜCÜ		**
AŞAMA*ÇÖZÜCÜ		**

a-d Farklı harfler sütundaki farklılıkları ifade etmektedir (p<0,05) A-B Farklı harfler satırdaki farklılıkları ifade etmektedir(p<0,05). * p<0,05; **p<0,01

Çözücü olarak etanol kullanıldığı durumda belirlenen toplam fenolik madde miktarı ortalaması saf suya göre daha yüksek tespit edilmiştir. Toplam fenolik madde miktarları üzerine aşama * çözücü interaksiyonunun etkisinin görülebileceği grafik **Şekil 8**' de verilmiştir. Grafik incelendiğinde en yüksek fenolik madde içeriği yaş çay örneklerinde tespit edilmiştir. Kurutma aşamasında etanol ekstraktlarında toplam fenolik bileşen miktarının oldukça azaldığı görülmektedir. Bunun sebebi olarak kurutma aşamasında ürünün 100±2°C gibi yüksek sıcaklıklarla karşılaşması olduğu söylenebilir. Çay flavanollerinin önemli bir kısmı ısı ile parçalanabilmektedir (Ananingsih, Sharma, & Zhou, 2013).



Şekil 8. Aşama*çözücü interaksiyonunun toplam fenolik madde miktarı üzerine etkisi

Çay üretim sürecinden sağlanan örneklere ait verilerin korelasyon analiz sonuçları **Tablo 13**' de verilmiştir. Çay üretim aşamalarının ve çözücünün bazı biyoaktif özellikler üzerine etkisini inceleyen bu çalışmada, çay üretim aşaması ile sırasıyla toplam fenolik madde miktarı, bakır indirgeme aktivitesi ve DPPH süpürme kapasitesi arasında çok önemli düzeyde negatif korelasyon tespit edilmiştir. Çaya uygulanan işlemlerin antioksidan aktiviteyi ve

toplam fenolik madde bileşimini olumsuz yönde etkilediği görülmektedir. Bilindiği üzere, çay yaprağının önemli bir kısmını polifenoller oluşturmaktadır. Çay yaprağında en yüksek antioksidan aktiviteye sahip bileşenler ise kateşinlerdir. Kateşinler çayda farklı yapılarda bulunabilmektedir. Çayda bulunan kateşinlerden önemlileri epikateşingallat (ECG), gallokateşingallat (GCG), epikateşin (EC), kateşin (C), epigallokateşingallat (EGCG)'dir. Yaş çay yaprağı bu bileşenler içerisinde en yüksek aktiviteye sahip olan EGCG' yi diğer kateşinlere kıyasla daha yüksek düzeyde içermektedir. Bu nedenle diğer çay çeşitlerine göre daha yüksek düzeyde antioksidan aktivite sergilemektedir. Fakat yüksek sıcaklık, süre, pH gibi etmenler kateşinlerin epimerizasyonuna ya da parçalanmasına sebep olabilmektedir (Ananingsih *vd.*, 2013). Epimerizasyon sonucunda toplam kateşin miktarı değişmeyebilir, fakat oluşan yeni kateşin yapıları aynı antioksidatif etkiye sahip olmadığından antioksidan özellikler değişebilmektedir.

Farklı çözücüler değerlendirildiğinde çok önemli düzeyde bir korelasyon sadece DPPH süpürme aktivitesinde tespit edilirken, TFM ve bakır iyonu indirgeme kapasitesi arasında anlamlı bir korelasyon belirlenmemiştir ($p>0,01$). Toplam fenolik madde miktarı bakır iyonu indirgeme kapasitesi ile yüksek düzeyde korelasyon gösterirken, DPPH süpürme aktivitesi ile daha düşük düzeyde bir korelasyon göstermektedir.

Tablo 13. *Korelasyon Analiz Sonuçları*

	AŞAMA	ÇÖZÜCÜ	TFM	DPPH	CUPRAC
AŞAMA	1	0	-0,916**	-0,688**	-0,910**
ÇÖZÜCÜ		1	-0,171	0,630**	0,147
TFM			1	0,615**	0,901**
DPPH				1	0,792**
CUPRAC					1

**İki uçlu test, $p<0,01$

Toplam Monomerik Antosiyanin Miktarı

Çay örneklerinin monomerik antosiyanin miktarları incelenmesinde kullanılan spektrofotometrik yöntem esas alındığında, sadece yaş çay örneklerinde monomerik antosiyanin miktarı belirlenebilmiştir (Tablo 14). Antosiyaninlerin çoğu, ortam pH değerinden önemli derecede etkilenecek renk değişimi gösterirler (Kaftanoğlu, 2013). pH değişimine dayalı olarak yapılan toplam monomerik antosiyanin tayininde yaş çay örneklerinde belirlenen antosiyanin içeriği soldurma sonrası tespit edilememiştir. Çay, antosiyanince zengin olmayan bir bitki türü olmasına rağmen, Zijuan çayı gibi antosiyanince zengin *Camellia sinensis* kültürleri vardır (Jiang vd., 2013). Antosiyaninler sıcaklık, pH gibi faktörlerden etkilendiği gibi oksijen varlığında oksidasyondan da önemli derecede etkilenmektedir (Aşkın, 2018). Bu gibi koşulların uygulanan işlemler ile sağlanması, çay örneklerinde toplam monomerik antosiyanin kaybına sebep olduğu söylenebilir.

Tablo 14. Yaş Çay Örneklerine Ait Toplam Monomerik Antosiyanin Miktarları

Örnek	Antosiyanin miktarı (siyanidin 3- glikozit eşdeğeri mg/ L)	
	SAF SU	ETANOL
YAŞ ÇAY	0,77±0,32	1,89±0,36

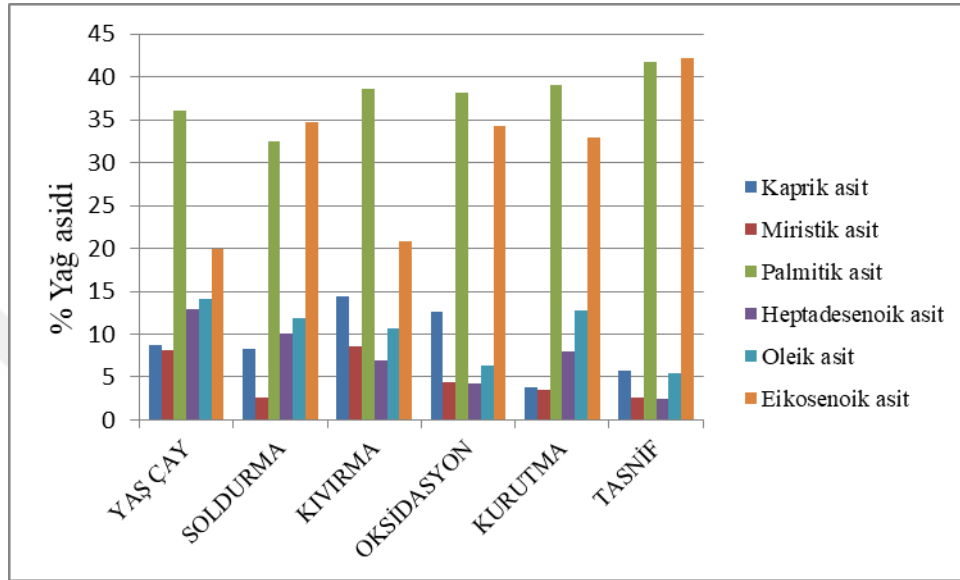
Antosiyaninler, flavanoller içerisinde yer alan fenolik bileşenlerdir. Yaygın olarak kırmızı, mor, mavi renkli meyvelerde olmasına rağmen çay örneklerinde de rastlanmaktadır (Kerio, Wachira, Wanyoko, & Rotich, 2012). Sağlık üzerine yaygın etkileri olduğu bilindiği gibi, bitkiye de birçok yarar sağlamaktadırlar. İrradyasyondan, sıcak ve soğuk değişimi gibi zararlı etkilere karşı bitkiyi koruyabilmektedirler. Antosiyaninler çaya uygulanan kavrma, fermentasyon, kurutma gibi işlemlerden etkilenebilmektedirler (Rabeta, & Lai, 2013). Antosiyaninler sahip oldukları polar yapı nedeni ile farklı çözücülerde çözünebilmektedirler (McGhie, & Walton, 2007). Yapılan bu çalışmada yaş çay örneklerinde en yüksek etanol ekstraktında 1,89±0,36 mg/L, su ekstraktında ise 0,77±0,32 mg/ L tespit edilmiştir. Başka bir çalışmada, Kerio vd., (2012) tarafından *Camellia sinensis* ekstraktında 4,01mg/L olarak belirlenmiştir.

Yağ Asidi Kompozisyonu

Çay örneklerine ait yağ asidi kompozisyonları Tablo 15' te verilmiş, grafiksel olarak aşamada Şekil 9'da gösterilmiştir. Tüm aşamalardan sağlanan çayların yağ asidi kompozisyonu doymuş [kaprik asit (C10:0), miristik asit(C14:0), palmitik asit(C16:0)] ve doymamış [heptadesenoik asit (C17:1), oleik asit (C18:1n9c) ve eikosenoik asit (gadoleik asit) (C20:1)] yağ asitlerinden oluşmaktadır. Tüm aşamalardan sonra elde edilen çay örneklerinde baskın yağ asidini palmitik asit oluşturmaktadır. Doymuş yağ asitlerinin sağlık üzerine olumsuz etkileri olduğu bilinmektedir (Altunkaynak, & Özbek, 2006). Yapılan bu çalışmada çay yapraklarının doymuş yağ asitleri bakımından zengin olduğu görülmektedir. Fakat çay yaprağının yağ içeriğinin yaklaşık %2-3 olması, tüketim açısından çok önem arz etmezken, çay aroması açısından oldukça önemlidir (Fernando, 1984; Adnan *vd.*, 2013). Yeşil çayın, siyah çaya göre daha yüksek yağ içeriğine sahip olduğu, uygulanan işlemler sırasında yağda meydana gelen kimyasal değişimlerin bunu etkileyebileceği Adnan *vd.*, (2013) tarafından bildirilmiştir. Çay aromasının oluşmasında yağ asitlerinin parçalanması sonucunda açığa çıkan uçucu bileşenler etkili olmaktadır. Bu nedenle oksidasyona kolay uğrayacak olan doymamış yağ asitleri, aroma oluşumunda öncül görev üstlenmektedir (Bhuyan, & Mahanta, 1998). Çay üretim aşamaları süresince % yağ asidi bileşiminin değişimi incelendiğinde tespit edilen yağ asidi kompozisyonunu, yaş çay örneklerinde palmitik asitten sonra eikosenoik asit \geq oleik asit = heptadesenoikasit = kaprik asit \geq miristik asittir. Üretim aşamalarında % yağ asidi kompozisyonu değişim göstermiştir. Kıvırma aşamasından sonra heptadesenoik asit ve oleik asidin kompozisyonundaki oranı diğer yağ asitlerine göre azalmıştır. Kıvırma aşamasında çay yaprakları fiziksel olarak parçalanmakta ve oksijenle daha fazla düzeyde temas etmektedir (Özdemir, 1992). Ortamda metal iyonlarının varlığı, oksijen ve sıcaklık gibi diğer etmenler de oksidasyonu hızlandırmaktadır (Gramza, & Korczak, 2005). Doymamış yağ asitlerinde oksidasyonun başlaması sebebiyle % yağ asidi değişimi gözlemlendiği söylenebilir. Oksidasyon aşamasında da yağ asitlerinin % değişimi saptanmışken, kurutma ve tasnif aşamalarında % bileşim benzerlik göstermektedir.

Bhuyan ve Mahanta, (1989) farklı sezonlarda elde edilen çay yapraklarında palmitik ve linoleik asidin farklılık ifade etmediğini belirtmişlerdir. Çalışmada çay üretim safhalarından, taze çay, soldurma ve kıvırma aşamalarından alınan örneklerin yağ asidi kompozisyonları incelenmiş, linoleik, linolenik, oleik ve palmitik asit tespit edilmiştir. Yapılan bu çalışma da ise palmitik ve oleik asit çay üretim safhalarının tamamında tespit edilmiş iken, linoleik ve linolenik yağ asitlerine rastlanmamıştır.

Farklı bir çalışmada ise farklı sürgünlerden elde edilen çay yapraklarının yağ asidi kompozisyonunu palmitik, linoleik, nervonik, α -linolek asit ve trikosanoik asit oluşturduğunu, elde edildiği döneme bağlı olarak konsantrasyonunun değiştiği ifade edilmiştir (Ercisli, Orhan, Ozdemir, Sengul, & Gungor, 2008). Literatür değerlendirildiğinde *Camellia sinensis* yapraklarının yağ asidi kompozisyonu değişkenlik gösterdiği görülmektedir ki yapılan bu çalışmada da palmitik asit ve oleik asit dışında 4 farklı yağ asidi tespit edilmiştir.



Şekil 9. Aşamalar süresince % yağ asidi kompozisyonu

Tablo 15. *Çay Örneklerinin Majör Yağ Asidi Kompozisyonları (%)*

ÖRNEK	Kaprik asit (C10:0)	Miristik asit (C14:0)	Palmitik asit (C16:0)	Heptadesenoik asit (C17:1)	Oleik asit (C18:1n9c)	Cis-11-eikosenoik asit (C20:1)
YAŞ ÇAY	8,76±6,07 ^{abc, BC}	8,19±4,28 ^{a, C}	36,07±0,78 ^{ab, A}	12,91±6,57 ^{a, BC}	14,13±0,96 ^{a, BC}	19,94±3,97 ^{b, B}
SOLDURMA	8,34±0,43 ^{abc, B}	2,64±0,86 ^{b, B}	32,42±3,95 ^{b, A}	10,07±5,26 ^{a, B}	11,82±3,65 ^{ab, B}	34,72±4,53 ^{a, A}
KIVIRMA	14,43±2,66 ^{a, C}	8,55±1,64 ^{a, DE}	38,65±0,76 ^{ab, A}	6,88±0,24 ^{a, E}	10,62±0,29 ^{ab, D}	20,87±0,3 ^{b, B}
OKSİDASYON	12,62±1,42 ^{ab, B}	4,35±1,52 ^{ab, C}	38,12±4,9 ^{ab, A}	4,28±3,81 ^{a, C}	6,34±0,19 ^{ab, BC}	34,28±1,66 ^{a, A}
KURUTMA	3,81±1,32 ^{c, B}	3,45±1,25 ^{ab, B}	39,07±3,97 ^{ab, A}	7,99±5,85 ^{a, B}	12,78±6,81 ^{ab, B}	32,89±8,62 ^{a, A}
TASNİF	5,77±2,2 ^{bc, B}	2,59±0,6 ^{b, B}	41,7±0,64 ^{a, A}	2,43±2,06 ^{a, B}	5,37±0,42 ^{b, B}	42,14±3,89 ^{a, A}

a-c aynı sütundaki; A-E aynı satırdaki farklılıkları ifade eder. (p<0,05)

BEŞİNCİ BÖLÜM

Sonuçlar

Yapılan bu tez çalışmasında aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- 1- pH değeri en yüksek yaş çayda tespit edilirken ($5,97\pm 0,01$), en düşük pH değeri oksidasyon aşamasının sonunda ($5,27\pm 0,01$) tespit edilmiştir. Kıvırma ve oksidasyon sırasında meydana gelen enzimatik reaksiyonlara bağlı olarak pH' da mevcut bir düşüş olduğu söylenebilir.
- 2- Örneklerin kuru madde içerikleri yaş çayda $25,12\pm 0,59$ iken siyah çayda tasnif aşamasının sonunda $98,39\pm 0,38$ olarak belirlenmiştir. Üretim süresince suyun bir kısmı ilk olarak soldurma aşamasında uzaklaşırken, diğer önemli kısmı ise kurutma aşamasında uzaklaşmıştır.
- 3- Renk parametrelerinden a^* değeri en yüksek oksidasyon aşamasında tespit edilirken, yaş çay ve soldurma aşamalarının ardında ekşi(-) değerlerde kalırken, kıvırma sonrasında artı(+) değerlerde tespit edilmiştir. En düşük L^* değeri tasnif aşamasında gözlenirken, en yüksek parlaklık yaş çay ve soldurma aşamalarından alınan örneklerde belirlenmiştir. b^* değeri en düşük yaş çayda tespit edilmiş ve oksidasyon aşamasının sonuna kadar sarılıkta artış görülmüştür. Uygulanan yüksek sıcaklık(kurutma) ve çay bileşiminden liflerin uzaklaştırılması (tasnif) sonucunda oksidasyon sonrasında b^* parametresinde azalma tespit edilmiştir.
- 4- Etanol ekstraktlarının göstermiş olduğu DPPH süpürme kapasitelerinin saf su ekstraktlarına göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. En düşük DPPH süpürme aktivitesi $7,60\pm 0,3$ mg troloks eşdeğeri/ g kuru madde olarak kurutmanın saf su ekstraktında belirlenirken, en yüksek süpürme kapasitesi yaş çayın etanol ekstraktında ($88,44\pm 1,03$ mg troloks eşdeğeri/ g kuru madde) tespit edilmiştir. En yüksek aktivite yaş çayda tespit edilirken en düşük aktiviteler kurutma ve tasnif aşamaları sonrasında gözlenmiştir.
- 5- Bakır iyonu indirgeyici antioksidan aktivite yaş çay örneklerinde en yüksek ($139,11\pm 1,42$; $152,58\pm 7,12$) tespit edilirken, saf su ekstraktında en düşük aktivite kurutma aşamasında, etanol ekstraktında ise kurutma ve tasnif aşamalarında elde

- edilmiştir. Soldurma sonrasında antioksidan aktivitede önemli düzeyde kayıplar görülmüştür.
- 6- Toplam fenolik madde miktarı antioksidan aktivite ile uyumlu olarak en yüksek yaş çayda tespit edilirken, uygulanan işlemlerle azalmıştır. Saf su ve etanol çözücüleri tespit edilen toplam fenolik madde miktarı üzerine etkili olmuştur.
 - 7- Çay üretim aşaması, toplam fenolik madde miktarı, bakır indirgeme aktivitesi, DPPH süpürme kapasitesi arasında ise negatif korelasyon tespit edilmiştir.
 - 8- Toplam monomerik antosiyanin yaş çay örneklerinin etanol ekstraktında $1,89 \pm 0,36$, saf su ekstraktında ise $0,77 \pm 0,32$ siyanidin 3- glikozit eşdeğeri mg/ L olarak tespit edilmiştir.
 - 9- Çay örneklerinin majör yağ asidi kompozisyonunu kaprik asit, miristik asit, palmitik asit, heptadesenoik asit, oleik asit ve eikosenoik asit oluşturduğu belirlenmiştir. Yağ asitlerinin konsantrasyonları, aşamalar süresince değişim göstermiştir. Bütün aşamalarda palmitik asit baskın yağ asidini oluşturmuştur.

Sonuç olarak yapılan bu çalışma ile siyah çay üretim sürecinde çayın biyoaktif ve bazı fizikokimyasal özellikleri incelenmiştir. Ayrıca çay örneklerinin yağ asidi kompozisyonu ve değişimi izlenmiştir. Bu çalışma ile elde edilen sonuçların, literatüre katkıda bulunacağı düşünülmektedir.

Kaynakça

- Adnan, M., Ahmad, A., Ahmed, A., Khalid, N., Hayat, I., & Ahmed, I. (2013). Chemical composition and sensory evaluation of tea (*Camellia sinensis*) commercialized in Pakistan. *Pak. J. Bot*, 45(3), 901-907.
- Aladag, H., Ercisli, S., Yesil, D. Z., Gormez, A., & Yesil, M. (2009). Antifungal activity of green tea leaves (*Camellia sinensis* L.) sampled in different harvest time. *Pharmacognosy Magazine*, 5(20), 437.
- Alkan, I., Köprülü, O., & Alkan, B. (2009). Latest advances in world tea production and trade, Turkey's aspect. *World Journal of Agricultural Sciences*, 5(3), 345-349.
- Almajano, M. P., Carbo, R., Jiménez, J. A. L., & Gordon, M. H. (2008). Antioxidant and antimicrobial activities of tea infusions. *Food chemistry*, 108(1), 55-63.
- Altan, A. (2001). Özel gıdalar teknolojisi. *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Genel Yayın*, (178).
- Altunkaynak, B. Z., & Özbek, E. (2006). Obezite: nedenleri ve tedavi seçenekleri. *Van Tıp Dergisi*, 13(4), 138-142.
- Ananingsih, V. K., Sharma, A., & Zhou, W. (2013). Green tea catechins during food processing and storage: a review on stability and detection. *Food Research International*, 50(2), 469-479.
- Anesini, C., Ferraro, G. E., & Filip, R. (2008). Total polyphenol content and antioxidant capacity of commercially available tea (*Camellia sinensis*) in Argentina. *Journal of agricultural and food chemistry*, 56(19), 9225-9229.
- Anonim, (2018). Tarım ürünleri piyasaları –Çay. *Tepge*, Temmuz-04. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/.....20Raporu/2018-Temmuz%20%C3%87ay.pdf>
- Apak, R., Güçlü, K., Özyürek, M., & Karademir, S. E. (2004). Novel total antioxidant capacity index for dietary polyphenols and vitamins C and E, using their cupric ion reducing capability in the presence of neocuproine: CUPRAC method. *Journal of agricultural and food chemistry*, 52(26), 7970-7981.
- Aşkın, B. (2018). Farklı sıcaklıkların hardaliyenin depolama stabilitesi üzerine etkisi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 23(1), 13-21.
- Atalay, D., & Erge, H. S. (2017). Determination of Some Physical and Chemical Properties of White, Green and Black Teas (*Camellia sinensis*). *Gıda The Journal of Food*, 42(5), 494-504.
- Auvichayapat, P., Prapochanung, M., Tunkamnerdthai, O., Sripanidkulchai, B. O., Auvichayapat, N., Thinkhamrop, B., ... & Hongprapas, P. (2008). Effectiveness of green tea on weight reduction in obese Thais: A randomized, controlled trial. *Physiology & behavior*, 93(3), 486-491.
- Balci, F., & Özdemir, F. (2016). Influence of shooting period and extraction conditions on bioactive compounds in Turkish green tea. *Food Science and Technology*, 36(4), 737-743.
- Bhuyan, L. P., & Mahanta, P. K. (1989). Studies on fatty acid composition in tea *Camellia sinensis*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 46(3), 325-330.

- Bokuchava, M. A., & Skobeleva, N. I. (1969). The chemistry and biochemistry of tea and tea manufacture. In *Advances in food research* (Vol. 17, pp. 215-292). Academic Press.
- Brown, C. A., Bolton-Smith, C., Woodward, M., & Tunstall-Pedoe, H. (1993). Coffee and tea consumption and the prevalence of coronary heart disease in men and women: results from the Scottish Heart Health Study. *Journal of Epidemiology & Community Health*, 47(3), 171-175.
- Chan, E. W. C., Lim, Y. Y., & Chew, Y. L. (2007). Antioxidant activity of *Camellia sinensis* leaves and tea from a lowland plantation in Malaysia. *Food chemistry*, 102(4), 1214-1222.
- Chen, H., Qu, Z., Fu, L., Dong, P., & Zhang, X. (2009). Physicochemical properties and antioxidant capacity of 3 polysaccharides from green tea, oolong tea, and black tea. *Journal of Food Science*, 74(6), C469-C474.
- Chen, Y., Yu, M., Xu, J., Chen, X., & Shi, J. (2009). Differentiation of eight tea (*Camellia sinensis*) cultivars in China by elemental fingerprint of their leaves. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(14), 2350-2355.
- Cho, J. Y., Mizutani, M., Shimizu, B. I., Kinoshita, T., Ogura, M., Tokoro, K., ... & Sakata, K. (2007). Chemical profiling and gene expression profiling during the manufacturing process of Taiwan oolong tea "oriental beauty". *Bioscience, biotechnology, and biochemistry*, 0705080405-0705080405.
- Çalıkoglu, E., & Bayrak, A. (2009). Çay işleme sırasında aroma maddelerindeki değişim. *GIDA*, 34(2), 115-119.
- Çelik, F. (2006). Çay (*Camellia sinensis*); içeriği, sağlık üzerindeki koruyucu etkisi ve önerilen tüketimi. *Türkiye Klinikleri Journal of Medical Sciences*, 26(6), 642-648.
- Çelik, S. E., Özyürek, M., Güçlü, K., & Apak, R. (2010). Solvent effects on the antioxidant capacity of lipophilic and hydrophilic antioxidants measured by CUPRAC, ABTS/persulphate and FRAP methods. *Talanta*, 81(4-5), 1300-1309.
- Dorkbuakaew, N., Ruengnet, P., Pradmeeteekul, P., Nimkamnerd, J., Nantitanon, W., & Thitipramote, N. (2016). Bioactive compounds and antioxidant activities of *Camellia sinensis* var. *assamica* in different leaf maturity from Northern Thailand. *International Food Research Journal*, 23(5).
- Ercisli, S., Orhan, E., Ozdemir, O., Sengul, M., & Gungor, N. (2008). Seasonal variation of total phenolic, antioxidant activity, plant nutritional elements, and fatty acids in tea leaves (*Camellia sinensis* var. *sinensis* clone Derepazari 7) grown in Turkey. *Pharmaceutical biology*, 46(10-11), 683-687.
- Erturk, Y., Ercisli, S., Sengul, M., Eser, Z., Haznedar, A., & Turan, M. (2010). Seasonal variation of total phenolic, antioxidant activity and minerals in fresh tea shoots (*Camellia sinensis* var. *sinensis*). *Pakistan Journal of Pharmaceutical Science*, 23(1), 69-74.
- FAO (Food and Agriculture Organization) (2017) FAOSTAT production quantities by country. <http://www.fao.org/faostat/en/?#data/QC>
- FAO (Food and Agriculture Organization) (2018) FAOSTAT production quantities by country. <http://www.fao.org/faostat/en/?#data/QC>

- Farhoosh, R., Golmovahhed, G. A., & Khodaparast, M. H. (2007). Antioxidant activity of various extracts of old tea leaves and black tea wastes (*Camellia sinensis* L.). *Food chemistry*, 100(1), 231-236.
- Fernando, V., & Roberts, G. R. (1984). The effect of process parameters on seasonal development of flavour in black tea. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 35(1), 71-76.
- Giusti, M. M., & Wrolstad, R. E. (2001). Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. *Current protocols in food analytical chemistry*, (1), F1-2.
- Gramza, A., & Korczak, J. (2005). Tea constituents (*Camellia sinensis* L.) as antioxidants in lipid systems. *Trends in Food Science & Technology*, 16(8), 351-358.
- Hu, A., Chen, C. H., Huang, L., Chung, M. H., Lan, Y. C., & Chen, Z. (2019). Environmental Impact and Carbon Footprint Assessment of Taiwanese Agricultural Products: A Case Study on Taiwanese Dongshan Tea. *Energies*, 12(1), 138.
- Huang, H., Kfoury, N., Orians, C. M., Griffin, T., Ahmed, S., Cash, S. B., ... & Robbat Jr, A. (2019). 2014–2016 seasonal rainfall effects on metals in tea (*Camelia sinensis* (L.) Kuntze). *Chemosphere*, 219, 796-803.
- Izzreen, N. M. Q., & Fadzelly, M. A. (2013). Phytochemicals and antioxidant properties of different parts of *Camellia sinensis* leaves from Sabah Tea Plantation in Sabah, Malaysia. *International Food Research Journal*, 20(1), 307.
- Jiang, L., Shen, X., Shoji, T., Kanda, T., Zhou, J., & Zhao, L. (2013). Characterization and activity of anthocyanins in Zijuan tea (*Camellia sinensis* var. kitamura). *Journal of agricultural and food chemistry*, 61(13), 3306-3310.
- Jiang, H., Yu, F., Qin, L., Zhang, N., Cao, Q., Schwab, W., ... & Song, C. (2019). Dynamic change in amino acids, catechins, alkaloids, and gallic acid in six types of tea processed from the same batch of fresh tea (*Camellia sinensis* L.) leaves. *Journal of Food Composition and Analysis*, 77, 28-38.
- Kacar, B. (1987). Çayın biyokimyası ve işleme teknolojisi. Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü.
- Kacar, B. (2010). Çay bitkisi biyokimyası gübrenmesi işleme teknolojisi. *Nobel yayın dağıtım, Ankara*.
- Kadiroğlu, P., & Dıblan, S. (2017) Comparison of Bioactive and Antimicrobial Properties of Black and Green Teas. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 32(1), 13-18.
- Kaftanoğlu, E. (2013). *Taze Ve Ticari Vişne Sularının (prunus Cerasus) Toplam Antosiyanin, Toplam Fenolik Ve Şeker Miktarlarının Tayini Ve Karşılaştırılması* (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Kaur, L., & Donlao, N. (2018). Tea Antioxidants As Affected by Environmental Factors. In *Stress Physiology of Tea in the Face of Climate Change* (pp. 313-331). Springer, Singapore.
- Kerio, L. C., Wachira, F. N., Wanyoko, J. K., & Rotich, M. K. (2012). Characterization of anthocyanins in Kenyan teas: Extraction and identification. *Food Chemistry*, 131(1), 31-38.
- Kim, Y., Goodner, K. L., Park, J. D., Choi, J., & Talcott, S. T. (2011). Changes in antioxidant phytochemicals and volatile composition of *Camellia sinensis* by oxidation during tea fermentation. *Food Chemistry*, 129(4), 1331-1342.

- Koca, İ., & Bostancı, Ş. (2014). Oolong Çayın Üretimi, Bileşimi ve Sağlık Üzerine Etkisi. *Türk Tarım–Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2(3), 154-159.
- Kumaran, A.& Karunakaran, J.R. (2006). Antioxidant and free radical scavenging activity of an aqueous extract of *Coleus aromaticus*. *Food chemistry*, 97(1), 109-114.
- Kurt, G., & Hacıoğlu, H. K. (2013). Dünya Ülkeleri İle Türkiye'nin Çay Üretiminin İstatistiklerle İncelenmesi. *Bildiriler Kitabı*, 39.
- Lee, L. S., Kim, S. H., Kim, Y. B., & Kim, Y. C. (2014). Quantitative analysis of major constituents in green tea with different plucking periods and their antioxidant activity. *Molecules*, 19(7), 9173-9186.
- Liang, G., Dong, C., Hu, B., Zhu, H., Yuan, H., Jiang, Y., & Hao, G. (2018). Prediction of Moisture Content for Congou Black Tea Withering Leaves Using Image Features and Nonlinear Method. *Scientific reports*, 8(1), 7854.
- Lin, J. K., Lin, C. L., Liang, Y. C., Lin-Shiau, S. Y., & 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.
- Maitra, S., De, A., Das, B., Roy, S. N., Chakraborty, R., Samanta, A., & Bhattacharya, S. (2019). Seasonal Variation of Phyto-Constituents of Tea Leaves Affects Antiproliferative Potential. *Journal of the American College of Nutrition*, 1-9.
- McGhie, T. K., & Walton, M. C. (2007). The bioavailability and absorption of anthocyanins: towards a better understanding. *Molecular nutrition & food research*, 51(6), 702-713.
- McDonald, S., Prenzler, P. D., Antolovich, M., & Robards, K. (2001). Phenolic content and antioxidant activity of olive extracts. *Food chemistry*, 73(1), 73-84.
- McKay, D. L., & Blumberg, J. B. (2002). The role of tea in human health: an update. *Journal of the American College of Nutrition*, 21(1), 1-13.
- Mehra, A., & Baker, C. L. (2007). Leaching and bioavailability of aluminium, copper and manganese from tea (*Camellia sinensis*). *Food Chemistry*, 100(4), 1456-1463.
- Mello, L. D., Alves, A. A., Macedo, D. V., & Kubota, L. T. (2005). Peroxidase-based biosensor as a tool for a fast evaluation of antioxidant capacity of tea. *Food chemistry*, 92(3), 515-519.
- Mizukami, Y., Sawai, Y., & Yamaguchi, Y. (2006). Moisture content measurement of tea leaves by electrical impedance and capacitance. *Biosystems Engineering*, 93(3), 293-299.
- Mukhtar, H., & Ahmad, N. (2000). Tea polyphenols: prevention of cancer and optimizing health. *The American journal of clinical nutrition*, 71(6), 1698S-1702S.
- Nas, S., & Öksüz, M. (1987). Siyah çayda kalite. *GIDA*, 12(3).
- Oh, C. M., Oh, I. H., Choe, B. K., Yoon, T. Y., Choi, J. M., & Hwang, J. (2017). Consuming green tea at least twice each day is associated with reduced odds of chronic obstructive lung disease in middle-aged and older korean adults. *The Journal of nutrition*, 148(1), 70-76.
- 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. *PhD, Atatürk University, Erzurum, Turkey (in Turkish)*.

- Özdemir, F., Nadeem, H. Ş., Akdoğan, A., Dinçer, C., & Topuz, A. (2018). Effect of altitude, shooting period, and tea grade on the catechins, caffeine, theaflavin, and thearubigin of Turkish black tea. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 42(5), 334-340.
- Phung, O. J., Baker, W. L., Matthews, L. J., Lanosa, M., Thorne, A., & Coleman, C. I. (2009). Effect of green tea catechins with or without caffeine on anthropometric measures: a systematic review and meta-analysis. *The American journal of clinical nutrition*, 91(1), 73-81.
- Rabeta, M. S., & Lai, S. Y. (2013). Effects of drying, fermented and unfermented tea of *Ocimum tenuiflorum* Linn. on the antioxidant capacity. *International Food Research Journal*, 20(4), 1601.
- Rai, S., Wahile, A., Mukherjee, K., Saha, B. P., & Mukherjee, P. K. (2006). Antioxidant activity of *Nelumbo nucifera* (sacred lotus) seeds. *Journal of ethnopharmacology*, 104(3), 322-327.
- Rains, T. M., Agarwal, S., & Maki, K. C. (2011). Antiobesity effects of green tea catechins: a mechanistic review. *The Journal of nutritional biochemistry*, 22(1), 1-7.
- Ravichandran, R. (2004). The impact of pruning and time from pruning on quality and aroma constituents of black tea. *Food chemistry*, 84(1), 7-11.
- Robertson, A. (1992). The chemistry and biochemistry of black tea production—the non-volatiles. In *Tea* (pp. 555-601). Springer, Dordrecht.
- Roshanak, S., Rahimmalek, M., & 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(1), 721-729.
- Rusak, G., Komes, D., Likić, S., Horžić, D., & Kovač, M. (2008). Phenolic content and antioxidative capacity of green and white tea extracts depending on extraction conditions and the solvent used. *Food Chemistry*, 110(4), 852-858.
- Skowron, M. J., & Grześkowiak, A. Z. (2014). Analysis of antioxidant activity, chlorogenic acid, and rutin content of *Camellia sinensis* infusions using response surface methodology optimization. *Food analytical methods*, 7(10), 2033-2041.
- Sharangi, A. B. (2009). Medicinal and therapeutic potentialities of tea (*Camellia sinensis* L.)—A review. *Food Research International*, 42(5-6), 529-535.
- Shi, J., Xie, D., Qi, D., Peng, Q., Chen, Z., Schreiner, M., ... & Baldermann, S. (2019). Methyl jasmonate-induced changes of flavor profiles during the processing of green, oolong, and black tea. *Frontiers in plant science*, 10, 781.
- Stensvold, I., Tverdal, A., Solvoll, K., & Foss, O. P. (1992). Tea consumption. Relationship to cholesterol, blood pressure, and coronary and total mortality. *Preventive medicine*, 21(4), 546-553.
- Subramanian, N., Venkatesh, P., Ganguli, S., & Sinkar, V. P. (1999). Role of polyphenol oxidase and peroxidase in the generation of black tea theaflavins. *Journal of agricultural and food chemistry*, 47(7), 2571-2578.
- Takeo, T. (1992). Green and semi-fermented teas. In *Tea* (pp. 413-457). Springer, Dordrecht.
- Tanker, M., & Tanker, N. (2003). Farmokoloji. *Ankara Üniversitesi Eczacılık fakültesi yayınları*, 2(65), 296-297.

- Turkmen, N., Sarı, F., & Velioglu, Y. S. (2009). Factors affecting polyphenol content and composition of fresh and processed tea leaves. *Akademik Gıda*, 7(6), 29-40.
- Ulusoy, A., & Şeker, M. (2013). Türkiye’de Değişen Çay Tüketim Alışkanlıkları Projesi. *Trabzon Ticaret Borsası, Trabzon*.
- Vyas, D., Kumar, S., & Ahuja, P. S. (2007). Tea (*Camellia sinensis*) clones with shorter periods of winter dormancy exhibit lower accumulation of reactive oxygen species. *Tree physiology*, 27(9), 1253-1259.
- Wang, D., Yoshimura, T., Kubota, K., & Kobayashi, A. (2000). Analysis of glycosidically bound aroma precursors in tea leaves. 1. Qualitative and quantitative analyses of glycosides with aglycons as aroma compounds. *Journal of agricultural and food chemistry*, 48(11), 5411-5418.
- Wang, Y., Sun, D., Chen, H., Qian, L., & Xu, P. (2011). Fatty acid composition and antioxidant activity of tea (*Camellia sinensis* L.) seed oil extracted by optimized supercritical carbon dioxide. *International journal of molecular sciences*, 12(11), 7708-7719.
- Wheeler, D. S., & Wheeler, W. J. (2004). The medicinal chemistry of tea. *Drug development research*, 61(2), 45-65.
- Wright, L. P., Mphangwe, N. I. K., Nyirenda, H. E., & Apostolides, Z. (2002). Analysis of the theaflavin composition in black tea (*Camellia sinensis*) for predicting the quality of tea produced in Central and Southern Africa. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82(5), 517-525.
- Wu, C. D., & Wei, G. (2002). Tea as a functional food for oral health. In *Food constituents and oral health* (pp. 396-417). Woodhead Publishing.
- Xu, Y. Q., Liu, P. P., Shi, J., Gao, Y., Wang, Q. S., & Yin, J. F. (2018). Quality development and main chemical components of Tieguanyin oolong teas processed from different parts of fresh shoots. *Food chemistry*, 249, 176-183.
- Yamanishi, T., Kobayashi, A., Sato, H., Nakamura, H., Osawa, K., Uchida, A., ... & Saijo, R. (1966). Flavor of Black Tea: Part IV. Changes in Flavor Constituents during the Manufacture of Black Tea. *Agricultural and Biological Chemistry*, 30(8), 784-792.
- Yanagimoto, K., Ochi, H., Lee, K. G., & Shibamoto, T. (2003). Antioxidative activities of volatile extracts from green tea, oolong tea, and black tea. *Journal of agricultural and food chemistry*, 51(25), 7396-7401.
- Yang, C. S., & Landau, J. M. (2000). Effects of tea consumption on nutrition and health. *The Journal of nutrition*, 130(10), 2409-2412.
- Yang, Y. C., Lu, F. H., Wu, J. S., Wu, C. H., & Chang, C. J. (2004). The protective effect of habitual tea consumption on hypertension. *Archives of internal medicine*, 164(14), 1534-1540.
- Yang, Z. Y., Xu, Y., Jie, G. L., He, P. M., & Tu, Y. Y. (2007). Study on the antioxidant activity of tea flowers (*Camellia sinensis*). *Asia Pacific journal of clinical nutrition*, 16(S1), 148-152.
- Yokozawa, T., Dong, E., Nakagawa, T., Kashiwagi, H., Nakagawa, H., Takeuchi, S., & Chung, H. Y. (1998). In vitro and in vivo studies on the radical-scavenging activity of tea. *Journal of agricultural and food chemistry*, 46(6), 2143-2150.

- Yoshida, Y., Kiso, M., & Goto, T. (1999). Efficiency of the extraction of catechins from green tea. *Food Chemistry*, 67(4), 429-433.
- Yüksel, S., Yanar, M., Aksu, M. I., Kopuzlu, S., Kaban, G., Sezgin, E., & Oz, F. (2012). Effects of different finishing systems on carcass traits, fatty acid composition, and beef quality characteristics of young Eastern Anatolian Red bulls. *Tropical animal health and production*, 44(7), 1521-1528.
- Zhao, H., Yu, C., & Li, M. (2017). Effects of geographical origin, variety, season and their interactions on minerals in tea for traceability. *Journal of Food Composition and Analysis*, 63, 15-20.
- Zhen, Y. S. (Ed.). (2002). *Tea: Bioactivity and therapeutic potential*. CRC Press.
- Zhu, Y. X., Huang, H., & Tu, Y. Y. (2006). A review of recent studies in China on the possible beneficial health effects of tea. *International journal of food science & technology*, 41(4), 333-340.



ÖZGEÇMİŞ

Osman Tolga BALABAN

Osman Tolga BALABAN, 13.03.1989 Trabzon doğumludur. Öğreniminin ilk 5 yılını Trabzon 24 Şubat İlköğretim Okulu'nda 1996-2001 yıllarında tamamlamıştır. Orta öğretimine 2001-2004 yılları arasında Cumhuriyet İlköğretim Okulu'nda devam ettikten sonra, 2004-2006 yıllarında Trabzon Lisesi'nde lise eğitimini tamamlamıştır. 2008 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fizik Bölümü'ne başlamış ve 2 yıl sonra eğitimini yarıda bırakarak 2010 yılında Bayburt Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'ne başlamıştır. 2010-2014 yılları arasında lisans eğitimini tamamlamıştır. Askerlik görevini yerine getirip 1 yıllık bir eğitim arasından sonra 2015 yılında, Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda yüksek lisansa başlamıştır.