

T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

**SARI HALİLE KOMBUCHA ÇAYININ FİZİKOKİMYASAL, ANTİOKSİDAN
VE ANTİBAKTERİYEL ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS

Duygu ULUTAŞ

NİSAN-2025
GÜMÜŞHANE



**T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

**SARI HALİLE KOMBUCHA ÇAYININ FİZİKOKİMYASAL, ANTİOKSİDAN
VE ANTİBAKTERİYEL ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

**EVALUATION OF PHYSICOCHEMICAL, ANTIOXIDANT, AND
ANTIBACTERIAL CHARACTERISTICS OF KOMBUCHA TEA ENRICHED
WITH *TERMINALIA CITRINA***

YÜKSEK LİSANS

Duygu ULUTAŞ

**NİSAN-2025
GÜMÜŞHANE**



T.C.

**GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

**SARI HALİLE KOMBUCHA ÇAYININ FİZİKOKİMYASAL, ANTİOKSİDAN
VE ANTİBAKTERİYEL ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

**EVALUATION OF PHYSICOCHEMICAL, ANTIOXIDANT, AND
ANTIBACTERIAL CHARACTERISTICS OF KOMBUCHA TEA ENRICHED
WITH *TERMINALIA CITRINA***

YÜKSEK LİSANS

Duygu ULUTAŞ

Danışman: Doç. Dr. Fevzi TOPAL

**NİSAN-2025
GÜMÜŞHANE**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Yüksek Lisans Tezi çalışmam kapsamında hazırladığım “**Sarı Halile Kombucha Çayının Fizikokimyasal, Antioksidan ve Antibakteriyel Özelliklerinin Araştırılması**” isimli bu tezin, kendime ait bir çalışma olduğunu, her alıntıda kaynak belirttiğimi, alıntıda bulunduğum tüm çalışmaları kaynakça bölümünde gösterdiğimi ve Gümüşhane Üniversitesi’nin lisanslı kullanıcısı olduğu intihal yazılım programına göre uygunluk sağladığımı ve Lisansüstü Eğitim Enstitüsü’nün belirlediği ölçütlere göre doğru bir şekilde raporladığımı taahhüt ederim. Tezimin elektronik ve kâğıt kopyalarının Gümüşhane Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü’nde arşiv bölümünde saklanmasına izin verdiğimi onaylarım.

Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği’nin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim.

27/03/2025

.....
Duygu ULUTAŞ

TEŞEKKÜR

Bu araştırma, Gümüşhane Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Lisansüstü eğitimim süresince çalışmanın yapılandırılması, gerçekleştirilmesi ve değerlendirilmesinde destekleriyle bana ışık tutan ve yol gösteren, bilgi birikimi ve deneyimlerinden ilham aldığım, sağladığı değerli geri bildirimleriyle bana rehberlik eden ve katkıda bulunan danışman hocam Sayın Doç. Dr. Fevzi TOPAL' a ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Fırat YILMAZ hocama teşekkürlerimi sunarım.

Bu tezi yazarken beni gülücükleri ile neşelendiren, sevgisini kalbimin derinliklerinde hissettiğim, yorulduğumda beni sıcacık gülümsemesi ile tekrar ayağa kaldıran minik oğlum Cihangir Arslan ULUTAŞ' a, bana destek olan eşim Okan ULUTAŞ' a ve sonsuz sevgisi ile bana destek olan, her zaman yanımda olan annem Hatice GENÇ' e, canım babam Adem GENÇ' e, biricik kardeşlerim Mert GENÇ ve Ceydanur GENÇ' e en özel teşekkürlerimi sunuyorum.

Duygu ULUTAŞ

GÜMÜŞHANE- 2025

ÖZET

Dünya nüfusunun artmasıyla insanların sağlıklı ve fonksiyonel ürünlere yönelmesi, ürünlerde çeşitlilik beklentisi giderek artmaktadır. Bazı bitkiler hastalıklarda tedavi edici özelliğe sahip yapıları sayesinde bu beklentiyi karşılamaktadır. Bu kapsamda fermente ürün kombucha çayına sarı halile özleri katılarak örnek oluşturuldu. Laboratuvar çalışmalarında renk analizi, Briks, pH, titrasyon asitliği, Fe^{3+} - Fe^{2+} indirgeme kapasitesi, Cu^{2+} - Cu^{+} indirgeme kapasitesi, 2,2'-azino-bis(3-etilbenztiyoazolin-6-sülfonik asit) (ABTS^{+}) giderme ve 1,1-difenil-2-pikril-hidrazil (DPPH) radikal giderme aktivitesi, total fenoliklerin madde ve total flavonoid bileşik miktarı, antibakteriyel aktivite tayini ile sonuçlar belirlendi.

Çalışmada siyah çay (KT_C), 10 g sarı halile tozu ve 10 g siyah çay (KT_{S1}), 20 g sarı halile tozu ile elde edilen kombucha çayı (KT_{S2}) üretildi. KT_{S2} için fermantasyonun 14. gününde toplam fenolik bileşik içeriğinin 255 μg GAE/mg örnek iken, 21. gününde toplam fenolik bileşik içeriğinin 253.33 μg GAE/mg örnek olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte flavanoid miktarı sonuçlarında KT_{S2} için fermantasyonun 21. gününde 28.64 μg KE/mg örnek olarak belirlendi.

KT_{S2} örneğinin DPPH radikal giderme aktivitesinin fermantasyonun 14. gününde 7.25 μg mL^{-1} ile standart antioksidanlara (BHA, BHT ve α -Tokoferol) göre en iyi aktivite sonucunu verdiği gözlemlendi. KT_{S2} örneği ABTS radikal giderme aktivitesinin fermantasyonun 21. gününde 2.35 μg mL^{-1} ile standart antioksidanlara (BHA, BHT, Troloks ve α -Tokoferol) kıyasla daha etkili olduğu belirlenmiştir. Antibakteriyel aktivite analizlerinde kombucha çayında sarı halile konsantrasyonu arttıkça *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 bakteri suşu için duyarlılık artmıştır.

Çalışmamızda yaygın olarak tüketilmeye başlanan kombucha çayına, sarı halile bitkisi eklenilerek fenolik bileşik içeriği yüksek, antibakteriyel ve antioksidan fonksiyonel yeni bir ürün elde edilerek fizikokimyasal özellikleri belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Antioksidan, Fenolik bileşik, Kombucha çayı, *Terminalia citrina*

ABSTRACT

With the increase in the world population, the demand for healthy and functional products, as well as product diversity, is continuously growing. Certain plants meet this expectation due to their structures that have therapeutic properties in various diseases. In this context, a fermented product was developed by adding extracts of *Terminalia citrina* (commonly known as yellow myrobalan) to kombucha tea. Laboratory analyses included color analysis, Brix, pH, titratable acidity, Fe^{3+} - Fe^{2+} reducing capacity, Cu^{2+} - Cu^{+} reducing capacity, 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzthioazoline-6-sulfonic acid) (ABTS^{+}) radical scavenging and 1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl (DPPH) radical scavenging activity, total phenolic content, total flavonoid content, and antibacterial activity determination.

In the study, black tea (KT_C), kombucha tea with 10 g of *Terminalia citrina* powder and 10 g of black tea (KT_{S1}), and kombucha tea with 20 g of *Terminalia citrina* powder (KT_{S2}) were produced. For the KT_{S2} sample, the total phenolic compound content was found to be 255 μg GAE/mg sample on the 14th day of fermentation and 253.33 μg GAE/mg sample on the 21st day. Additionally, the flavonoid content of the KT_{S2} sample was determined to be 28.64 μg QE/mg sample on the 21st day of fermentation.

The DPPH radical scavenging activity of the KT_{S2} sample was observed to yield the best antioxidant activity result compared to standard antioxidants (BHA, BHT, and α -Tocopherol) with 7.25 $\mu\text{g}/\text{mL}$ on the 14th day of fermentation. The ABTS radical scavenging activity of the KT_{S2} sample was found to be more effective than standard antioxidants (BHA, BHT, Trolox, and α -Tocopherol) with a value of 2.35 $\mu\text{g}/\text{mL}$ on the 21st day of fermentation. In the antibacterial activity analyses, increasing the concentration of *Terminalia citrina* in kombucha tea led to increased sensitivity against the *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 bacterial strain.

In our study, a new functional product with high phenolic compound content, antibacterial and antioxidant properties was developed by adding *Terminalia citrina* to the increasingly popular kombucha tea, and its physicochemical properties were determined.

Keywords: Antioxidant, Phenolic compounds, Kombucha tea, *Terminalia citrina*

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	III
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI.....	IV
TEŞEKKÜR.....	V
ÖZET.....	VI
ABSTRACT.....	VII
İÇİNDEKİLER	VIII
SEMBOLLER VE KISALTMALAR.....	X
TABLolar	XI
ŞEKİLLER.....	XII
1. GİRİŞ	1
1.1. Antioksidanlar.....	1
1.2. Fenolik Bileşikler.....	2
1.3. Kombucha Çayı.....	3
1.4. Sarı Halile (<i>Terminalia citrina</i>)	6
1.5. Fermantasyon	7
1.6. Sarı Halile Bitkisi ile Kombucha Çayı Eldesi Akış Şeması.....	8
1.7. Çalışmanın Amacı.....	9
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	10
3.MATERYAL VE YÖNTEM	15
3.1. Örneklerin Hazırlanması	15
3.2. Kullanılan Reaktifler ve Araçlar	15
3.3. Analiz Yöntemleri.....	15
3.3.1. Suda Çözünür Kurumadde (Briks) Tayini	15
3.3.2. Titrasyon Asitliği	16
3.3.3. pH Tayini	16
3.3.4. Renk Analizi.....	16
3.3.5. Fe^{3+} - Fe^{2+} İndirgeme Kapasitesi Metodu	16
3.3.6. Cu^{2+} - Cu^{+} İndirgeme Kapasitesi Metodu (CUPRAC)	17
3.3.7. ABTS ⁺ Giderme Aktivitesi Tayini.....	17
3.3.8. DPPH Serbest Radikal Giderme Aktivitesi Tayini	17
3.3.9. Total Flavonoid Bileşik Miktarı Tayini Yöntemi	18
3.3.10. Total Fenolik Bileşik Miktarı Tayini Yöntemi	18

3.3.11. Antibakteriyel Aktivite Tayini	19
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	20
4.1. Suda Çözünür Kurumadde (°Briks) Analiz Sonuçları	20
4.2. Titrasyon Asitliği Analiz Sonuçları	21
4.3. pH Analiz Sonuçları	21
4.4. Renk Analizi Sonuçları	22
4.5. Fe^{3+} - Fe^{2+} İndirgeme Kapasitesi Analiz Sonuçları	23
4.6. Cu^{+2} - Cu^{+} İndirgeme Kapasitesi Analiz Sonuçları	26
4.7. ABTS Radikal Giderme Aktivitesi Sonuçları	28
4.8. DPPH Serbest Radikal Giderme Aktivitesi Sonuçları	30
4.9. Total Flavonoid Bileşik Miktarına Ait Sonuçlar	32
4.10. Total Fenolik Bileşik Miktarına Ait Sonuçlar	34
4.11. Antibakteriyel Aktivite Analiz Sonuçları	35
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	37
KAYNAKÇA	39
ÖZGEÇMİŞ	53

SEMBOLLER VE KISALTMALAR

μg	: Mikrogram
μL	: Mikrolitre
a^*	: Hunter a^*
abs	: Absorbans
ABTS	: 2,2-azinobis(3-etilbenzothiazolin-6-sulfonikasit)
b^*	: Hunter b^*
BHA	: Bütillenmiş Hidroksianisol
BHT	: Bütillenmiş Hidroksitoluen
DPPH	: 2-2-difenil-1-pikrilhidrazil
EtOAc	: Etil asetat
g	: Gram
GAE	: Gallik asit eşdeğeri
IC_{50}	: Maksimum hızı yarıya düşüren inhibitör konsantrasyonu
KE	: Kuarsetin eş değeri
KM	: Kuru madde
KT_C	: Siyah çay
KT_{S1}	: 10 g siyah çay + 10 g toz sarı halile tozu
KT_{S2}	: 20 g toz sarı halile çay
L^*	: Hunter L^*
$^{\circ}\text{C}$	: Santigrat
TFM	: Toplam fenolik madde

TABLÖLAR

Tablo 4. 1. Kombucha çayı örneklerinin suda çözünür kurumadde (Briks) değeri	20
Tablo 4. 2. Kombucha çayı örneklerinin titrasyon asitliği değeri.....	21
Tablo 4. 3. Kombucha çayı örneklerinin pH değeri.....	21
Tablo 4. 4. Kombucha çayı örneklerinin L^* , a^* ve b^* değerleri	22
Tablo 4. 5. Kombu çayı örnekleri ve standart antioksidanların $20 \mu\text{g/mL}^{-1}$ konsantrasyonunda ferrik (Fe^{3+}) iyonlarını indirgeme aktivitesi.	25
Tablo 4. 6. Kombu çayı örnekleri ve standart antioksidanların $20 \mu\text{g/mL}^{-1}$ konsantrasyonunda Cu^{2+} - Cu^+ indirgeme aktivitesi	27
Tablo 4. 7. Kombucha çay örneklerinin ABTS radikal giderme aktivitelerinin IC_{50} değerleri ve standart antioksidanlarla karşılaştırılması	29
Tablo 4. 8. Kombucha çay örneklerinin DPPH serbest radikal giderme aktivitelerinin IC_{50} değerleri ve standart antioksidanlarla karşılaştırılması	32
Tablo 4. 9. Kombu çayı örneklerinin toplam flavonoid içeriği ($1000 \mu\text{g/mL}^{-1}$).....	33
Tablo 4. 10. Kombu çayı örneklerinin toplam fenolik içeriği ($1000 \mu\text{g/mL}^{-1}$).....	34
Tablo 4. 11. Kombu çayı örneklerinin antibakteriyel aktivite içeriği	35

ŞEKİLLER

Şekil 1. 1. Sarı halile ile elde edilen Kombucha Çayı'nın üretim akış şeması	8
Şekil 4. 1. 7. Gün için farklı konsantrasyonlarda (10, 20 ve 30 µg mL ⁻¹) Kombu çayı örnekleri ve standart antioksidanların ferrik (Fe ³⁺) iyonlarını indirgeme aktivitelerinin karşılaştırılması	23
Şekil 4. 2. 14. Gün için farklı konsantrasyonlarda (10, 20 ve 30 µg mL ⁻¹) Kombu çayı örnekleri ve standart antioksidanların ferrik (Fe ³⁺) iyonlarını indirgeme aktivitelerinin karşılaştırılması	24
Şekil 4. 3. 21. Gün için farklı konsantrasyonlarda (10, 20 ve 30 µg mL ⁻¹) Kombu çayı örnekleri ve standart antioksidanların ferrik (Fe ³⁺) iyonlarını indirgeme aktivitelerinin karşılaştırılması	24
Şekil 4. 4. 7. Gün için farklı konsantrasyonlarda (10, 20 ve 30 µg mL ⁻¹) Kombu çayı örnekleri ve standart antioksidanların Cu ⁺² -Cu ⁺ indirgeme aktivitelerinin karşılaştırılması	26
Şekil 4. 5. 14. Gün için farklı konsantrasyonlarda (10, 20 ve 30 µg mL ⁻¹) Kombu çayı örnekleri ve standart antioksidanların Cu ⁺² -Cu ⁺ indirgeme aktivitelerinin karşılaştırılması	26
Şekil 4. 6. 21. Gün için farklı konsantrasyonlarda (10, 20 ve 30 µg mL ⁻¹) Kombu çayı örnekleri ve standart antioksidanların Cu ⁺² -Cu ⁺ indirgeme aktivitelerinin karşılaştırılması	27
Şekil 4. 7. 7. Gün için farklı konsantrasyonlarda (10, 20 ve 30 µg mL ⁻¹) Kombu çayı örnekleri ve standart antioksidanların ABTS radikali giderme aktivitelerinin karşılaştırılması	28
Şekil 4. 8. 14. Gün için farklı konsantrasyonlarda (10, 20 ve 30 µg mL ⁻¹) Kombu çayı örnekleri ve standart antioksidanların ABTS radikali giderme aktivitelerinin karşılaştırılması	29
Şekil 4. 9. 21. Gün için farklı konsantrasyonlarda (10, 20 ve 30 µg mL ⁻¹) Kombu çayı örnekleri ve standart antioksidanların ABTS radikali giderme aktivitelerinin karşılaştırılması	29
Şekil 4. 10. 7. Gün için farklı konsantrasyonlarda (10, 20 ve 30 µg mL ⁻¹) Kombu çayı örnekleri ve standart antioksidanların DPPH serbest radikali giderme aktivitelerinin karşılaştırılması	30

Şekil 4. 11. 14. Gün için farklı konsantrasyonlarda (10, 20 ve 30 $\mu\text{g mL}^{-1}$) Kombu çayı örnekleri ve standart antioksidanların DPPH serbest radikali giderme aktivitelerinin karşılaştırılması.....	31
Şekil 4. 12. 21. Gün için farklı konsantrasyonlarda (10, 20 ve 30 $\mu\text{g mL}^{-1}$) Kombu çayı örnekleri ve standart antioksidanların DPPH serbest radikali giderme aktivitelerinin karşılaştırılması.....	31
Şekil 4. 13. Total flavonoid bileşik miktarı için kuersetin ile hazırlanan standart grafik	33
Şekil 4. 14. Total fenolik miktarı için gallik asit ile hazırlanan standart grafik.....	34



1. GİRİŞ

1.1. Antioksidanlar

Hücrelerde reaktif oksijen türleri ile antioksidan üretiminin dengesiz işleyişi ile oluşan tüm olaylar oksidatif stres olarak adlandırılmaktadır (Pisoschi ve Pop, 2015). Reaktif oksijen türleri hücrelerde kalıcı hasarlara neden olabilmektedir (Sullivan vd., 2014). Vücutta serbest radikaller DNA'ya, membrana, proteinlere, lipitlere ve nükleik asitlere zarar vermektedir (Velioğlu, 2000). İnsan vücudunda ve doğada bitkilerde, gıdalarda bulunan antioksidanlar reaktif oksijen türlerine karşı savunmada önemli kimyasal bileşiklerdir (Çakmakçı vd., 2015). Doğada sınırsız sayıda bitkide antioksidanlar doğal olarak bulunmaktadır (Sen vd., 2011).

Serbest radikallerin neden olduğu hastalıklar arasında olan kanser, diyabet, yaşlanma ve kalp hastalıkları gibi etkilere karşı savunma mekanizması oluşturarak tedavi edici özellik gösteren maddeler antioksidan olarak tanımlanmaktadır (Shinde, 2012). Antioksidanların Alzheimer hastalığı için koruyucu etkisi olduğu bilinmektedir (Sen vd., 2011). Serbest radikallerin karaciğerde neden olduğu hasarlardan biri sirozdur. Garcia-Fernandez vd., (2005) yaptıkları çalışmada siroza karşı antioksidan özellik gösteren IGF-1 (Insulin Like Growth Factor)'in savunma mekanizması oluşturduğu tespit edilmiştir. Antioksidanların etki mekanizmaları arasında; reaksiyonlarda zincir kırıcı etki, reaksiyonlarda hız yavaşlatıcı, hücrelerdeki tahrip olmuş yerleri onarıcı, toplama etkisi ile serbest radikalleri kararlı hale getirici ve vücutta doğal olarak üretilen antioksidanlar ile enzimatik olmayan antioksidanların sentezini artırma gibi özellikler öne çıkmaktadır (Dündar ve Aslan 2000).

Antioksidanlar, endojen ve eksojen olarak iki ana tür altında ayrılmaktadır ve her ikisi de serbest radikallerin verdiği hasarları tedavi etmede savunma mekanizması geliştirmektedirler (Shinde, 2012; Agati vd., 2013). Endojen enzimatik antioksidanlar arasında; glutatyon redüktaz, katalaz ve süperoksit dismutaz bulunmaktadır ve bunlar insan vücudu tarafından sentezlenmektedir; endojen nonenzimatik antioksidanlar arasında; selenyum, lipoik asit, glutatyon, albümin ve ürik asit gibi bulunmaktadır. Eksojen antioksidanlar dışarıdan alınması gereken antioksidanlardır; çeşitli ilaçlar, E vitamini, C vitamini, β -karoten ve polifenoller, folik asit gibi ürünler bu grupta bulunmaktadır (Sen ve Chakraborty, 2011). Doğal antioksidanların yaşlandıkça vücutta üretilebilirliği de azalmaktadır ve bu durum antioksidanların dışarıdan alınmasını gerektirmektedir. Bunun için antioksidan içeriği yüksek tıbbi bitkilerin, ürünlerin önemi artmaktadır (Taner, 2005). Günlük diyetle dengeli beslenerek çeşitlilik sağlamak ve

antioksidan içeriği yüksek ürünlerden tüketmek serbest radikallerin oluşturabileceği hasarları önlemede yardımcı olmaktadır (Devasagayam vd., 2004; Sen vd., 2011; Karabulut ve Günay, 2016).

Antioksidanlar; hücreleri reaktif oksijen türlerine karşı savunma sağlamada ve bu sayede oksidatif stresi önlemede etkilidir. Bunun sonucu olarak kanser, diyabet, kalp hastalıklarında ve kolesterolde iyileştirici etkiler sağlamaktadır (Yıldız vd., 2022).

Antioksidanlar gıdalara, içeceklere eklenerek ürünler fonksiyonel bir yapı almaktadır ve bu ürünler sağlık üzerinde önemli etkilere sahiptirler (Meral vd., 2012).

1.2. Fenolik Bileşikler

Fenolik bileşikler doğadaki bitkilerde az veya çok bulunan ikinci metabolitler olarak adlandırılmaktadır (Albuquerque vd., 2021). Fenolik bileşikler, doğada bitkilerin çiçek, kök ve tohumlarında doğal olarak bulunmaktadır (de la Rosa vd., 2019). Fenolik bileşikler kendi aralarında fenolik asitler, flavonoidler, tanenler, lignanlar ve stilbenler olmak üzere beşe ayrılmaktadır. Bu bileşikler meyvelerde, sebzelerde, tahıllarda doğal olarak bulunmaktadır. Kimyasal olarak ifade edilecek olursa fenolik bileşikler; bir veya birden fazla aromatik halkanın hidroksil grup veya gruplarına bağlanması ile ortaya çıkmaktadır (Albuquerque vd., 2021).

Fenolik bileşikler, doğal olmaları, ekonomik uygunluğu, kolay erişilebilirliği, gıda ve içecek, ambalaj üretimlerinde; yan ürünlerin, atıkların, kalıntıların değerlendirilmesinde, kozmetik sektöründe ve ilaç sanayide yapay ürünlere göre daha fazla ilgi görmektedir (Soto vd., 2015, Albuquerque vd., 2021).

Fenolik bileşikler insan sağlığı için hastalıkların tedavisinde önemli rol oynamakla beraber güçlü antioksidan, anti-inflamatuar, antiproliferatif, antimikrobiyal, antifungal, antikanser ve anti-koronavirüs gibi özellikler sergilemektedir (Albuquerque vd., 2021, Sun ve Shahrajabian, 2023).

Fenolik bileşikler; serbest radikallere karşı hücreleri etkin savunmada, diyabete karşı koruyucu, insan kemik gelişimine destek sağlamada, beyin için hafıza oluşumuna katkıda, kalp hastalıklarına karşı koruyucu, kan şekeri ve LDL (Düşük yoğunluklu lipoprotein) düşürücü, tümör oluşumunu önemli derecede engellemede güçlü potansiyeller göstermektedir (Albuquerque vd., 2021).

Fenolik bileşikler, bitkilerde doğal olarak bulunurken bu süreçte bitki için savunma mekanizması geliştirerek bitkiyi diğer biyolojik zararlılara ve zarar verici organizmalara karşı korumaktadırlar (Caleja vd., 2017; Durazzo vd., 2019). Fenolik bileşiklerden biri olan antosiyaninler bitkilere kırmızı ve mor renk vermektedir (Carocho vd., 2015).

Antosiyaninler gıda endüstrisinde gıda katkı maddesi olarak renklendirici amaçlı kullanılmaktadır (Carocho vd., 2015).

Fenolik bileşiklerin stabilitesini sabit tutmak ve iyileştirmek için kapsülleme teknikleri kullanılmaktadır. Bu yöntemler arasında kompleks koaservasyon, dondurarak kurutma ve püskürtmeli kurutma öne çıkmaktadır (Mar vd., 2020; Souza vd., 2020).

1.3. Kombucha Çayı

Çay kendi içinde siyah, yeşil, beyaz, oolong, sarı ve koyu çay olarak çeşitlilik göstermektedir (Bhattacharyya vd., 2007 ; Wang vd., 2008; Chen vd., 2009 ; Ning vd., 2017). *Camellia sinensis* türünden farklı üretim teknikleri ile çeşitli (siyah, yeşil, beyaz, oolong) çayları meydana gelmektedir. Yeşil çayın antioksidan içeriği diğerlerine kıyasla daha güçlüdür (Düşgün, 2022). Çay, kokusu, tadı ve renginin yanında maliyetinin düşük olması ve içerdiği antioksidanlar sayesinde tüm dünyada popülerite kazanmış bir içecektir (Şatır, 2023). Çayın antioksidan, antibakteriyal, antimutajenik potansiyellerinin yanı sıra diyabet ve obezite içinde fayda sağladığı bilinmektedir (de Oliveira vd., 2023).

Çay çeşitlerinden biri olan Kombu çayı, içme suyu ve şeker ile oluşturulan karışımın Scoby ve bakteri yardımı ile fermantasyon işlemi sağlanarak oluşturulan sağlıklı bir içecektir (Jarrell vd., 2000; Jayabalan vd., 2014; Yıldız vd., 2023). Kombu çayı farklı çaylar (oolong, beyaz, siyah ve yeşil) kullanılarak elde edilebilen (Leal vd., 2018), FDA tarafından güvenli bir içecek olduğu rapor edilen sağlığa faydaları olan bir içecektir (Villarreal-Soto vd., 2018).

Kombu çayı antioksidan, antimikrobiyal ve antikarsinojenik potansiyelleri ve probiyotik etkileri ile dünya çapında tüketiciler tarafından büyük ilgi görmüştür ve hızlı bir şekilde tüketimi artmıştır (Watawana vd., 2015).

Kombucha çayını elde ederken hammaddenin türü, miktarı ve fermantasyon sağlanırken ortam sıcaklığı çayın kalitesi üzerinde önemli kalite kriterlerindendir (Bishop vd., 2022). Fermantasyon süresi ile kombucha içeriğindeki fenolik bileşiklerin doğrusal olarak arttığı bilinmektedir (Chu ve Chen, 2006). Kombucha eldesinde kullanılan siyah çay içerdiği kafein ve teofilin sayesinde daha iyi bir substrat görevi görmektedir (Reiss 1994; Jayabalan vd., 2007; Essawet vd., 2015).

Yapılan bir çalışmada kombucha elde ederken 28°C' nin oda sıcaklığına göre ürün için fermantasyon sürecini kısalttığı ve bu sıcaklık değeri için kombucha çayında fenolik bileşik içeriklerinin yükseldiği bildirilmiştir. Sonuç olarak kombucha çayı için en iyi

üretim koşulları 28°C sıcaklık, 10-15 günlük fermentasyon süreci ve pH değeri 2.5-4.5 arası olduğu rapor edilmiştir (Sağlam vd., 2021).

Kombu çayı bileşenleri arasında vitamin B, lif, şeker, C vitamini, karbondioksit, demir, organik asitler, etil alkol, amino asitler ve polifenoller mevcuttur (Jayabalan vd., 2014; Miranda vd., 2016). Bileşenler arasında asetik asitler ile glukuronik asitte yer almaktadır (Cardoso vd., 2020). Kombucha çayı içerdiği bu biyoaktif bileşikler ile güçlü tedavi edici özellikler taşımaktadır ve bu sayede birçok hastalığın önlenmesinde ve iyileştirilmesinde potansiyel bir ürün olarak görülmektedir (Selvaraj ve Gurumurthy, 2022).

Kombucha çayı metabolitleri arasında bulunan asetik asit; patojen mikroorganizmalar üzerinde inhibe edici, glukonik asit; mayaların neden olduğu enfeksiyonlarda etkili, glukuronik asit; yaşlanmayı engelleyici, glukarik asit; antikanser etki, laktik asit; kansere karşı etkili, sindirim sorunlarında ve kan dolaşımına destekleyici, usnik asit; antiinflamatuvar ve antiviral potansiyel göstermektedir (Blanc, 1996; Liu vd., 1996). Folik asit; kalp hastalıkları, kanser, yaşlanmaya karşı etkiler gösteren, hafıza oluşumunu destekleyen, amino asitler; yaşlanmayı geciktirmede, B3 vitamini; serbest radikallere karşı savunmada etkilidir (Chandrakala vd., 2019). Bütirik asit; hücre zarlarını olası hasarlara karşı korumada, beta- glukun; serbest radikallere karşı savunmada, insülin ve bağışıklık için etkiler göstermektedir (Thornton vd., 1996). Enzimler; glutatyon üretiminde, karbonik asit; kandaki pH düzenlemesinde görev alır (Tietze, 1996). Sitrik asit; C vitamini kaynağı olarak, oksalik asit; hücrede enerji üretimine destek olmaktadır (Jayabalan vd., 2014). Metabolitler arasından kateşinler yüksek antioksidan potansiyelli ve serbest radikallere karşı savunma sağlamaktadır (Jayabalan vd., 2007; Lobo vd., 2017). Malik asit; karaciğeri toksik maddelere karşı korumada (Srihari ve Satyanarayana, 2012), D-sakkarik asit; antioksidan etki göstermede destek sağlar (Wang vd., 2010). Vitaminlerden B1; serbest radikalleri gidermede ve bu sayede kanser hücrelerini inhibe etmede, beyin hücreleri için gençleştirici etki sağlamada, B2; alerji oluşumunu engellemede, B6; felç gibi durumlara karşı savunmada, serbest radikalleri gidermede, obezite ile savaşmada, B12 hafıza desteklemede ve C vitamini güçlü antioksidan özellik sağlamaktadır (Bauer-Petrovska ve Petrushevska-Tozi, 2000).

Kombucha çayının antioksidan, antikanser, bağışıklık destekleyici potansiyelleri içeriğindeki biyoaktif bileşenler sayesinde var olmaktadır (Jayabalan vd., 2008).

Yapılan bir çalışmada siyah ve yeşil çaylar ile elde edilen kombucha çaylarının içeriğinde, fenolik bileşiklerden özellikle fenolik asitler ve flavonoidlerin öne çıkan bileşiklerden olduğu kaydedilmiştir (Cardoso vd., 2020).

Kalkan vd., (2020) çalıştıkları analizlerde farklı çay türlerinden kombucha çayı üretmişlerdir ve sonuçlarda antimikrobiyal etkinlikte en yüksek verim yeşil çayda gözlemlenmiştir.

Kombucha çayında fermentasyon sürecinde düşük pH; patojen mikroorganizmaların gelişimini engelleyerek ürünün raf ömrünü uzatmaktadır (Savan, 2022).

Yapılan bir çalışmada fermentasyona bırakılan siyah ve yeşil çay ile hazırlanan kombucha çaylarının, fermentasyon ilerledikçe antioksidan içerik ve fenolik bileşik içeriğinde önemli derecede yükselme olduğu rapor edilmiştir (Düşgün, 2022).

Yapılan çalışmalarda kombucha çayının kolesterolde düşürücü etkisi olduğu, karaciğer fonksiyonlarında iyileştirici etki gösterdiğini, obezite önleyici, kansere karşı koruyucu, antidiyabetik potansiyeli, romatizmalarda etkili olduğu gibi gözlemler bildirilmiştir (Dufresne ve Farnworth, 2000; Jayabalan vd., 2014).

Kombucha çayı güçlü antioksidan içeriği ile kanser tedavisi için önemli bir rol oynayabilmektedir (Srihari vd., 2013a, Jayabalan vd., 2014).

Kombucha çayı antidiyabetik (Srihari vd., 2013b), antiinflamatuvar etki (Vázquez-Cabral vd., 2017), antimikrobiyal (Sreeramulu vd., 2000; Battikh vd., 2012a, 2012b; Bhattacharya vd., 2016) gibi potansiyellere sahiptir.

Yapılan çalışmalarda Kombucha çayının, *Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis*, *Shigella sonnei* ve *Salmonella typhimurium*'un gelişmesinin durdurduğu rapor edilmiştir ve bu durum Kombucha çayının antimikrobiyal etkisini ortaya koymaktadır (Sreeramulu vd., 2001).

Yapılan bir çalışmada, kombucha çayına nane eklenmesi ile yeni bir ürün oluşturulmuştur. Bu üründe fenolik bileşikler, antioksidanlar, duyuşal değerdendirmeler üzerine araştırmalar yapılmıştır ve sonuç olarak fenolik bileşik içeriği yükselmiş ve duyuşal değerdendirmelerde siyah ve yeşil çaydan üretilen kombucha çayına göre nane eklenen kombucha çayı daha çok beğenilmiştir (Kayışoğlu ve Coşkun, 2021).

Savan (2022), yaptığı çalışmada kombucha çayına %5 ve %10 oranlarında Trabzon hurması özütlerinden eklemiştir ve antioksidan ile fenolik bileşik içerikleri için araştırmalarda bulunmuştur. Yeşil çaydan üretilen kombucha çayına %10 eklenen Trabzon hurması özütleri, diğerd çaydan üretilen ve hurma eklenen çaylara göre daha yüksek antioksidan ve fenolik içerik göstermiştir. Trabzon hurması eklenen tüm kombucha çaylarında antioksidan aktivitenin yükseldiğı rapor edilmiştir.

Yapılan bir çalışmada depolama süresince zarar gören ve hemen çürüyebilen üzümler için raf ömrünü uzatmak amacı ile kombucha çayının kullanılabilirliğı

araştırılmıştır. Hasat edilen üzümler kombucha çayı içinde 15 dakika bekletilerek 4°C de depolamaya alınmıştır. Sonuçlarda ise üzümlerin içinde bulunan vitamin C'nin aktivitesinin sabit kaldığı, ürünlerin raf ömrünün uzatılabilmesinin sağlanabildiği gözlemlenmiştir (Zhou vd., 2019).

Temizgül, (2021), tarafından yapılan bir çalışmada sucuk üretimi için kimyasal olan nitriti azaltabilmek için kombucha çayı ekstraktlarının kullanılabilirliğini araştırmıştır. Sonuçlarda ise sucuk üretiminde kombucha çayı ekstraktlarının kullanımının pH değerinde önemli bir düşüş sağladığı bu özelliğinin zararlı mikroorganizmalar üzerinde etkili olacağı, nitrit kullanım oranını azaltmada etkili olduğu kaydedilmiştir. Duyusal değerlendirmelerde herhangi bir olumsuzluk oluşturmadığı bildirilmiştir.

1.4. Sarı Halile (*Terminalia citrina*)

Güneydoğu Asya da 200 türü olan *Terminalia Combretaceae* familyasının ikinci en yaygın cinsidir (Fahmy vd., 2015; Hussain, 2021). *Terminalia citrina* Bangladeş'te dağlık alanlarda yaygın bulunan, yaprak döken bir ağaçtır. Bu bitki Bangladeş'te uzun süreli ateş, iştah kaybı ve cinsel uyarıcı olarak çeşitli hastalıkların tedavisinde kullanılmaktadır. Bu bitkinin yaprakları ağrı kesici özelliğe sahip, anti-inflamatuar, anksiyolitik ve antihelmintik aktiviteler ile öne çıkmaktadır. Bitkinin kabuk kısımları diüretik ve kardiyotonik etkilere sahiptir, tohumları mide ağrıları ve bağırsak hastalıklarında tedavi edici özellik göstermektedir. Bitkinin diğer tedavi edici özellikleri arasında ise astım, diyare, çibanlar, yanıklar, kabızlık, migren, diş hastalıkları, hemoptizi (kanlı balgam), baş dönmesi, kanamalı hemoroitler, göz hastalıkları, mide asiditesi, anemi, artrit, kısıklık, dizanteri, ateş, enfeksiyonlar, travmatik kesikler, kalp hastalıkları, öksürük, hepatomegali (karaciğer büyümesi), ürolitiazis (idrar yolu taşı) ve yaşam süresi uzatımı gibi hastalıklar içinde Myanmar'da etkili bir şekilde kullanılmaktadır (Das vd., 2016). *Terminalia citrina*'nın antimikrobiyel aktiviteye sahip olduğu bilinmektedir (Burapadaja ve Bunchoo, 1995).

Terminalia citrina bitkisinin fitokimyasal içeriğine bakıldığında; alkaloidler, karbohidratlar, zengin fenolik bileşikler, kateşinler, tanenler, terpenler ve E vitamini gibi önemli bileşiklere sahip olduğu görülmektedir (Othman vd., 1995).

Serbest radikaller hücre içerisinde hasarlara neden olmakta ve en önemlisi lipid peroksidasyonuna neden olabilmektedir. Serbest radikaller membran üzerinde kalıcı yıkımlara sebebiyet vermektedir (Islan vd., 2015). Serbest radikaller kanser, Alzheimer ve kalp hastalıklarında sebebiyet vermektedir ve bu gibi hastalıkların önlenmesinde tıbbi

bitkiler üzerinde yapılacak bilimsel araştırmalar büyük önem kazanmaktadır (Kris-Etherton vd., 2004).

Bazı *Terminalia* türlerinin membran stabilizasyonu sağladığı ve reaktif oksijen türlerinin (ROS) sebebiyet verdiği diyabet ve kanser, kalp hastalıkları için sahip olduğu anti-inflamatuar ve antioksidan özellikleri ile tedavi edici olarak kullanılabileceğı bildirilmiştir (Murningsih ve Fathoni, 2016; Rajkumari vd., 2018; Özler vd., 2023).

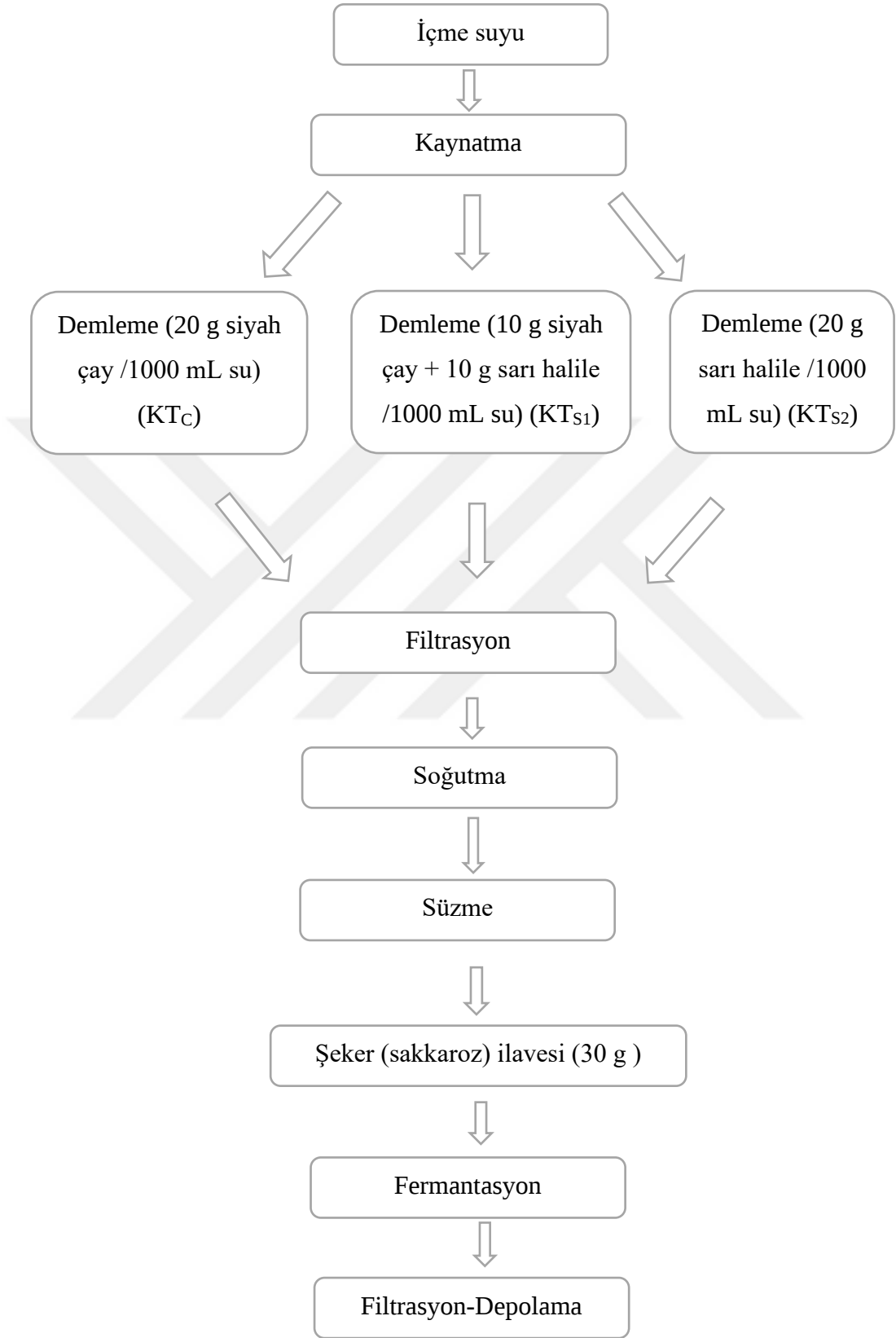
2030'a kadar, küresel ölümler arasında önemli bir sayıya ulaşması tahmin edilen diyabet hastalığına (Jamali vd., 2018), savunma mekanizması geliştirebilen bitkilerin varlığının araştırılması büyük önem arz etmektedir. *Terminalia citrina* bitkisinin anti-diyabetik aktivitesine sahip olması diyabet hastalığı üzerinde doğal tedavi edici olarak kullanılabileceğine umut olmuştur (Saleem vd., 2024).

1.5. Fermantasyon

Fermantasyon anaerobik koşullarda büyük moleküllu maddelerin mikroorganizmalar yardımıyla daha küçük moleküllere çeviren ve bunun sonucunda daha faydalı ürünler oluşturan, duysal özelliklerini geliştiren önemli bir süreçtir (Peggy ve Ofori, 2007). Fermantasyon; doğal fermantasyon, starter kültür kullanılarak oluşturulan fermantasyon ve bir önceki ürün kullanılarak oluşturulan fermantasyon olarak üç gruba ayrılmaktadır (Voidarou vd., 2017; Oktay ve Özbaş, 2020).

Fermantasyon kullanılarak oluşturulan besin grupları arasında süt ve süt ile hazırlanan ürünler, balık, et, tahıllar ile meyveler ve sebzeler yer almaktadır (Kumari vd., 2021; Ünsal ve Yıldırım, 2023). Gıdalarda ve içeceklerde kullanılan fermantasyon, ürünlerin besin değerini yükseltmektedir, bununla beraber depolama koşullarında raf ömrünü uzatmayı sağlamakta ve ürünlerin duysal özelliklerini iyileştirmede önemli bir rol oynamaktadır (Asghar vd., 2017; Samtiya vd., 2021). Fermantasyon gıda raf ömrünü uzatmak ve besinlerin biyoyararlılığını artırmak için kullanılan yöntemdir (Yılmaz vd., 2023). Fermantasyon işlemi ile oluşturulan ürünler hammaddeden farklı bir yapıya sahip, sağlık açısından faydaları yüksek bir grubu oluşturmaktadır. Fermente ürünler anti-hipertansif, anti-hiperlidemik, antioksidan, antimikrobiyal, antikanser ve anti-inflamatuar özellikleri ile hastalıkları önlemede rol oynamaktadır. Bu özellikleri ile fermantasyon besin gruplarından hammaddeden farklı olarak oluşturduğu fonksiyonel ürünler ile dünyada insan sağlığı üzerinde önemli süreçlerde rol oynayan, gıdaları iyileştiren özellikleri ile aktif olarak kullanılan bir yöntem olarak yerini korumaktadır (Ünsal ve Yıldırım, 2023). Fermente besinler içerdığı probiyotikler ile bağışıklık güçlendirici etkiler sağlamaktadır (Ünsal ve Yıldırım, 2023; Yılmaz vd., 2023).

1.6. Sarı Halile Bitkisi ile Kombucha Çayı Eldesi Akış Şeması



Şekil 1. 1. Sarı halile ile elde edilen Kombucha Çayı'nın üretim akış şeması

1.7. Çalışmanın Amacı

Son yıllarda tıbbi bitkiler içerdği antioksidanlar, fenolikler ve flavonoidler ile doğal tedavi edici olarak kullanılmaktadır. Değişen küresel şartlar ile beraber tüketiciler sağlıklı gıdalara ve içeceklere yönelmekte, yapay ilaçlar yerine doğal çözüm arayışında bulunmaktadır. Tıbbi bitkilerin tercih edilme nedenleri arasında ekonomik koşullarda öne çıkmaktadır. Günümüzde çoğu hastalığın tedavisi bulunmamaktadır ve bunun için doğada yer alan birçok bitki henüz keşfedilmemiştir. Özellikle son yıllarda yaşanan gıda, içme suyu, dışkılardan kaynaklanan salgınlar nedeni ile insan sağlığını gözeterek, bu hastalıkların tedavisinin bulunması, bilime katkı sağlamak elzem bir durum haline gelmiştir. Bilimsel araştırmalar için birçok araştırmacı yeni tıbbi bitkiler arayışında bulunmakta ve literatüre katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

Bu çalışmada amaç, fonsiyonel fermente bir ürün olan Kombucha çayını, fenolikler ve flavonoidler yönünden yüksek içeriğe sahip olan Sarı halile bitkisi ile fitokimyasal içeriği zengin bir içecek haline getirmek ve yeni fonksiyonel bir ürün oluşturmaktır. Özellikle oluşturulan bu içeceğin (DPPH·) ve (ABTS⁺⁺) giderme aktivitesi, Cu²⁺-Cu⁺ ve Fe³⁺-Fe²⁺ indirgeme kapasitesi, total fenolik bileşik miktarı, total flavonoid bileşik miktarı yöntemleri ile antioksidan içeriğini belirlemek ve antibakteriyel özelliklerinin de araştırılması çalışmanın öne çıkan hedeflerindendir. Sarı halile bitkisinin yapılan çalışmalarda antidiyabetik, anti-inflamatuar, antikansorejen gibi özelliklerinin de olduğu ortaya koyulmuştur. Bu şekilde sarı halile bitkisi için bazı hastalıkların tedavisinde potansiyel bir iyileştirici olarak kullanımını sağlamak, kaynak eksikliklerinin giderilmesi adına bu çalışmayı literatüre dahil ederek hiç denenmemiş yeni sağlıklı bir ürün geliştirilip kullanım olanaklarının da artırılması amaçlanmaktadır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Mahapatra vd., (2012), Hindistan’ da yaptıkları bir çalışmada içerisinde *Terminalia citrina*’nın da bulunduğu 15 farklı yabani meyvenin biyokimyasal özelliklerini araştırmışlardır. *Terminalia citrina* diğer meyvelere kıyasla askorbik asit içeriği 53.53 oranı ile kayda değer bir değer göstermiştir. Yine *Terminalia citrina* için yapılan incelemede fenol içeriği %3.04 olarak bulunmuştur.

Hossan vd., (2009), yaptıkları bir anket araştırmasında Bangladeş’ te tripura halkından, bölgedeki şifalı bitkilerin neler olduğu, bu bitkilerin nerelerde hangi tedavi için kullanılacağı hakkında bilgiler almaya çalışmıştır. Bu bölgede tıbbi amaçlı kullanılan *Terminalia citrina* bitkisi için uzun süreli ateş, iştah kaybı ve cinsel uyarıcı olarak kullanıldığı bilgilerine erişilmiş ve sonuçlar kaydedilmiştir. Bitkinin kullanım alanlarının genişletilebilmesi için daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulduğu sonucuna varılmıştır.

Yapılan bir çalışmada *Terminalia citrina* yapraklarından hazırlanan metanolik ekstresinin test grupları üzerinde iyi bir hipoglisemik aktivite düşürücü özelliği olduğu, anti-diyareik ve trombolitik aktivite potansiyeline sahip olduğu gözlemlenmiştir. Test grupları üzerinde merkezi sinir sistemi için yapılan uyku gözlemlerinde, uyku süresinde herhangi bir değişikliğe sebebiyet vermediği gözlemlenmiştir. Bu çalışmada *Terminalia citrina* için yapraklarında fitokimyasal tarama testleri sonucunda alkaloidler, flavonoidler, tanenler, indirgen şekerler ve karbohidratlar tespit edilmiş ve akut toksisite kontrolünde test hayvanlarında ağızdan verilen dozlar sonucunda herhangi bir ölüm ve toksik etki göstermediği gözlemlenmiştir (Das vd., 2016).

Malezya’da gıda ve içme suları kaynaklı ishal vakaları için yapılan bir çalışmada bazı patojenlerin (*Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *ESBL Escherichia coli*, *MRSA Staphylococcus aureus* neden olduğu hastalıklara karşı fitokimyasal içeriği yüksek *Terminalia citrina*’nın ekstraktları üzerinde araştırmalar yapılmıştır. *Terminalia citrina*’nın bu patojenler üzerinde iyi bir inhibe edici aktivite gösterdiği gözlemlenmiştir. Bu aktivite bitkinin antibakteriyel özelliğini öne çıkarmakta ve patojen mikroorganizmalarla kontamine olmuş içme sularının, gıdaların ve dışkının sebebiyet verdiği önemli hastalıklarla mücadele etmede tedavi yöntemi olarak kullanılabileceği gözlemlenmiştir (Cheesman vd., 2023).

Ayodele vd., (2010), çalışmalarında *Terminalia citrina* bitkisinin köklerinden hazırlanan ekstraktlarının, diğer bölümlerden hazırlanan ekstraktlara göre daha fazla antimikrobiyal potansiyele sahip olduğunu bildirmiştir.

Antioksidanlar, insan vücudunda serbest radikallerin meydana getirdiği Alzheimer, kanser ve kalp hastalıkları gibi hastalıklara karşı savunma sağlamaktadır (Koca ve Karadeniz, 2005). Doğal antioksidanlar yapay antioksidanlara göre daha fazla ilgi görmektedir ve yapay antioksidanların hastalıklara karşı savunma mekanizması geliştirememesi ve hastalıklara sebebiyet vermesi gibi durumlardan ötürü kullanım alanları sınırlıdır (Yavaş, 2011).

Murningsih ve Fathoni (2016), dört *Terminalia* türü (*Terminalia catappa*, *Terminalia citrina*, *Terminalia bellirica* ve *Terminalia macadamii*) üzerinde *in vitro* metanol ile ekstrakte edilen kabuk özleriyle antioksidan ve anti-inflamatuar potansiyellerini, fenolik ve flavonoid değerlerini araştırmıştır ve membran stabilizasyonunu değerlendirmişlerdir. Sonuçlarda en yüksek anti-inflamatuar potansiyel *T.catappa* ekstresinde ($IC_{50} = 97.83 \mu\text{g/mL}$) gözlemlenirken, en yüksek fenolik $84,8167 \pm 0.5341 \text{ mg GAE/g}$ ve toplam flavonoid içeriği de $23.1200 \pm 1.7149 \text{ mg RE/g}$ *T.citrina* olarak kayda geçmiştir. Aynı zamanda *T.citrina* diğerlerine kıyasla en düşük anti-inflamatuar etkiyi göstermiş, en düşük antioksidan etkiyi de *T.bellirica* göstermiştir. En düşük fenolik ve flavonoid içerik ise *T.macadamii* olarak tespit edilmiştir. *T.catappa* 'ya göre *T.citrina* 'nın antioksidan etkisi zayıf kalmıştır.

Doğal antioksidanlar için yapılan araştırmalarda keten (*Linum usitatissimum*) tohumu ve altın çilek (*Physalis peruviana*) (Han, 2012), kiraz (Kapçı, 2013), biberiye ve mercanköşk (Aysel, 2008), *Picea orientalis* kozalağı (Topal, 2018), elma (Karaman, 2008), incir ve kayısı (Görünmezoğlu, 2008), mantar (Sarıkürkcü, 2009), *Pinus sylvestris* kozalağı (Topal, 2020), lavanta (Gülçin vd., 2004a), erik (Küçükçoban, 2009), muşmula (Gülçin vd., 2011a), üzüm (Payan, 2007), çay (Akış, 2010), ahududu (Sarıburun, 2009), mersin (*Myrtus communis*) ve turna yemişi (*Vaccinium macrocarpon*) (Annakkaya, 2012), adaçayı (*Melisa officinalis*) (Köksal vd., 2011), karnabahar (Köksal, 2007), zeytin (Gökce, 2009), karabiber (Gülçin, 2005), kuzukulağı ve dereotu (İşbilir, 2008), ısırgan (Gülçin vd., 2004b), böğürtlen (Sarıburun, 2009), kızılcık (Eser, 2010), anason (Gülçin vd., 2003), pancar (Kasapoğlu, 2015) gibi birçok üründe antioksidan aktivite analizleri yapılmıştır.

Terminalia citrina ve *Terminalia chebula* bitkilerinin kurutulmuş meyveleri üzerinde antioksidan, mutajenik aktivite ve antibakteriyel özellikler araştırılmıştır. *T.chebula* 'nın *T.citrina* 'ya göre antioksidan kapasitesinin daha yüksek olduğu öne çıkmakta ve her iki bitkinin antibakteriyel aktivitesinin yüksek olduğu gözlemlenmiştir ve antibakteriyel analizlerde *T.chebula* ve *T.citrina* ekstraktlarına karşı en hassas bakteri *Bacillus subtilis* subsp. *spizizenii* ATCC 6633 olarak bulunmuştur. Ayrıca bu çalışmada

yapılan mutajenik analizlerde iki bitkininde yüksek dozlarda (50 µL/plak) kullanıldığında mutajenik ve sitotoksik etki gösterdiği bildirilmiştir (Murathan vd., 2020)

Kuşburnu meyvesi içerdiği zengin fenolikler sayesinde iyi bir antioksidan kaynağı olarak bilinmektedir (Koczka vd., 2018).

Yapılan çalışmada *Terminalia citrina* bitkisinin su ve alkol ekstraktları ile elde edilen sonuçlarda bitkinin güçlü bir antioksidan kaynağı olduğu ve bu sayede serbest radikaller üzerinde inhibe edici özellik gösterebileceği bildirilmiştir. *Terminalia citrina* bitkisinin ekstraktlarının kolinesteraz enzimleri üzerinde inhibe edici özellik göstermesi de Alzheimer hastalığına potansiyel doğal bir çözüm olarak görüldüğü rapor edilmiştir (Özler vd., 2023).

Das vd., (2015), yaptıkları bir çalışmada sıçanlar üzerinde *Terminalia citrina* yapraklarının metanol ekstraktını farklı dozlarda kullanmıştır ve bunun sonucunda bitkinin bir toksisiteye sebebiyet vermediği bildirilmiştir.

Das vd., (2016), *Terminalia citrina* yapraklarının metanol ekstraktında yüksek flavonoid ve antioksidan tespit etmiştir ve bu içerikleri ile serbest radikallerde önemli bir düşüş sağladığını ortaya koymuştur.

Rajkumari vd., (2018), oksidatif strese karşı *Terminalia citrina* bitkisinin yaprak ekstraktlarının üzerinde incelemelerde bulunmuştur ve bu ekstraktın hidrojen peroksit (H_2O_2) karşı yüksek savunma mekanizması geliştirdiğini bildirmişlerdir. Yaprak ekstraktlarının GC-MS analiz sonuçlarında yüksek fitokimyasal içeriğine vurgu yapılmıştır. Bu ekstraktların içerdiği fitokimyasallar sayesinde *Saccharomyces cerevisiae*'nin mutant suşlarında önemli derecede hücre koruması sağladığı gözlemlenmiştir.

Yapılan çalışmalarda *Terminalia citrina*'dan EtOAc ekstraktından elde edilen bileşiklerin önemli bir antioksidan, antibakteriyel ve antifungal özellikleri ile bilinen on üç furofuran lignan glikozit, beş furofuranon lignan glikozit, α -keto tetrahidrofuran lignan glikozidi, 18 furofuran (one) lignan glikozidi içerdiği bilimsel olarak ortaya konulmuştur ve meme kanseri için anti-östrojenik etki gösterdiği rapor edilmiştir (Muhit vd., 2016a; Muhit vd., 2016b; Muhit vd., 2018).

Saleem vd., (2017), *Terminalia citrina* meyvelerinin ekstraktlarıyla fareler üzerinde yaptıkları bir deneyde anti-enflamatuar, analjezik ve antipiretik aktiviteler gösterdiğini ve etanolik ekstraktın sulu ekstrakta göre daha etkili olduğunu rapor etmişlerdir.

Terminalia citrina 'nın yüksek flavonoid içeriği özelliği ile prostaglandin sentezini inhibe ettiği öne sürülmektedir (Manthey, 2000).

Saleem vd., (2024), Wistar sıçanları üzerinde hipoglisemik aktivite ve toksisite analizleri için *Terminalia citrina* meyvesinin ekstraktlarını kullanmışlardır. Bu çalışmada *Terminalia citrina* bitkisinin metanolik ekstraktının alfa amilazı iyi derecede inhibe ettiği kaydedilmiştir. Bitki ekstraktı *in vivo* ve *in vitro* anti-diyabetik aktivite göstermiştir. Wistar sıçanları üzerinde bitki ekstraktları hipoglisemik ve anti-hiperlipidemik etki göstermiştir. *T.citrina* ekstraktları flavonoidler ile fenoller yönünden zengin ve bu ekstraktlarda 10-octadecenoic acid ve pentadecanoic acid bileşenlerinin varlığı tespit edilmiştir. Belirli dozlarda kullanılan ekstraktların toksik etki göstermediği, ölüm gözlemlenmediği ve güvenle kullanılabileceği öne çıkmaktadır.

Yapılan çalışmalarda insanlarda oluşan cilt kanseri gibi hastalıkların UV ışınlarına bağlı olduğu gözlemlenmiştir. Antioksidanlar çeşitli kanser türlerine karşı savunma sağlamaktadır. UV ışığın neden olduğu hastalıklara karşı antioksidanların savunma mekanizması sağladığı tespit edilmiştir (Stahl ve Sies, 2002).

Antioksidanlar kansere karşı savunma sağlayabilmektedir. Ateroskleroza engellemede ve bağışıklık sistemini güçlendirmede rol oynamaktadırlar. Avokado içerdiği zengin antioksidanlar ile beraber Alzheimer hastalığında iyi bir önleyici olarak rol oynayabileceği öngörülmektedir (Romero-Márquez vd., 2023).

Farklı meyveler üzerinde antioksidan potansiyeller belirlemek amacı ile yapılan araştırmalarda ahududu meyvesinin böğürtlen meyvesine kıyasla daha yüksek antioksidan aktivite gösterdiği görülmüştür (Sariburun, 2009).

Gamboa-Gómez vd., (2016), Meksika defneyaprağı (*Litsea glaucescens*) ve okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis*) gibi ürünler kullanarak ürettikleri kombucha numuneleri için antioksidan aktivite çalışmaları yapmışlardır. Bu iki üründen üretilen kombucha çayları için DPPH serbest radikal giderme aktiviteleri okaliptüs için 2.70 ± 0.01 ve Meksika defne yaprağı için 2.7 ± 0.1 olarak tespit edilmiştir ve antioksidan potansiyelin fermentasyon ilerledikçe yükseldiği görülmüştür.

Yapılan bir çalışmada kombucha çayı eldesinde muz kabuğu ve ısırgan otu kullanılmıştır. Elde edilen kombucha çaylarında antioksidan özellikler araştırılmıştır. Verilere göre muz kabuğu ile elde edilen kombucha çayında DPPH giderme aktivitesi %94.6, ısırgan otu ile elde edilen kombucha çayı için DPPH giderme aktivitesi %92.4 olarak tespit edilmiştir (Pure ve Pure, 2016).

Yapılan bir çalışmada kombucha çayına ıspanak ve brokoli eklenerek kombucha çayları elde edilmiştir. Antioksidan aktivite belirlemek için DPPH radikal giderici metod uygulanmıştır. Sonuçlar % olarak kaydedilmiştir. Ispanak ile elde edilen kombucha çayında DPPH serbest radikal giderme aktivitesi %20.80, brokoli ile elde edilen kombucha

çayının DPPH serbest radikal giderme aktivitesi %12.51 olarak gözlemlenmiştir. Ispanak ile hazırlanan kombucha çayının brokoli ile hazırlanan kombucha çayına göre daha yüksek antioksidan aktivite göstermiştir (Artanti vd., 2017).

Yapılan bir çalışmada muşmula meyvesinin kombucha çayı üretiminde kullanılmasının antioksidan aktivite potansiyelini yükselttiği bildirilmiştir (Yıldız vd., 2023).

İçerdiği antioksidanlar ile meyve ve sebzeler insan tüketimi ile kronik hastalıkların engellenmesinde önemli rol oynamaktadır (Gülçin, 2020).

Bazı meyve türlerinde, meyvelerin kabukları ve tohum gibi kısımlarının antioksidan özellikleri analiz edilmiştir. Greyfurt, portakal, limon meyvelerinde kabuk, tohum gibi atık kısımların meyvenin diğer kısımlarına göre daha yüksek antioksidan içeriğine sahip olduğu gözlemlenmiştir (Sir Elkhatim vd., 2018).

Çalışkan vd., (2023), yaptıkları çalışmada Aronia Melanocarpa suyu ile hazırladıkları kombucha çaylarında yüksek antioksidan aktiviteleri tespit etmişlerdir. Bu durumun serbest radikallerin neden olduğu kanser gibi hastalıkların tedavisinde kullanılabilirliği için umut verici olduğunu, fonksiyonel bir ürün olarak kullanılabileceğini bildirmiştir.

Sentetik antioksidanların toksisite ve kanserojen etkileri gibi zararlarından ötürü kullanımına ilişkin kısıtlamalar sağlanmıştır. Bu nedenle doğal antioksidanlar üzerine araştırmalar hız kazanmıştır ve bu antioksidanların serbest radikallerle savaşarak sağlık üzerinde gösterdiği olumlu sonuçlar da tüketimini ve popülaritesini de artırmıştır (Gülçin, 2020).

Serbest radikaller gıda ürünlerinde lipid oksidasyonu meydana getirerek kalite kayıplarını, aroma ve tat bozukluğu ve hücrel hasar gibi zararlara neden olabilmektedir. Antioksidanlar serbest radikallerin oluşmasını engelleyerek gıdalardaki bu bozulmalara karşı savunma sağlayabilmektedir (Halliwell, 1997; Topal, 2014).

Antioksidanlar yönünden zengin içerikli olan meyve ve sebzelerin tüketimi ile beraber koroner ateroskleroz hastalığının oluşma olasılığı azalmaktadır (Rimm vd., 1996a; Topal, 2014).

Vitis vinifera L. içerdiği antioksidan bileşiği resveratrol ile antikanser potansiyeli göstermekte ve kanser hücrelerinin oluşumunu engellemektedir (Elfogohi, 2019).

Üzüm, yaban mersini ve çilek gibi meyvelerde doğal olarak bulunan resveratrol bileşiği güçlü antioksidan özellikleri ile kalp hastalıklarında önleyici olarak kullanılabileceği öngörülmektedir (Ekbul, 2004).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Örneklerin Hazırlanması

Materyaller siyah çay, sarı halile, sakkaroz ve Scoby kültürü olarak belirlendi ve temin edildi. Sarı halile bitkisi laboratuvar çalışmaları için öğütülerek toz haline getirildi. İçme suyu kaynatıldı ve kontrol, sarı halile eklemesi ile siyah çay ve sarı halilenin birlikte kullanılması ile oluşturulan üç örnek 90°C de 30 dakika demlendi. Tüm örnekler için filtrasyon işlemi sağlanarak 25°C ye kadar soğutmaya bırakıldı ve şeker ilavasei yapıldı. Daha sonra soğutulup süzülen örnekler scoby kültürünün sıvı kısmından (%1) ve bir miktar da scoby kültürü eklenerek aynı sıcaklıkta steril ağzı tülbent ile kapalı cam kavanozlarda ışık olmayan ortamda 21 gün fermentasyona bırakıldı. Fermentasyon süresi boyunca 7., 14. ve 21.günlerde kombucha çayı örnekleri ayrılarak; analiz edilmek üzere -18°C’de muhafaza edilmiştir.

3.2. Kullanılan Reaktifler ve Araçlar

2,2-Azino-bis (3-etilbenztiyoazolin-6-sulfonikası) (ABTS), Sodyum karbonat (Na_2CO_3), Demir (III) Klorür (FeCl_3), 1,1-difenil-2-pikril-hidrazil (DPPH) radikali, neokuprin (2,9-dimetil-1,10-fenantrolin), Folin- Ciocalteu’s phenol reagent, kuersetin, trikloroasetik asit (TCA), gallik asit, Potasyum Persülfat ($\text{K}_2\text{O}_8\text{S}_2$), Bakır (II) Klorür (CuCl_2), (Sternheim Germany).

UV-VIS Spektrofotometre

Pipetler

Vorteks Karıştırıcı

Hassas terazi

pH metre

Buzdolabı

Dijital Refraktometre

İnkübatör

3.3. Analiz Yöntemleri

3.3.1. Suda Çözünür Kurumadde (Briks) Tayini

Suda çözünür kurumadde miktarı dijital refraktometre ile ölçüldü.

3.3.2. Titrasyon Asitliği

Titrasyon asitliği örnekler alınarak fenolftalein indikatöründen 2-3 damla eklendi. 0.1 NaOH çözeltisi ile 8.1'e titre edilerek toplam asitlik değeri hesaplandı (AOAC, 2000).

3.3.3. pH Tayini

Düşük pH kombucha çayı üretiminde patojenleri inhibe etmede önemli bir etkindir (Savan, 2022). pH metre, pH'sı 4.00, 7.00 ve 10.1 tampon çözeltilerle kalibre edilerek homojenize edilmiş numunelerin pH değeri periyodik şekilde ölçülür (Cemeroğlu, 2010).

3.3.4. Renk Analizi

Örneklerin renk ölçümleri kolorimetre (3NH NR10QC Çin) cihazıyla gerçekleştirilmiştir. Ölçüm sonuçlarında L^* , a^* , b^* Hunter renk parametreleri okunur. L^* değeri parlaklık-koyuluk, $-a^*$ değeri yeşil, $+a^*$ değeri kırmızı, $-b^*$ değeri mavi $+b^*$ değeri sarı rengi göstermektedir. Sonuçlarda L^* , a^* , b^* değeri kullanılarak renk açısı parametreleri hesaplandı (Maskan, 2001).

3.3.5. Fe^{3+} - Fe^{2+} İndirgeme Kapasitesi Metodu

İndirgeme analizi Oyaizu esasına (1986) göre sağlandı. Standart antioksidan çözeltileri 1 mg/mL konsantrasyonunda hazır edildi.

0.2 M, pH:6.6 olan Fosfat tamponunun hazırlanması: 2.4 g Na_2HPO_4 90 mL saf suda çözündürüldü ve pH'sı 6.6 olacak şekilde ayarlanarak hacim 100 mL'ye tamamlandı.

% 0.1'lik $FeCl_3$ çözeltisinin hazırlanması: 0.165 g $FeCl_3.6H_2O$ destile suda çözündürüldükten sonra toplam hacmi 100 mL olacak şekilde tamamlandı. %10'luk TCA çözeltisinin hazırlanması: 10 g TCA destile suda çözündürülüp, son hacim 100 mL'ye saf suyla tamamlandı.

%1'lik $K_3Fe(CN)_6$ çözeltisinin hazırlanması: 1 g $K_3Fe(CN)_6$ alındıktan sonra belli bir miktar saf suda çözündürüldükten sonra son hacim 100 mL olacak şekilde tamamlandı.

Son olarak da 0.25 mL %0.1'lik $FeCl_3$ ilavesi yapılarak 700 nm'lik dalga boyunda saf suya karşı absorban değerleri okundu.

3.3.6. Cu²⁺-Cu⁺ İndirgeme Kapasitesi Metodu (CUPRAC)

Bu metod Cu²⁺-Neeokuprin'in Cu⁺-Neeokuprin'a indirgenmesidir. İndirgenen Cu⁺-Neeokuprin kompleksi 450 nm'de maksimum absorbans verir. CUPRAC metodu Apak metodunun değişimi ile yapılmıştır (Gülçin, 2008; Apak vd., 2022).

1 M'lık pH'sı 6.5 olan CH₃COONa tamponunun hazırlanması : 4 g CH₃COONa alınarak 40 mL destile suda çözündürüldü. pH-metre kullanılarak pH 6.5'e ayarlandı ve son hacim 50 mL'ye destile su eklenerek tamamlandı.

7.5x10⁻³ M'lık etil alkol içeren neokuprin çözeltisinin hazırlanması: 0.035 g Neokuprin alınarak 25 mL etil alkol içerisinde çözündürüldü.

0.01 M CuCl₂ çözeltisinin hazırlanması: 0.033 g CuCl₂ (MA: 134.5 g mol⁻¹) alınarak 25 mL saf suda çözündürüldü. Hazırlanan çözelti sırasıyla CH₃COONH₄ tampon çözeltisinden 0.125 mL, CuCl₂ çözeltisinden 0.01 M, 0.125 mL, neokuprin çözeltisinden 7.5x10⁻³ M, 0.125 mL alınarak numunelere eklendi ve son hacim saf su ile 1 mL'ye tamamlandı. 30 dakikalık beklemin ardından absorbans değerleri 450 nm'de saf suya karşı ölçüldü.

3.3.7. ABTS^{•+} Giderme Aktivitesi Tayini

ABTS radikal giderme aktivitesi Re ve vd.'nin yaptığı metod baz alınarak hazırlandı (Re vd., 1999).

ABTS^{•+} çözeltisinin hazırlanması: 50 mL saf su içerisine 0.075 g ABTS alınıp karıştırılarak çözüldü. Daha sonra üzerine 0.02 g K₂O₈S₂ bileşiğinden, 50 mL'lik ABTS^{•+} çözeltisi içerisine azar azar eklenilerek magnetik karıştırıcıda altı saat karıştırıldı. Hazırlanan örneklerden farklı konsantrasyonlarda deney tüplerine ilave edildi. İçerisine 0.5 mL ABTS radikal çözeltisi eklendi ve toplam hacim 2 mL olacak şekilde etanol eklendi. Tüpler karanlık ortamda yarım saat boyunca inkübe edildi. Absorbans 734 nm'de ölçüm yapıldı.

3.3.8. DPPH Serbest Radikal Giderme Aktivitesi Tayini

DPPH·çözeltisini hazırlanmak için; 0.0125 g DPPH·50 mL etil alkolde tamamen çözülünceye 6 saat süre içerisinde manyetik karıştırıcı ile karıştırıldı. Işıksız bir ortam sağlamak için beherin etrafı alüminyum folyo ile kapatıldı. Blois (1958) metoduna göre yapılan aktivite tayininde deney tüpüne 0.5 mL DPPH· çözeltisi ve 2 mL etanol eklendi. Deney tüplerine farklı konsantrasyonlarda örnekler eklendi ve son hacim 2 mL olacak şekilde etil alkol ile tamamlandı. Deney tüplerine hazırlanan DPPH· çözeltisinden 500 µL

eklendi ve ışık olmayan ortamda yarım saat bekletildi. Kör olarak etanole karşı 517 nm’de absorptions ölçüldü.

3.3.9. Total Flavonoid Bileşik Miktarı Tayini Yöntemi

Standart kuersetin çözeltisinin hazırlanması: 50 mg kuersetin 50 mL saf etanolda çözüldü.

%10’luk $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ çözeltisinin hazırlanması: İlk olarak 5 g Aliminyum nitrat alınarak 45 mL destile su içerisinde çözüldü.

1 M’lik CH_3COOK çözeltisinin hazırlanması: 5.2 g CH_3COOK alındıktan sonra 40 mL saf su içerisinde çözüldü ve sonra toplam hacimin 50 mL olması için tekrar saf su eklendi. Örnek örneklerdeki toplam flavonoid miktarı, Park ve vd., (1997)’nin yöntemi esas alınarak yapıldı. Hazırlanan örneklerden 1000 μL deney tüpüne eklendi. 100 μL (1 M) su içerisinde hazırlanan CH_3COOK ve %10’luk $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ çözeltisinden 100 μL ilave edildi. Deney tüpüne son olarak 3300 μL etanol ilave edildi ve karıştırıcıda karıştırıldı. 40 dakika boyunca oda sıcaklığında bekletildikten sonra 415 nm için absorptions değerleri ölçülerek kaydedildi. Bu yöntem tayini için kuersetin standart olarak kullanıldı ve hazırlanan standart kuersetin grafiğinden elde edilen denklem yardımı ile total flavonoid konsantrasyonu mikrogram kuersetin ekivalen (KE) olarak belirlendi.

3.3.10. Total Fenolik Bileşik Miktarı Tayini Yöntemi

Hazırlanmış olan stok çözeltilerdeki fenolik bileşik miktarı Folin-Ciocalteu reaktifi ile standart fenolik bileşik olarak gallik asit kullanılarak tespit edildi. Sarı halile örneklerinin toplam fenolik bileşik içeriğini belirlemek için gallik asitten grafik çizildi ve hazırlanan stok çözeltiler kullanılarak çalışıldı. Hazır olan stok çözeltiden 1000 μL örnek alınarak deney tüpüne eklendi ve hacim 23 mL’ye destile suyla tamamlandı. Karışıma önce 0.5 mL Folin-Ciocalteu eklendi ve 3 dakika beklenildikten sonra %2’lik Na_2CO_3 çözeltisinden 1.5 mL ilave edildi. Örnekler 2 saat boyunca karıştırılarak 760 nm’de absorptions destile sudan oluşan köre karşı okundu. Standart grafikten elde edilen denklem yardımı ile örneklerin absorptions değerleri için karşılık gelen gallik asit ekivalanı(GAE) miktarı belirlendi. Sonuçlar, (GAE) olarak ifade edildi (Köksal ve Gülçin, 2008).

%2’lik Na_2CO_3 çözeltisinin hazırlanması: 1 g Na_2CO_3 tartılıp 40 mL saf su içerisinde çözüldü ve ardından toplam hacim saf su ile 50 mL’ye tamamlandı. Folin-Ciocalteu Reaktifi alındığı şekilde kullanılmıştır.

3.3.11. Antibakteriyel Aktivite Tayini

Disk difüzyon metodu (Matuschek, Brown ve Kahlmeter, 2014) yöntemine göre gerçekleştirildi. Tüm test mikroorganizmaları Gümüşhane Üniversitesi Merkez Araştırma Laboratuvarı'ndan temin edildi ve antibakteriyel testler Gıda Mühendisliği Laboratuvarı'nda yapıldı. Çalışmada farklı kombucha çayı örneklerinin antibakteriyel aktiviteleri disk difüzyon yöntemi ile ölçüldü (Matuschek vd., 2014). Antibakteriyel aktiviteleri belirlemek için *Klebsiella pneumoniae* ATCC 13883, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 62238, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Escherichia coli* ATCC 25922 olmak üzere toplam 4 farklı bakteri suşu kullanıldı. Steril disklerin üzerine 20 µL kombucha çayı uygulandı ve daha sonra petri kapları 36 °C'lik sıcaklıkta 24 saat inkübasyona bırakıldı. İnkübe edildikten sonra disklerin çevresinde oluşan şeffaf alan ölçülerek antibakteriyel aktivite ölçüldü.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Bu tez çalışması için siyah çay ve sarı halile ile elde edilmiş kombucha çayı ve sadece sarı halile ile elde edilen kombucha çayı örneklerinde briks, pH, renk gibi kimyasal özellikler araştırılmıştır ve antioksidan aktivite miktarları için DPPH $\cdot$ ve ABTS $^{\cdot+}$ giderme giderme aktivitesi, Fe $^{3+}$ -Fe $^{2+}$ ve Cu $^{2+}$ -Cu $^{+}$ indirgeme kapasitesi, antibakteriyel aktivite özelliklerini belirlemek amacı ile analizler yapılmıştır. Antioksidan çalışmalar için standart olarak BHA, BHT, α -Tokoferol ve Troloks kullanılmıştır. Karşılaştırmalar için grafikler oluşturulmuştur.

4.1. Suda Çözünür Kurumadde ($^{\circ}$ Briks) Analiz Sonuçları

Tablo 4. 1. Kombucha çayı örneklerinin suda çözünür kurumadde (Briks) değeri

	Gün	Örnekler		
		KT _C	KT _{S1}	KT _{S2}
$^{\circ}$ Briks	7	3.63 $\pm$ 0.03 ^{A,c}	4.23 $\pm$ 0.03 ^{B,c}	4.83 $\pm$ 0.03 ^{C,b}
	14	3.10 $\pm$ 0.00 ^{A,b}	3.78 $\pm$ 0.03 ^{B,b}	4.80 $\pm$ 0.00 ^{C,b}
	21	2.90 $\pm$ 0.00 ^{A,a}	3.50 $\pm$ 0.00 ^{B,a}	4.23 $\pm$ 0.03 ^{C,a}

KT_C: Siyah çay, KT_{S1}: 10 g siyah çay + 10 g toz sarı halile çayı, KT_{S2}: 20 g toz sarı halile çayı. ^{A-G}: Satırdaki örnekler arasındaki farkı gösterir, ^{a-g}: Sütundaki depolama süresine bağlı farkı gösterir.

Suda çözünür kurumadde (Briks) değerleri, sarı halilenin eklenmesi ile beraber artmıştır. Kontrol grubunda (KT_C) fermentasyonun 7. gününde kombucha çayı için Briks değeri 3.63 olarak gözlemlenirken aynı günde KT_{S1} kombucha çayında Briks değeri 4.23 değerini, KT_{S2} kombucha çayı ise 4.83 değerini göstermiştir. Fermentasyon süresinin uzatılması ile beraber tüm gruplarda briks değerinin düştüğü gözlemlenmiştir. Fermentasyon süresinin uzatılması ile düşen briksin şekerin bu süreçte metabolize olması ile ilişkili olabileceği bildirilmiştir (Jayabalan vd., 2014; Ayed vd., 2017; Abuduaibifu ve Tamer, 2019).

Kontrol grubu ve sarı halile tozu ile elde edilen kombucha çayları arasında ve zamana bağlı değerlerde de istatistiksel açıdan anlamlı farklar olduğu görülmüştür (P<0.001).

4.2. Titrasyon Asitliği Analiz Sonuçları

Tablo 4. 2. Kombucha çayı örneklerinin titrasyon asitliği değeri

	Gün	Örnekler		
		KT _C	KT _{S1}	KT _{S2}
Titrasyon Asitliği (%)	7	0.50±0.00 ^{A,a}	0.76±0.00 ^{C,a}	0.68±0.00 ^{B,a}
	14	1.01±0.01 ^{A,b}	1.21±0.00 ^{C,c}	1.03±0.00 ^{A,c}
	21	1.13±0.01 ^{C,c}	1.09±0.01 ^{B,b}	1.01±0.00 ^{A,b}

KT_C: Siyah çay, KT_{S1}: 10 g siyah çay + 10 g toz sarı halile çayı KT_{S2}: 20 g toz sarı halile çayı. ^{A-G}: Satırdaki örnekler arasındaki farkı gösterir, ^{a-g}: Sütündeki depolama süresine bağlı farkı gösterir.

Kombucha çayı örneklerinin titrasyon asitlik değerleri Tablo 4.2’de verilmiştir. Buna göre; KT_{S1} örneğinin titrasyon asitlik değerleri, KT_C örneğine göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte; KT_{S2} örneğine ait titrasyon asitlik değerleri KT_{S1}’a göre daha düşük olduğu gözlemlenmiştir.

Aynı zamanda fermantasyon süresi arttıkça kombucha çayı örneklerinin titrasyon asitlik değerlerinin arttığı belirlenmiştir (P<0.001). KT_C örneğinin tirasyon asitlik değeri, fermantasyon süresi boyunca sürekli artarken; KT_{S1} ve KT_{S2} örneklerinin titrasyon asitlik değerlerinin fermantasyonun 14.gününden sonra biraz azaldığı tespit edilmiştir.

Fermantasyon bitiminde en yüksek asitlik değerini KT_C örneği, en düşük asitlik değerini KT_{S2} almıştır. Değirmencioğlu vd., (2019) yaptıkları çalışmada kombucha çayı örneklerinde titrasyon asitliği değerlerini 11.77-16.69 g/L olarak tespit ettiklerini bildirmişler ve tez çalışmamızda elde ettiğimiz titrasyon asitliği değerlerinin daha düşük olduğu görülmüştür. Titrasyon asitliği sonuçlarındaki değerlerindeki değişiklikler hammadde türü ve miktarı, sıcaklık ve fermantasyon süresi gibi koşullara bağlı olabilmektedir (Velićanski vd., 2014).

4.3. pH Analiz Sonuçları

Tablo 4. 3. Kombucha çayı örneklerinin pH değeri

	Gün	Örnekler		
		KT _C	KT _{S1}	KT _{S2}
pH	7	2.82±0.01 ^{C,b}	2.76±0.00 ^{B,b}	2.63±0.01 ^{A,c}
	14	2.75±0.01 ^{C,a}	2.69±0.01 ^{B,a}	2.50±0.01 ^{A,b}
	21	2.77±0.01 ^{C,a}	2.69±0.01 ^{B,a}	2.44±0.01 ^{A,a}

KT_C: Siyah çay, KT_{S1}: 10 g siyah çay + 10 g toz sarı halile çayı KT_{S2}: 20 g toz sarı halile çayı. ^{A-G}: Satırdaki örnekler arasındaki farkı gösterir, ^{a-g}: Sütündeki depolama süresine bağlı farkı gösterir.

Kombucha çayı örneklerinin pH değerleri Tablo 4.3'te verilmiştir. Kombucha çayına sarı halile eklenmesi ve sarı halilenin konsantrasyonu arttıkça pH değeri doğrusal olarak düşmektedir. Fermente bir içecek olan kombucha çayının en iyi pH değeri aralığı ortalama 2.5-4.5 arasında değişmektedir (Sağlam vd., 2021). Kombu çayının içilebilir nitelikte olması için pH değerinin düşmesi gerekmektedir. Eğer bu düşüş sağlanmazsa numune kontaminasyona uğramıştır veya fermantasyon için gerekli olan sıcaklık sağlanamamıştır, fermantasyon tekrar sağlanmalıdır (Nummer, 2013). Çalışmada pH değerlerinin güvenilir tüketimde içilebilir nitelikte olduğu belirlenmiştir. Yapılan bir çalışmada siyah çay ile üretilen kombucha çayında fermantasyonun 11.gününde pH değerinin 3.22 ± 0.02 olarak bildirilmiştir (Güldane vd., 2017). İsmailoğlu Özkan, (2024), bazı sebzeler ekleyerek elde ettiği kombucha çaylarında 21 günlük fermantasyon sürelerinde ortalama en düşük pH değerini 2.40, en yüksek değeri olarak 2.83 olarak tespit etmiştir ve fermantasyon ile beraber tüm gruplarda pH değeri düşmüş, bizim çalışmamız ile uyumlu olduğu görülmüştür. Açıklık (2024), yaptığı çalışmada meyve suları ile ürettiği kombucha çaylarında fermantasyon süresi uzadıkça pH değerlerinde düşüş olduğunu gözlemlemiştir.

Çalışmamızda kontrol grubu kombucha çayı ile sarı halile tozu ile elde edilen kombucha çayları arasında ve zamana bağlı değerlerde de istatistiksel açıdan anlamlı farklar olduğu görülmüştür ($P < 0.001$).

4.4. Renk Analizi Sonuçları

Tablo 4. 4. Kombucha çayı örneklerinin L^* , a^* ve b^* değerleri

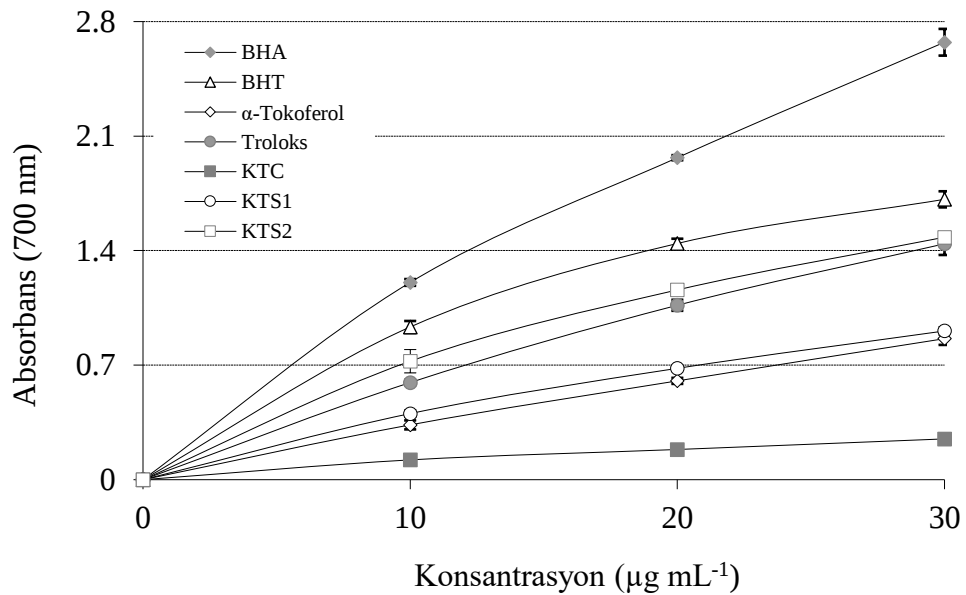
	Gün	Örnekler		
		KT _C	KT _{S1}	KT _{S2}
L^*	7	$15.24 \pm 0.02^{A,c}$	$15.78 \pm 0.08^{B,b}$	$16.33 \pm 0.00^{C,a}$
	14	$13.96 \pm 0.11^{A,a}$	$15.41 \pm 0.03^{B,a}$	$17.16 \pm 0.01^{C,b}$
	21	$14.30 \pm 0.01^{A,b}$	$16.22 \pm 0.05^{B,c}$	$18.43 \pm 0.07^{C,c}$
	Gün	Örnekler		
		KT _C	KT _{S1}	KT _{S2}
a^*	7	$6.80 \pm 0.11^{C,c}$	$5.99 \pm 0.09^{B,b}$	$3.89 \pm 0.01^{A,a}$
	14	$6.28 \pm 0.12^{B,b}$	$4.84 \pm 0.02^{A,a}$	$4.85 \pm 0.02^{A,b}$
	21	$5.56 \pm 0.00^{B,a}$	$4.99 \pm 0.07^{A,a}$	$4.93 \pm 0.03^{A,c}$
	Gün	Örnekler		
		KT _C	KT _{S1}	KT _{S2}
b^*	7	$2.51 \pm 0.05^{A,c}$	$3.13 \pm 0.08^{B,b}$	$2.39 \pm 0.01^{A,a}$
	14	$1.93 \pm 0.05^{A,a}$	$2.09 \pm 0.04^{B,a}$	$3.91 \pm 0.02^{C,b}$
	21	$2.11 \pm 0.03^{A,b}$	$2.95 \pm 0.03^{B,b}$	$5.50 \pm 0.03^{C,c}$

KT_C: Siyah çay, KT_{S1}: 10 g siyah çay + 10 g toz sarı halile çayı KT_{S2}: 20 g toz sarı halile çayı. ^{A-G}: Satırdaki örnekler arasındaki farkı gösterir, ^{a-g}: Sütundaki depolama süresine bağlı farkı gösterir.

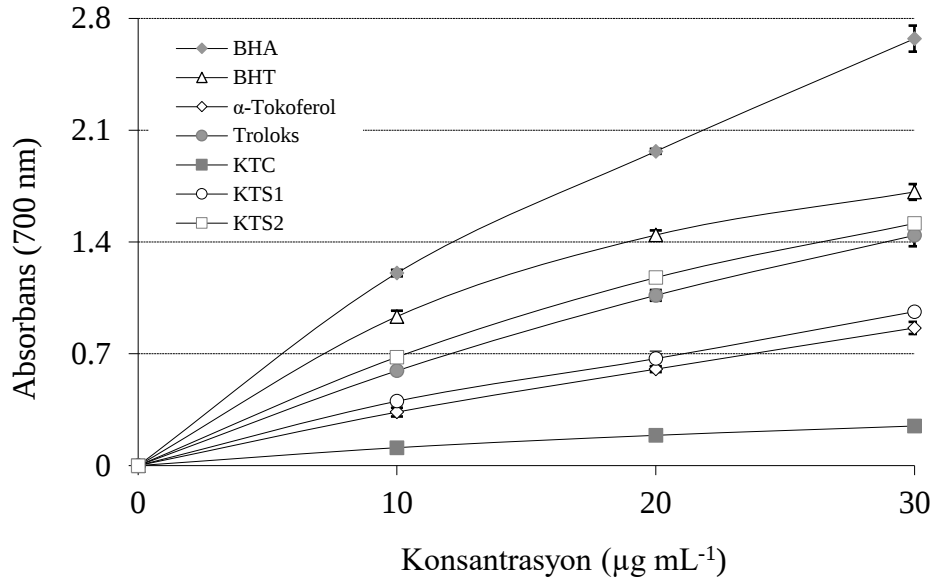
Kombucha çayı örneklerinin renk değerlendirmeleri Tablo 4.4’de verilmiştir. Kombucha çaylarına sarı halilenin eklenmesi ile beraber örneklerde L^* değerinde artış tespit edilerek içecekteki koyu rengin açık renge döndüğü gözlemlenmiştir. Bununla beraber, a^* değeri tüm örneklerde azalmış ve sarı halile eklenen örneklerin kontrol numunesine göre daha kırmızı bir tonda olduğu görülmüştür. b^* değeri 20 g sarı halile eklenen örnek için fermentasyon süresi uzadıkça artmıştır. Sarı halile eklenen örnekler kontrol grubuna göre b^* değeri açısından daha yüksek değer göstermiştir. Hem sarı hem kırmızı rengin hafif baskın olduğu bir içecek olarak görülmüştür. Kuşburnu eklenerek üretilen kombucha çayı için yapılan bir çalışmada a^* değerinin fermentasyon süreci uzadıkça düşüş gösterdiği bildirilmiştir ve çalışmamız ile uyumlu olduğu görülmüştür (Tarhan, 2017). Açıknel, (2024), yaptığı çalışmada meyve suları ile ürettiği kombucha çaylarında b^* değerinin 14.günde arttığını gözlemlemiştir ve bizim çalışmamızda KTS₂ örneği ile uyumlu olduğu sonucuna varılmıştır. İsmailoğlu Özkan, (2024), sebzeler ekleyerek ürettiği kombucha çayları için L^* ve b^* değerlerinin bizim çalışmamızla uyumlu olduğu belirlenmiştir.

Renk değerlerinde kontrol grubu kombucha çayı ile sarı halile tozu ile elde edilen kombucha çayları arasında ve zamana bağlı değerlerde de istatistiksel açıdan anlamlı farklar olduğu gözlemlenmiştir ($P<0.001$).

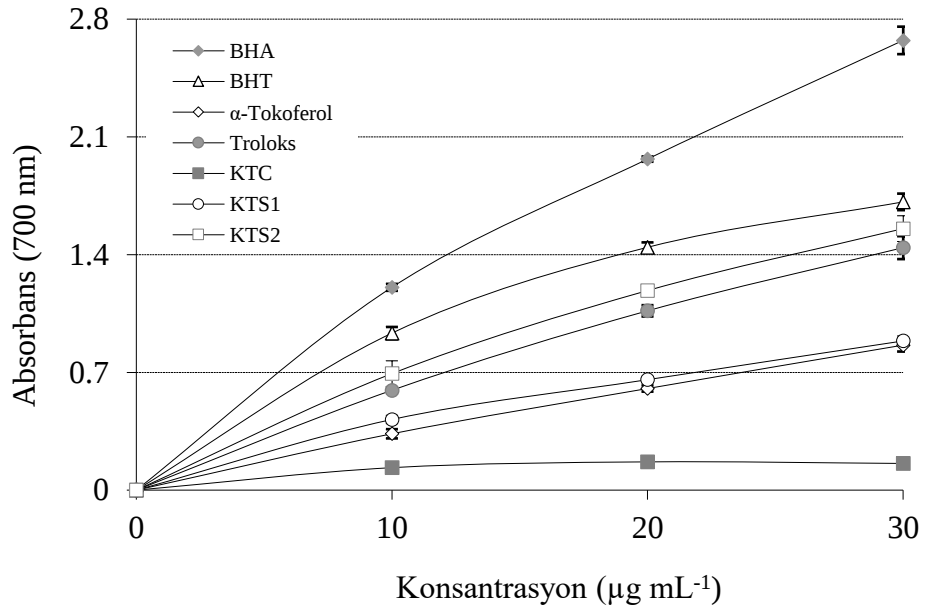
4.5. Fe^{3+} - Fe^{2+} İndirgeme Kapasitesi Analiz Sonuçları



Şekil 4. 1. 7. Gün için farklı konsantrasyonlarda (10, 20 ve 30 $\mu\text{g mL}^{-1}$) Kombu çayı örnekleri ve standart antioksidanların ferrik (Fe^{3+}) iyonlarını indirgeme aktivitelerinin karşılaştırılması



Şekil 4. 2. 14. Gün için farklı konsantrasyonlarda (10, 20 ve 30 µg mL⁻¹) Kombu çayı örnekleri ve standart antioksidanların ferrik (Fe³⁺) iyonlarını indirgeme aktivitelerinin karşılaştırılması



Şekil 4. 3. 21. Gün için farklı konsantrasyonlarda (10, 20 ve 30 µg mL⁻¹) Kombu çayı örnekleri ve standart antioksidanların ferrik (Fe³⁺) iyonlarını indirgeme aktivitelerinin karşılaştırılması

Sarı halile tozu kullanılarak oluşturulan kombu çayı örneklerinin Fe^{3+} - Fe^{2+} indirgeme kapasiteleri standart antioksidanlar ile kıyaslanmıştır. Metotta kullanılan Kombu çayının konsantrasyona bağlı olarak absorbans değerinin arttığı gözlemlenmiştir. Farklı konsantrasyonlardaki çözeltilerin 700 nm'deki absorbansları ölçülerek gözlemlendi (Şekil 4.1. 7. Gün, Şekil 4.2. 14. Gün ve Şekil 4.3. 21. Gün).

20 gr sarı halile tozu ile oluşturulan kombu çayının Fe^{3+} - Fe^{2+} indirgeme kapasitesi α -tokoferol ve Trolox standart antioksidanlara göre daha yüksek absorbans değeri vermiştir. Sarı halile tozu eklenerek hazırlanan kombu çaylarının BHA ve BHT standart antioksidanlardan daha düşük absorbans değerleri verdiği gözlemlenmiştir (Tablo 4.5).

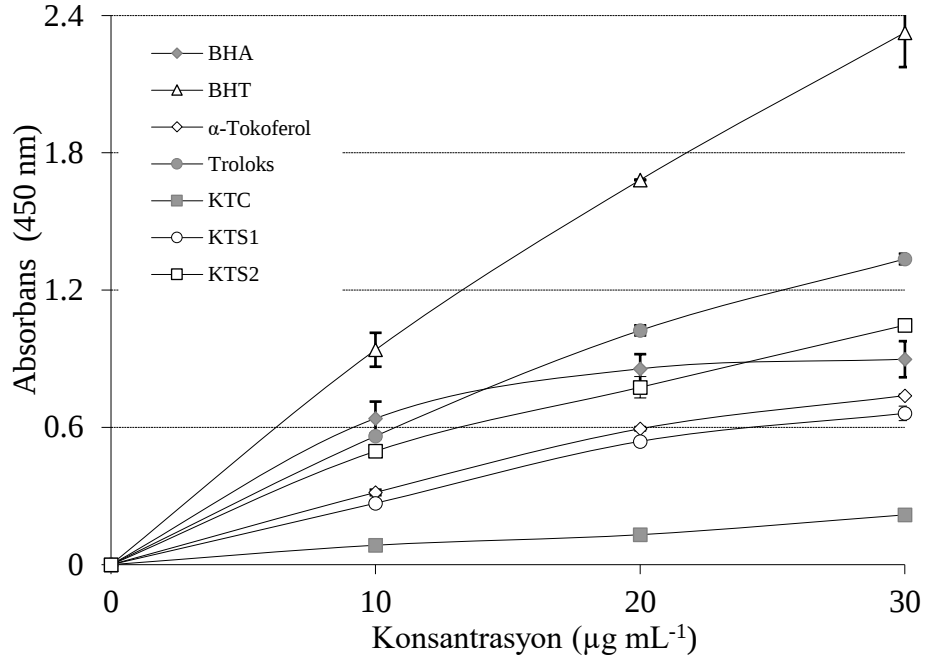
Tablo 4.5. Kombu çayı örnekleri ve standart antioksidanların 20 $\mu\text{g mL}^{-1}$ konsantrasyonunda ferrik (Fe^{3+}) iyonlarını indirgeme aktivitesi

Gün	Kombucha çayı örnekleri			Standart antioksidanlar			
	KT _C	KT _{S1}	KT _{S2}	BHA	BHT	α -Tokoferol	Trolox
7	0.185±0.007 ^{A,ab}	0.681±0.003 ^{C,a}	1.160±0.002 ^{E,a}	1.968±0.016 ^G	1.444±0.029 ^F	0.604±0.018 ^B	1.066±0.033 ^D
14	0.190±0.005 ^{A,b}	0.670±0.047 ^{C,a}	1.177±0.019 ^{E,a}	1.968±0.016 ^F	1.444±0.029 ^E	0.604±0.018 ^B	1.066±0.033 ^D
21	0.168±0.015 ^{A,a}	0.657±0.005 ^{C,a}	1.186±0.032 ^{E,a}	1.968±0.016 ^F	1.444±0.029 ^E	0.604±0.018 ^B	1.066±0.033 ^D

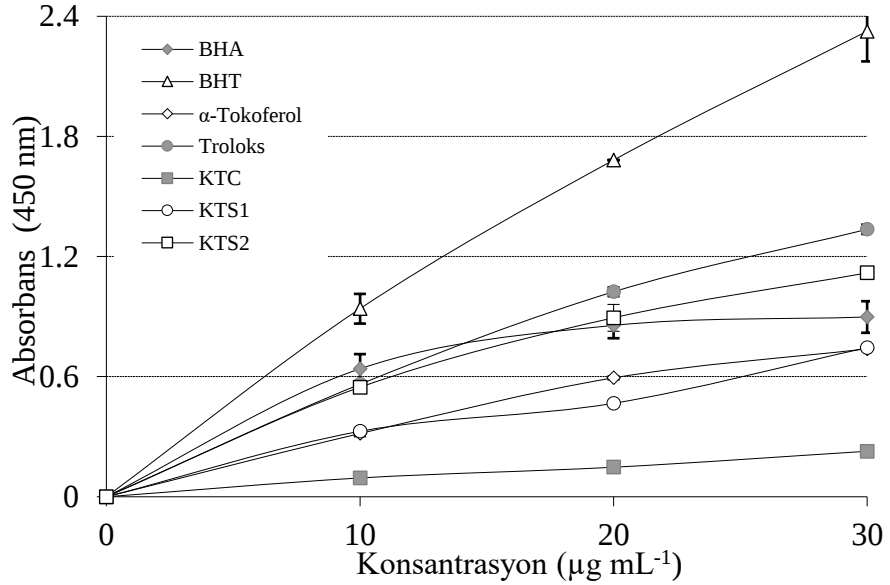
KT_C: Siyah çay, KT_{S1}: 10 g siyah çay + 10 g toz sarı halile çayı KT_{S2}: 20 g toz sarı halile çayı, BHA: Bütilenmiş hidroksianisol, BHT: Bütilenmiş hidroksitoluen. ^{A-G}: Satırdaki örnekler arasındaki farkı gösterir, ^{a-g}: Sütundaki depolama süresine bağlı farkı gösterir.

Antioksidan aktivitede belirleyici faktörlerden birisi indirgeme kapasitesidir (Meir vd., 1995). Sarı halile tozu kullanılarak hazırlanan örnekler ve standartlar karşılaştırıldığında Fe^{3+} - Fe^{2+} indirgeme kapasiteleri BHA > BHT > KT_{S2} > Trolox > KT_{S1} > α -tokoferol > KT_C şeklindedir (Tablo 4.5.). Sarı halile tozu eklenen kombu çaylarının, kontrol kombu çayına göre daha iyi Fe^{3+} - Fe^{2+} indirgeme kapasiteleri olduğu tespit edilmiştir. Sarı halile tozunun indirgeme kapasitesinin yüksek olması antioksidan aktivitesinin güçlü olduğunu göstermiştir. Kontrol kombucha çayı, sarı halile eklenerek hazırlanan kombucha çayları ve standart antioksidanlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmiştir ($P < 0.001$). Fermantasyon süresince kombucha çayları kendi aralarında 7, 14 ve 21. günlerde istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlemlenmemiştir. Özler (2021), sarı halile üzerinde yaptığı analizlerde Fe^{3+} - Fe^{2+} indirgeme potansiyelinin artış gösterdiğini tespit etmiştir.

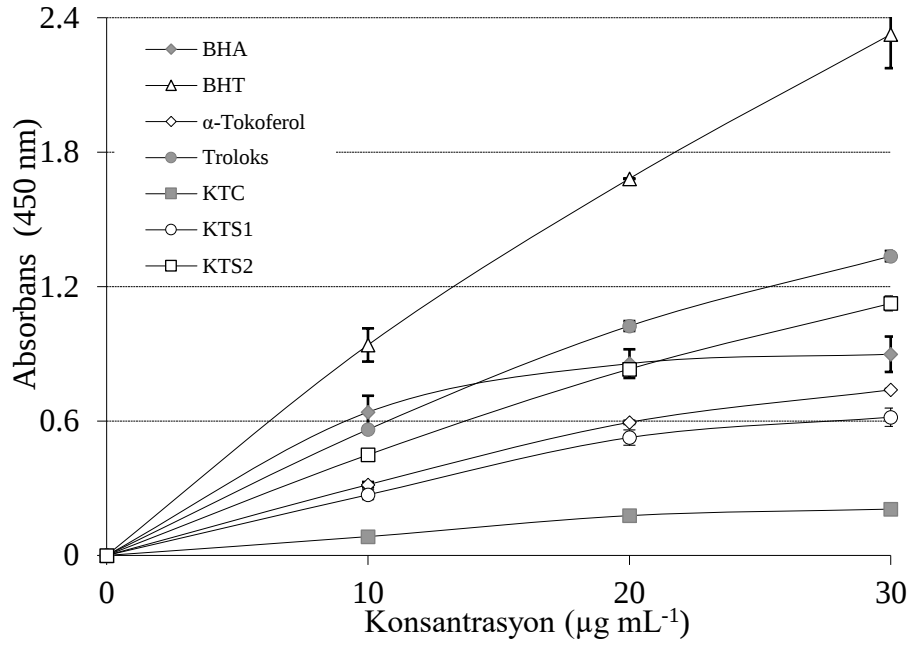
4.6. Cu⁺²-Cu⁺ İndirgeme Kapasitesi Analiz Sonuçları



Şekil 4. 4. 7. Gün için farklı konsantrasyonlarda (10, 20 ve 30 µg mL⁻¹) Kombu çayı örnekleri ve standart antioksidanların Cu⁺²-Cu⁺ indirgeme aktivitelerinin karşılaştırılması



Şekil 4. 5. 14. Gün için farklı konsantrasyonlarda (10, 20 ve 30 µg mL⁻¹) Kombu çayı örnekleri ve standart antioksidanların Cu⁺²-Cu⁺ indirgeme aktivitelerinin karşılaştırılması



Şekil 4. 6. 21. Gün için farklı konsantrasyonlarda (10, 20 ve 30 µg mL⁻¹) Kombu çayı örnekleri ve standart antioksidanların Cu⁺²-Cu⁺ indirgeme aktivitelerinin karşılaştırılması

Sarı halile tozu kullanılarak oluşturulan kombu çayı örneklerinde Cu⁺²-Cu⁺ indirgeme kapasiteleri standart antioksidanlar ile kıyaslanmıştır. Metotta kullanılan Kombu çayının konsantrasyona bağlı olarak absorbans değerinin arttığı gözlemlenmiştir. Farklı konsantrasyonlardaki çözeltilerin 450 nm'deki absorbansları ölçülerek gözlemlendi (Şekil 4.4. 7. Gün, Şekil 4.5. 14. Gün ve Şekil 4.6. 21. Gün).

Sarı halile tozu kullanılarak oluşturulan kombu çayı örneklerinde Cu⁺²-Cu⁺ indirgeme kapasiteleri standart antioksidanlar ile karşılaştırılmıştır. 20 g sarı halile ile oluşturana kombu çayının standart antioksidanlardan α-tokoferol'den daha yüksek absorbans göstermiştir (Tablo 6).

Tablo 4.5. Kombu çayı örnekleri ve standart antioksidanların 20 µg mL⁻¹ konsantrasyonunda Cu⁺²-Cu⁺ indirgeme aktivitesi

Gün	Kombucha çayı örnekleri			Standart antioksidanlar			
	KT _C	KT _{S1}	KT _{S2}	BHA	BHT	α-Tokoferol	Troloks
7	0.131±0.007 ^{A,a}	0.539±0.001 ^{B,b}	0.775±0.047 ^{D,a}	0.856±0.064 ^E	1.682±0.001 ^G	0.594±0.007 ^C	1.024±0.022 ^F
14	0.148±0.001 ^{A,b}	0.467±0.005 ^{B,a}	0.894±0.067 ^{D,b}	0.856±0.064 ^D	1.682±0.001 ^F	0.594±0.007 ^C	1.024±0.022 ^E
21	0.178±0.005 ^{A,c}	0.526±0.034 ^{B,b}	0.832±0.002 ^{D,ab}	0.856±0.064 ^D	1.682±0.001 ^F	0.594±0.007 ^C	1.024±0.022 ^E

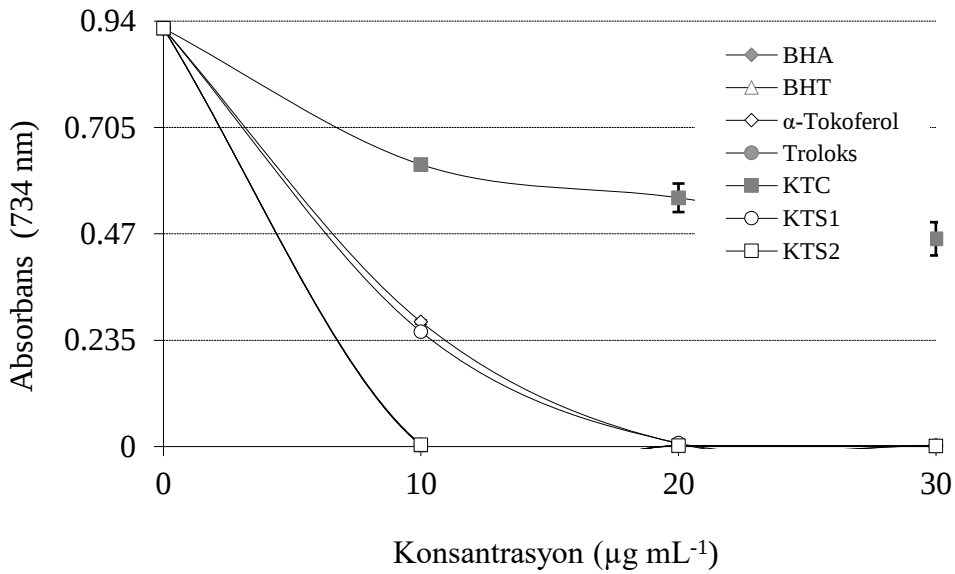
KT_C: Siyah çay, KT_{S1}: 10 g siyah çay + 10 g toz sarı halile çayı, KT_{S2}: 20 g toz sarı halile çayı, BHA: Bütillenmiş hidroksianisol, BHT: Bütillenmiş hidroksitoluen. ^{A-G}: Satırdaki örnekler arasındaki farkı gösterir, ^{a-b}: Sütundaki depolama süresine bağlı farkı gösterir.

Sarı halilenin eklenmesi Cu^{+2} - Cu^{+} indirgeme kapasitesini artırmıştır. Sarı halile tozu kullanılarak hazırlanan kombucha çayları ve standart antioksidanlar ile Cu^{+2} - Cu^{+} indirgeme kapasite karşılaştırmasında BHA, BHT ve Troloks daha yüksek indirgeme aktivitesi vermiştir. Standart antioksidan olan α -tokoferol, 20 g sarı halile tozu eklenen kombucha çayı hariç diğer kombucha çaylarına göre yüksek indirgeme aktivitesi vermiştir.

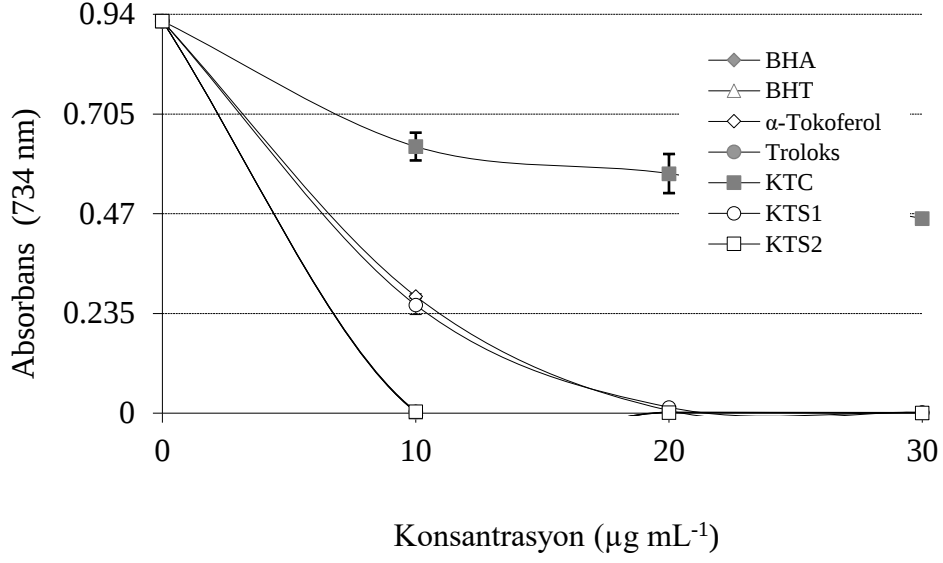
Özler (2021), sarı halile üzerinde yaptığı analizlerde Cu^{+2} - Cu^{+} indirgeme potansiyenin arttığını bildirmiştir.

Kontrol kombucha çayı, sarı halile eklenerek hazırlanan kombucha çayları ve standart antioksidanlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmiştir ($P<0.001$). Kontrol kombucha çayı kendi arasında ve 10 g siyah çay ve 10 g sarı halile tozu ile hazırlanan çayda kendi içerisinde istatistiksel yönden anlamlı bir fark olduğu gözlemlenmiştir ($p<0.001$).

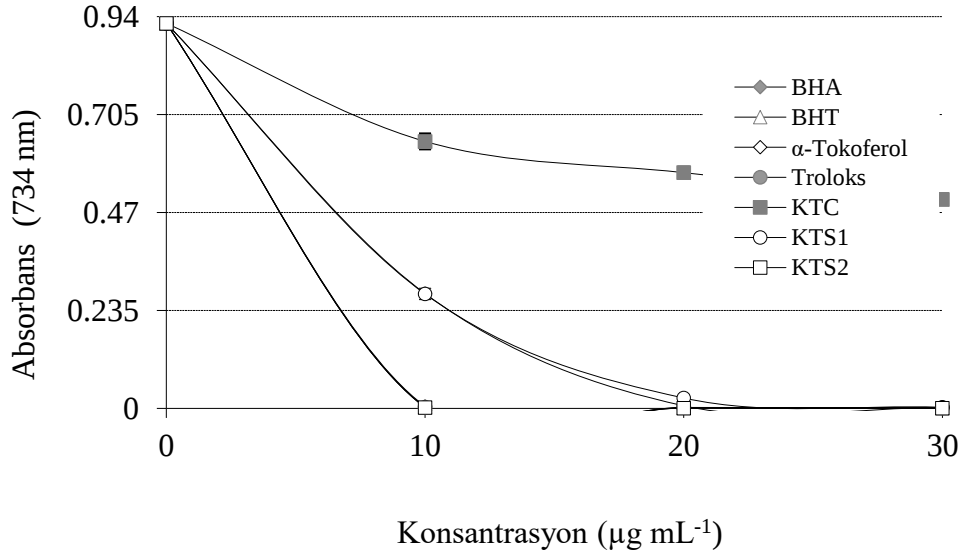
4.7. ABTS Radikal Giderme Aktivitesi Sonuçları



Şekil 4. 7. 7. Gün için farklı konsantrasyonlarda (10, 20 ve 30 $\mu\text{g mL}^{-1}$) Kombucha çayı örnekleri ve standart antioksidanların ABTS radikali giderme aktivitelerinin karşılaştırılması



Şekil 4. 8. 14. Gün için farklı konsantrasyonlarda (10, 20 ve 30 µg mL⁻¹) Kombu çayı örnekleri ve standart antioksidanların ABTS radikali giderme aktivitelerinin karşılaştırılması



Şekil 4. 9. 21. Gün için farklı konsantrasyonlarda (10, 20 ve 30 µg mL⁻¹) Kombu çayı örnekleri ve standart antioksidanların ABTS radikali giderme aktivitelerinin karşılaştırılması

Sarı halile tozu kullanılarak hazırlanan kombucha çaylarının ABTS radikal giderme aktiviteleri standart antioksidanlar ile karşılaştırmaları sağlanmıştır.

Sarı halile eklenen kombucha çaylarından 10 g siyah çay ve 10 g sarı halile eklenmiş olan kombucha çayının 14. gün IC₅₀ sonuçlarına bakıldığında standart antioksidanlara göre daha düşük olduğu görülmektedir. Düşük IC₅₀ değeri daha yüksek radikal giderme olarak ifade edilmektedir (Tablo 4.7.).

Tablo 4. 6. Kombucha çay örneklerinin ABTS radikal giderme aktivitelerinin IC₅₀ değerleri ve standart antioksidanlarla karşılaştırılması

Kombucha çayı örnekleri				Standart antioksidanlar			
Gün	KT _C	KT _{S1}	KT _{S2}	BHA	BHT	α -Tokoferol	Troloks
7	27.50 ^{G,a}	3.18 ^{E,b}	2.57 ^{B,c}	2.61 ^C	2.46 ^A	3.28 ^F	2.65 ^D
14	27.94 ^{G,b}	2.39 ^{A,a}	2.41 ^{B,b}	2.61 ^D	2.46 ^C	3.28 ^F	2.65 ^E
21	30.53 ^{G,c}	3.74 ^{F,c}	2.35 ^{A,a}	2.61 ^C	2.46 ^B	3.28 ^E	2.65 ^D

KT_C: Siyah çay, KT_{S1}: 10 g siyah çay + 10 g toz sarı halile çayı, KT_{S2}: 20 g toz sarı halile çayı, BHA: Bütillenmiş hidroksianisol, BHT: Bütillenmiş hidroksitoluen. ^{A-G}: Satırdaki örnekler arasındaki farkı gösterir, ^{a-g}: Sütundaki depolama süresine bağlı farkı gösterir.

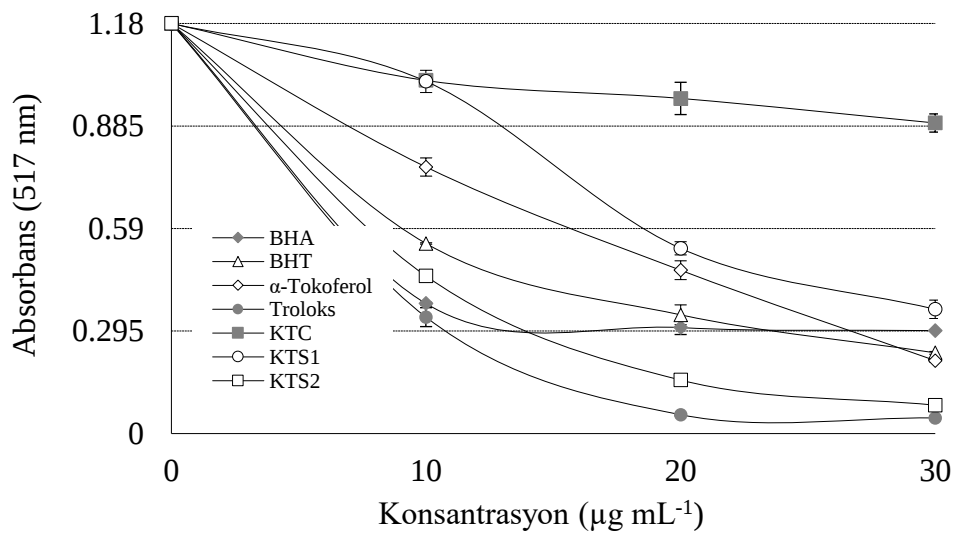
Sarı halile tozu kullanılarak oluşturulan kombucha çaylarının, sadece siyah çay ile oluşturulan kombucha çayına göre daha düşük ABTS radikal giderme aktivitesi IC₅₀ değerleri verdiği gözlemlenmiştir.

Das vd. (2016), yaptıkları çalışmada sarı halile için ABTS radikal giderme aktivitesi için IC₅₀ değerini 7.84 $\mu\text{g mL}^{-1}$ olarak bildirmişlerdir.

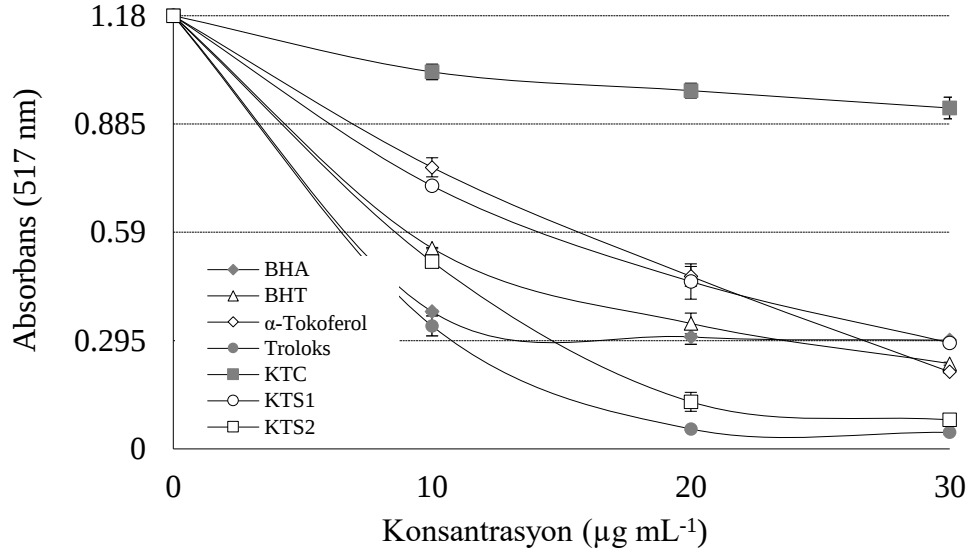
Özler (2021), yaptığı çalışmada ABTS radikal giderme aktivitesinde IC₅₀ değerini 1.68 $\mu\text{g mL}^{-1}$ olarak tespit etmiştir.

Sarı halile tozu ile oluşturulan kombucha çayları ve standart antioksidanlar arasında, aynı zamanda kendi grupları arasında da istatistiksel açıdan anlamlı farklar olduğu görülmüştür ($p < 0.001$).

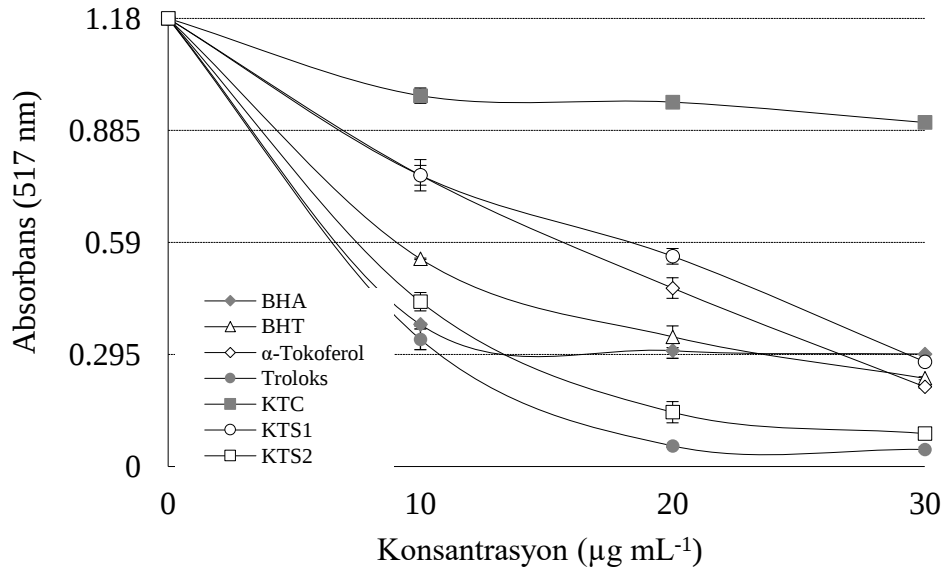
4.8. DPPH Serbest Radikal Giderme Aktivitesi Sonuçları



Şekil 4. 10. 7. Gün için farklı konsantrasyonlarda (10, 20 ve 30 $\mu\text{g mL}^{-1}$) Kombucha çayı örnekleri ve standart antioksidanların DPPH serbest radikali giderme aktivitelerinin karşılaştırılması



Şekil 4. 11. 14. Gün için farklı konsantrasyonlarda (10, 20 ve 30 µg mL⁻¹) Kombu çayı örnekleri ve standart antioksidanların DPPH serbest radikali giderme aktivitelerinin karşılaştırılması



Şekil 4. 12. 21. Gün için farklı konsantrasyonlarda (10, 20 ve 30 µg mL⁻¹) Kombu çayı örnekleri ve standart antioksidanların DPPH serbest radikali giderme aktivitelerinin karşılaştırılması

Sarı halile tozu kullanılarak hazırlanan kombucha çaylarının DPPH serbest radikal giderme aktiviteleri BHA, BHT, α-tokoferol ve Troloks standart antioksidanlar ile karşılaştırmaları sağlanmıştır.

Tablo 4. 7. Kombucha çay örneklerinin DPPH serbest radikal giderme aktivitelerinin IC₅₀ değerleri ve standart antioksidanlarla karşılaştırılması

Gün	Kombucha çayı örnekleri			Standart antioksidanlar			
	KT _C	KT _{S1}	KT _{S2}	BHA	BHT	α -Tokoferol	Troloks
7	70.00 ^{G,b}	18.24 ^{F,c}	7.44 ^{B,b}	12.14 ^D	11.95 ^C	13.03 ^E	5.63 ^A
14	78.75 ^{G,c}	14.65 ^{F,a}	7.25 ^{B,a}	12.14 ^D	11.95 ^C	13.03 ^E	5.63 ^A
21	69.30 ^{G,a}	15.40 ^{F,b}	7.44 ^{B,b}	12.14 ^D	11.95 ^C	13.03 ^E	5.63 ^A

KT_C: Siyah çay, KT_{S1}: 10 g siyah çay + 10 g toz sarı halile çayı, KT_{S2}: 20 g toz sarı halile çayı, BHA: Bütil hidroksianisol, BHT: Bütil hidroksitoluen.^{A-G}: Satırdaki örnekler arasındaki farkı gösterir, ^{a-g}: Sütundaki depolama süresine bağlı farkı gösterir.

Sarı halile eklenen kombucha çaylarından 10 g siyah çay ve 10 g sarı halile eklenmiş olan kombucha çayının standart antioksidanların aktivitelerine göre daha düşük olduğu görülmektedir (Tablo 4.8). Kambu çayı örnekleri ve standart antioksidanlar şu şekilde DPPH serbest radikal giderme aktivitesi sergilediler; Troloks > KT_{S2} > BHT > BHA > α -Tokoferol > KT_{S1} > KT_C şeklinde olduğu gözlemlendi.

Sarı halile tozu kullanılarak oluşturulan kombucha çaylarının, sadece siyah çay ile oluşturulan kombucha çayına göre daha düşük DPPH serbest radikal giderme aktivitesi IC₅₀ değerleri verdiği gözlemlenmiştir.

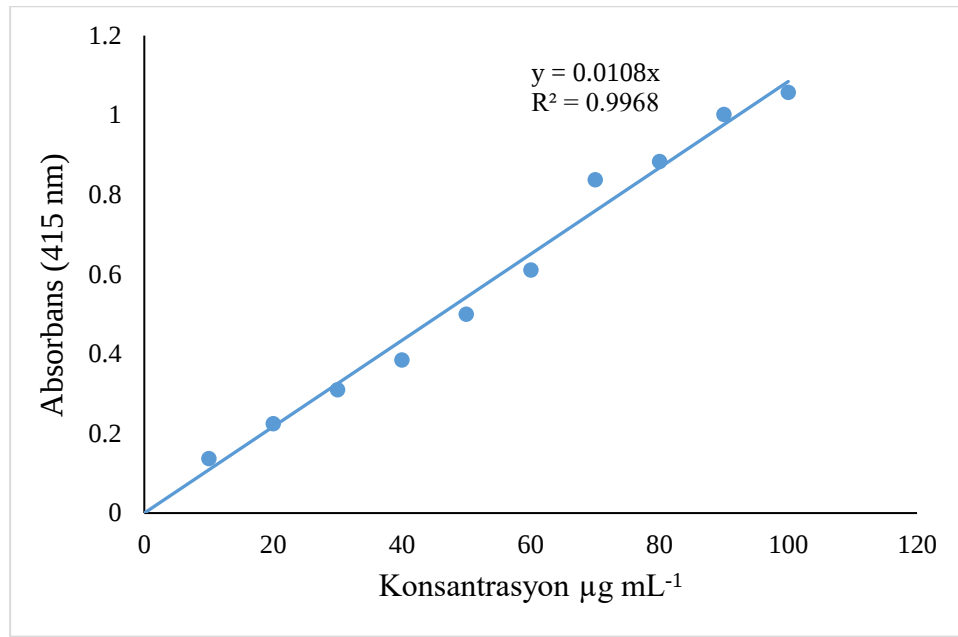
Das vd. (2016), yaptıkları çalışmada sarı halile için DPPH serbest radikal giderme aktivitesi için IC₅₀ değerini 7.84 $\mu\text{g mL}^{-1}$ olarak bildirmişlerdir. Özler (2021), yaptığı çalışmada DPPH serbest radikal giderme aktivitesinde IC₅₀ değerini 5.78 $\mu\text{g mL}^{-1}$ olarak tespit etmiştir. Sarı halile DPPH serbest radikal giderme aktivitesi IC₅₀ değeri literatürdeki diğer çalışmalar ile karşılaştırıldığında uyumlu olduğu görüldü.

Sarı halile tozu ile oluşturulan kombucha çayları ve standart antioksidanlar arasında, aynı zamanda kendi grupları arasında da istatistiksel açıdan anlamlı farklar olduğu görülmüştür ($p < 0.00$).

4.9. Total Flavonoid Bileşik Miktarına Ait Sonuçlar

Sarı halile tozu kullanılarak hazırlanan kombucha çaylarında total flavonoid içeriği için kuersetin standart olarak kullanıldı. Flavonoid miktarını belirlemek amacıyla grafik hazırlandı ve denklem yardımı ile flavonoid bileşik miktarı kuersetin ekivalen (KE) belirlendi (r^2 : 0.9968).

$$\text{Absorbans } \lambda_{415 \text{ nm}} = 0.0108 \times (\text{KE})$$



Şekil 4. 13. Total flavonoid bileşik miktarı için kuersetin ile hazırlanan standart grafik

Tablo 4. 8. Kombu çayı örneklerinin toplam flavonoid içeriği (1000 µg mL⁻¹).

Gün	Total flavanoid (µg KE/mg örnek)		
	KT _C	KT _{S1}	KT _{S2}
7	3.98±0.73 ^{A,b}	13.17±0.37 ^{B,a}	27.05±1.59 ^{C,ab}
14	3.67±0.89 ^{A,b}	13.76±1.19 ^{B,a}	25.61±0.90 ^{C,a}
21	1.51±0.30 ^{A,a}	12.35±0.78 ^{B,a}	28.64±0.25 ^{C,b}

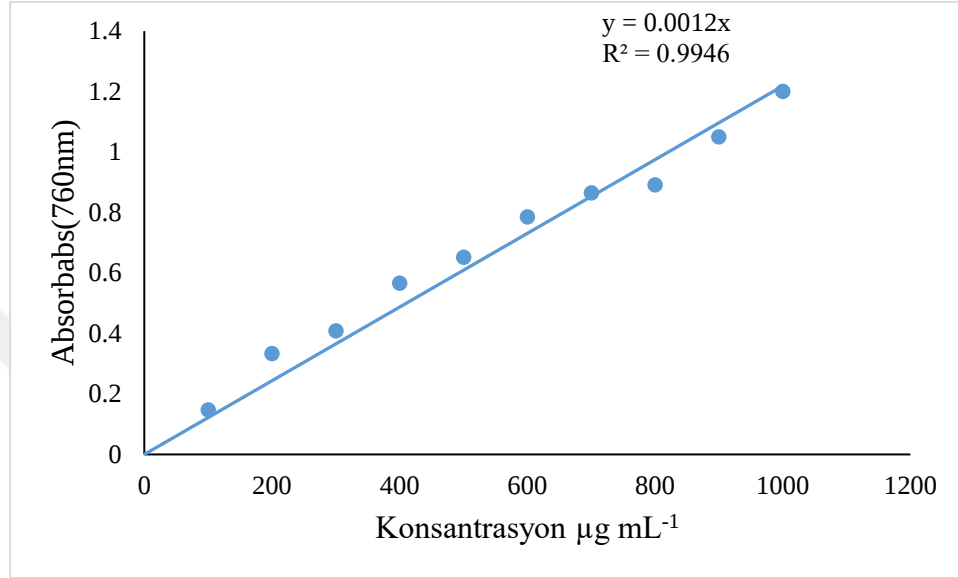
KT_C: Siyah çay, KT_{S1}: 10 g siyah çay + 10 g toz sarı halile çayı, KT_{S2}: 20 g toz sarı halile çayı, A-G: Satırdaki örnekler arasındaki farkı gösterir, a-g: Sütundaki depolama süresine bağlı farkı gösterir.

Total flavonoid içeriğinin artması, sarı halile tozunun konsantrasyonunun artmasına bağlı bir şekilde artış göstermiştir (Tablo 4.9). Örneklere sarı halile katılması total flavonoid miktarını önemli düzeyde etkilemiştir.

Literatürde diğer çalışmalara bakıldığında Özler (2021), yaptığı çalışmada total flavonoid bileşik miktarını sarı halile- alkol ekstresi için 23.20 µg KE/mg ekstre olarak rapor etmiştir. Das vd. (2016), yaptıkları çalışmada sarı halile için flavonoid bileşik miktarını 99.51 QE/g, Murningsih ve Fathoni (2016), yaptıkları çalışmada sarı halile için flavonoid bileşik miktarını 23.12 mg RE/g olarak tespit etmişlerdir.

4.10. Total Fenolik Bileşik Miktarına Ait Sonuçlar

Sarı halile tozu eklenerek oluşturulan kombucha çayları için fenolik bileşik içeriğinin belirlenmesinde gallik asit standart olarak kullanılarak grafik oluşturuldu. Denklem oluşturularak sarı halile tozu eklenmiş kombucha çaylarının içerdiği total fenolik bileşik içeriği gallik asit ekivalenti (GAE) olarak hesaplandı (r^2 : 0.9684). Bu amaç ile oluşturulan grafik Şekil 4.14'te verilmiştir.



Şekil 4. 14. Total fenolik miktarı için gallik asit ile hazırlanan standart grafik

Sarı halile ile hazırlanan kombucha çayı ekstraktları için standart grafikten yararlanarak total fenolik içeriği hesaplandı.

$$\text{Absorbans } \lambda_{760 \text{ nm}} = 0.0012 \times (\text{GA}), r^2: 0.9946$$

Tablo 4. 9. Kombu çayı örneklerinin toplam fenolik içeriği (1000 µg mL⁻¹).

Total fenolik (µg KE/mg örnek)

Gün	KT _C	KT _{S1}	KT _{S2}
7	32.22±0.48 ^{A,a}	141.67±2.09 ^{B,a}	238.61±1.39 ^{C,a}
14	28.61±1.21 ^{A,a}	148.06±1.00 ^{B,b}	255±0.000 ^{C,b}
21	238.61±1.39 ^{A,b}	255.00±0.00 ^{B,c}	253.33±0.00 ^{B,b}

KT_C: Siyah çay, KT_{S1}: 10 g siyah çay + 10 g toz sarı halile çayı, KT_{S2}: 20 g toz sarı halile çayı, ^{A-G}: Satırdaki örnekler arasındaki farkı gösterir, ^{a-g}: Sütundaki depolama süresine bağlı farkı gösterir.

Sarı halile tozu konsatrasyonu arttıkça total fenolik bileşik içeriği de artış göstermektedir (Tablo 4.10). Kombucha çayları arasında anlamlı bir fark görülmektedir ($p<0.00$).

Özler (2021), yaptığı çalışmada total fenolik bileşik miktarını sarı halile-alkol ekstresinde $288.5 \mu\text{g KE/mg}$ ekstre olarak rapor etmiştir. Das vd. (2016), yaptıkları çalışmada sarı halile için fenolik bileşik miktarını 327.22 GAE/g , Murningsih ve Fathoni (2016), yaptıkları çalışmada sarı halile için fenolik bileşik miktarını 84.81 mg GAE/g olarak tespit etmişlerdir.

4.11. Antibakteriyel Aktivite Analiz Sonuçları

Sarı halile tozu kullanılarak hazırlanan kombucha çayları için dört farklı bakteri kullanılarak antibakteriyel aktivite tayinleri yapıldı.

Tablo 4. 10. Kombu çayı örneklerinin antibakteriyel aktivite içeriği

Bakteri suşları	Gün	Kombucha çayı örnekleri		
		KT _C	KT _{S1}	KT _{S2}
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	7	T.E	$10.30 \pm 0.30^{B,a}$	T.E
	14	$9.23 \pm 0.05^{A,b}$	$10.53 \pm 0.06^{C,a}$	$9.50 \pm 0.17^{B,b}$
	21	N.D	$10.50 \pm 0.17^{C,a}$	$9.57 \pm 0.14^{B,b}$
<i>Klebsiella pneumoniae</i> ATCC 13883	7	T.E	T.E	T.E
	14	$8.50 \pm 0.17^{B,b}$	$9.83 \pm 0.03^{C,b}$	$7.40 \pm 0.17^{A,b}$
	21	$9.33 \pm 0.03^{B,c}$	$10.20 \pm 0.15^{C,c}$	$8.73 \pm 0.17^{A,c}$
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 62238	7	T.E	T.E	T.E
	14	$10.47 \pm 0.07^{C,b}$	$10.27 \pm 0.03^{B,b}$	T.E
	21	$10.40 \pm 0.10^{B,b}$	$10.33 \pm 0.03^{B,b}$	T.E
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	7	T.E	T.E	$7.70 \pm 0.10^{B,a}$
	14	$7.67 \pm 0.33^{A,b}$	$9.70 \pm 0.20^{B,c}$	$10.47 \pm 0.26^{B,b}$
	21	$9.07 \pm 0.12^{A,c}$	$9.13 \pm 0.13^{A,b}$	$11.67 \pm 0.07^{B,c}$

KT_C: Siyah çay, KT_{S1}: 10 g siyah çay + 10 g toz sarı halile çayı, KT_{S2}: 20 g toz sarı halile çayı, ^{A-G}: Satırdaki örnekler arasındaki farkı gösterir, ^{a-g}: Sütundaki depolama süresine bağlı farkı gösterir. T.E: Tespit edilemedi.

Kombucha çayı örneklerinin seçilmiş patojen bakteri suşlarına karşı gösterdiği antibakteriyel aktiviteye ilişkin bulgular Tablo 4.11’de sunulmuştur.

Elde edilen sonuçlara göre, KT_{S1} örneği, *Escherichia coli* ATCC 25922 suşuna karşı diğer kombucha çayı örneklerine kıyasla daha yüksek inhibisyon kapasitesi sergilemiştir. Bununla birlikte, KT_{S1}’in söz konusu suş üzerindeki antibakteriyel etkinliğinin fermantasyon süresinden anlamlı düzeyde etkilenmediği belirlenmiştir.

Klebsiella pneumoniae ATCC 13883 suşuna karşı kombucha çayı örneklerinin, fermentasyonun 7. gününde belirgin bir antibakteriyel etki göstermediği, buna karşın diğer fermentasyon günlerinde etkili bir inhibisyon sağladığı saptanmıştır ($P<0.001$). Bu bağlamda, KT_{S1} örneği, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 13883 suşuna karşı, diğer çay örneklerine kıyasla daha yüksek düzeyde antibakteriyel etki göstermiştir.

Pseudomonas aeruginosa ATCC 62238 suşu üzerinde yürütülen analizler sonucunda, KT_{S2} örneğinin antibakteriyel aktivite göstermediği belirlenmiştir. Buna karşılık, KT_C ve KT_{S1} örneklerinin, fermentasyonun 14. ve 21. günlerinde söz konusu suş üzerinde belirgin inhibisyon etkisi oluşturduğu tespit edilmiştir. Özellikle, KT_C örneğinin 14. gündeki antibakteriyel etkisi, KT_{S1} 'e kıyasla istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha yüksek bulunmuş ($P<0.001$); fermentasyonun 21. gününde ise her iki örnek arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir. Ayrıca, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 62238 suşuna karşı KT_C ve KT_{S1} örneklerinin antibakteriyel etkilerinin fermentasyon süresinden bağımsız olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Staphylococcus aureus ATCC 25923 suşuna karşı yürütülen analizlerde, KT_{S2} örneği tüm fermentasyon periyotlarında anlamlı düzeyde inhibisyon etkisi gösterirken, KT_C ve KT_{S1} örneklerinin 14. ve 21.günlerde inhibitör aktivite sergilediği gözlenmiştir. Ancak, KT_C ve KT_{S2} örneklerinin bu suş üzerindeki antibakteriyel aktivitelerinin fermentasyon süresine bağlı olarak önemli ölçüde arttığı tespit edilmiştir ($P<0.001$). Öte yandan, KT_{S1} örneğinin ilgili suş üzerindeki antibakteriyel etkinliğinde fermentasyon süreci boyunca kısmi bir azalma eğilimi gözlenmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünya genelinde her gün artış gösteren birçok hastalığın hala tedavisinin bulunamaması, doğadaki doğal tıbbi bitkilerin ne denli önemli olduğunu ve araştırmaların çoğaltılması ve detaylandırılması gerektiğini göstermektedir. Bu çalışmada kullanılan sarı halile bitkisinin araştırılması ve detaylandırılması da bu yüzden önem arz etmektedir.

Sarı halile bitkisi içerdiği zengin fenolik bileşikler, kateşinler ve vitaminler sayesinde doğal tedavi edici olarak kullanılmaktadır.

Sarı halilenin kombucha çayına eklenmesi ile Fe^{3+} - Fe^{2+} ve Cu^{+2} - Cu^{+} indirgeme aktivitelerinde yükselme görülmüştür. Sarı halile tozunun kombucha çayına eklenmesi toplam fenolik bileşik ve flavanoid bileşik içeriklerinde de artış sağlamıştır. Aynı şekilde sarı halile tozu konsantrasyonu arttıkça toplam fenolik ve flavanoid içeriğinde de doğrusal olarak artış gözlemlenmiştir.

Genel olarak bakıldığında ise biyoaktif özelliklere sahip sarı halile bitkisinin kombucha çayına eklenmesi, Fe^{3+} - Fe^{2+} ve Cu^{+2} - Cu^{+} indirgeme kapasitelerinde de artış sağlayarak kombucha çayının daha nitelikli, fonksiyonel ve sağlıklı bir ürün haline gelmesinde önemli rol oynamıştır ve ayrıca bakterilere karşı savunmada olumlu özellikler sağlamıştır. Bu potansiyellerin artması ile beraber antioksidan aktivite için olumlu yönde özellikler sağlanarak serbest radikalleri gidermede de önemli derecede etki sağlanmıştır.

Sarı halilenin eklenmesi ile ABTS radikal giderme aktivitesi IC_{50} değerleri kontrol kombucha çayı için $27.50 \mu g mL^{-1}$, 10 g siyah çay ve 10 g toz sarı halile eklenen kombucha çayı için $3.18 \mu g mL^{-1}$ ve 20 g toz sarı halile eklenen kombucha çayı için $2.57 \mu g mL^{-1}$ olarak tespit edildi. Sarı halile miktarının artışı ile ABTS radikal giderme aktivitesinde IC_{50} değerlerinde düşüş gözlemlendi. Düşük IC_{50} değeri daha güçlü antioksidan etki sağladığını göstermektedir. 20 g sarı halile eklenen kombucha çaylarında standart antioksidanlar ile karşılaştırma yapıldığında BHA, α -Tokoferol ve Trolox'a göre daha düşük IC_{50} değeri verdiği gözlemlendi. Bu durumda sentetik antioksidanlara göre daha kullanışlı olan doğal antioksidan tüketimine yönlendirmektedir.

Kombucha çayına sarı halile eklenmesi ile DPPH serbest radikal giderme aktivitesi IC_{50} değerleri kontrol kombucha çayı için $70.00 \mu g mL^{-1}$, 10 g siyah çay ve 10 g toz sarı halile eklenen kombucha çayı için $18.24 \mu g mL^{-1}$ ve 20 g toz sarı halile eklenen kombucha çayı için $7.44 \mu g mL^{-1}$ olarak belirlendi. Sarı halile miktarı konsantrasyonu arttıkça DPPH serbest radikal giderme aktivitesinde IC_{50} değerinde düşüş gözlemlendi. 20 g toz sarı halile

eklenen kombucha çaylarının standart antioksidanlar ile karşılaştırılması ile BHA, BHT ve α -Tokoferol'e göre daha düşük IC₅₀ değerleri verdiği görüldü.

Total fenolik bileşik içeriğine bakıldığında sarı halilenin kombucha çayına eklenmesi, konsatrasyonun artması ve fermantasyon süresinin ilerlemesi ile önemli derecede fenolik içerikte artış sağlandığı görüldü. En yüksek total fenolik bileşik içeriği fermantasyonun 14. gününde 20 g toz sarı halile eklenen kombucha çayında 255 μ g GAE/mg ekstre olarak tespit edildi.

Sarı halilenin kombucha çayında miktarının artması ve fermantasyon süresinin ilerlemesi ile flavonoid içeriğinin de doğrusal olarak arttığı gözlemlenmiştir. En yüksek total flavonoid miktarı içeriği 28.64 μ g KE/mg ekstre ile 20 g toz sarı halile eklenen kombucha çayı olarak tespit edildi.

Escherichia coli ATCC 25922 ve *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 62238 için yapılan antibakteriyel aktivitede en çok duyarlılığı KT_{S1} örnekleri göstermiştir. *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 62238 için sarı halile tozu eklenmesi herhangi bir artış sağlamamıştır. *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 için ise en yüksek duyarlılığı KT_{S2} göstermiştir. Özellikle fermantasyon süresi ile antibakteriyel aktivite arasında doğrusal bir orantı gözlemlenmiştir. KT_{S1} örneği için *Klebsiella pneumoniae* ATCC 13883 fermantasyonun 21. gününde duyarlılık artmıştır. Sarı halilenin kombucha çayına eklenmesi ile bakterilere karşı savunma mekanizması oluşturmada genel olarak olumlu etki gözlemlenmiştir.

Günümüzde kombucha çayı tüketimindeki artış göz önünde bulundurularak bu ürünün sarı halile bitkisine eklenmesi ile insan sağlığına daha faydalı bir hale getirmek, fenolik ve flavanoid içeriği yüksek, antioksidan kapasitesi artırılmış ve antibakteriyel özellik kazandırılmış bir hale getirilmesi hem yeni bir ürün ortaya koymak açısından hemde fonksiyonel bir ürün oluşturmak için önemli bir durum ortaya koymaktadır. Özellikle tüketicilerin doğal fermente ürünler talebinin karşılanması adına meyve ve çay karışımı yeni bir fermente içecek ortaya koyularak çeşitlilik sağlanmıştır.

Sarı halile bitkisinin özelliklerinin laboratuvar ortamında daha çok araştırılması doğal tedavi yöntemleri, yeni ürünler oluşturmak için son derece önemlidir.

KAYNAKÇA

- Abuduaibifu, A., and Tamer, C. E.(2019). Evaluation of physicochemical and bioaccessibility properties of goji berry kombucha. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(9). <https://doi.org/10.1111/jfpp.14077>
- Açikel, G.(2024). *Bazı meyve sularıyla hazırlanan kombu çaylarının özellikleri üzerine bir araştırma* Yüksek lisans tezi. Ege Üniversitesi, İzmir.
- Agati, G. Azzarello, E., Pollastri, S. and Tattini, M.(2012). Flavonoids as antioxidants in plants: location and functional significance. *Plant Science*, 196, 67-76.
- Akış, T.(2010). *Piyasada çay olarak tüketilen bazı bitkilerin antioksidan aktivitelerinin belirlenmesi ve fenolik yapılarının incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir, (266055).
- Albuquerque, B. R., Heleno, S. A., Oliveira, M. B. P. P., Barros, L. and Ferreira, I. C. F. R.(2021)., Phenolic compounds: Current industrial applications, limitations, and future challenges. *Food Function*, 12(1), 14-29.
- Annakkaya, P.(2012)., *Turna yemişi (Vaccinium macrocarpon) ve mersinin (Myrtus communis) liyofilize edilmiş su ekstraktlarının antioksidan kapasitelerinin belirlenmesi ve fenolik içeriklerinin aydınlatılması*. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, (312918).
- AOAC.(2000). *Official methods of analysis of AOAC. International 17th edition*. Gaithersburg, MD: Association of Analytical Communities.
- Apak, R., Calokerinos, A., Gorinstein, S., Segundo, M. A., Hibbert, D. B., Gülçin, İ. and Arancibia-Avila, P.(2022). Methods to evaluate the scavenging activity of antioxidants toward reactive oxygen and nitrogen species (IUPAC Technical Report). *Pure and Applied Chemistry*, 94(1), 87-144.
- Artanti, N., Susilowati, A., Aspiyanto, L. P. D. N. and Maryati, Y.(2017). Antioxidant activity of fermented broccoli and spinach by Kombucha culture, In: *AIP Conference Proceedings*, AIP Publishing LLC, India.
- Asghar F, Ali S, Goraya A. A., Javaid I and Hussain Z.(2017). A Review on the Role of Fermented Foods as Health Promoters. *International Journal of Scientific Research in Science and Technology*, 3, 141-8.
- Ayed, L., Ben Abid, S. and Hamdi, M.(2017). Development of a beverage from red grape juice fermented with the Kombucha consortium. *Annals of Microbiology*, 67(1), 111-121. <https://doi.org/10.1007/s13213-016-1242-2>

- Ayodele, S. M., Alpheus, G. and Iruaga, O. M.(2010). Antibacterial screening of the root, stem and leaf extracts of *Terminalia albidia* sc. elliot on selected pathogenic bacteria. *African Journal of Microbiology Research*, 4(13), 1457-1459.
- Aysel, M. B.(2008). *Biberiye (Rosmanirus officinalis L.) ve Mercanköşk (Origanum onites L.) bitkilerindeki antioksidan aktivite potansiyellerinin araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, (233176).
- Battikh H, Chaieb K, Bakhrouf A. and Ammar E.(2012a). Antibacterial and antifungal activities of black and green kombucha teas. *Journal of Food Biochemistry*, 37, 231-236.
- Battikh H., Bakhrouf A. and Ammar E.(2012b). Antimicrobial effect of kombucha analogues. *LWT- Food Science and Technology*, 47, 71-77.
- Bauer-Petrovska, B. and Petrushevska-Tozi, L.(2000). Mineral and water soluble vitamin content in the Kombucha drink, *International Journal of Food Science & Technology*, 35(2), 201-205.
- Bhattacharya D., Bhattacharya S., Patra M. M., Chakravorty S., Sarkar S. vd.(2016). Antibacterial activity of polyphenolic fraction of kombucha against enteric bacterial pathogens. *Current Microbiology*, 73, 885-896.
- Bhattacharyya, N., Seth, S., Tudu, B., Tamuly, P., Jana, A., Ghosh, D., Bandyopadhyay, R., Bhuyan, M. and Sabhapandit, S.(2007). Detection of optimum fermentation time for black tea manufacturing using electronic nose. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 122(2), 627-634.
- Bishop, P., Pitts, E. R., Budner, D. and Thompson-Witrick, K. A.(2022). Kombucha: Biochemical and microbiological effects on chemical and flavor profiles. *Food Chemistry Advances*, 1, 100025.
- Blanc, P. J.(1996). Characterization of the tea fungus metabolites, *Biotechnology Letters*, 18(2), 139-142.
- Blois, M. S.(1958). Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 181(4617), 1199-1200.
- Bozkoyun Dusak Z., Yaşar Y. Z. ve Şaprak A.(2023). Oksidatif stres ve kolorektal kanser ilişkisinde antioksidanların önemli rolü. *Van Sağlık Bilimleri Dergisi*, 17(2),119-124.
- Cakmakci S., Topdaş E. F., Kalın P. vd.(2015). Antioxidant capacity and functionality of oleaster (*Elaeagnus angustifolia* L.) flour and crust in a new kind of fruity ice cream. *International Journal Of Food Science and Technology*, 50(2), 472-481.

- Cardoso R. R., Neto R. O., dos Santos D'Almeida C. T., do Nascimento T. P., Pressete C. G., Azevedo L., vd.(2020). Kombuchas from green and black teas have different phenolic profile, which impacts their antioxidant capacities, antibacterial and antiproliferative activities. *Food Research International*, 128, 108782.
- C. Caleja, A. Ribeiro, M. F. Barreiro and I. C. F. R. Ferreira(2017). Phenolic compounds as nutraceuticals or functional food ingredients, *Current Pharmaceutical Design*, 23, 2787.
- Chandrakala, S. K., Lobo, R. O. and Dias, F. O.(2019). Kombucha (Bio-Tea): An Elixir for Life?, *In: Nutrients in Beverages*, Elsevier, India.
- Cheesman, M. J., Shivashekaregowda, N. K. H. and Cock, I. E.(2023). Bacterial foodborne illness in Malaysia: *Terminalia* spp. as a potential resource for treating infections and countering antibiotic resistance. *Malaysian Journal of Medical Sciences*, 30(2), 42-54.
- Chen, L., Chen, Q., Zhang, Z. and Wan, X.(2009). A novel colorimetric determination of free amino acids content in tea infusions with 2,4-dinitrofluorobenzene. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22(2), 137-141.
- Chu S. C., Chen C.(2006). Effects of origins and fermentation time on the antioxidant activities of kombucha . *Gıda Kimyası*, 98, 502 – 7.
- Çalışkan, Z., Yıldız, E., Gültaş, M., and Gürbüz, O.(2023). Bioactive and anti-carcinogenic properties of Kombucha prepared with *Aronia melanocarpa* juice. *Journal of Medical Sciences*, 4(4), 198-206. <http://jms.yeniyuzuil.edu.tr>
- Das, N., Goshwami, D., Hasan, M. S., Mahmud, Z. A. and Raihan, S. Z.(2016). Evaluation of antioxidant, antimicrobial and cytotoxic activities of *Terminalia citrina* leaves. *Journal of Pharmacy Research*, 10(1), 8-15.
- Das, N., Hasan, M. S., Mahmud, Z. A. and Raihan, S. Z.(2016). *Evaluation of anti-diarrheal, central nervous system (CNS), hypoglycemic and thrombolytic activities of methanolic extract of Terminalia citrina leaves*. *World Journal of Pharmaceutical Research*, 6(7), 2099-2111.
- Değirmencioğlu, N., Yıldız, E., Şahan, Y., Gültaş, M., ve Gürbüz, O.(2019). Fermentasyon süresinin kombucha çayı mikrobiyotası ve canlılık oranları üzerine etkileri. *Akademik Gıda*, 17(2), 200-211. <https://doi.org/10.24323/akademik-gida.613567>
- de la Rosa, L. A., Moreno-Escamilla, J. O., Rodrigo-García, J. and Alvarez-Parrilla, E.(2019). Phenolic compounds. In E. M. Yahia and A. Carrillo-

- Lopez (Eds.), *Postharvest physiology and biochemistry of fruits and vegetables*, (pp. 253–271). Woodhead Publishing.
- de Oliveira, P. V., A. H. da Silva Júnior, C. R. S. de Oliveira, C. F. Assumpção and C. H. Ogeda(2023). Kombucha benefits, risks and regulatory frameworks: A review. *Food Chemistry Advances*, 2, 100288.
- Devasagayam, T. P. A., Tilak, J. C., Boloor, K. K., Sane, K. S., Ghaskadbi, S. S. and Lele, R.D.(2004). Free radicals and antioxidants in human health: Current status and future prospects. *Journal of the Association of Physicians of India*, 52(794804), 4.
- Dufresne C, Farnworth E.(2000). Tea, kombucha, and health: a review. *Food Research International*, 33, 409-421.
- Durazzo, A., Lucarini, M., Souto, E. B., Cicala, C., Caiazzo, E., Izzo, A. A., Novellino, E. and Santini, A.(2019). Polyphenols: A concise overview on the chemistry, occurrence, and human health. *Phytotherapy Research*, 33(9), 2221–2243. <https://doi.org/10.1002/ptr.6419>
- Dündar Y, Aslan R.(2000). Hekimlikte oksidatif stres ve antioksidanlar. Afyon Kocatepe Üniversitesi Yayınları. Afyonkarahisar.
- Düşgün, C.(2022). *Farklı endemik bitkiler kullanılarak kombu çayı üretimi ve fermente ürünlerinin biyolojik aktivitelerinin belirlenmesi*. Doktora Tezi, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoteknoloji Anabilim Dalı, Niğde, (650690).
- Ekbul A.(2004). Diyetel Polifenoller ve Kardiyovasküler Sistem. *Türkiye Klinikleri Kardiyoloji* 17(1), 48-54.
- Elfogohi, L.(2019). *Anadolu’da yetiştirilen bazı üzüm (Vitis vinifera L.) çeşitlerinin biyokimyasal içeriğinin, antikanser ve antioksidan aktivitelerinin incelenmesi*. Doctoral dissertation, Kastamonu Üniversitesi, (594823).
- Essawet, N.A., Cvetkovic, D., Velicanski, A., Canadanovic-Brunet, J., Vulic, J., Maksimovic, V. and Markov, S.(2015). Polyphenols and Antioxidant Activities of Kombucha Beverage Enriched with Coffee berry Extract, *Chemical Industry&Chemical Engineering Quaterly*, 21 (3), 399-409.
- Eser, Z.(2010). *Kızılcık meyvesi ve marmelatının bazı kimyasal, fiziksel özellikleri ile antioksidan aktivitesi ve antosiyanin profilinin belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, (270732).
- Fahmy, N. M., Al-Sayed, E., Singab, A. N.(2015). Genus Terminalia: A phytochemical and biological review. *Medicinal&Aromatic Plants* 4, 218.

- Gamboa-Gómez, C. I., González-Laredo, R. F., Gallegos-Infante, J. A., Pérez, M. L., Moreno-Jiménez, M. R., Flores-Rueda, A. G. and Rocha-Guzmán, N. E.(2016). Antioxidant and angiotensin-converting enzyme inhibitory activity of *Eucalyptus camaldulensis* and *Litsea glaucescens* infusions fermented with kombucha consortium, *Food Technology and Biotechnology* 54(3), 367-374.
- Garcia –Fernandez M., Castilla- Cartazar I. and Diaz- Sanchez M.(2005). Antioxidant Effects of Insulin-like Growth Factor-I (IGF-I) in Rats with Advanced Liver Cirrhosis. *BMC Gastroenterol*, 5, 5-7.
- Gökce, M.2009. *Muğla yöresinde yetiştirilen bazı zeytin meyvelerinin antioksidan kapasitelerinin araştırılması ve sızma zeytin yağlarının aromasının kimyasal analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi, Muğla, (237750).
- Görünmezoğlu, Ö.(2008). *Kayısı ve incir meyvelerinin antioksidan kapasitelerinin araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın, (216909).
- Gülçin, I.(2008). Measurement of antioxidant ability of melatonin and serotonin by the DMPD and CUPRAC methods as trolox equivalent. *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry*, 23(6), 871-876.
- Gülçin, İ.(2020). Antioxidants and antioxidant methods: An updated overview, *Archives of Toxicology*, 94, 651-715.
- Gülçin, İ., Küfrevioğlu, Ö. İ., Oktay, M. and Büyükokuroğlu, M. E.(2004b). Antioxidant, antimicrobial, antiulcer and analgesic activities of nettle (*Urtica dioica* L.), *Journal of Ethnopharmacology*, 90(2), 205-215.
- Gülçin, İ., Oktay, M., Kireççi, E. and Küfrevioğlu, Ö. İ.(2003). Screening of antioxidant and antimicrobial activities of anise (*Pimpinella anisum* L.) seed extracts, *Food Chemistry*, 83(3), 371-382.
- Gülçin, İ., Şat, İ. G., Beydemir, Ş., Elmastaş, M. ve Küfrevioğlu, Ö. İ.(2004a). Comparison of antioxidant activity of clove (*Eugenia caryophyllata* Thunb) buds and lavender (*Lavandula stoechas* L.), *Food Chemistry*, 87(3), 393-400.
- Gülçin, İ.(2005). The antioxidant and radical scavenging activities of black pepper (*Piper nigrum*) seeds, *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 56, 491-499.
- Gülçin, İ., Topal, F., Oztürk Sarıkaya, S. B., Bursal, E., Gören, A. C. and Bilsel M.(2011a). Polyphenol contents and antioxidant properties of medlar (*Mespilus germanica* L.), *Records of Natural Products*, 5, 158-175.
- Güldane, M., Bayram, M., Topuz, S., Kaya, C., Gök, H. B., Bülbül, M. ve Koç, M.(2017). Beyaz, siyah ve yeşil çay kullanılarak üretilen kombuchaların bazı özelliklerinin

- belirlenmesi. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpasa University*, 34(1), 46-56. <https://doi.org/10.13002/jafag1101>
- Hacanlı, Y.(2023). Antioksidanların Kardiyovasküler Hastalıklara Karşı Önemi. *Zenodo*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10431183>
- Halliwell, B.(1997). Antioxidants in human health and disease. *Annual Review of Nutrition*, 16, 33-50.
- Han, H.(2012). *Altın çilek (Physalis peruviana) ve keten (Linum usitatissimum) tohumunun antioksidan kapasitelerinin belirlenmesi ve fenolik içeriklerinin aydınlatılması*. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, (312919).
- Hsieh, Y.-H. P. and Ofori, J. A.(2007). Innovations in food technology for health. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 16(Suppl 1), 65-73.
- Hussain, M. M.(2021). A short review on the bioactive constituents from six *Terminalia* species. *Bangladesh Pharmaceutical Journal*, 24(1), 76-82.
- İslan T., Das A., Shill K. B., Karmakar P., İslan S. and Sattar M. M.(2015). Evaluation of membrane stabilizing, anthelmintic, antioxidant activity with phytochemical screening of methanolic extract of *Neolamarckia cadamba* fruit. *Journal of Medicinal Plant Research* 9 (5), 151-158.
- İsmailoğlu Özkan, E.(2024). *Bazı sebzelerle hazırlanan kombu çaylarının özellikleri üzerine bir araştırma*. Yüksek lisans tezi, Ege Üniversitesi, İzmir (846598).
- İşbilir, Ş.S.(2008). *Yaprakları salata-baharat olarak tüketilen bazı bitkilerin antioksidan aktivitelerinin incelemesi*. Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi, Edirne, (177375).
- Jamali, A. A. vd.(2018). Assessment of serum magnesium level in type 2 diabetes mellitus with diabetic foot ulcers (Grade I and II) at Nawabshah, Pakistan. *International journal of clinical medicine*, 09 (02), 104-116.
- Jarrell, J., Cal, T., Bennett, J. W.(2000). The Kombucha consortia of yeasts and bacteria. *Mycologist*, 14(4), 166-170.
- Jayabalan, R., Malbaşa, R. V., Lončar, E. S., Vitas, J. S. and Sathishkumar, M.(2014). A review on kombucha tea-microbiology, composition, fermentation, beneficial effects, toxicity, and tea fungus. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13(4), 538-550. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12073>
- Jayabalan, R., Marimuthu, S., Swaminathan, K.(2007). Changes in Content of Organic Acid and Tea Polyphenols During Kombucha Tea Fermentation, *Food Chemistry* 102, 392- 398.

- Jayabalan, R., Subathradevi, P., Marimuthu, S., Sathishkumar, M. and Swaminathan, K.(2008). Changes in free radical scavenging ability of Kombucha tea during fermentation, *Food Chemistry*, 109, 227-34.
- Kalkan, S., Otağ, M. R., Sarmusak, S., Gönültaş, F. B., ve Yaşar, A.(2020). Farklı çay türleri ile hazırlanan kombuchaların biyoaktif ve duyuşal özelliklerinin belirlenmesi. *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 13(1), 283-295.
- Kapçı, B.(2013). *Characteristic components and antioxidant potential of Black Chokeberry (Aronia Melanocarpa) products*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul., (333017).
- Karabulut, H. ve Gülay, M. Ş.(2016). Antioksidanlar. *MAE Veteriner Fakültesi Dergisi*, 1(1).
- Karaman, Ş.(2008). *Türkiye’de yetiştirilen bazı elma çeşitlerinin toplam antioksidan kapasitelerinin ve antioksidan özellik gösteren başlıca bileşenlerinin karşılaştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, (232529).
- Kasapçopur Özel, G. S. ve Birdane, Y. O.(2014). Antioksidanlar. *Kocatepe Veterinary Journal*, 7(2), 41–52.
- Kasapoğlu, K. N.(2015). *Türkiye’ ye özgü yöresel bir pancar çeşidinde ve atıklarında fenolik maddde profilinin, antioksidan kapasitesinin ve biyoyararlılığın belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, (389292).
- Kayışoğlu, S. and Coşkun, F.(2021). Determination of physical and chemical properties of kombucha teas prepared with different herbal teas. *Food Science and Technology (Campinas)*, 41(Suppl. 1), 393-397.
- Koca, N. ve Karadeniz, F.(2005). Gıdalardaki Doğal Antioksidan Bileşikler. *Gıda*, 30, 229-236.
- Koczka, N., Stefanovits-Bányai, É. and Ombódi, A.(2018). Total polyphenol content and antioxidant capacity of rosehips of some Rosa species, *Medicines*, 5(3), 84.
- Köksal, E.(2007). *Karnabahar (Brassica oleracea L.) peroksidaz enziminin saflaştırılması ve karakterizasyonu, antioksidan ve antiradikal aktivitesinin belirlenmesi*. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, (200868).
- Köksal, E., Bursal, E., Dikici, E., Tozoğlu, F. and Gülçin, İ.(2011). Antioxidant activity of melissa officinalis leaves, *Journal of Medicinal Plants Research*, 5, 217-222.
- Köksal, E. and Gülçin, İ.(2008). Antioxidant activity of cauliflower (Brassica oleracea L.). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 32(1), 65-78.

- Kris-Etherton P. M., M. Lefevre, G. R. Beecher, M. D. Gross, C. L. Keen and T. D. Etherton.(2004). Bioactive compounds in nutrition and health-research methodologies for establishing biological function: the antioxidant and antiinflammatory effects of flavonoids on atherosclerosis. *Annual Review of Nutrition*, 24, 511-538.
- Kumari, R., Sanjukta, S., Sahoo, D. and Rai, A. K.(2022). Functional peptides in Asian protein rich fermented foods: production and health benefits. *Systems Microbiology and Biomanufacturing*, 2(1), 1-13.
- Küçükçoban, Ç.(2009). *Türkiye’de yetiştirilen bazı erik çeşitlerinin toplam antioksidan kapasitelerinin ve başlıca antioksidan bileşenlerinin karşılaştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, (252823).
- Leal J. M., Suárez V. L., Jayabalan R, Oros J. H., Escalante-Aburto A.(2018). A review on health benefits of kombucha nutritional compounds and metabolites, *CyTA-Journal of Food*, 16(1), 390-9.
- Liu, C. H., Hsu, W. H., Lee, F. L. and Liao, C. C.(1996). The isolation and identification of microbes from a fermented tea beverage, Haipao, and their interactions during Haipao fermentation, *Food Microbiology* 13(6), 407-415.
- Lobo, R. O., Dias, F. O. and Shenoy, C. K.(2017). Kombucha for healthy living: evaluation of antioxidant potential and bioactive compounds, *International Food Research Journal* 24(2), 541-546.
- Lourenço S. C., Moldão-Martins M., Alves vd.(2019). Antioxidants of natural plant origins: From sources to food industry applications. *Molecules*, 24(22), 4132.
- Mar, J. M., da Silva, L. S., Lira, A. C., Kinupp, V. F., Yoshida, M. I., Moreira, W. P., Bruginski, E., Campos, F. R., Machado, M. B., de Souza, T. P., Campelo, P. H., de Araújo Bezerra, J. and Sanches, E. A.(2020). Bioactive compounds-rich powders: Influence of different carriers and drying techniques on the chemical stability of the *Hibiscus acetosella* extract. *Powder Technology*, 360, 383-391.
- M. Caroch, P. Morales and ICFR Ferreira(2015). Natural food additives: Quo vadis? Trends in *Food Science & Technology*., 45 , 284-29.
- M. L. Soto, E. Falqué and H. Domínguez(2015). Relevance of natural phenolics from grape and derivative products in the formulation of cosmetics, *Cosmetics*, 259-276.
- Meir, S., Kanner, J., Akiri, B. and Philosoph-Hadas, S.(1995). Determination and involvement of aqueous reducing compounds in oxidative defense systems of various senescing leaves. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43(7), 1813-1819.

- Meral, R., Doğan, İ. S. ve Kanberoğlu, G. S.(2012). Fonksiyonel gıda bileşeni olarak antioksidanlar. *Iğdır University Journal of the Institute of Science and Technology*, 2(2), 45-50.
- Miranda B., Lawton N. M., Tachibana S. R., Swartz N. A. and Hall W. P.(2016). Titration and HPLC characterization of kombucha fermentation: a laboratory experiment in food analysis. *Journal of Chemical Education*, 93(10), 1770- 5.
- Murningsih, T. and Fathoni, A.(2016). Aktivitas Anti-Inflamasi dan Antioksidan Secara In-Vitro, pada *Terminalia spp.* [Evaluation of In-vitro Anti-inflammatory and Antioxidant Activity, Total Phenolic and Flavonoic Content on *Terminalia spp.*]. *Berita Biologi*, 15(2), 175-180.
- Ning, J., Sun, J., Li, S., Sheng, M. and Zhang, Z.(2017). Classification of five Chinese tea categories with different fermentation degrees using visible and near-infrared hyperspectral imaging. *International Journal of Food Properties*, 20 (sup2), 1515-1522.
- Nummer, B. A.(2013). Kombucha brewing under the food and drug administration model food code: risk analysis and processing guidance. *Journal of Environmental Health*, 76 (4), pp. 8-11.
- Oktay B. A, Özbaş Z. Y.(2020). Fermente Gıdaların İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri *Gıda*, 45(6), 1215-26.
- Oyaizu, M.(1986). Studies on products of browning reaction antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *The Japanese Journal of Nutrition and Dietetics*, 44(6), 307-315.
- Özler, E.(2021). *Sarı Halile (Terminalia citrina Roxb. ex. Fleming) türünün antioksidan kapasitesinin ve fenolik içeriklerinin belirlenmesi*. Yüksek lisans tezi, Gümüşhane Üniversitesi, Gümüşhane, (668134).
- Özler, E., Topal, F., Topal, M. and Öztürk Sarıkaya, S. B.(2023). LC-HRMS profiling and phenolic content, cholinesterase, and antioxidant activities of *Terminalia citrina*. *Chemistry & Biodiversity*, 20(4), e202201250.
- Park, Y. K., Koo, M. H., Ikegaki, M. and Contado, J. O. S. E.(1997). Comparison of the flavonoid aglycone contents of *Apis mellifera* propolis from various regions of Brazil. *Biology Tecnology*, 97-106.
- Payan, A.(2007). *Üzüm meyvesi ve çekirdeğinden antioksidan eldesi*. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya, (199621).
- Pisoschi A. M. and Pop A.(2015). The role of antioxidants in the chemistry of oxidative stress: A review. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 97, 55- 74.

- Pure, A. E. and Pure, M. E.(2016). Antioxidant and antibacterial activity of kombucha beverages prepared using banana peel, common nettles and black tea infusions, *Applied Food Biotechnology* 3(2), 125-130.
- Rajkumari, J., Dyavaiah, M., Sudharshan, S. J. and Busi, S.(2018). Evaluation of in vivo antioxidant potential of *Syzygium jambos* (L.) Alston and *Terminalia citrina* Roxb. towards oxidative stress response in *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of Food Science and Technology*, 55(11), 4432-4439.
- 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.
- Reiss, J.(1994). Influence of Different Sugars on The Metabolism of The Tea Fungus, *Zeitschrift für Lebensmittel Untersuchung und Forschung*, 198, 258-261.
- Rimm, E. B., Ascherio, A., Giovannucci, E., Spiegelman, D., Stampfer, M., Willett, W.(1996a). Vegetable, fruits, and cereal fiber intake and risk of coronary heart disease among men. *Journal of the American Medical Association*, 275, 447- 451.
- Romero-Márquez J. M., Navarro-Hortal M. D., Orantes F. J., Esteban-Muñoz A, Pérez-Oleaga C. M., Battino M., SánchezGonzález C., Rivas-García L., Giampieri F., Quiles J. L. and Forbes-Hernández T. Y.(2023). In vivo anti-alzheimer and antioxidant properties of avocado (*Persea americana* Mill.) honey from Southern Spain. *Antioxidants*, 12(2), 404.
- Sağlam, H., Karaaslan, A., Malkaç, K., Türbeci, U., Demir, M. ve Yıldız, M. C.(2021). Kombu çayı üretiminde inkübasyon sıcaklığının etkisi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 26(1), 82-92.
- Saleem, A., Akhtar, M. F., Latif, A., Abdel-Daim, M. M., Baig, M. M. F. A., Saleem, M. and Mehmood, M. H.(2024). Chemical characterisation and appraisal of antidiabetic potential of *Terminalia citrina* extract in streptozotocin-induced hyperglycaemia in Wistar rats. *Archives of Physiology and Biochemistry*, 130(1), 56-69.
- Saleem, A., Javeed, A., Ashraf, M., Akhtar, M. F., Akhtar, B., Sharif, A., Akhtar, K., Raza, M., Hamid, I., Peerzada, S., Ahmad, S. and Atta, S.(2017). Anti-inflammatory, anti-nociceptive and antipyretic potential of *Terminalia citrina* fruit extracts. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 14(5), 24-30. <https://doi.org/10.21010/ajtcam.v14i5.4>

- Samtiya M., Aluko R. E., Puniya A. K. and Dhewa T.(2021). Enhancing Micronutrients Bioavailability through Fermentation of Plant-Based Foods: A Concise Review. *Fermentation*, 7(2), 63.
- Sarıburun, E.(2009). *Bursa’da yetiştirilen bazı Ahududu (Rubus idaeus L.) ve Böğürtlen (Rubus fruticosus L.) çeşitlerinin fenolik bileşiklerinin sıvı kromatografisi kütle spektrometresi (lc-ms) ile incelenmesi ve antioksidan aktivite tayinleri*. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Bursa, (246463).
- Sarıkaya, B.(2022). Bağışıklık sistemi ve antioksidanlar. In M.G. Bal Albayrak (Ed.), *Kanserde obezitenin rolü* (Bölüm). Marmara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, İstanbul, Türkiye.
- Sarıkürkcü, C.(2009). *Akdeniz Bölgesi yenilebilir bazı mantarlarının antioksidan aktivitelerinin belirlenmesi*, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, (234154).
- Savan, H. N. ve Akpınar Bayizit, A.(2022). *Trabzon hurması ile yapılan kombucha içeceğinin fonksiyonel özelliklerinin ve biyokimyasal bileşiminin belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa Uludağ Üniversitesi, (764854).
- Selvaraj, S. and Gurumurthy, K.(2022). An overview of probiotic health booster-kombucha tea. *Chinese Herbal Medicines Review*.
- Sen, S. and Chakraborty, R.(2011). The role of antioxidants in human health. In *Oxidative stress: diagnostics, prevention, and therapy*. American Chemical Society, pp. 1-37.
- Shinde, A., Ganu, J. and Naik, P.(2012). Effect of free radicals and antioxidants on oxidative stress: A review. *Journal of Dental & Allied Sciences*, 1(2), 63–66.
- Sindhi, V., Gupta, V. and Sharma, K. vd.(2013). Potential applications of antioxidants–A review. *Journal of pharmacy research*, 7(9), 828-835.
- Sir Elkhatim, K. A., Elagib, R. A. and Hassan, A. B.(2018). Content of phenolic compounds and vitamin C and antioxidant activity in wasted parts of Sudanese citrus fruits, *Food Science and Nutrition*, 6(5), 1214-1219.
- Sreeramulu G., Zhu Y., Knol W. J.(2000). Kombucha fermentation and its antimicrobial activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48, 2589-2594. doi: 10.1021/jf991333m
- Sreeramulu, G., Zhu, Y. and Knol, W.(2001). Characterization of Antimicrobial Activity in Kombucha Fermentation, *Acta Biotechnologica*, 21, 49-56.
- Srihari T., Arunkumar R., Arunakaran J. and Satyanarayana U.(2013a). Downregulation of signalling molecules involved in angiogenesis of prostate cancer cell line (PC-3)

- by kombucha (lyophilized). *Biomedicine and Preventive Nutrition* 3, 53-58. doi: 10.1016/j.bionut.2012.08.001
- Srihari T., Karthikesan K., Ashokkumar N. and Satyanarayana U.(2013b). Antihyperglycaemic efficacy of kombucha in streptozotocininduced rats. *Journal of Functional Foods* 3, 1794-1802. doi: 10.1016/j.jff.2013.08.008
- Srihari, T. and Satyanarayana, U.(2012). Changes in free radical scavenging activity of kombucha during fermentation, *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research* 4(11), 1978-1981.
- Stahl, W. and Sies, H.(2002). Introduction: Reactive oxygen species. *Research Monographs*, 1-2.
- Sullivan L. B., Chandel N. S.(2014). Mitochondrial reactive oxygen species and cancer. *Cancer & Metabolism*, 2, 1-12.
- Sun, W. and Shahrajabian, M. H.(2023). Therapeutic potential of phenolic compounds in medicinal plants-Natural health products for human health. *Molecules*, 28(4), 1845.
- Şatır, G.(2023). Siyah ve yeşil çay kullanımının kombu çayı fermantasyonu üzerine etkilerinin belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 60(3), 465-472.
- Taner G.(2005). Serbest Radikallere Karşı Antioksidan Savunma, *Bilim Teknik*, Ağustos 113, 453.
- Tarhan, K.(2017), *Kombucha çayı üretiminde farklı substrat kaynaklarının kullanımı*. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Türkiye, (468028).
- Temizgül, S.(2021). *Sucukta nitrit içeriğinin azaltılmasında kombucha ekstraktının kullanım olanağı*. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, (662215).
- Thornton, B. P., Větvicka, V., Pitman, M., Goldman, R. C. and Ross, G. D.(1996). Analysis of the sugar specificity and molecular location of the beta-glucan-binding lectin site of complement receptor type 3 (CD11b/CD18), *The Journal of Immunology* 156(3), 1235-1246.
- Tietze, H. W.(1996). *Kombucha: The Miracle Fungus*, Phree Books, Australia.
- Topal, F.(2014). *Bazı eugenol türevlerinin sentezi ve biyolojik aktivitelerinin belirlenmesi*. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, (361157).
- Topal, M.(2018). Determination of antioxidant and antiradical properties of *Picea orientalis* cone, *Anadolu Journal of Agricultural Sciences*, 33, 232-236.

- Topal, M.(2020). Secondary Metabolites of Ethanol Extracts of *Pinus sylvestris* Cones from Eastern Anatolia and Their Antioxidant, Cholinesterase and α -Glucosidase Activities, *Records of Natural Products*, 14,2, 129-138.
- Ünsal, S. ve Yıldırım, İ. G.(2023). Besinler ilacımız olabilir mi? Fermente besinler ve sağlık ilişkisi. *YIU Sağlık Bilimleri Dergisi*, 4(103-108).
- V. B. de Souza, M. Thomazini, I. E. Chaves, R. Ferro-Furtado and C. S. Favaro-Trindade(2020). Microencapsulation by complex coacervation as a tool to protect bioactive compounds and to reduce astringency and strong flavor of vegetable extracts, *Food Hydrocolloids*, 98, 105244.
- Vázquez-Cabral B. D., Larrosa-Pérez M., Gallegos-Infante J. A., MorenoJiménez M. R., González-Laredo R. F. vd.(2017). Oak kombucha protects against oxidative stress and inflammatory processes. *Chemico-Biological Interactions* 272, 1-9.
- Velićanski, A. S., Cvetković, D. D., Markov, S. L., Tumbas Šaponjac, V. T. and Vulić, J. J.(2014). Antioxidant and antibacterial activity of the beverage obtained by fermentation of sweetened lemon balm (*Melissa officinalis* L.) tea with symbiotic consortium of bacteria and yeasts. *Food Technology and Biotechnology*, 52(4), 420-429. <https://doi.org/10.17113/b.52.04.14.3611>
- Velioğlu S.(2000). Doğal Antioksidanların İnsan Sağlığına Etkileri. *Gıda* 25, 167-176.
- Villarreal-Soto, S. A., Beaufort, S., Bouajila, J., Souchard, J. P. and Taillandier, P.(2018). Understanding kombucha tea fermentation: A review. *Journal of Food Science*, 83(3), 580-588.
- Voidarou C., Antoniadou M., Rozos G., Tzora A., Skoufos I., Varzakas T. vd.(2020). Fermentative foods: Microbiology, biochemistry, potential human health benefits and public health issues. *Foods*, 10(1).
- Wang, K., Gan, X., Tang, X., Wang, S. and Tan, H.(2010). Determination of d-saccharic acid1, 4-lactone from brewed kombucha broth by high-performance capillary electrophoresis, *Journal of Chromatography B* 878(3-4), 371-374.
- 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.
- Waris G. and Ahsan H.(2006). Reactive oxygen species: role in the development of cancer and various chronic conditions. *Journal of Carcinogenesis*, 5, 14.
- Watawana, M. I., Jayawardena, N., Gunawardhana, C. B. and Waisundara, V. Y.(2015). Health, wellness, and safety aspects of the consumption of kombucha. *Journal of Chemistry*, 11, 1-11.

- Yavaşer, R.(2011). *Doğal ve sentetik antioksidan bileşiklerin antioksidan kapasitelerinin karşılaştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın, (300122).
- Yıldız H., Semerci B., Bişgin S.(2022). Antioksidanların insan sağlığı açısından önemi ve bitkilerdeki bazı antioksidan tayin yöntemleri. *ISPEC Journal of Science Institute*, 1(1), 10-16.
- Yıldız, E., Özcan Sinir, G., Aykas, D. P. ve Gürbüz, O.(2023). Kombu çayı üretiminde muşmula (*Mespilus germanica L.*) kullanımının antioksidan kapasite ve biyoerişilebilirlik üzerine etkisinin araştırılması. *Gıda*, 48(5), 1021-1035.
- Yılmaz, G., Vatansever, E. ve Yüksel, Z.(2023). Kombucha, Tempeh ve Kimçi'nin Üretim Teknikleri ve Sağlık Üzerine Etkileri. *Aydın Gastronomy*, 8(1), 201-214.
- Zhou, X., Tan, J., Gou, Y., Liao, Y., Xu, F., Li, G., Cao, J., Yao, J., Ye, J., Tang, N. and Chen, Z.(2019). The biocontrol of postharvest decay of table grape by the application of kombucha during cold storage. *Scientia Horticulturae*, 253, 134-139.

ÖZGEÇMİŞ

İlk, orta ve lise öğrenimini Trabzon’da tamamladı. 2013 yılında Gümüşhane Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü’ nü kazandı ve 2019 yılında mezun oldu. 2022-2023 Eğitim öğretim yılında Gümüşhane Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans öğrenimine başladı. Evli ve bir çocuk annesidir.

